

Estudo de Impacto Ambiental - EIA

# PROJETO LOGUM

Trecho Paulínia - RMSP - Santos

FEVEREIRO/ 2014

Volume 2



## VOLUME 2

### ÍNDICE

<b>10. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA PRELIMINARES .....</b>	<b>1</b>
10.1 MEIO FÍSICO .....	1
10.1.1 Geologia .....	1
10.1.1.1 Métodos de Trabalho .....	1
10.1.1.2 Área de Influência Indireta (AII) .....	2
10.1.1.3 Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) .....	5
10.1.2 Geomorfologia .....	52
10.1.2.1 Métodos de Trabalho .....	52
10.1.2.2 Área de Influência Indireta (AII) .....	52
10.1.2.3 Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) .....	55
10.1.3 Pedologia .....	92
10.1.3.1 Métodos de Trabalho .....	92
10.1.3.2 Área de Influência Indireta (AII) e Área de Influência Direta (AID) .....	92
10.1.4 Geotecnia .....	103
10.1.4.1 Métodos de Trabalho .....	103
10.1.4.2 Área de Influência Indireta (AII) .....	104
10.1.4.3 Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) .....	119
10.1.5 Atividades Minerárias .....	169
10.1.5.1 Métodos de Trabalho .....	169
10.1.5.2 Área de Influência Direta (AID) .....	170
10.1.5.3 Área Diretamente Afetada (ADA) .....	175
10.1.5.4 Interferências com o Empreendimento .....	179
10.1.6 Clima .....	180
10.1.6.1 Métodos de Trabalho .....	180
10.1.6.2 Introdução .....	180
10.1.6.3 Caracterização Climática das Áreas de Influência do Empreendimento .....	183
10.1.7 Qualidade do Ar .....	189
10.1.7.1 Introdução .....	189
10.1.7.2 Contextualização do Empreendimento e Resultados Alcançados .....	190
10.1.8 Qualidade das Águas Superficiais .....	190
10.1.8.1 Métodos de Trabalho .....	191
10.1.8.2 Área de Influência Indireta (AII) .....	195
10.1.8.3 Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) .....	251
10.1.8.4 Considerações Finais .....	294
10.1.9 Investigação de Áreas Contaminadas .....	295

10.1.9.1	<i>Introdução</i> .....	295
10.1.9.2	<i>Abordagem metodológica e Procedimentos</i> .....	296
10.1.9.3	<i>Resultados</i> .....	297
10.1.9.4	<i>Considerações finais</i> .....	306

## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURA

FIGURA 10.1.6.2-1: Climas do Estado de São Paulo pelo sistema de KÖPPEN, modificado por ROLIM <i>et al.</i> (2007) .....	182
FIGURA 10.1.6.2-2: Distribuição das chuvas médias anuais no Estado de São Paulo, segundo Prado <i>et al.</i> (2006) .....	182
FIGURA 10.1.8.2-1: Traçado da Dutovia no Âmbito das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos - Ugrhis do Estado de São Paulo.....	196
FIGURA 10.1.8.2.1-1: Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos na Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari, Jundiá e suas Respectivas Bacias e Sub-Bacias.....	199
FIGURA 10.1.8.2.2-1: Traçado da Dutovia na Ugrhi 06 – Alto Tietê e suas Respectivas Bacias .....	213
FIGURA 10.1.8.2.3-1: Traçado da Dutovia na Ugrhi 07 – Baixada Santista .....	245

### FOTO

FOTO 10.1.1.3.2-1: Vista geral da Planície Costeira constituída por depósitos flúvio-marinhos holocênicos (Ql <sub>ifl</sub> ), onde predominam os sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica formados durante a Transgressão Santos e, de forma subordinada na faixa da AID/ADA, pelos depósitos mistos atuais representados por areias e argilas de mangue (Q <sub>lim</sub> ) e areias marinhas litorâneas (Q <sub>liam</sub> – fora da AID/ADA), por vezes retrabalhadas pelo vento .....	7
FOTO 10.1.1.3.2-2: Vista a partir do Rio Jurubatuba, da Planície Costeira na altura da estaca 198+500m. Nesta região predominam os depósitos mistos atuais representados por areias e argilas de mangue (Q <sub>lim</sub> )..	8
FOTO 10.1.1.3.2-3: Planície Costeira (Baixada Santista), no cruzamento da Rodovia Cônego Domênico Rangoni (Piaçaguera-Guarujá) com o rio Jurubatuba, altura da estaca 198+500m. Planície fluvial do rio com Aluviões Recentes e Atuais (Q <sub>2a</sub> ) em transição para os Sedimentos Marinhos e Mistos (Q <sub>li</sub> ). Ao fundo, encosta da Serra do Quilombo sustentada por rochas do Complexo Costeiro. Porção continental do município de Santos .....	8
FOTO 10.1.1.3.2-4: Vista para sudeste da encosta da Serra do Quilombo sustentada por morros alongados isolados de direção geral NE-SW e constituídos por migmatitos com estruturas diversas do Complexo Costeiro (NPccog). O traçado da Rodovia Cônego Domênico Rangoni (Piaçaguera-Guarujá) é sinuoso nessa serra, e ocupa o trecho entre as estacas 196 e 198, aproximadamente .....	10
FOTO 10.1.1.3.2-5: Vista para sul-sudeste – a partir da encosta da Serra do Quilombo – do trecho entre as estacas 198 e 199 – onde ocorrem morros isolados na Planície Litorânea sustentados pela unidade dos hornblenda-biotita migmatitos e/ou granito-gnaisses porfiroclásticos (NPccgm) do Complexo Costeiro .....	10
FOTO 10.1.1.3.2-6: Vista das escarpas da Serra de Cubatão e da Planície Costeira. Escarpa da serra com rochas do Complexo Pilar (NPp) em contato com rochas migmatíticas do Complexo Costeiro (NPcc). Na Baixada, destacam-se os morros sustentados por rochas do Complexo Costeiro e Suítes Graníticas Pós-tectônicas em meio aos Sedimentos Marinhos e Mistos (Q <sub>li</sub> ) que predominam. Município de Cubatão.....	11
FOTO 10.1.1.3.2-7: Proximidades da estaca 173. Cruzamento dos dutos da Petrobras com a Rod. Anchieta e acesso à Rod. dos Imigrantes. Município de São Bernardo do Campo. Terrenos com gnaisses e migmatitos do Complexo Embu (NP <sub>e</sub> ), em contato com migmatitos do Complexo Costeiro (NPcc) .....	12

FOTO 10.1.1.3.2-8: Terrenos típicos dos municípios de Itapeverica da Serra e Embu, onde ocorrem as rochas da unidade NPe (Complexo Embu), constituída por gnaisses, migmatitos heterogêneos de estruturas variadas e migmatitos homogêneos, intercalados com rochas granitóides das Suítes Graníticas Sintectônicas da Fácies Cantareira (NP3) descritas adiante.....	12
FOTO 10.1.1.3.2-9: Vista geral para norte de morro com exposição de biotita xistos diversos, por vezes com diferentes estágios de migmatização, localmente feldspatizados e injetados por pegmatitos (NPexm, Complexo Embu), expostos em corte de talude do Rodoanel – Trecho Sul. Região da estaca 122+500m....	13
FOTO 10.1.1.3.2-10: Vista de retaludamento de morro alto com exposição de rochas metamórficas de alto grau – gnaisses localmente migmatizados, associações de biotita milonito gnaisses porfiroclásticos e corpos subordinados de biotita ortognaisses – do Complexo Embu (NPepg, Domínio Embu), expostos em corte de talude do Rodoanel – Trecho Sul. Região da estaca 130+500m.....	13
FOTO 10.1.1.3.2-11: Vista geral para leste-sudeste das escarpas da Serra de Cubatão, exibindo declividade acentuada e sustentadas por unidades do Complexo Embu, onde predominam rochas gnáissico-migmatíticas, hornblenda e/ou biotita gnaisses bandados e facoidais, por vezes migmatizados (NPeog) no topo, com xistos e quartzitos milonitizados na base (NPexma4), esses últimos afetados pela Zona de Cisalhamento de Cubatão .....	14
FOTO 10.1.1.3.2-12: Vista geral dos morros suaves e colinas do Planalto Paulistano/Alto Tietê na região de contato das unidades do Complexo Embu, onde predominam rochas gnáissico-migmatíticas, hornblenda e/ou biotita gnaisses bandados e facoidais, por vezes migmatizados (NPeog) à direita (para sul-sudeste), e biotita-quartzo-muscovita xistos e granada-biotita xisto em diferentes estágios de migmatização (NPexmb) à esquerda (para norte) .....	14
FOTO 10.1.1.3.2-13: Vista geral dos morros suaves do Planalto Paulistano/Alto Tietê na região da Represa Rio das Pedras, onde ocorrem unidades do Complexo Embu. Visada para norte, onde o relevo é sustentado por biotita-quartzo-muscovita xisto e granada-biotita xisto com ou sem sillimanita (NPexma). Local onde se inicia a faixa de dutos submersa.....	15
FOTO 10.1.1.3.2-14: Vista de uma região da Represa Billings, onde ocorrem unidades do Complexo Embu. Visada para sul-sudoeste, onde predominam quartzo micaxistos e quartzitos localmente migmatizados (NPexma4). Região da estaca 164+700m (Balsa do Riacho Grande), onde a faixa de dutos será instalada no fundo da represa.....	15
FOTO 10.1.1.3.2-15: Vista para nordeste da margem da Represa Billings (lado norte) na região de morros suaves do Planalto Paulistano/Alto Tietê. Exposição da unidade do biotita-quartzo-muscovita xisto e granada-biotita xisto com ou sem sillimanita, do Complexo Embu (NPexma). Balsa do Riacho Grande .....	16
FOTO 10.1.1.3.2-16: Vista para leste na altura da estaca 203+400m, próximo à estrada da Xiboca. Região com predominância de Biotita-quartzo-muscovita xistos e granada-biotita xistos com diferentes estágios de migmatização, localmente feldspatizados e injetados por pegmatitos (NPexmb) .....	16
FOTO 10.1.1.3.2-17: Vista aérea da região da estaca 236, onde predominam rochas do Complexo Embu (NPe). Na porção superior-esquerda da foto é possível observar parte da Formação Resende, já na Bacia de São Paulo (foto: IzeKampus).....	17
FOTO 10.1.1.3.2-18: Vista das imediações da estaca 277, próximo ao TTGRU. Região de contato entre biotita gnaiss granítico e granodiorítico alternado com biotita gnaiss monzodiorítico (NPegb) e Rochas Sedimentares da Formação Resende (Er).....	17
FOTO 10.1.1.3.2-19: Vista de corte de morro com exposição de rocha ígnea – biotita granitóide e muscovita-biotita granitóide com turmalina, cinza-claro, equigranular (Granito Três Lagos, NP3ey1Stl) – intrusiva nas rochas metapéliticas (xistos diversos) do Complexo Embu (Domínio Embu). Exposição em corte de talude do Rodoanel – Trecho Sul (final de 2009), na região da estaca 151.....	18
FOTO 10.1.1.3.2-20: Vista da Estrada do Sapopemba, na altura da estaca 228+300m, próximo ao cruzamento com a dutovia. Região com predominância de biotita granito, porfirítico, com fácies a muscovita (NP3y2sma) .....	19
FOTO 10.1.1.3.2-21: Vista de corte de morro com exposição de sedimentos paleógenos associados à Bacia de São Paulo. Os depósitos ocorrem como manchas isoladas e descontínuas recobrimdo rochas metamórficas do Complexo Embu. Exposição de taludes do Trecho Sul do Rodoanel .....	20



FOTO 10.1.1.3.2-22: Vista dos terrenos com xistos e rochas metabásicas da Formação Morro da Pedra Preta (MP2sipp, Grupo Serra do Itaberaba). Arredores da Rodovia dos Bandeirantes, a leste da faixa da AID, na altura da estaca 84. Visada para leste-nordeste. Município de Caieiras.....	21
FOTO 10.1.1.3.2-23: Detalhe de corte de morro alto para a implantação da Rodovia dos Bandeirantes, com a exposição de xistos da Formação Morro da Pedra Preta (MP2sipp, Grupo Serra do Itaberaba). Leste da faixa da AID, na altura Região da estaca 84. Município de Caieiras .....	22
FOTO 10.1.1.3.2-24: Vista Geral a partir do alto do Morro do Polvilho, com visada para norte. Região rebaixada topograficamente com colinas e morros baixos sustentados por unidades do Grupo Serra do Itaberaba. Ao fundo, relevos ressaltados e sustentados por unidades do Grupo São Roque na altura da Estaca 88. Município de Cajamar .....	22
FOTO 10.1.1.3.2-25: Detalhe de corte de morro no condomínio em implantação no Bairro do Polvilho. Exposição de xistos da Formação Morro da Pedra Preta (MP2sipp - Grupo Serra do Itaberaba). Região da estaca 89. Município de Cajamar .....	23
FOTO 10.1.1.3.2-26: Vista geral dos terrenos onde ocorrem as unidades do Grupo Serra do Itaberaba, com colinas e morros baixos do Planalto de Jundiá. Ao fundo, morros altos e alongados do Grupo São Roque. Altura da estaca 85. Município de Cajamar .....	23
FOTO 10.1.1.3.2-27: Ao fundo, região do Pico do Jaraguá e do Morro Doce, sustentado por quartzitos feldspáticos com metarcósios e metagrauvacas subordinadas, e metaconglomerados, respectivamente. Em primeiro plano – em topografia rebaixada – ocorrem filitos, quartzo-filitos e filitos grafitosos em sucessão rítmica, com metassiltitos, quartzo-mica-xistos e quartzitos subordinados. Litotipos do Grupo São Roque (NP3sr). Porção norte do município de São Paulo. Altura da estaca 93.....	25
FOTO 10.1.1.3.2-28: Vista geral dos terrenos constituídos por morros médios de topos convexos conformados sobre rochas metapelíticas da Formação Estrada dos Romeiros (NP3srera1, Grupo São Roque). Região a leste da faixa da AID. Altura da estaca 74. Município de Cajamar .....	25
FOTO 10.1.1.3.2-29: Vista geral com visada para norte do relevo do Planalto de Jundiá (nível alto) sustentado por filitos e metarritmitos da Formação Estrada dos Romeiros (NP3srer) do Grupo São Roque. Região da divisa dos municípios de Cajamar e Jundiá. Altura da estaca 77+800m .....	26
FOTO 10.1.1.3.2-30: Vista geral com visada para sul-sudeste do relevo do Planalto de Jundiá (nível alto) sustentado por filitos e metarritmitos da Formação Estrada dos Romeiros do Grupo São Roque (NP3srer). Município de Cajamar. Altura da estaca 75+100m .....	26
FOTO 10.1.1.3.2-31: Detalhe dos filitos da Formação Estrada dos Romeiros - Grupo São Roque (NP3srera1). Rodovia Anhangüera. Município de Cajamar. Altura da estaca 75 .....	27
FOTO 10.1.1.3.2-32: Vista da Praça Alfredo Soria, instalada no local da "Subsistência de Cajamar". Região de ocorrência do metacalcários e metadolomitos da Formação Pirapora de Bom Jesus (NP3srpj) do Grupo São Roque. A oeste da faixa da AID/ADA. Visada para sul. Altura da estaca 83 .....	27
FOTO 10.1.1.3.2-33: Vista geral dos morros alongados do Planalto de Jundiá sustentados por arenitos e metarritmitos da Formação Estrada dos Romeiros - Grupo São Roque (NP3srera1). Rodovia Anhangüera. Arredores de Jordanésia - Município de Cajamar. Estaca 81+600m .....	28
FOTO 10.1.1.3.2-34: Vista geral dos morros do Planalto de Jundiá sustentados por metarritmitos com níveis subordinados de metarenitos da Formação Estrada dos Romeiros - Grupo São Roque (NP3srerb1). Visada para leste-sudeste. Arredores da divisa dos municípios de Santana de Parnaíba e Barueri, na região das estacas 97 e 98.....	28
FOTO 10.1.1.3.2-35: Vista dos morros do Planalto de Jundiá sustentados por metarritmitos com níveis subordinados de metarenitos da Formação Estrada dos Romeiros - Grupo São Roque (NP3srerb1). Visada para noroeste, a partir da estaca 92+500m. Município de Santana de Parnaíba .....	29
FOTO 10.1.1.3.2-36: Vista do relevo de morros sustentados por metarritmitos com níveis de metarenitos subordinados da Formação Estrada dos Romeiros - Grupo São Roque (NP3srerb1). Visada para norte-noroeste, a partir da estaca 90+700m. Município de Santana de Parnaíba .....	29
FOTO 10.1.1.3.2-37: Região da Serra da Cantareira, extremo norte do município de São Paulo. Altura da estaca 88. Visada para leste a partir do Rodoanel. Ao fundo, terrenos do Maciço Granitóide Cantareira	

pertencente às Suítes Graníticas Sintectônicas da Fácies Cantareira (NP3), no Domínio São Roque, conformando morros altos. Arredores do distrito de Perus, município de São Paulo .....	30
FOTO 10.1.1.3.2-38: Vista das rochas granitóides do Maciço Granitóide Itaqui (NP3sy1lit), expostos em corte de talude do Rodoanel – Trecho Oeste. Arredores da estaca 99+600m. Município de Barueri.....	31
FOTO 10.1.1.3.2-39: Vista da região do contato das rochas granitóides do Maciço Granitóide Itaqui (NP3sy1lit) à esquerda, com relevo mais suave, com a unidade NP3srb1 da Formação Estrada dos Romeiros - Grupo São Roque, à direita da Linha de Alta Tensão. Estaca 98, na divisa dos municípios de Santana de Parnaíba e Barueri .....	31
FOTO 10.1.1.3.2-40: Visada para sul-sudeste, a partir da Rod. Dom Gabriel Paulino, de ligação entre Jundiá e Itu/Itupeva. Altura da estaca 59. Ao fundo, vista da Serra do Japi sustentada por quartzitos do Complexo Piracaia (NPpi). Em primeiro plano, terrenos com gnaisses. Município de Jundiá.....	34
FOTO 10.1.1.3.2-41: Vista dos terrenos dos gnaisses (NPpigpa) (em primeiro plano) com a Serra do Japi, ao fundo, sustentada por quartzitos (NPpiqb). Rochas do Complexo Piracaia (Domínio Socorro-Guaxupé). Rodovia dos Bandeirantes. Visada para noroeste, a partir da estaca 62. Município de Jundiá.....	34
FOTO 10.1.1.3.2-42: Vista das colinas e morros baixos de topos convexos conformados sobre rochas gnáissicas do Complexo Piracaia (NPpigpa) (Domínio Socorro-Guaxupé). Rodovia dos Bandeirantes. Visada para oeste. Altura da estaca 54+500m. Arredores da cidade de Jundiá.....	34
FOTO 10.1.1.3.2-43: Vista dos cortes efetuados na Rodovia dos Bandeirantes sobre colinas e morros baixos de topos convexos onde ocorrem gnaisses do Complexo Piracaia (NPpigpa) (Domínio Socorro-Guaxupé). Visada para sudeste. Altura da estaca 38+800m. Município de Campinas .....	35
FOTO 10.1.1.3.2-44: Detalhe de corte de morro alto para a implantação da Rodovia dos Bandeirantes, com a exposição de gnaisses do Complexo Piracaia (NPpigpa) (Domínio Socorro-Guaxupé) no sopé da Serra do Japi. Arredores da estaca 65. Município de Jundiá .....	35
FOTO 10.1.1.3.2-45: Região da estaca 63, com visada para oeste-noroeste. Primeiro plano e à esquerda, terrenos baixos com ocorrência de rochas ígneas do Maciço Granitóide Terra Nova presentes no Domínio Socorro-Guaxupé, em contato com a base da Serra do Japi. Município de Jundiá .....	37
FOTO 10.1.1.3.2-46: Arredores da cidade de Itupeva. Altura da estaca 50. Visada para norte-noroeste. Morros médios e altos sustentados por rochas ígneas do Maciço Granitóide Itupeva do Complexo Intrusivo Itu (Domínio Socorro-Guaxupé). Município de Itupeva .....	37
FOTO 10.1.1.3.2-47: Vista para noroeste, a partir da Rodovia dos Bandeirantes, onde ocorre a Intrusão Terra Nova (NP3sy3Atn), da unidade das Rochas Ígneas Intrusivas do Domínio Socorro-Guaxupé. Ao fundo, em cotas mais elevadas, quartzitos do Complexo Piracaia que sustentam a Serra do Japi. Arredores da estaca 69+500m. Município de Jundiá .....	38
FOTO 10.1.1.3.2-48: Corte da Rodovia Cônego Domênico Rangoni (Piaçaguera-Guarujá) na região da serra do Quilombo. Rochas gnáissicas (Complexo Costeiro) transpostas e milonitizadas segundo a Zona de Cisalhamento Freires-São Lourenço. Altura da estaca 197. Porção Continental do Município de Santos .....	39
FOTO 10.1.1.3.2-49: Vista da faixa de dutos existente ressaltada por corte de morro, à direita, e depósitos aluviais à esquerda. Região de ocorrência da Zona de Cisalhamento de Jundiuvira, na altura da estaca 75. Divisa dos municípios de Cajamar e Jundiá.....	39
FOTO 10.1.1.3.2-50: Região da estaca 21, com vista geral dos terrenos de morros com topos amplos tabulares associados às rochas sedimentares do Grupo Tubarão (C2P1if) e predomínio de litotipos do Subgrupo Itararé. Visada para oeste.....	41
FOTO 10.1.1.3.2-51: Vista panorâmica a partir da Rodovia Adalberto Panzan, na altura da estaca 19, próximo ao cruzamento com a Rodovia Jornalista Francisco Aguirra Proença. Região com predominância de lamitos com seixos e arenitos da unidade C2P1if, individualizada no Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão). Na porção mais rebaixada do terreno, observam-se depósitos aluvionares recentes (Q2a) junto ao Rio do Piçarrão .....	42
FOTO 10.1.1.3.2-52: Vista geral do relevo de colinas da Depressão do Médio Tietê, sustentados por ritmitos intercalando lamitos, arenitos e siltitos - unidade C2P1if do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão). Região da Rodovia Dom Pedro I no cruzamento com a faixa de dutos existente. Estaca 14+500m. Município de Campinas.....	42

FOTO 10.1.1.3.2-53: Pedreira em atividade nas proximidades de Santa Bárbara. Exposição de diabásios da unidade das Rochas Intrusivas Tabulares (K1δsg) do Grupo São Bento. À direita da cava ocorrem disjunções colunares indicando que a intrusão do corpo se deu a pouca profundidade. Exposições da unidade K1δsg também são observadas na Pedreira Basalto (município de Campinas), na altura da estaca 19 da faixa da AID .....	43
FOTO 10.1.1.3.2-54: Vista do relevo de colinas de topos amplos a tabulares da Depressão do Médio Tietê, sustentados pela unidade das Rochas Intrusivas Tabulares (K1δsg) do Grupo São Bento. Rodovia Zeferino Vaz. Estaca 8+500m. Região dos municípios de Campinas e Paulínia.....	44
FOTO 10.1.1.3.2-55: Detalhe em corte de colina com exposição das Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas (Qce) depositados sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé. Rodovia Santos Dumont, nas proximidades da Rodovia dos Bandeirantes. A oeste da faixa da AID. Altura das estacas 29 e 30+100m. Município de Campinas .....	45
FOTO 10.1.1.3.2-56: Detalhe de corte de estrada vicinal instalada em colina na região do Distrito Industrial de Paulínia. Exposição de sedimentos areno-argilosos associados às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas (Qce). Podem conter níveis de areia grossa e de conglomerado. Na região, ocorrem recobrimo parcialmente o Subgrupo Itararé e a unidade das Rochas Intrusivas Tabulares (K1δsg) do Grupo São Bento. Município de Paulínia.....	45
FOTO 10.1.1.3.2-57: Vista geral do relevo de colinas de topos amplos a tabulares conformados sobre os sedimentos areno-argilosos das Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas (Qce). Visada para sul. Na região, ocorrem recobrimo a unidade das Rochas Intrusivas Tabulares (K1δsg) do Grupo São Bento. Ferrovia lateral à faixa de dutos. Estaca 2+600m. Município de Paulínia .....	46
FOTO 10.1.1.3.2-58: Vista geral para oeste da várzea do rio Cubatão na Planície Litorânea, exibindo topografia encaixada e ocupada por depósitos aluviais quaternários Q2a constituídos preferencialmente por areias grossas e cascalhos inconsolidados. Altura da estaca 181, no cruzamento do rio com a Rodovia Piaçaguera-Guarujá .....	47
FOTO 10.1.1.3.2-59: Vista geral para noroeste da várzea do rio Embu-mirim, exibindo topografia aplainada conformada por depósitos aluviais quaternários Q2a constituídos por areias, argilas e cascalhos inconsolidados. Região da estaca 121, no traçado do Trecho Sul do Rodoanel, onde deverá ser implantada a reserva Parque Embu sobre a área de várzea.....	47
FOTO 10.1.1.3.2-60: Vista parcial da várzea de afluente do Reservatório do Rio Pequeno, na altura da estaca 209+800 com visada para leste-nordeste.....	48
FOTO 10.1.1.3.2-61: Vista parcial da várzea do rio Jundiá na cidade de Jundiá. Rodovia João Cereser, na altura da estaca 55. Visada para norte-noroeste. Terrenos aplainados característicos de áreas onde ocorrem Aluviões Recentes e Atuais.....	48
FOTO 10.1.1.3.2-62: Vista da várzea do rio Jundiá na região do cruzamento com a Rodovia dos Bandeirantes. Terrenos típicos aplainados onde ocorrem os depósitos aluviais Q2a. Região da estaca 57+500. Município de Jundiá.....	48
FOTO 10.1.2.3.2-1: Vista geral para sudeste da Planície Litorânea Santista, com ocorrência da unidade Planície Litorânea marinha Apm, constituída por sedimentos marinhos inconsolidados, com altimetrias entre 0 e 20m e declividades inferiores a 2%. Vista em primeiro plano do rio Cubatão, na faixa da AID/ADA, e dos Canais de Piaçaguera e de Santos (ao fundo), além dos limites da AID.....	57
FOTO 10.1.2.3.2-2: Vista para nordeste da Planície Litorânea Santista, com exposição da unidade Planície Litorânea intertidal Api (mangues), constituída por sedimentos inconsolidados com altimetrias entre 0 e 20m e declividades inferiores a 2%. Região das planícies dos rios Quilombo e da Onça sujeita às inundações periódicas associadas à influência de marés .....	57
FOTO 10.1.2.3.2-3: Vista para noroeste da Planície Litorânea Santista, com exposição da unidade Planície Litorânea intertidal Api (mangues), constituída por sedimentos inconsolidados com altimetrias entre 0 e 20m e declividades inferiores a 2%. Região da planície do Canal de Bertioga - além dos limites da AID - afetada pelas inundações periódicas associadas à influência de marés.....	58
FOTO 10.1.2.3.2-4: Vista geral para noroeste da unidade Da52 pertencente à Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar, onde predominam terrenos constituídos por escarpas e cristas e declividades	

dominantes maiores que 30%. Terrenos constituem a Serra de Cubatão conformados sobre gnaisses e migmatitos com quartzitos subordinados e milonitizados do Complexo Embu .....	59
FOTO 10.1.2.3.2-5: Vista geral para nordeste da unidade Da52 pertencente à Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar. Região da estaca 193 com vista das escarpas da Serra do Morrão, onde predominam terrenos constituídos por escarpas e cristas e declividades dominantes maiores que 30%. Terrenos conformados sobre as rochas granitóides do Maciço Granitóide Morrão, e gnaisses e migmatitos do Complexo Costeiro .....	60
FOTO 10.1.2.3.2-6: Vista para sudoeste – a partir da faixa de dutos da Usina Henry Borden – da unidade Da51 pertencente à Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar, com terrenos constituídos por morros altos escarpados com declividades dominantes ao redor de 30%. Terrenos conformados preferencialmente sobre gnaisses bandados a migmatizados do Complexo Costeiro .....	61
FOTO 10.1.2.3.2-7: Vista para leste/nordeste da unidade Da32 pertencente à Unidade Morfológica Morros Litorâneos. Imediatamente a sul da estaca 181, com ocorrência de morro em meio à planície litorânea e com declividade dominante entre 20% e 30%. Terrenos conformados sobre gnaisses e migmatitos do Complexo Costeiro e, por vezes, sobre rochas granitóides intrusivas nesse Complexo. Em primeiro plano, vista do rio Cubatão.....	62
FOTO 10.1.2.3.2-8: Visão geral dos terrenos na altura da estaca Dc13, pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Em destaque, a Estação de Tratamento de Esgotos de São Miguel Paulista. Na porção esquerda da foto, junto ao Rio Tietê, é possível observar a planície fluvial representada pela unidade Apf (foto: Luciano Luna) .....	64
FOTO 10.1.2.3.2-9: Visão geral dos terrenos na altura da estaca Dc14, pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê, na altura da estaca 140, no município de Suzano (foto: Osli Barroso).....	65
FOTO 10.1.2.3.2-10: Vista geral a partir da estrada de manutenção dos dutos da Transpetro e das Linhas de Transmissão de Energia, na altura da estaca 209. Local de ocorrência da unidade Dc15 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê .....	66
FOTO 10.1.2.3.2-11: Vista geral da Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região dos municípios de São Paulo e São Bernardo do Campo; obra Rodoanel trecho sul (2009). .....	66
FOTO 10.1.2.3.2-12: Vista geral da unidade Dc15 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região situada entre o entroncamento da Rodovia Anchieta com a via de acesso à Rodovia dos Imigrantes e a bacia do Rio das Pedras/Usina Henry Borden, onde predominam terrenos de baixa declividade constituídos por morros baixos e eventualmente médios.....	67
FOTO 10.1.2.3.2-13: Vista geral da unidade Dc23 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região da estaca 138, onde predominam terrenos constituídos por morros médios, com talvegues amplos e declividades dominantes entre 10% e 20%. Terrenos conformados preferencialmente sobre xistos e gnaisses do Complexo Embu. Obra Rodoanel trecho Sul (2009). .....	68
FOTO 10.1.2.3.2-14: Vista geral para norte da unidade Dc24 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região da estaca 140, onde predominam terrenos com morros altos e médios de topos convexos, com altimetrias predominantes entre 800m e 900m e declividades dominantes entre 10% e 20%, conformados sobre xistos do Complexo Embu, que exibem diferentes graus de migmatização. Obra Rodoanel trecho Sul (2009).....	69
FOTO 10.1.2.3.2-15: Vista geral para norte da unidade Dc25 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região da estaca 131, onde predominam terrenos constituídos por morros altos e médios, com talvegues relativamente encaixados e declividades entre 20% e 30%. Terrenos conformados preferencialmente sobre gnaisses e migmatitos do Complexo Embu. Obra Rodoanel trecho Sul (2009). ....	70
FOTO 10.1.2.3.2-16: Vista geral com visada para sudoeste da unidade Dc25 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região da estaca 118, onde predominam terrenos constituídos por morros médios, com talvegues amplos associados com a várzea do rio Embu-mirim e declividades ao redor de 20% Terrenos conformados preferencialmente sobre gnaisses e migmatitos do Complexo Embu..	70
FOTO 10.1.2.3.2-17: Vista geral com visada para sudoeste da unidade Dc34 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região da estaca 223, no cruzamento com a Estrada de Sapopemba. Nota-se o terraceamento da faixa de servidão dos dutos da Transpetro, visando o direcionamento das águas pluviais e, conseqüentemente, o controle de processos erosivos.....	71



FOTO 10.1.2.3.2-18: Vista geral, à partir do parque centenário, da unidade Dc13 pertencente à Unidade Morfológica Planalto de São Paulo. Região da estaca 277, no município de Guarulhos, próximo ao TTGRU .	73
FOTO 10.1.2.3.2-19: Vista geral da Morfoescultura Planalto de São Paulo. Região dos municípios de Osasco, São Paulo e Carapicuíba.....	75
FOTO 10.1.2.3.2-20 Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Da34 (Planalto de Jundiaí) com morros altos conformados sobre rochas gnáissicas do Complexo Piracaia. Entroncamento das rodovias Anhanguera e dos Bandeirantes. Altura da estaca 71. Município de Jundiaí.....	76
FOTO 10.1.2.3.2-21 Vista geral da Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí – Unidade de Padrão e Formas Semelhantes Da34. Região da estaca 97, próximo ao bairro do Tamboré em Santana de Parnaíba.....	76
FOTO 10.1.2.3.2-22: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Da44 (Planalto de Jundiaí) com morros altos e alongados de topos aguçados onde ocorrem rochas metapelíticas do Grupo São Roque afetadas pela Zona de Cisalhamento de Jundiuvira. Altura da estaca 76, junto aos dutos operados pela Petrobras. Região da divisa dos municípios de Cajamar e Jundiaí (foto: Jonata Matias).....	78
FOTO 10.1.2.3.2-23: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc24 (Planalto de Jundiaí) com colinas e morros baixos de topos convexos conformados sobre gnaisses do Complexo Piracaia. Região da estaca 59 com visada para leste-nordeste. Município de Jundiaí.....	79
FOTO 10.1.2.3.2-24: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc24 (Planalto de Jundiaí) com colinas de topos convexos conformados sobre gnaisses do Complexo Piracaia. Região da estaca 41 com visada para sudeste. Municípios de Itupeva e Campinas .....	79
FOTO 10.1.2.3.2-25: Vista do Loteamento Guaturinho (Cajamar), na região da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc33, a oeste da estaca 87. Relevo de nível médio (Planalto de Jundiaí) com morros médios de topos convexos conformados sobre rochas do Grupo Serra do Itaberaba .....	81
FOTO 10.1.2.3.2-26: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc33 – relevo de nível alto (Planalto de Jundiaí) com morros médios e altos de topos convexos sobre gnaisses do Complexo Piracaia, reconhecidos no sopé da Serra do Japi. Visada para sul nas proximidades da estaca 63. Município de Jundiaí. ....	82
FOTO 10.1.2.3.2-27: Vista da Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí. Relevo de nível alto com morros altos de topos convexos associados aos quartzitos do Complexo Piracaia (Serra do Japi). Arredores da estaca 63. Visada para sudoeste. Município de Jundiaí.....	82
FOTO 10.1.2.3.2-28: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc35 (Planalto de Jundiaí) representada por morros médios e altos de topos convexos associados às rochas metapelíticas da Formação Estrada dos Romeiros (Grupo São Roque). Rodovia dos Bandeirantes, a leste da AID. Altura da estaca 77. Visada para sudeste. Região da divisa dos municípios de Franco da Rocha e Cajamar .....	84
FOTO 10.1.2.3.2-29: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dt12 (Depressão do Médio Tietê) com colinas de topos amplos e tabulares (planos) conformadas sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão). Altura da estaca 17. Município de Campinas.....	85
FOTO 10.1.2.3.2-30: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc24 (Depressão do Médio Tietê) com colinas de topos amplos e convexos conformados sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão). Rodovia dos Bandeirantes, imediatamente a oeste da AID. Altura da estaca 27. Município de Campinas .....	86
FOTO 10.1.2.3.2-31: Vista da Unidade Depressão do Médio Tietê, constituída por colinas de topos convexos conformadas sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé – Grupo Tubarão (Bacia do Paraná). Altura da estaca 31. Visada para sudeste. Arredores da cidade de Campinas.....	87
FOTO 10.1.2.3.2-32: Vista da Unidade Depressão do Médio Tietê, constituída por colinas de topos amplos tabulares conformadas em rochas sedimentares do Subgrupo Itararé do Grupo Tubarão. Visada para a região da extremidade norte da faixa, próximo à estaca 0. Região de Paulínia .....	87
FOTO 10.1.2.3.2-33: Vista da Unidade Planícies Fluviais Apf (Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais) instalada sobre os terrenos do Planalto de Jundiaí. Várzea do rio Jundiaí, nos arredores da Rodovia dos Bandeirantes. Região da estaca 57+500m. Município de Jundiaí .....	88

FOTO 10.1.2.3.2-34: Vista da Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais associada às diversas drenagens presentes na AII da Dutovia e que recobrem de forma parcial e localizadamente outras unidades morfológicas. Estaca 101+700m. Vista da várzea do rio Tietê e da Lagoa de Carapicuíba .....	89
FOTO 10.1.3.2.2-1: Terrenos onde ocorre a Subordem ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS associada aos depósitos marinhos e mistos da Planície Litorânea (Baixada Santista) ao longo do traçado norte-sul da dutovia. Situação observada no município do Guarujá .....	94
FOTO 10.1.3.2.2-2: Região onde predominam as exposições de GLEISSOLOS HÁPLICOS (GX), associados aos depósitos aluviais ao longo dos traçados norte-sul e leste-oeste da dutovia. Situação comumente observada nas regiões de várzea associadas às diversas drenagens e cursos d'água maiores.....	95
FOTO 10.1.3.2.2-3: Região onde predominam as exposições de GLEISSOLOS SÁLICOS (GZ), associados aos depósitos marinhos e mistos da Planície Litorânea (Baixada Santista) ao longo do traçado norte-sul da dutovia. Situação observada nos municípios de Guarujá, Santos e Cubatão.....	96
FOTO 10.1.3.2.2-4: Exposição de CAMBISSOLOS HÁPLICOS. Esta Subordem de solo pode associar-se aos morros e morrotes isolados da Planície Costeira, com a vertente da Serra do Mar e com terrenos do Planalto distribuídos na Região Metropolitana da Grande São Paulo (foto acima), desde Mauá até a porção sul de Jundiaí.....	97
FOTO 10.1.3.2.2-5: Exposição da Subordem LATOSSOLOS VERMELHOS (LV). Essa Subordem pode associar-se às colinas de topos tabulares da Depressão Periférica e aos morros de topos convexos do Planalto Ocidental Paulista, esculpindo rochas sedimentares e aquelas associadas ao magmatismo e vulcanismo da Bacia do Paraná .....	98
FOTO 10.1.3.2.2-6: Exposição da Subordem LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (LVA). Essa Subordem de Solo pode associar-se às colinas de topos tabulares da Depressão Periférica e aos morros de topos convexos do Planalto Ocidental Paulista, esculpindo rochas sedimentares da Bacia do Paraná .....	99
FOTO 10.1.3.2.2-7: Exposição em taludes laterais em estrada de terra, Subordem de Solo ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (PVA). Apresenta grande distribuição ao longo dos traçados norte-sul e leste-oeste da dutovia. São reconhecidos em terrenos da Região Metropolitana da Grande São Paulo e em grandes extensões entre Jundiaí e Campinas .....	101
FOTO 10.1.3.2.2-8: Vista das margens da Represa de Taiacupeba, Subordem de Solo ORGANOSSOLOS MÉSSICOS (OY). Na AII/AID, tal unidade foi identificada somente junto às margens da Represa de Taiacupeba, no município de Suzano .....	102
FOTO 10.1.4.2.2-1: Ocorrência da Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais associada aos depósitos quaternários de mangue e pântanos sujeitos à influência de marés presentes nos terrenos mais baixos e próximos aos canais na Baixada Santista. Identificada nas margens esquerda do canal de Piaçaguera e do estuário de Santos, na região da foz dos rios Jurubatuba e Diana, nas margens do canal de Bertioga .....	106
FOTO 10.1.4.2.2-2: Ocorrência da Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais associada aos depósitos quaternários flúvio-marinhos presentes nos terrenos relativamente elevados próximos aos canais na Baixada Santista. Ocorre nos arredores de Cubatão, na porção continental do município de Santos e a norte do canal de Bertioga.....	106
FOTO 10.1.4.2.2-3: Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais de Encostas associada aos sedimentos colúvio-eluvionares areno-argilosos e depósitos de caráter variado associados a encostas, como os depósitos de talus. Conformam terrenos junto ao sopé das escarpas da Serra do Mar e de morros isolados na Baixada Santista. Ocorrem como manchas isoladas e de pequenas extensões, preferencialmente nas porções continentais dos municípios de Santos e Cubatão .....	107
FOTO 10.1.4.2.2-4: Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais associada aos sedimentos aluviais quaternários presentes junto às calhas dos rios e ribeirões maiores que drenam áreas da Baixada Santista. Ocorre a montante dos depósitos de mangue e pântanos e/ou dos depósitos flúvio-lagunares e de baías, nos municípios de Santos, São Vicente e Cubatão. Vista do vale do rio Moji, na região da raiz da Serra .....	108
FOTO 10.1.4.2.2-5: Exposição da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Escorregamentos reconhecida na Serra do Mar com predomínio de processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados. Região com predomínio de muito alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou	

induzidos associados às vertentes da Serra do Mar. Município Cubatão, e porções continentais dos municípios São Vicente, Santos e Bertioga .....	109
FOTO 10.1.4.2.2-6: Exposição da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Escorregamentos reconhecida nos morros e morrotes isolados da Baixada Santista com processos de movimento de massa, e processos de erosão subordinados. Região com predomínio de alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos. Porções insulares dos municípios de Santos, São Vicente, Guarujá e Bertioga .....	109
FOTO 10.1.4.2.2-7: Vista da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Movimentos de Massa reconhecida no Planalto e associada aos morros médios e altos de topos convexos conformados sobre quartzitos (Complexo Piracaia) e granitos (Maciço Granitóide Terra Nova) na região da Serra do Japi. Visada para noroeste, na altura da estaca 69. Município de Jundiá .....	111
FOTO 10.1.4.2.2-8: Vista da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão reconhecida no Planalto nos arredores do entroncamento do Rodoanel com a Rodovia dos Bandeirantes. Visada para norte-noroeste. Altura da estaca 88+500m. Município de São Paulo .....	112
FOTO 10.1.4.2.2-9: Vista da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão reconhecida no Planalto nos arredores do Hopi Hari, onde predominam os gnaisses do Complexo Piracaia. Visada para noroeste. Arredores da estaca 44+500m. Municípios de Itupeva e Vinhedo .....	112
FOTO 10.1.4.2.2-10: Região de exposição da Unidade Geotécnica dos Relevos Cársticos e Rochas Carbonáticas reconhecida no Planalto, presentes na AII ao longo do traçado norte-sul da dutovia. Principais ocorrências delimitadas nos municípios de Cajamar e Santana de Parnaíba, na altura das estacas 83 a 85. (Imagem GoogleEarth – Pedreira Pires – Cajamar) .....	113
FOTO 10.1.4.2.2-11: Aspectos da Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais associada às várzeas de drenagens maiores e que recobre parcialmente as unidades dos planaltos de Jundiá, Paulistano/Alto Tietê e Paulista. Vista dos terrenos planos da planície de inundação do rio Jundiá. Visada para sudoeste. Região da estaca 55. Município de Jundiá .....	114
FOTO 10.1.4.2.2-12: Aspectos da Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais associada às várzeas de drenagens maiores e que recobre parcialmente as unidades dos planaltos de Jundiá, Paulistano/Alto Tietê e Paulista. Vista dos terrenos planos da planície de inundação do Rio Tietê. Região da estaca 253+500. Município de Suzano .....	114
FOTO 10.1.4.2.2-13: Aspectos da Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão associada aos terrenos de colinas de topos convexos da Depressão Periférica (Bacia do Paraná) conformados sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé. Rodovia dos Bandeirantes. Região das estacas 19. Município de Campinas.....	116
FOTO 10.1.4.2.2-14: Aspectos da Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão associada às colinas e morros baixos de topos convexos. Ocorrência de rochas gnáissicas do Complexo Piracaia e rochas sedimentares do Subgrupo Itararé na transição de relevos do Planalto para a Depressão Periférica. Município de Campinas .....	117
FOTO 10.1.4.2.2-15: Aspectos da Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais associada às drenagens que recortam os terrenos da Bacia do Paraná, onde podem ocorrer processos de inundações e adensamento de solos moles. Várzea do rio Atibaia, junto à Rodovia Bertolo Ferro, a oeste da AII. Altura da estaca 1+500m. Município de Paulínia .....	118
FOTO 10.1.4.2.2-16: Aspectos da Unidade Geotécnica com Processos de Baixa Suscetibilidade na Depressão Periférica associada às rochas do Subgrupo Itararé, como as ocorrências verificadas na região de Paulíniaq... ..	119
FOTO 10.1.4.3.2-1: Aspecto geral da Unidade Geotécnica 11 na Baixada Santista – onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles e inundações diárias associadas às marés – observados na região do cruzamento do Canal de Bertioga com a Rodovia Cônego Domênico Rangoni (Piaçaguera-Guarujá). Imeditadamente a sul da AID (a sul da estaca 200+682m) .....	121
FOTO 10.1.4.3.2-2: Aspecto geral da Unidade Geotécnica 12 na Baixada Santista, onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles e inundações pluviais – presentes no vale aberto do rio Moji e verificados a partir do viaduto da Rodovia Cônego Domênico Rangoni (Piaçaguera-Guarujá), arredores da COSIPA, na altura da estaca 190 .....	122

FOTO 10.1.4.3.2-3: Unidade Geotécnica 14, associada aos depósitos colúvio-eluvionares e corpos de tálus identificados no sopé de encostas – com processos de inundações e adensamento de solos moles, e média suscetibilidade a recalques diferenciais e impactos por escorregamentos – demarcada na faixa da AID/ADA a sudeste da Serra do Quilombo, entre as estacas 198+600m e 199+800m .....	124
FOTO 10.1.4.3.2-4: Unidade Geotécnica 15 na Baixada Santista, associada aos depósitos recentes das calhas dos rios – com processos de inundações e adensamento de solos moles, e alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios – presente na faixa da AID/ADA junto ao rio Cubatão.....	125
FOTO 10.1.4.3.2-5: Unidade Geotécnica 4/3 na Serra do Mar, contendo rochas metamórficas dos complexos Costeiro e Embu, rochas granitóides, por vezes afetadas pela Zona de Cisalhamento de Cubatão, e onde ocorrem processos predominantes associados aos movimentos de massa, tendo como processos secundários aqueles associados à erosão. Visão para noroeste à partir da estaca 181, com destaque para os dutos da usina Henry Borden.....	127
FOTO 10.1.4.3.2-6: Unidade Geotécnica 5a/3 reconhecida nos terrenos do Planalto na região da Represa Billings, associada às rochas do embasamento cristalino – rochas granitóides e gnaisses e migmatitos do Domínio Embu – e onde predominam os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados. Obra Rodoanel trecho Sul (2009).....	130
FOTO 10.1.4.3.2-7: Unidade Geotécnica 5a/3 reconhecida nos terrenos do Planalto a norte do rio Tietê, associada às rochas do embasamento cristalino – rochas metamórficas dos grupos São Roque e Serra do Itaberaba e rochas granitóides do Domínio São Roque – e onde predominam os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados .....	130
FOTO 10.1.4.3.2-8: Unidade Geotécnica 5a/3 reconhecida nos limites de município entre Mauá e São Paulo, próximo à estaca 233, associada às rochas do Complexo Embu, com o predomínio de processos de movimentos de massa e erosão subordinados .....	131
FOTO 10.1.4.3.2-9: Unidade Geotécnica 3 reconhecida no Planalto nos terrenos mais altos que ocorrem nos arredores e parcialmente recobertos pela várzea do rio Carapicuíba – associada às rochas do embasamento cristalino e, de forma subordinada, aos sedimentos paleógenos. Unidade onde predominam os processos de erosão .....	132
FOTO 10.1.4.3.2-10: Aspectos da Unidade Geotécnica 3 associada às colinas e morros baixos de topos convexos conformados sobre rochas gnáissicas do Complexo Piracaia e rochas sedimentares do Subgrupo Itararé na transição de relevos do Planalto para a Depressão Periférica. Região da estaca 24. Município de Campinas.....	133
FOTO 10.1.4.3.2-11: Unidade Geotécnica 3/6a reconhecida nos terrenos do Planalto – na região da Represa do Rio das Pedras e Rodovia Anchieta – associada às rochas metamórficas dos complexos Costeiro e Embu, onde predominam os processos de erosão, com processos de movimento de massa subordinados.....	135
FOTO 10.1.4.3.2-12: Unidade Geotécnica 3/6a reconhecida no Planalto – na região dos terrenos relativamente elevados e conformados sobre rochas metamórficas do Complexo Embu e intrusivas granitóides associadas e que margeiam a várzea do rio Embu-mirim – onde predominam os processos de erosão, com processos de movimento de massa subordinados. Obra Rodoanel trecho Sul (2009). .....	135
FOTO 10.1.4.3.2-13: Unidade Geotécnica 3/6a reconhecida no Planalto – na porção sul do município de Santo André, onde predominam rochas do Complexo Embu, com processos de erosão e movimentos de massa subordinados .....	136
FOTO 10.1.4.3.2-14: Unidade Geotécnica 15 reconhecida nos terrenos do Planalto associada às várzeas das drenagens que modelam os terrenos na região – vista parcial da planície de inundação do rio Embu-Mirim – onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, com alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios.....	137
FOTO 10.1.4.3.2-15: Ocorrência restrita da Unidade Geotécnica 13 reconhecida no Planalto, associada a uma drenagem secundária atravessada pelo Trecho Sul do Rodoanel. Nestes locais – previamente à implantação dos aterros do Rodoanel – podiam ocorrer processos de inundações e adensamento de solos moles, sendo que tais locais apresentavam alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios.....	138



FOTO 10.1.4.3.2-16: Aspectos da Unidade Geotécnica 3 associada às colinas de topos convexos conformadas sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão) em terrenos da Depressão do Médio Tietê. A oeste da AID, na altura da estaca 25+500m. Município de Campinas .....	140
FOTO 10.1.4.3.2-17: Aspectos da Unidade Geotécnica 1 associada às colinas de topos convexos da Depressão do Médio Tietê conformadas sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé. Visada para norte. Região da estaca 22+500m. Rodovia dos Bandeirantes. Município de Campinas.....	141
FOTO 10.1.4.3.2-18: Aspectos da Unidade Geotécnica 15 associada às drenagens que recortam os terrenos da Depressão Periférica, onde podem ocorrer processos de inundações e adensamento de solos moles. Várzea de um afluente da margem direita do rio Capivari. Município de Campinas.....	142

## QUADRO

QUADRO 10.1.4.3.4-1: Parâmetros geotécnicos quanto à capacidade de carga e colapsividade dos solos .	148
QUADRO 10.1.4.3.4-2: Parâmetros geotécnicos para solos de rochas básicas .....	149
QUADRO 10.1.4.3.4-3: Parâmetros de resistência.....	150
QUADRO 10.1.4.3.4-4: Parâmetro de resistência e valores de peso específico .....	151
QUADRO 10.1.4.3.4-5: Parâmetro de resistência .....	152
QUADRO 10.1.4.3.4-6: Parâmetro de resistência .....	152
QUADRO 10.1.4.3.4-7: Parâmetro de resistência .....	153
QUADRO 10.1.4.3.4-8: Parâmetros de resistência.....	154
QUADRO 10.1.4.3.4-9: Parâmetro de resistência .....	154
QUADRO 10.1.4.3.4-10: Parâmetros de compressibilidade .....	155
QUADRO 10.1.4.3.4-11: Parâmetros de resistência ao cisalhamento .....	155
QUADRO 10.1.4.3.4-12: Parâmetros de compressibilidade .....	155
QUADRO 10.1.4.3.4-13: Parâmetros de compressibilidade .....	156
QUADRO 10.1.4.3.4-14: Resultados de compressibilidade .....	157
QUADRO 10.1.7.2.3-1: Classificação das Águas Segundo os Usos Preponderantes.....	248
QUADRO 10.1.8.3.1-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Piracicaba – Ugrhi 05	253
QUADRO 10.1.8.3.1-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Capivari – Ugrhi 05 ..	255
QUADRO 10.1.8.3.1-3: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Jundiá – Ugrhi 05 ....	257
QUADRO 10.1.8.3.2-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Juqueri-Cantareira – Ugrhi 06 .....	261
QUADRO 10.1.8.3.2-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Pinheiros – Pirapora – Ugrhi 06 .....	263
QUADRO 10.1.8.3.2-3: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Cotia – Guarapiranga – Ugrhi 06 .....	265
QUADRO 10.1.8.3.2-4: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia da Billings - Tamanduateí – Ugrhi 06 .....	270
QUADRO 10.1.8.3.2-5: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Alto Tietê - Cabeceiras – Ugrhi 06 .....	273
QUADRO 10.1.8.3.3-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Baixada Santista – Ugrhi 07 .....	279
QUADRO 10.1.8.3.3-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA .....	282



**TABELA**

TABELA 10.1.4.3.6-1: Pontos Notáveis - Geotecnia .....	168
TABELA 10.1.5.2-1: Processos minerários do DNPM na AID do Empreendimento.....	171
TABELA 10.1.5.3-1: Processos minerários do DNPM na ADA do Empreendimento .....	176
TABELA 10.1.6.3-1: Dados climatológicos do Município de Paulínia (CEPAGRI/ UNICAMP, 2013) .....	183
TABELA 10.1.6.3-2: Dados climatológicos dos demais municípios da Depressão Periférica Paulista e Planalto de Jundiaí (CEPAGRI / UNICAMP, 2013) .....	184
TABELA 10.1.6.3-3: Dados climatológicos de municípios do Planalto Paulista, Planalto Paulistano e Serra do Mar (CEPAGRI / UNICAMP, 2013).....	185
TABELA 10.1.6.3-4: Dados climatológicos de estações meteorológicas da Grande São Paulo (INMET, 1992) ... ..	186
TABELA 10.1.6.3-5: Dados climatológicos anuais para o Município de São Paulo (1961-1990) (Cetesb, 2002 em MRS, 2005) .....	187
TABELA 10.1.6.3-6: Dados climatológicos de municípios da Baixada Santista (CEPAGRI/ UNICAMP, 2013).....	189
TABELA 10.1.6.3-7: Dados climatológicos anuais para o Município de Santos (1961-1990) (CETESB, 2002 em MRS, 2005).....	189
TABELA 10.1.7.2-1: Valores totais de emissões de COV na EIBT .....	190
TABELA 10.1.8.2.1-1: Pontos de Captação Para Abastecimento Público na AII do Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos, Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari, Jundiaí.....	201
TABELA 10.1.8.2.1-2: Pontos de Monitoramento da Cetesb na Bacia do Rio Piracicaba .....	202
TABELA 10.1.8.2.1-3: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia do Rio Piracicaba, Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí – Valores Médios (2012) .....	203
TABELA 10.1.8.2.1-4: Pontos de Captação para Abastecimento Público na AII do Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos – Bacia do Rio Capivari, Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari, Jundiaí .....	205
TABELA 10.1.8.2.1-5: Pontos de Monitoramento da Cetesb na Bacia do Rio Capivari .....	206
TABELA 10.1.8.2.1-6: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia do Rio Capivari, Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí – Valores Médios (2012). .....	206
TABELA 10.1.8.2.1-7: Pontos de Captação para Abastecimento Público na AII do Projeto Logum – na Bacia do Rio Jundiaí, Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari, Jundiaí .....	208
TABELA 10.1.8.2.1-8: Pontos de Monitoramento da Cetesb na Bacia do Rio Jundiaí.....	209
TABELA 10.1.8.2.1-9: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia do Rio Jundiaí, Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí – Valores Médios (2012).....	210
TABELA 10.1.8.2.2-1: Pontos de Captação para Abastecimento Público na AII do Projeto Logum, Ugrhi 06 – Alto Tietê - Bacia do Juqueri – Cantareira .....	215
TABELA 10.1.8.2.2-2: Pontos de Monitoramento da Cetesb na Bacia do Juqueri - Cantareira .....	216
TABELA 10.1.8.2.2-3: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na AII, Ugrhi 06 – Alto Tietê – Bacia do Juqueri - Cantareira – Valores Médios (2012) .....	216
TABELA 10.1.8.2.2-4: Pontos de Captação Para Abastecimento Público na AII do Projeto Logum, Ugrhi 06 – Alto Tietê - Bacia do Pinheiros – Pirapora.....	218
TABELA 10.1.8.2.2-5: Ponto de Monitoramento da Cetesb na Bacia Pinheiros - Pirapora .....	219
TABELA 10.1.8.2.2-6: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na AII, Ugrhi 06 – Alto Tietê – Bacia Pinheiros - Pirapora – Valores Médios (2012).....	219

TABELA 10.1.8.2.2-7: Pontos de Monitoramento da Cetesb na AII do Projeto Logum, Ugrhi 06 – Alto Tietê – Bacia do Cotia – Guarapiranga .....	223
TABELA 10.1.8.2.2-8: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na AII, Ugrhi 06 – Alto Tietê – Bacia do Cotia – Guarapiranga – Valores Médios (2012) .....	224
TABELA 10.1.8.2.2-9: Resultados do Monitoramento Realizado pela Sabesp no Reservatório Guarapiranga (Dezembro de 2013) .....	226
TABELA 10.1.8.2.2-10: Resultados do Monitoramento Realizado pela Sabesp no Reservatório Guarapiranga em Dezembro de 2013 .....	226
TABELA 10.1.8.2.2 -11: Pontos de Captação para Abastecimento Público na AII do Projeto Logum, Ugrhi 06 – Alto Tietê - Bacia da Billings -Tamanduateí.....	229
TABELA 10.1.8.2.2-12: Pontos de Monitoramento da Cetesb na Ugrhi 06 – Alto Tietê – Bacia da Billings-Tamanduateí.....	231
TABELA 10.1.8.2.2-13: Resultados do Monitoramento das Águas na Ugrhi 06 – Alto Tietê – Bacia Da Billings – Tamanduateí – Valores Médios (2012) .....	232
TABELA 10.1.8.2.2-14: Pontos de Coletas de Água Superficial e de Sedimentos no Âmbito do Projeto Reforço da Rede Tubular de Alta Pressão – RETAP (2011) .....	234
TABELA 10.1.8.2.2-15: Resultados das Medições Superficiais do Monitoramento Automático Realizado pela Sabesp no Reservatório Billings (Dezembro de 2013).....	236
TABELA 10.1.8.2.2-16: Resultados do Monitoramento Realizado Pela Sabesp no Reservatório Billings (Dezembro de 2013) .....	236
TABELA 10.1.8.2.2-17: Pontos de Captação Para Abastecimento Público na AII do Empreendimento Projeto Logum na Ugrhi 06 – Alto Tietê – Cabeceiras .....	239
TABELA 10.1.8.2.2-18: Pontos de Monitoramento da Cetesb na Ugrhi 06 – Bacia do Alto Tietê – Cabeceiras... ..	241
TABELA 10.1.8.2.2-19: Resultados do Monitoramento das Águas na Ugrhi 06 – Bacia do Alto Tietê – Cabeceiras – Valores Médios (2012) .....	242
TABELA 10.1.8.2.3-1: Pontos de Captação para Abastecimento Público na AII do Projeto Logum, Ugrhi 07 – Baixada Santista.....	248
TABELA 10.1.8.2.3-2: Pontos de Monitoramento da Cetesb na AII do Projeto Logum, Ugrhi 07 – Baixada Santista .....	250
TABELA 10.1.8.2.3-3: Resultados do Monitoramento das Águas na AII da Ugrhi 07 – Valores Médios (2012) ..	250



## 10. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA PRELIMINARES

### 10.1 MEIO FÍSICO

#### 10.1.1 GEOLOGIA

##### 10.1.1.1 MÉTODOS DE TRABALHO

Como visto no capítulo anterior, para os temas do meio físico projetou-se preliminarmente, como Área de Influência Indireta do empreendimento (AII), as áreas das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos transpostas pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**.

A dutovia projetada cruza, a partir de Santos, as Ugrhis 7 (Baixada Santista), 6 (Alto Tietê) e 05 (Piracicaba, Capivari e Jundiá). Contudo, dadas as particularidades do projeto, principalmente por se tratar de obra linear e por sua elevada extensão, optou-se por dar enfoque a uma faixa ao longo da dutovia, com largura de 10 Km (5 Km para cada lado do eixo projetado).

Como na região da Baixada Santista ocorrem diversos corpos d'água que se encontram sob influência da maré, e na Região Metropolitana de São Paulo ocorrem reservatórios de água utilizados para o abastecimento público, cujas bacias hidrográficas se encontram protegidas por leis (Área de Proteção e Recuperação de Mananciais), a largura da faixa da AII foi adequada nesses intervalos, e somente para alguns temas do meio físico apresentou larguras eventualmente superiores a 10 km, buscando contextualizar as eventuais interferências da futura dutovia com essas áreas mais sensíveis.

Para o estudo e apresentação dos aspectos geológicos da AII foram adotados – com simplificações – o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981<sup>1</sup>), em escala 1:500.000; as cartas geológicas Campinas SF.23-Y-A e São Paulo SF.23-Y-C do Projeto de Integração Geológico-metalogenética, Folha Rio de Janeiro SF.23 (CPRM, 1999<sup>2</sup>), na escala 1:250.000, bem como suas respectivas notas explicativas (SACHS, 1999<sup>3</sup>; MORAIS, 1999 a e b<sup>4</sup>); e o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (CPRM, 2006<sup>5</sup>), em escala 1:750.000.

Dada a abundância das unidades geológicas transpostas pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** – e a consequente terminologia existente – buscou-se a apresentação simplificada dos mapas geológicos da AII. Esses mapas englobam litotipos semelhantes ou

<sup>1</sup> INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). Mapa geológico do Estado de São Paulo: Escala 1:500.000. São Paulo: IPT/DMGA, 1981. 2 v. (Publicação IPT, no. 1184).

<sup>2</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. São Paulo. Folha SF.23-Y-C São Paulo. Projeto de Integração Geológico-metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica São Paulo. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

<sup>3</sup> SACHS, L.L.B. (org.). Integração Geológica da Folha São Paulo SF.23-Y-C: Escala 1:250.000. Estado de São Paulo. Nota explicativa. São Paulo: CPRM, 1999. 36p.; il.; mapas. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil; Projeto de Integração Geológico-Metalogenética Folha Rio de Janeiro SF.23). Executado pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de São Paulo.

<sup>4</sup> MORAIS, S.M (org.). Integração Geológica da Folha Campinas SF.23-Y-A: Escala 1:250.000. Estado de São Paulo. Nota explicativa. São Paulo: CPRM, 1999A. 26p.; il.; mapas. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil; Projeto de Integração Geológico-Metalogenética Folha Rio de Janeiro SF.23). Executado pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de São Paulo. 1999a.

MORAIS, S.M (org.). Integração Geológica da Folha Santos SF.23-Y-D: Escala 1:250.000. Estado de São Paulo. Nota explicativa. São Paulo: CPRM, 1999B. 26p.; il.; mapas. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil; Projeto de Integração Geológico-Metalogenética Folha Rio de Janeiro SF.23). Executado pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de São Paulo. 1999b.

<sup>5</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Geologia e Recursos Minerais do Estado de São Paulo. São Paulo: CPRM, 1 CD-ROM. 2006.

unidades geológicas ou estratigráficas afins – tais como membros ou formações sedimentares ou metamórficas, ou ainda, intrusões ígneas diversas associadas a um determinado grupo ou complexo geológico – visando à apresentação dos aspectos principais da Geologia regional e de importância para os estudos do meio físico do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**. Quando necessário, ainda nos mapas e textos da AII, foram acrescentadas outras informações geológicas relevantes, chamando atenção para os aspectos pertinentes abordados com detalhe mais adiante, nos mapas e textos de Geologia na faixa da AID/ADA.

Para o estudo e apresentação dos aspectos geológicos da AID/ADA foram adotadas as cartas geológicas Campinas, São Paulo e Santos (CPRM, 1999<sup>6</sup>), em escala 1:250.000; e o mapa geológico da folha Santos de Suguio e Martin<sup>7</sup> (1978b), em escala 1:100.000, em função do seu maior grau de detalhe. Relativamente aos trabalhos adotados para o estudo geológico da AII, as referidas cartas diferem pelo abandono da terminologia Complexo Pilar e integração de suas unidades litológicas ao Complexo Embu, que ocupa grande parte da região metropolitana de São Paulo, bem como pela subdivisão do Complexo Costeiro. A Baixada Santista também recebeu maior detalhamento, com o desmembramento dos Sedimentos Marinhos e Mistos em três tipos.

Foram identificadas e delimitadas as unidades e estruturas geológicas, com base na interpretação de fotografias aéreas e comparações com os levantamentos geomorfológicos, e caracterizadas as litologias que constituem essas unidades e estruturas. Os dados obtidos foram objeto de aferições de campo nos meses de junho e dezembro de 2013, realizadas por meio de reconhecimento das principais unidades e estruturas mapeadas, em exposições observadas nas principais rodovias e drenagens existentes nas áreas de influência do empreendimento.

Considerando os aspectos gerais do Meio Físico, a Área de Influência Direta (AID) do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** foi definida preliminarmente como uma faixa, e contempla a largura de 1 km para cada lado em relação ao eixo do traçado.

Conforme explicitado no **item 9.1.2**, a delimitação da ADA preliminar do Meio Físico corresponde à área de intervenção direta das obras do empreendimento, que compreende uma faixa de 20 metros de largura ao longo do eixo da dutovia, com variações em alguns trechos.

#### **10.1.1.2 ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII)**

##### **10.1.1.2.1 Introdução e Contextualização Geral**

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**, composto por dutovia e instalações associadas (estação de válvula, estação intermediária de bombeio com tancagem, estação redutora de pressão e área para interligação com terminais de terceiros existentes), irá se desenvolver desde o município de Santos, na Baixada Santista, até o município de Paulínia, abrangendo também a Região Metropolitana de São Paulo – RMSP em sua porção oeste e porção leste.

A porção do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** que abrange desde a Baixada Santista até o extremo noroeste do município de São Paulo acompanha o traçado da rodovia Cônego Domênico Rangoni, desde a estaca 200+680m até a estaca 185, aproximadamente. Após

<sup>6</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Campinas. Folha SF.23-Y-A Campinas. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica Campinas. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Santos. Folha SF.23-Y-D Santos. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica Santos. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. São Paulo. Folha SF.23-Y-C São Paulo. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica São Paulo. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

<sup>7</sup> SUGUIO, K.; MARTIN, L. Santos. São Paulo: S.N., 1 mapa: colorido; 55 x 50 cm. Escala 1:100.000. 1978b.

esse ponto segue margeando a Refinaria Presidente Bernardes, de propriedade da Petrobras, até a estaca 181, onde inicia a subida da Serra do Mar até a Usina Henry Borden, acompanhando seus dutos, a partir de onde segue a estrada de acesso até seu entroncamento com a Rodovia Caminho do Mar (estaca 178). A partir daí, segue submersa pelo Reservatório do Rio das Pedras até a faixa de servidão da linha de transmissão existente (estaca 175+500m), seguindo paralela à via Anchieta até a estaca 169+250m.

Neste local, a dutovia divide-se em direções opostas, seguindo na direção oeste, para o município de Paulínia (estacas 169+250m a estaca 0), e na direção leste, para os municípios de São Caetano e Guarulhos (estaca 169+250m a estaca 300+155m). Com relação ao primeiro trecho, a dutovia transpõe a Represa Billings em trecho submerso, até a sua intersecção com o trecho sul do Rodoanel Mário Covas, na altura da estaca 152. Deste local até a estaca 99+500m, o traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** acompanha parte do trecho sul e parte do trecho oeste do Rodoanel Mário Covas.

No traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** descrito acima – do litoral até o entroncamento com a Rodovia Castello Branco – do ponto de vista geológico, interceptará Coberturas Cenozóicas da Planície Costeira, no extremo sudeste, e o embasamento cristalino, representado pelos complexos Costeiro, Pilar e Embu, pelos grupos Serra do Itaberaba e São Roque, e por rochas granitóides intrusivas, desde o município de Cubatão até a região noroeste da cidade de São Paulo, passando pelos sedimentos paleógenos da Bacia de São Paulo. Cortará, ainda, os sedimentos quaternários das bacias de drenagem dos rios Tietê, Pinheiros, da Onça e Jurubatuba, bem como dos reservatórios Billings, Rio das Pedras e Guarapiranga.

Com relação ao trecho entre o entroncamento da rodovia Anchieta e os municípios de São Caetano e Guarulhos, o empreendimento também interceptará rochas granitóides intrusivas e sedimentos paleógenos da Bacia de São Paulo (formações Resende e São Paulo) e do Complexo Embu, com a presença de depósitos aluvionares recentes ao longo das principais drenagens.

A partir da região do entroncamento do Rodoanel Mário Covas com a Rodovia Castello Branco - na altura da estaca 101 – passando por terrenos de Barueri, Santana de Parnaíba, Cajamar, Jundiaí, Louveira, Itupeva, Vinhedo, Valinhos, Campinas e Paulínia, já na Depressão Periférica Paulista, o traçado acompanha a faixa de dutos existente da Petrobras e também terras pivadas, paralelamente aos traçados das rodovias Anhanguera e dos Bandeirantes.

Do ponto de vista geológico, esse trecho do futuro **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** interceptará o embasamento cristalino constituído por rochas metamórficas de baixo a alto grau e intrusivas associadas dos domínios São Roque e Socorro-Guaxupé, presentes até a altura da estaca 26, além de rochas sedimentares e ígneas de caráter básico a intermediário dos grupos Tubarão e São Bento, todos pertencentes à Bacia do Paraná e ocorrentes entre a região de Campinas e Paulínia, onde também estão presentes as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas. A dutovia cortará, ainda, os sedimentos quaternários depositados nas várzeas dos afluentes das bacias dos rios Juqueri, Jundiaí, Jundiaí-Mirim e Capivari, além daqueles da sub-bacia do ribeirão dos Cristais.

A seguir, são apresentadas as Unidades Geológicas identificadas na AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, que podem ser observadas no mapa que constitui o **Volume 7 - Desenhos**. Buscando sistematizar as diversas terminologias observadas nos diferentes mapas compilados, a nomenclatura das unidades geológicas segue o padrão adotado pelo Mapa Geológico do Estado de São Paulo da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM, 2006<sup>8</sup>), em escala 1:750.000.

A caracterização completa de todas as unidades geológicas identificadas é apresentada no item referente às AID e ADA, no decorrer do presente capítulo.

<sup>8</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Geologia e Recursos Minerais do Estado de São Paulo. São Paulo: CPRM, 1 CD-ROM. 2006.

#### 10.1.1.2.2 Distribuição das Unidades Geológicas ao Longo da AII

Partindo da porção sudeste, desde o município de Santos, passando por Cubatão, até São Bernardo do Campo, o traçado do empreendimento cruza a unidade litoestratigráfica Complexo Costeiro (**NPcc**), intrudido por granitóides das Suítes Graníticas Pós-tectônicas – Fácies Itu (**Eay4**) – em Cubatão, Santos e São Vicente, todos pertencentes ao denominado Domínio Costeiro. Na sua porção litorânea, tais rochas encontram-se em grande parte recobertas por sedimentos cenozóicos das unidades litoestratigráficas Sedimentos Marinhos e Mistos (**Qli**), Sedimentos Continentais Indiferenciados (**Qdi**) e Formação Cananéia (**Q1cn**), integrantes da Planície Costeira.

Desde a altura da estaca 179 até a estaca 100+300m, aproximadamente, é reconhecido o Domínio Embu, onde predominam os complexos Pilar (**NPp**) e Embu (**NPe**), especialmente nos municípios de Embu, Embu-Guaçu, São Paulo e São Bernardo do Campo, representados por rochas metamórficas de médio e alto grau. Granitóides das Suítes Graníticas Sintectônicas - Fácies Cantareira (**NP3**) - estão distribuídos em extensas áreas nas regiões de Osasco, Carapicuíba, Cotia, Embu, Taboão da Serra, São Paulo e Itapeverica da Serra. As rochas sedimentares paleógenas da Bacia de São Paulo ocupam parcialmente as cidades de São Paulo, Osasco e Embu-Guaçu (**Er/Esp**).

Com relação ao trecho situado entre as estacas 201 e 279, o qual abrange os municípios de São Bernardo do Campo, Santo André, Rio Grande da Serra, Ribeirão Pires e Mauá, predominando as formações do Domínio Embú, incluindo as unidades litoestratigráficas do Complexo Pilar (**NPp**) e Embu (**NPe**), assim como Suítes Graníticas Indiferenciadas (**NP3I**). Em diversos locais, tais rochas encontram-se recobertas por sedimentos cenozoicos aluvionares (**Q2a**), principalmente junto aos cursos d'água da região, afluentes do Reservatório Rio Pequeno e da Represa Billings.

Entre as estacas 279 e 300, a dutovia deverá percorrer locais com a predominância de rochas ígneas do Domínio Embú e coberturas sedimentares da formação São Paulo (**Er/Esp**), assim como sedimentos aluvionares presentes de forma contínua na bacia do Rio Tamanduateí (**Q2a**). Este trecho é também caracterizado por adentrar a porção sudeste da Região Metropolitana de São Paulo, abrangendo o município Mauá, Santo André e São Caetano do Sul.

Entre as estacas 234 e 279, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** adentra a bacia do Rio Tietê, predominando formações sedimentares do cenozóico, em especial os conglomerados, arenitos e argilitos da Formação Resende (**Er**) e depósitos aluvionares (**Q2a**), recobrando parcialmente unidades litoestratigráficas do Complexo Embu (**NPe**).

De modo geral, entre as estacas 98+600m e 71+100m, na AII, são reconhecidas rochas de baixo e médio grau metamórficas associadas aos grupos São Roque (**NP3sr**) e Serra do Itaberaba (**MP2si**), respectivamente, além de rochas ígneas intrusivas (**NP3sy**), e que compõem o Domínio São Roque, reconhecido na região metropolitana de São Paulo e delimitado, a sul, pela Zona de Cisalhamento de Taxaquara (ZCT) e, a noroeste, pela Zona de Cisalhamento de Jundiuvira (ZCJ).

A norte da ZCJ, desde o limite entre as cidades de Cajamar/Franco da Rocha e Jundiá (estaca 69+500m) até a altura das cidades de Indaiatuba e Campinas (estaca 38) são identificados quartzitos, xistos e gnaisses diversos, por vezes migmatizados do Complexo Piracaia (**NPpx**, **NPpq** e **NPpg**), correspondendo a uma sequência supracrustal de mais alto grau metamórfico delimitada, na AII, pelas zonas de cisalhamento Socorro e Monte Sião, a norte-noroeste, e pelos sedimentos da Bacia do Paraná, a oeste, e em parte afetada por intrusões de rochas ígneas, sendo o conjunto denominado de Domínio Socorro-Guaxupé.

As rochas sedimentares paleozóicas do Complexo Piracaia e Grupo Tubarão - Subgrupo Itararé (**C2P1i**) - estão presentes desde a estaca 38+400m até os arredores da estaca 14, entre as cidades de Indaiatuba e Campinas, na porção norte do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, até o município de Paulínia, geralmente associadas a Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas (**Qce**).



Na extremidade norte do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, em região da AII localizada nos municípios de Campinas e Paulínia, iniciam-se ocorrências localizadas de Rochas Intrusivas Tabulares (**K1δsg**) por vezes associadas à Formação Serra Geral (**K1βsg**) do Grupo São Bento.

### **10.1.1.3 ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID) E ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA)**

#### **10.1.1.3.1 Introdução**

As características litológicas e estruturais gerais da faixa da AID/ADA do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** serão apresentadas a seguir, podendo ser observadas nos mapas que constituem o **Volume 7 - Desenhos**, elaborados a partir do Projeto de Integração Geológico-Metalogenética Folha Rio de Janeiro SF.23, cartas geológicas Campinas SF.23-Y-A, São Paulo SF.23-Y-C e Santos SF.23-Y-D (CPRM, 1999<sup>9</sup>), na escala 1:250.000; do Mapa Geológico do Estado de São Paulo (CPRM, 2006<sup>10</sup>), em escala 1:750.000; bem como do mapa efetuado por Suguio e Martin<sup>11</sup> (1978b) na Planície Costeira, na escala 1:100.000.

#### **10.1.1.3.2 Caracterização das Unidades Geológicas ao Longo da AID e ADA**

##### **Planície Costeira**

A Planície Costeira, distribuída entre as regiões de Guarujá, Santos e Cubatão, apresenta cerca de 40km de extensão por 15km de largura máxima, sendo limitada, nas suas extremidades, pela Serra de Mongaguá, ao sul, e pela parte rochosa da Ilha de Santo Amaro, ao norte. Nas porções central e nordeste, é drenada por uma rede de lagunas e canais de maré que delimitam as ilhas de São Vicente e Santo Amaro.

Na planície de Santos predominam os depósitos holocênicos formados durante a Transgressão Santos, e os depósitos mistos atuais representados por areias e argilas de mangue (**Qlim** – presentes na AID/ADA) e areias marinhas litorâneas (**Qliam** – ausentes na AID/ADA), por vezes retrabalhadas pelo vento. Localmente, além dos limites da AID/ADA, podem ser observados depósitos marinhos arenosos pleistocênicos da Formação Cananéia. Os sedimentos depositados no Holoceno ocorrem até o sopé da Serra do Mar, como visto na região de Cubatão, e também estão depositados no entorno de morros baixos e médios isolados, pertencentes às unidades pré-cambrianas.

Para o modelo evolutivo dos depósitos sedimentares da Planície Costeira na região, é necessário o entendimento das variações relativas do nível do mar durante o Quaternário.

A Transgressão Cananéia (pleistocênica), ocorrida entre 120.000 e 100.000 anos A.P., elevou o nível do mar, na região de Santos, cerca de 7m acima do nível de maré cheia atual, e foi seguida de uma regressão que teve seu máximo entre 17.500 e 17.000 anos A.P. e que provocou o rebaixamento do nível do mar a -110m em relação ao nível do mar atual (SUGUIO E

<sup>9</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Campinas. Folha SF.23-Y-A Campinas. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica Campinas. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Santos. Folha SF.23-Y-D Santos. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica Santos. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. São Paulo. Folha SF.23-Y-C São Paulo. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica São Paulo. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

<sup>10</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Geologia e Recursos Minerais do Estado de São Paulo. São Paulo: CPRM, 1 CD-ROM. 2006.

<sup>11</sup> SUGUIO, K.; MARTIN, L. Santos. São Paulo: S.N., 1 mapa: colorido; 55 x 50 cm. Escala 1:100.000. 1978b.

MARTIN, 1978<sup>12</sup>). O recuo da linha da costa e o grande desnível topográfico verificados neste período provocaram intenso processo de dissecação do relevo, erodindo, assim, grande parte da Formação Cananéia.

Seguiu-se novo evento de subida do nível do mar, denominado Transgressão Santos (holocênica). Numerosas datações de conchas e fragmentos de madeira carbonizados, provenientes das formações lagunares, permitiram esboçar a curva de variação do nível marinho no Holoceno. O máximo da Transgressão Santos na região de interesse atingiu seu pico há cerca de 5.100 anos A.P., elevando o nível do mar entre 4,5 e 4,7m acima do nível de maré alta atual.

Nos últimos 5.100 anos, o nível relativo do mar sofreu progressivo rebaixamento até a posição atual, intercalando, contudo, duas rápidas fases de flutuações. Ao redor de 3.800 anos A.P., passou por um mínimo relativo, com oscilações de 1,5 a 2m abaixo do nível atual (MASSAD, 1996<sup>13</sup>). Ao redor de 3.500 anos A.P., o nível relativo do mar passou por um segundo máximo, situado em torno de +3,5 a + 4m. Entre 3.000 e 2.500 anos A.P., foi constatado um pequeno rebaixamento, situado por Suguio<sup>14</sup> (1999) em 2.800 anos A.P., e que provavelmente atingiu um nível inferior ao atual. Em torno de 1800 anos A.P., estima-se que o nível relativo do mar não poderia ter sido superior a +0,5m.

No transcurso da regressão que rebaixou o nível do mar – 110m em relação ao nível atual instalou-se uma rede hidrográfica sobre esses depósitos, esculpindo vales profundos. Grande parte dos depósitos precedentes (pleistocênicos) foi erodida, talvez até o Embasamento Cristalino, ao redor da cota – 50m.

Durante a última fase transgressiva, o mar inicialmente penetrou nessas zonas baixas, dando origem a um sistema de lagunas. Ao mesmo tempo, as partes altas, remanescentes da Formação Cananéia, foram erodidas pelo mar em transgressão, produzindo o material necessário para os depósitos arenosos marinhos holocênicos, formando ilhas-barreira na época do máximo transgressivo.

Tais ilhas isolaram zonas lagunares onde se depositaram sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica, contendo restos de conchas e fragmentos vegetais. Nos períodos regressivos subsequentes, teria ocorrido acreção de cordões litorâneos às ilhas-barreira, formando faixas de vários quilômetros.

De acordo com Suguio e Martin<sup>15</sup> (1978), numerosas sondagens, na região de Santos, são indicativas de que, em certas partes da planície, os depósitos argilosos lagunares podem atingir até cerca de 50m de espessura. Esses autores individualizaram, na Planície Costeira, depósitos holocênicos marinhos e lagunares constituídos por areias e argilas relacionados aos sedimentos flúvio-lagunares e de baías (**Qlifi**).

Os sedimentos ocupam posição interior do continente, aproximando-se, inclusive, do sopé da Serra do Mar, como visto na região de Cubatão e nas proximidades das serras do Morrão e do Quilombo. Podem, ainda, estar depositados atrás de morros médios e baixos isolados na Planície Costeira, pertencentes às unidades pré-cambrianas, depósitos esses que se estendem a partir da Baía de Santos até a região de Bertioga.

<sup>12</sup> SUGUIO, K.; MARTIN, L. Santos. São Paulo: S.N., 1 mapa: colorido; 55 x 50 cm. Escala 1:100.000. 1978b.

<sup>13</sup> MASSAD, F. O sobre-adensamento das argilas quaternárias da baixada santista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 8, 1996, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ABMS, v.1, p.147-162. 1996.

<sup>14</sup> SUGUIO, K. Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: (Passado + Presente = Futuro?). São Paulo: Paulo's Comunicações e Artes Gráficas, 366 p. 1999.

<sup>15</sup> SUGUIO, K.; MARTIN, L. Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, 1978, São Paulo. Publicação Especial (1). São Paulo: IGCP-IGUSP-SBG, 1978a.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Santos. São Paulo: S.N., 1 mapa: colorido; 55 x 50 cm. Escala 1:100.000. 1978b.

Suguio e Martin (1978) também mapearam, próximo à linha de costa atual, na região da Praia da Enseada (Guarujá), na Cidade de Santos e cercanias e, ainda, a partir de Praia Grande por toda a costa em direção a Itanhaém, depósitos de areias marinhas litorâneas (holocênicas), localmente retrabalhadas pelo vento. Tais depósitos podem ser reconhecidos entre a parte externa dos depósitos arenosos da Formação Cananéia e o oceano.

A partir de fotografias aéreas, os autores cartografaram estruturas de cordões de regressão mostrando alinhamento nítido de cordões litorâneos. Constituem uma faixa contínua entre o oceano e os depósitos arenosos pleistocênicos, sendo que o topo dessas areias marinhas situa-se entre 4,5 e 4,7m acima do nível de maré atual. A Cidade do Guarujá encontra-se instalada sobre essas areias holocênicas que, por sua vez, repousam sobre sedimentos argilosos de origem lagunar.

Nas margens das lagunas, nos canais de maré e nos cursos inferiores dos rios que drenam a Planície Costeira, desenvolvem-se importantes formações de mangues e pântanos atuais, cartografados como areias e argilas. De acordo com Suguio e Martin (1978), as principais ocorrências na faixa da AID/ADA podem ser reconhecidas a leste da Serra do Morrão, ocupando a margem esquerda do rio Mogi, e as porções mais baixas de ambas as margens dos rios da Onça e Quilombo, e a margem direita do rio Jurubatuba.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-1 a 10.1.1.3.2-3** ilustrativas de algumas das unidades presentes na Planície Costeira.



**FOTO 10.1.1.3.2-1: Vista geral da Planície Costeira constituída por depósitos flúvio-marinhos holocênicos (Qlifi), onde predominam os sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica formados durante a Transgressão Santos e, de forma subordinada na faixa da AID/ADA, pelos depósitos mistos atuais representados por areias e argilas de mangue (Qlim) e areias marinhas litorâneas (Qliam – fora da AID/ADA), por vezes retrabalhadas pelo vento**



**FOTO 10.1.1.3.2-2: Vista a partir do Rio Jurubatuba, da Planície Costeira na altura da estaca 198+500m. Nesta região predominam os depósitos mistos atuais representados por areias e argilas de mangue (Qlim)**



**FOTO 10.1.1.3.2-3: Planície Costeira (Baixada Santista), no cruzamento da Rodovia Cônego Domênico Rangoni (Piaçaguera-Guarujá) com o rio Jurubatuba, altura da estaca 198+500m. Planície fluvial do rio com Aluviões Recentes e Atuais (Q2a) em transição para os Sedimentos Marinhos e Mistos (Qli). Ao fundo, encosta da Serra do Quilombo sustentada por rochas do Complexo Costeiro. Porção continental do município de Santos**

### **Domínio Costeiro**

O Domínio Costeiro inclui os terrenos metamórficos de médio e alto grau com migmatização e granitização em graus variáveis (CHIODI FILHO, 1983<sup>16</sup>; FERNANDES *et al*, 1987<sup>17</sup>) aflorantes entre a Zona de Cisalhamento de Cubatão e o litoral, e que são representados por ortognaisses migmatíticos com intercalações subordinadas de rochas parametamórficas e granulíticas.

### **COMPLEXO COSTEIRO**

As rochas agrupadas no Complexo Costeiro (**NPcc**) correspondem a terrenos metamórficos de médio a alto grau, com migmatização e granitização em graus variáveis, fortemente deformados e

<sup>16</sup> CHIODI FILHO, C.; CHIEREGATI, L.A.; THEODOROVICZ, A.M.G.; MENEZES, R.G.; RAMALHO, R.; BATOLLA JÚNIOR, F. Geologia e recursos minerais das folhas Natividade da Serra e Caraguatatuba. In: JORNADA SOBRE A CARTA GEOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO EM 1: 50.000, 1, São Paulo, 1983. Atas... São Paulo : PRÓ-MINÉRIO, p. 8-29. 1983.

<sup>17</sup> FERNANDES, A.C.S.; CARVALHO, I.D.S.; GUIMARÃES NETTO, R. Comentários sobre os traços fósseis do paleolago de Itu (SP). In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6, Rio Claro, 1987. Atas... Rio Claro: SBG, v.1, p. 297-312. 1987.



paralelizados, com direção estrutural NE predominante atribuída ao Ciclo Brasileiro, e configuram uma unidade bastante heterogênea (SACHS, 1999<sup>18</sup>).

De acordo com o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981<sup>19</sup>), o Complexo Costeiro (**NPcc**) ocupa o extremo sudeste da área de estudo, intercalado com os depósitos holocênicos da Planície Costeira. É constituído por migmatitos metatexíticos estromatíticos e oftálmicos, diatexitos facoidais, oftálmicos e homofânicos de paleossomas variados, além de migmatitos policíclicos complexos de paleossoma xistoso e/ou gnáissico, ou ainda, magnetita-quartzitos e quartzitos calciossilicáticos.

Na faixa de estudo da AID/ADA, o Complexo Costeiro é identificado nas imediações dos intervalos entre as estacas 188 a 185, 191+100m a 192+500 e 198+500 a 199+500, aproximadamente, onde conforma os morros isolados entremeados nos sedimentos da Planície Costeira. Está representado por três unidades, a saber: migmatitos com estruturas diversas, notadamente nebulítica, *schlieren*, e estomática (**NPccog**); (hornblenda)-biotita migmatito e/ou granito-gnaiss porfiroclástico (**NPccgm**); e biotita gnaisses gradando para migmatitos estromáticos (**NPccgb**).

### **ROCHAS ÍGNEAS INTRUSIVAS**

O Domínio Costeiro inclui, ainda, maciços ígneos pouco foliados ou foliados, representados por anfibólio-biotita granito a granodiorito rosa, com granada, equigranular, denominado Granito Morrão (**Eay4Smo**), aflorante entre a margem direita do rio Quilombo e a margem esquerda do rio Mogi, nas imediações das estacas 192+500m e 193+500m. O Granito Morrão é incluído nas Suítes Graníticas Pós-tectônicas - Fácies Itu, conforme o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), utilizado na descrição dos aspectos geológicos da AII.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-4 a 10.1.1.3.2-6**, ilustrativas de algumas das unidades do Complexo Costeiro e rochas ígneas intrusivas associadas, e que compreendem o Domínio Costeiro.

<sup>18</sup> SACHS, L.L.B. (org.). Integração Geológica da Folha São Paulo SF.23-Y-C: Escala 1:250.000. Estado de São Paulo. Nota explicativa. São Paulo: CPRM, 1999. 36p.; il.; mapas. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil; Projeto de Integração Geológico-Metalogenética Folha Rio de Janeiro SF.23). Executado pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de São Paulo.

<sup>19</sup> INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). Mapa geológico do Estado de São Paulo: Escala 1:500.000. São Paulo: IPT/DMGA, 1981. 2 v. (Publicação IPT, no. 1184).





**FOTO 10.1.1.3.2-4: Vista para sudeste da encosta da Serra do Quilombo sustentada por morros alongados isolados de direção geral NE-SW e constituídos por migmatitos com estruturas diversas do Complexo Costeiro (NPccog). O traçado da Rodovia Cônego Domênico Rangoni (Piaçaguera-Guarujá) é sinuoso nessa serra, e ocupa o trecho entre as estacas 196 e 198, aproximadamente**



**FOTO 10.1.1.3.2-5: Vista para sul-sudeste – a partir da encosta da Serra do Quilombo – do trecho entre as estacas 198 e 199 – onde ocorrem morros isolados na Planície Litorânea sustentados pela unidade dos hornblenda-biotita migmatitos e/ou granito-gnaisses porfiroclásticos (NPccgm) do Complexo Costeiro**



**FOTO 10.1.1.3.2-6: Vista das escarpas da Serra de Cubatão e da Planície Costeira. Escarpa da serra com rochas do Complexo Pilar (NPp) em contato com rochas migmatíticas do Complexo Costeiro (NPcc). Na Baixada, destacam-se os morros sustentados por rochas do Complexo Costeiro e Suítes Graníticas Pós-tectônicas em meio aos Sedimentos Marinhos e Mistos (Qli) que predominam. Município de Cubatão**

### **Domínio Embu**

O Domínio Embu compreende a maior parte da porção sul da região metropolitana de São Paulo (RMSP), desde a Zona de Cisalhamento de Cubatão, a sul, caracterizada na escarpa da Serra do Mar, até a região da Zona de Cisalhamento de Taxaquara/várzea do rio Tietê, a norte. Inclui o Complexo Embu e diversos corpos de rochas granitóides intrusivos no mesmo.

No Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981<sup>20</sup>), essa região da AID/ADA compreende os complexos Pilar e Embu, originalmente pertencentes ao Grupo Açungui, segundo Hasui<sup>21</sup> (1975). Nos últimos anos, os litotipos dos dois complexos têm sido agrupados como Complexo Embu. Campos Neto<sup>22</sup> (1983) e Campos Neto e Basei<sup>23</sup> (1983) desmembraram o Complexo Embu e o Grupo Açungui, considerando-os independentes.

### **COMPLEXO EMBU**

As rochas pertencentes ao Complexo Embu (**NPe**) formam, juntamente com o Complexo Pilar (**NPp**), o Grupo Açungui, de idade neoproterozóica (IPT, 1981), que ocupa o entorno dos reservatórios Guarapiranga e Billings, assim como grande parte do entorno da Bacia do Rio Tietê. Encontra-se em uma faixa limitada pela Zona de Cisalhamento de Cubatão (ZCC), a sudeste, e pela Zona de Cisalhamento de Taxaquara (ZCT), a noroeste. Os dois complexos estabelecem contato transicional, dado pela feldspatização progressiva dos ectinitos de fácies xisto verde do Complexo Pilar para as rochas gnáissico-migmatíticas de fácies anfibolito do Complexo Embu. O grupo é intrudido pelas rochas graníticas da Fácies Cantareira.

O Complexo Embu está representado por rochas paraderivadas metamorfasadas em grau médio a alto, chegando a atingir fusão parcial *in situ*. Evidências de retrometamorfismo em condições de fácies xisto verde baixa são reconhecidas por diversos autores, especialmente nos litotipos afetados por zonas de cisalhamento.

<sup>20</sup> INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). Mapa geológico do Estado de São Paulo: Escala 1:500.000. São Paulo: IPT/DMGA, 1981. 2 v. (Publicação IPT, no. 1184).

<sup>21</sup> HASUI, Y. Evolução polifásica do pré-cambriano a oeste de São Paulo. Bol. IG, São Paulo: IG/USP, v.6,p. 95-107. 1975.

<sup>22</sup> CAMPOS NETO, M. DA C. Contribuição à litoestratigrafia e estrutura do Grupo Açungui no sudeste do estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, São Paulo, 1983. Atas... São Paulo: SBG, p. 103-112. 1983.

<sup>23</sup> CAMPOS NETO, M. DA C.; BASEI, M. A. S. Evolução estrutural brasileira do nordeste de São Paulo: dobramentos superpostos e esboço estratigráfico e tectônico. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, São Paulo, 1983. Atas... São Paulo: SBG, p. 61-78. 1983.

Na AID/ADA, o Complexo Embu ocorre de forma esparsa pelo trecho alvo do presente estudo. Sua ocorrência se dá, inicialmente, de forma pontual nas proximidades das estacas 188 a 181, ganhando destaque a partir da estaca 189, passando a predominar em toda a porção sul da Represa Billings e em todo o trecho leste do empreendimento, com intercalações de Rochas Ígneas Intrusivas do mesmo domínio. Nesta região, o Complexo Embu está representado, principalmente, por rochas metapelíticas (**NPexma** e **NPexmb**), a saber, biotita-quartzo-muscovita xistos e granada-biotita xistos, migmatizados ou não, localmente feldspatizados e injetados por pegmatitos, com ou sem intercalações ou *boudins* predominantemente de rochas calciossilicáticas (**NPexma2**), ou de quartzo-micaxistos e quartzitos (**NPexma4**). O Complexo Embu inclui, ainda, (granada+sillimanita)-biotita gnaisses, localmente migmatizados, com *boudins* de calciossilicáticas, quartzitos e anfibolitos, além de lentes de xistos e mármore restritos (**NPepg**); hornblenda e/ou biotita gnaisses bandados e facoidais, de composição predominantemente granítica a granodiorítica, migmatizados (**NPeog**); e sericita xistos, sericita filitos e sericita-quartzo xistos com alto grau de alteração (**NPesx**).

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-7 a 10.1.1.3.2-18** referentes a algumas rochas do Complexo Embu na região da dutovia.



**FOTO 10.1.1.3.2-7: Proximidades da estaca 173. Cruzamento dos dutos da Petrobras com a Rod. Anchieta e acesso à Rod. dos Imigrantes. Município de São Bernardo do Campo. Terrenos com gnaisses e migmatitos do Complexo Embu (NPe), em contato com migmatitos do Complexo Costeiro (NPcc)**



**FOTO 10.1.1.3.2-8: Terrenos típicos dos municípios de Itapecerica da Serra e Embu, onde ocorrem as rochas da unidade NPe (Complexo Embu), constituída por gnaisses, migmatitos heterogêneos de estruturas variadas e migmatitos homogêneos, intercalados com rochas granitóides das Suítes Graníticas Sintectônicas da Fácies Cantareira (NP3) descritas adiante**





**FOTO 10.1.1.3.2-9: Vista geral para norte de morro com exposição de biotita xistos diversos, por vezes com diferentes estágios de migmatização, localmente feldspatizados e injetados por pegmatitos (NPexm, Complexo Embu), expostos em corte de talude do Rodoanel – Trecho Sul. Região da estaca 122+500m**



**FOTO 10.1.1.3.2-10: Vista de retaludamento de morro alto com exposição de rochas metamórficas de alto grau – gnaisses localmente migmatizados, associações de biotita milonito gnaisses porfiroclásticos e corpos subordinados de biotita ortognaisses – do Complexo Embu (NPegg, Domínio Embu), expostos em corte de talude do Rodoanel – Trecho Sul. Região da estaca 130+500m**



**FOTO 10.1.1.3.2-11: Vista geral para leste-sudeste das escarpas da Serra de Cubatão, exibindo declividade acentuada e sustentadas por unidades do Complexo Embu, onde predominam rochas gnáissico-migmatíticas, hornblenda e/ou biotita gnaisses bandados e facoidais, por vezes migmatizados (NPeog) no topo, com xistos e quartzitos milonitizados na base (NPExma4), esses últimos afetados pela Zona de Cisalhamento de Cubatão**



**FOTO 10.1.1.3.2-12: Vista geral dos morros suaves e colinas do Planalto Paulistano/Alto Tietê na região de contato das unidades do Complexo Embu, onde predominam rochas gnáissico-migmatíticas, hornblenda e/ou biotita gnaisses bandados e facoidais, por vezes migmatizados (NPeog) à direita (para sul-sudeste), e biotita-quartzo-muscovita xistos e granada-biotita xisto em diferentes estágios de migmatização (NPexmb) à esquerda (para norte)**





**FOTO 10.1.1.3.2-13: Vista geral dos morros suaves do Planalto Paulistano/Alto Tietê na região da Represa Rio das Pedras, onde ocorrem unidades do Complexo Embu. Visada para norte, onde o relevo é sustentado por biotita-quartzo-muscovita xisto e granada-biotita xisto com ou sem sillimanita (NPexma). Local onde se inicia a faixa de dutos submersa**



**FOTO 10.1.1.3.2-14: Vista de uma região da Represa Billings, onde ocorrem unidades do Complexo Embu. Visada para sul-sudoeste, onde predominam quartzo micaxistos e quartzitos localmente migmatizados (NPexma4). Região da estaca 164+700m (Balsa do Riacho Grande), onde a faixa de dutos será instalada no fundo da represa**



**FOTO 10.1.1.3.2-15: Vista para nordeste da margem da Represa Billings (lado norte) na região de morros suaves do Planalto Paulistano/Alto Tietê. Exposição da unidade do biotita-quartzo-muscovita xisto e granada-biotita xisto com ou sem sillimanita, do Complexo Embu (NPexma). Balsa do Riacho Grande**



**FOTO 10.1.1.3.2-16: Vista para leste na altura da estaca 203+400m, próximo à estrada da Xiboca. Região com predominância de Biotita-quartzo-muscovita xistos e granada-biotita xistos com diferentes estágios de migmatização, localmente feldspatizados e injetados por pegmatitos (NPexmb)**





**FOTO 10.1.1.3.2-17: Vista aérea da região da estaca 236, onde predominam rochas do Complexo Embu (NPe). Na porção superior-esquerda da foto é possível observar parte da Formação Resende, já na Bacia de São Paulo (foto: IzeKampus)**



**FOTO 10.1.1.3.2-18: Vista das imediações da estaca 277, próximo ao TTGRU. Região de contato entre biotita gnaiss granítico e granodiorítico alternado com biotita gnaiss monzodiorítico (NPegb) e Rochas Sedimentares da Formação Resende (Er)**

### ***ROCHAS ÍGNEAS INTRUSIVAS***

Granitóides brasileiros sinorogênicos foliados Tipo Ibiúna, Tipo Itapevi e Tipo Tapiraí intrudem o Complexo Embu entre as zonas de cisalhamento de Taxaquara e Caucaia do Alto, desde as imediações da estaca 97+700m até a altura da estaca 118, aproximadamente. Os do Tipo Ibiúna

(**NP3py1lib**) incluem hornblenda-biotita granodioritos/monzogranitos porfiríticos, com quartzo dioritos subordinados, os do Tipo Tapiraí (**NP3py1ta**) compreendem biotita monzogranitos porfiríticos, enquanto que os do Tipo Itapevi (**NP3py1iv**) são formados por biotita monzogranitos inequigranulares (WERNICK *et al.*, 1989<sup>24</sup>). Os dois primeiros ocorrem, na faixa da AID/ADA, ocupando parte do município de Osasco, enquanto que o Tipo Itapevi aflora em Taboão da Serra/Embu. Via de regra têm seus limites norte e sul dados por falhas NE-SW, e configuram corpos alongados nessa direção. Ainda intrudindo o Complexo Embu, ocupando parte da AID/ADA no entorno da Represa Billings, desde a estaca 143+600m até as proximidades da estaca 154+600m, ocorrem muscovita-biotita granitos equigranulares denominados Granito Três Lagos (**NP3ey1Stl**).

Grande variedade de rochas ígneas associadas ao Domínio Embu também ocorrem na porção leste do trecho abrangido pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**. Entre as estacas 217+700m a 221+200m, ocorrem formações do tipo Rio Grande da Serra (**NP3ey1sgs**), que incluem muscovita-biotita granito, cinza e equigranular. Já os do tipo Iupeba (**NP3ey1sip**), caracterizados também por biotita granito cinza, equigranular, estão presentes entre as estacas 224 e 226, aproximadamente. Os granitos foliados peraluminosos do tipo Mauá (**NP3ey2sma**) aparecem intrudindo as rochas do complexo Embu na direção SO-NE entres as estacas 231+400m e 229, aproximadamente. Por último, entre as estacas 254+800m e 257+800m, aparece o Granitóide Itapeti (**NP3ey2it**), composto por biotita granito, cinza e cinza rosado e porfírico.

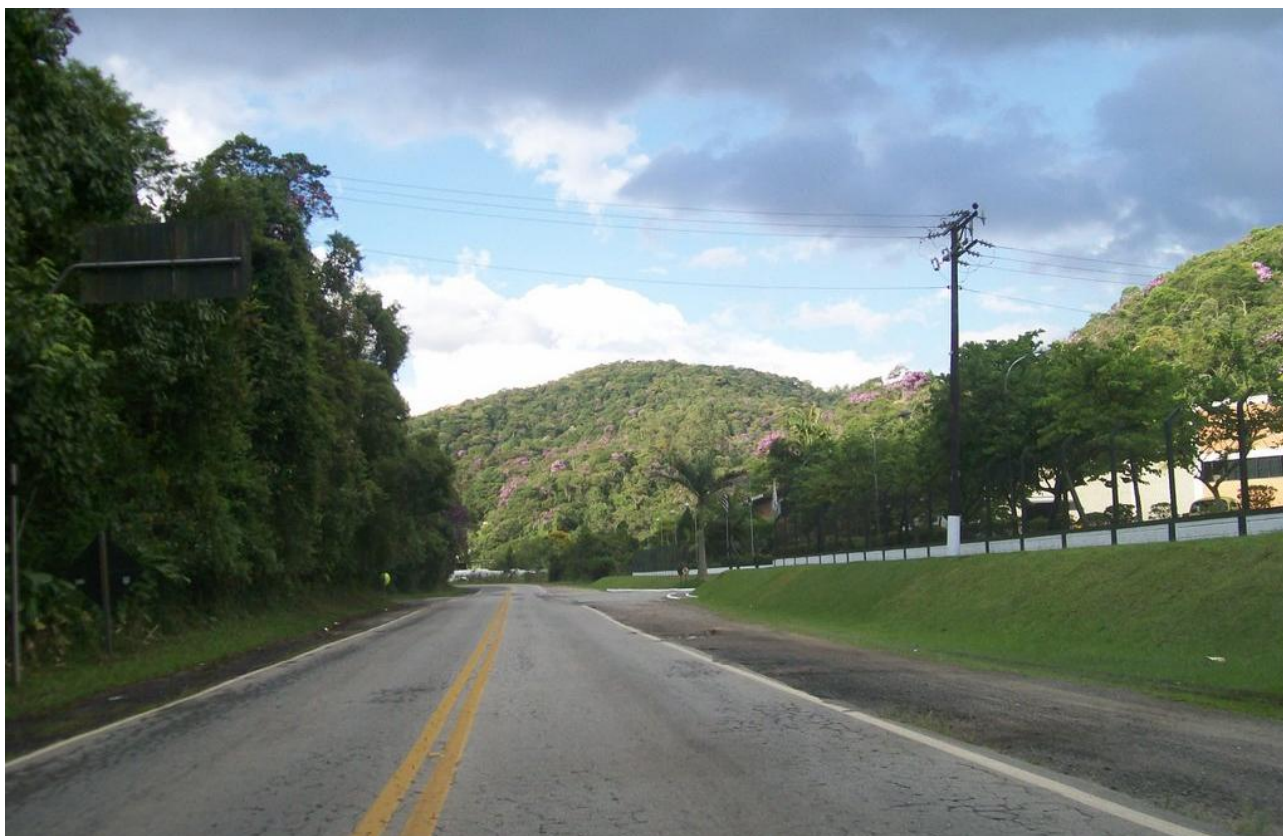
A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-19** e **10.1.1.3.2-20**, ilustrativas de algumas das unidades de rochas granitóides intrusivas do Domínio Embu.



**FOTO 10.1.1.3.2-19: Vista de corte de morro com exposição de rocha ígnea – biotita granitóide e muscovita-biotita granitóide com turmalina, cinza-claro, equigranular (Granito Três Lagos, NP3ey1Stl) – intrusiva nas rochas metapelíticas (xistos diversos) do Complexo Embu (Domínio Embu). Exposição em corte de talude do Rodoanel – Trecho Sul (final de 2009), na região da estaca 151**

<sup>24</sup> WERNICK, E.; RIGO JÚNIOR, L.; GALEMBECK, T. M. B.; ARTUR, A. C. O Complexo Granitóide de Ibiúna (SP): dados petrográficos e tipologia do zircão. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 1, Rio de Janeiro, 1989. Atas... Rio de Janeiro: SBG, p. 157-158. 1989.





**FOTO 10.1.1.3.2-20: Vista da Estrada do Sapopemba, na altura da estaca 228+300m, próximo ao cruzamento com a dutovia. Região com predominância de biotita granito, porfirítico, com fácies a muscovita (NP3y2sma)**

### **Bacia de São Paulo – Grupo Taubaté**

De acordo com o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981<sup>25</sup>), sedimentos integrantes da Bacia de São Paulo afloram como pequenos corpos esparsos e de contornos irregulares, presentes desde a várzea do rio Tietê até a Represa Billings, de modo geral, recobrimdo o topo e parte das encostas laterais dos morros conformados sobre as rochas metamórficas do Complexo Embu.

Os sedimentos compostos por conglomerados polimíticos, brechas, arenitos e lamitos relacionados a sistemas de leques aluviais e planícies aluviais de rios entrelaçados, foram incluídos na denominada Formação Resende (**Er**) por Riccomini (1989). Já a Formação São Paulo (**Esp**) é constituída por sedimentos fluviais compreendendo argilitos, siltitos, arenitos argilosos finos e, subordinadamente, arenitos grossos, cascalhos, conglomerados e restritos leitos de argila orgânica. Na AID, essa unidade aflora na forma de manchas descontínuas em toda a Região Metropolitana de São Paulo, principalmente nas imediações das bacias dos rios Tamanduateí e Tietê, com destaque para os trechos entre as estacas 245 a 266 e 290 a 300.

As Formações Resende, Tremembé e São Paulo formam o Grupo Taubaté, de idade paleógena, que, juntamente com as formações Itaquaquecetuba e Pindamonhangaba, integram o *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RICCOMINI, 1989<sup>26</sup>), cuja origem e evolução estão relacionadas à abertura do Atlântico Sul.

<sup>25</sup> INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). Mapa geológico do Estado de São Paulo: Escala 1:500.000. São Paulo: IPT/DMGA, 1981. 2 v. (Publicação IPT, no. 1184).

<sup>26</sup> RICCOMINI, C. O Rift Continental do sudeste do Brasil. São Paulo, 256f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 1989.



A seguir é apresentada a **Foto 10.1.1.3.2-21**, ilustrativa dos sedimentos da Bacia de São Paulo.



**FOTO 10.1.1.3.2-21: Vista de corte de morro com exposição de sedimentos paleógenos associados à Bacia de São Paulo. Os depósitos ocorrem como manchas isoladas e descontínuas recobrando rochas metamórficas do Complexo Embu. Exposição de taludes do Trecho Sul do Rodoanel**

### **Domínio São Roque**

O Domínio São Roque constitui uma ampla faixa de rochas metavulcano-sedimentares integrantes dos grupos Serra do Itaberaba e São Roque, além de granitóides intrusivos, que se estende por quase 180 km desde a região de Salto de Pirapora – Itu, a oeste, até Monteiro Lobato, a leste, balizada pelas falhas de Itu-Jundiuvira, a norte, e de Taxaquara, ao sul, além de outras de menor expressão regional. É a área clássica de ocorrência do Grupo São Roque e do Grupo Serra do Itaberaba.

Em linhas gerais, o Grupo Serra do Itaberaba distingue-se do Grupo São Roque pela grande variedade de metamorfitos, destacando-se volumetricamente aqueles originados por atividades vulcânicas e vulcanoclásticas. Lentes de rochas gnáissicas associadas a supracrustais representam antigos corpos graníticos deformados e outras, constituídas por granulitos e tonalitos miloníticos, podem ser restos do embasamento siálico da sequência.

Em relação à faixa da AID/ADA, o Domínio São Roque é identificado a norte do rio Tietê, desde a altura da estaca 97+600m, onde está em contato com as rochas do Domínio Embu através da Zona de Cisalhamento de Taxaquara (ZCT), até a altura da estaca 74, onde está em contato com o Domínio Socorro-Guaxupé por meio da Zona de Cisalhamento de Itu-Jundiuvira (ZCIJ), aproximadamente coincidente com as fronteiras municipais de Cajamar/Franco da Rocha com a de Jundiá.

### **GRUPO SERRA DO ITABERABA**

O Grupo Serra do Itaberaba (**MP2si**) apresenta grande variabilidade litológica com rochas comumente metamorfisadas no grau médio, determinado pela presença de biotita, andaluzita, cianita, estauroлита e granada.

Juliani e Beljavskis<sup>27</sup> (1995) dividiram o Grupo Serra do Itaberaba nas formações Morro da Pedra Preta, vulcanossedimentar e basal, Nhanguçu, superior e composta essencialmente por metapelitos com andaluzita, metassedimentos manganíferos, rochas carbonáticas e calciossilicáticas, e Pirucaia, predominantemente quartzítica, que deve corresponder a litofácies

<sup>27</sup> JULIANI, C.; BELJAVSKIS, P. Revisão da litoestratigrafia da faixa São Roque/Serra do Itaberaba (SP). Revista do Instituto Geológico, São Paulo, v.16, n. 1/2, p. 33-58, 1995.

depositadas nas margens da bacia sedimentar, podendo ser cronocorrelatada a ambas as formações já citadas, mais especialmente à Formação Nhanguçu.

Na faixa da AID/ADA são reconhecidas litologias das formações Morro da Pedra Preta e Nhanguçu, do Grupo Serra do Itaberaba.

A Formação Morro da Pedra Preta (**MP2sipp**), basal e de natureza vulcano-sedimentar, é representada na AID/ADA pelas unidades dos micaxistos (**b**), dos xistos bandados (micaxistos/metarenitos) (**c**), das rochas vulcanoclásticas (**e**) e pela unidade dos anfibolitos bandados (prováveis tufos) (**h**), identificadas um pouco a norte do entroncamento da Rodovia Castelo Branco com o Rodoanel Mário Covas, a oeste da Rodovia Anhangüera e no entorno do *Stock* Granítico Tico-Tico – instalado imediatamente a leste da faixa da AID/ADA – ocorrendo entre os municípios de Osasco, Barueri e Cajamar, e entre as estacas 90 e 89+200m e as estacas 86+600m e 85+200m.

A Formação Nhanguçu (**MP2sinh**), essencialmente clastoquímica, é composta pelas unidades das rochas bandadas, metassedimentos ricos em óxidos e hidróxidos de Fe e Mn, em parte calciossilicáticos (**a**) e xistos porfiroblásticos, com andaluzita, localmente leitos com magnetita, turmalina ou quartzo, incluindo *metacherts* (**b**). Na faixa na AID/ADA, é identificada na região de Cajamar – estaca 89+200m - até a borda sul do *Stock* Granítico do Tico-Tico – altura da estaca 85 onde ocorre associada com rochas calciossilicáticas da Formação Morro da Pedra Preta.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-22 a 10.1.1.3.2-26**, ilustrativas do Grupo Serra do Itaberabara identificadas no Domínio São Roque.



**FOTO 10.1.1.3.2-22: Vista dos terrenos com xistos e rochas metabásicas da Formação Morro da Pedra Preta (MP2sipp, Grupo Serra do Itaberaba). Arredores da Rodovia dos Bandeirantes, a leste da faixa da AID, na altura da estaca 84. Visada para leste-nordeste. Município de Caieiras**



**FOTO 10.1.1.3.2-23: Detalhe de corte de morro alto para a implantação da Rodovia dos Bandeirantes, com a exposição de xistos da Formação Morro da Pedra Preta (MP2sipp, Grupo Serra do Itaberaba). Leste da faixa da AID, na altura Região da estaca 84. Município de Caieiras**



**FOTO 10.1.1.3.2-24: Vista Geral a partir do alto do Morro do Polvilho, com visada para norte. Região rebaixada topograficamente com colinas e morros baixos sustentados por unidades do Grupo Serra do Itaberaba. Ao fundo, relevos ressaltados e sustentados por unidades do Grupo São Roque na altura da Estaca 88. Município de Cajamar**





**FOTO 10.1.1.3.2-25: Detalhe de corte de morro no condomínio em implantação no Bairro do Polvilho. Exposição de xistos da Formação Morro da Pedra Preta (MP2sipp - Grupo Serra do Itaberaba). Região da estaca 89. Município de Cajamar**



**FOTO 10.1.1.3.2-26: Vista geral dos terrenos onde ocorrem as unidades do Grupo Serra do Itaberaba, com colinas e morros baixos do Planalto de Jundiaí. Ao fundo, morros altos e alongados do Grupo São Roque. Altura da estaca 85. Município de Cajamar**

### ***GRUPO SÃO ROQUE***

Ocorre em uma unidade geotectônica bem definida geograficamente denominada bloco São Roque (HASUI *et al.*, 1969<sup>28</sup>). Sua principal área de exposição estende-se desde a borda da Bacia do Paraná, na faixa compreendida entre Itu e Salto do Pirapora, até a região de Igaratá, passando por Pirapora do Bom Jesus, Cajamar e Mairiporã, onde começam a dominar as litologias da unidade basal, Serra do Itaberaba.

A transição de unidades pelíticas para psamíticas com maior ou menor participação de vulcânicas, além da variação lateral de fácies, tem dificultado o estabelecimento da estratigrafia do grupo. A

<sup>28</sup> HASUI, Y.; PENALVA, F.; HENNIES, W.T. Geologia do grupo São Roque. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23, Salvador, Anais... Salvador : SBG, 1969. p. 101-134. 1969.

divisão originalmente proposta por Hasui *et al.*<sup>29</sup> (1976) foi praticamente invertida nos trabalhos subsequentes de Bergmann<sup>30</sup> (1988) e de Juliani e Beljavskis<sup>31</sup> (1995).

Estes últimos autores dividem o Grupo São Roque nas formações Piragibu (metapelítica, com lentes de conglomerado e de vulcânicas na base), Pirapora do Bom Jesus (essencialmente vulcânica/vulcanoclástica com biohermas e cálcio-filitos), Estrada dos Romeiros (composta por metapelitos e metarenitos rítmicos) e Boturuna (predominantemente metarenítica/arcoseana), esta constituindo o topo do Grupo São Roque segundo proposição de Bergmann (1988, 1991<sup>32</sup>).

A Formação Piragibu é basal nas regiões das serras do Itaberaba e da Pedra Branca, e do Morro Doce, sendo que no Sinclínio de Pirapora ela é pouco representada, sendo basal à Formação Pirapora do Bom Jesus seguida das formações Estrada dos Romeiros e Boturuna.

Grande parte do Domínio São Roque na faixa da AID/ADA é ocupado pelo Grupo São Roque, compreendido pelas seguintes unidades, de acordo com a Carta Geológica São Paulo (CPRM, 1999<sup>33</sup>):

- Formação Boturuna (**NP3srbt**) inclui metarenitos arcoseanos que gradam para metassiltitos, metarcóseos e metagrauvacas (**a**). Essa unidade ocorre intercalada com unidades da Formação Estrada dos Romeiros, entre a estaca 98 até a estaca 90, aproximadamente;
- Formação Estrada dos Romeiros (**NP3srer**), composta, na faixa da AID/ADA, por biotita-sericita filitos e quartzo filitos, por vezes bandados, com lentes subordinadas de filitos grafitosos, metarenitos, metarcóseos, quartzitos, calciossilicáticas, anfibolitos, metabásicas e quartzitos finos que gradam para microconglomerados (**a1**); metarritmitos sílticos/argilosos com níveis subordinados de metarenitos quartzosos (**b1**); sericita filitos e quartzo filitos laminados/quartzitos puros e impuros, localmente com lentes de micrometaconglomerados, filitos grafitosos e intercalações de anfibolitos (**b3**); sericita filitos e sericita-quartzo filitos bandados, quartzitos puros e margas (**b4**). Essas unidades ocorrem desde a estaca 97+600m até a estaca 74+700m, abrangendo os municípios de Santana de Parnaíba e Cajamar;
- Formação Pirapora do Bom Jesus (**NP3srpj**), constituída, na faixa da AID/ADA pela unidade de corpos tabulares, estratificados, com estruturas e texturas ígneas, com intervalos maciços e laminados, localmente apresentando estruturas de pillow lavas (**a2**) identificada na altura da estaca 89+800, corpos restritos de anfibolitos metabásicos (**a4**) e rochas de caráter ultrabásico (**a5**), identificados entre as 90+150 e 90+400m, respectivamente, e por filitos com intercalações de calciofilitos, mármore e quartzitos, incluindo metamargas e calcários (**b4**), interceptados pelo traçado do futuro empreendimento no intervalo entre as estacas 82+600m e 84+300m, e ainda, lentes intercaladas de metacalcários e metadolomitos, com rochas calciossilicáticas subordinadas (**b1**), nesta região, nos arredores da cidade de Cajamar.

A distribuição das unidades do Grupo São Roque pode ser verificada no Mapa Geológico da AID/ADA que constitui o **Volume 7 - Desenhos**. A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-27 a 10.1.1.3.2-36**, ilustrativas do Grupo São Roque.

<sup>29</sup> HASUI, Y.; SADOWSKI, G.R.; CARNEIRO, C.D.R. Considerações sobre a estratigrafia do pré-cambriano na região de São Paulo. Bol. IG., São Paulo: IG/USP, v.7, p. 107-112. 1976.

<sup>30</sup> BERGMANN, M. Caracterização estratigráfica e estrutural da sequência vulcano-sedimentar do Grupo São Roque na região de Pirapora do Bom Jesus, estado de São Paulo. São Paulo, 155f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 1988.

<sup>31</sup> JULIANI, C.; BELJAVSKIS, P. Revisão da litoestratigrafia da faixa São Roque/Serra do Itaberaba (SP). Revista do Instituto Geológico, São Paulo, v.16, n. 1/2, p. 33-58, 1995.

<sup>32</sup> BERGMANN, M. Litoestratigrafia e paleoambiente do Grupo São Roque na região de Pirapora do Bom Jesus. Boletim Ig-USP, Publicação Especial, São Paulo, v.9, p. 107-109. 1991.

<sup>33</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. São Paulo. Folha SF.23-Y-C São Paulo. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica São Paulo. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.





**FOTO 10.1.1.3.2-27: Ao fundo, região do Pico do Jaraguá e do Morro Doce, sustentado por quartzitos feldspáticos com metarcósios e metagrauvacas subordinadas, e metaconglomerados, respectivamente. Em primeiro plano – em topografia rebaixada – ocorrem filitos, quartzo-filitos e filitos grafitosos em sucessão rítmica, com metassiltitos, quartzo-mica-xistos e quartzitos subordinados. Litotipos do Grupo São Roque (NP3sr). Porção norte do município de São Paulo. Altura da estaca 93**



**FOTO 10.1.1.3.2-28: Vista geral dos terrenos constituídos por morros médios de topos convexos conformados sobre rochas metapelíticas da Formação Estrada dos Romeiros (NP3srera1, Grupo São Roque). Região a leste da faixa da AID. Altura da estaca 74. Município de Cajamar**



**FOTO 10.1.1.3.2-29: Vista geral com visada para norte do relevo do Planalto de Jundiá (nível alto) sustentado por filitos e metarritmitos da Formação Estrada dos Romeiros (NP3srer) do Grupo São Roque. Região da divisa dos municípios de Cajamar e Jundiá. Altura da estaca 77+800m**



**FOTO 10.1.1.3.2-30: Vista geral com visada para sul-sudeste do relevo do Planalto de Jundiá (nível alto) sustentado por filitos e metarritmitos da Formação Estrada dos Romeiros do Grupo São Roque (NP3srer). Município de Cajamar. Altura da estaca 75+100m**





**FOTO 10.1.1.3.2-31: Detalhe dos filitos da Formação Estrada dos Romeiros - Grupo São Roque (NP3srera1). Rodovia Anhangüera. Município de Cajamar. Altura da estaca 75**



**FOTO 10.1.1.3.2-32: Vista da Praça Alfredo Soria, instalada no local da "Subsidência de Cajamar". Região de ocorrência do metacalcários e metadolomitos da Formação Pirapora de Bom Jesus (NP3srpj) do Grupo São Roque. A oeste da faixa da AID/ADA. Visada para sul. Altura da estaca 83**



**FOTO 10.1.1.3.2-33: Vista geral dos morros alongados do Planalto de Jundiá sustentados por arenitos e metarritmitos da Formação Estrada dos Romeiros - Grupo São Roque (NP3srra1). Rodovia Anhangüera. Arredores de Jordanésia - Município de Cajamar. Estaca 81+600m**



**FOTO 10.1.1.3.2-34: Vista geral dos morros do Planalto de Jundiá sustentados por metarritmitos com níveis subordinados de metarenitos da Formação Estrada dos Romeiros - Grupo São Roque (NP3srrerb1). Visada para leste-sudeste. Arredores da divisa dos municípios de Santana de Parnaíba e Barueri, na região das estacas 97 e 98**





**FOTO 10.1.1.3.2-35: Vista dos morros do Planalto de Jundiá sustentados por metarritmitos com níveis subordinados de metarenitos da Formação Estrada dos Romeiros - Grupo São Roque (NP3srerb1). Visada para noroeste, a partir da estaca 92+500m. Município de Santana de Parnaíba**



**FOTO 10.1.1.3.2-36: Vista do relevo de morros sustentados por metarritmitos com níveis de metarenitos subordinados da Formação Estrada dos Romeiros - Grupo São Roque (NP3srerb1). Visada para norte-noroeste, a partir da estaca 90+700m. Município de Santana de Parnaíba**

### ***ROCHAS ÍGNEAS INTRUSIVAS***

Ocorrem inúmeros corpos e maciços granitóides intrudidos nas rochas supracrustais do Domínio São Roque. São predominantemente de idade neoproterozóica distribuídos em suítes pré-tectônicas, sin- a tardi-tectônicas e pós-tectônicas.

O Granito Itaqui (**NP3sy1lit**), pertencente à suíte sin-a tardi-tectônica, é limitado a sul, em grande parte, pela Zona de Cisalhamento de Taxaquara, e a norte, em parte, pela Zona de Cisalhamento Vila Menk. Compreende granodioritos porfiríticos, cinza, com biotita e anfibólio,



maciços ou foliados, médios a grossos, de caráter sin- a tardi-tectônico, conforme Sachs<sup>34</sup> (1999), que integram as Suítes Graníticas Sintectônicas da Fácies Cantareira do Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981<sup>35</sup>).

Ferreira<sup>36</sup> (1991) identificou nove fácies no Granito Itaqui, das quais a Fácies Monzogranito Mutinga – que predomina – e a Fácies Granodiorito Barueri – subordinada – estão representadas na faixa de estudo da AID/ADA, entre as faixas 97+800m a 101+200m. A primeira inclui monzogranitos leucocráticos equigranulares a inequigranulares de granulação média e textura seriada. A Fácies Granodiorito Barueri é composta por rochas mesocráticas porfíricas com matriz inequigranular média a grossa. É isótropa, mas pode estar levemente foliada na região da Zona de Cisalhamento Vila Menk.

A faixa da AID-ADA intercepta um pequeno corpo de biotita granodioritos e monzogranitos neoproterozóicos, isótipos a foliados, de caráter pós-tectônico, denominado Granito Taipas (**NP3sy1Ita**), entre as estacas 106+800 a 107+800. O referido granito faz parte das Suítes Graníticas Pós-tectônicas da Fácies Itu, conforme a terminologia do Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), adotado para o estudo da AII.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-37 a 10.1.1.3.2-39**, ilustrativas de algumas das unidades das Suítes Graníticas identificadas no Domínio São Roque.



**FOTO 10.1.1.3.2-37: Região da Serra da Cantareira, extremo norte do município de São Paulo. Altura da estaca 88. Visada para leste a partir do Rodoanel. Ao fundo, terrenos do Maciço Granitóide Cantareira pertencente às Suítes Graníticas Sintectônicas da Fácies Cantareira (NP3), no Domínio São Roque, conformando morros altos. Arredores do distrito de Perus, município de São Paulo**

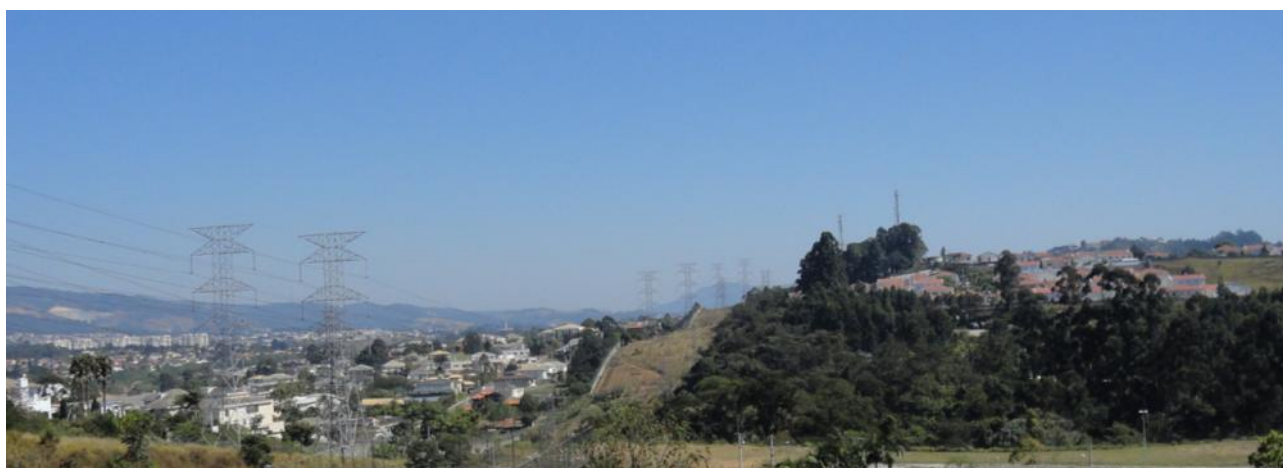
<sup>34</sup> SACHS, L.L.B. (org.). Integração Geológica da Folha São Paulo SF.23-Y-C: Escala 1:250.000. Estado de São Paulo. Nota explicativa. São Paulo: CPRM, 1999. 36p.; il.; mapas. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil; Projeto de Integração Geológico-Metalogenética Folha Rio de Janeiro SF.23). Executado pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Superintendência Regional de São Paulo.

<sup>35</sup> INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). Mapa geológico do Estado de São Paulo: Escala 1:500.000. São Paulo: IPT/DMGA, 1981. 2 v. (Publicação IPT, no. 1184).

<sup>36</sup> FERREIRA, C. J. Geologia, petrografia e tipologia de zircão da Suíte Intrusiva Itaqui, Barueri (SP). Rio Claro, 253f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. 1991.



**FOTO 10.1.1.3.2-38: Vista das rochas granitóides do Maciço Granitóide Itaqui (NP3sy1lit), expostos em corte de talude do Rodoanel – Trecho Oeste. Arredores da estaca 99+600m. Município de Barueri**



**FOTO 10.1.1.3.2-39: Vista da região do contato das rochas granitóides do Maciço Granitóide Itaqui (NP3sy1lit) à esquerda, com relevo mais suave, com a unidade NP3srerb1 da Formação Estrada dos Romeiros - Grupo São Roque, à direita da Linha de Alta Tensão. Estaca 98, na divisa dos municípios de Santana de Parnaíba e Barueri**

### **Domínio Socorro-Guaxupé**

Este domínio corresponde aos terrenos definidos por Campos Neto<sup>37</sup> (1985) como Nappe Socorro-Guaxupé e interpretada pelo autor como uma estrutura alóctone sobreposta à Faixa Alto Rio Grande de Hasui e Oliveira<sup>38</sup> (1984).

É constituído predominantemente por terrenos infracrustais. O metamorfismo é de baixa pressão (cordierita nas metapelíticas) e o grau metamórfico decresce, sendo granulito a norte e anfibolito a sul.

<sup>37</sup> CAMPOS NETO, M. DA C. Evolução do pré-cambriano paulista e regiões adjacentes. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 5, São Paulo, 1985. Atas... São Paulo : SBG, v.2, p. 561-571. 1985.

<sup>38</sup> HASUI, Y.; OLIVEIRA, M.A.F. DE. Província Mantiqueira: setor central. In: ALMEIDA, F.F.M. DE; HASUI, Y. O pré-cambriano do Brasil. São Paulo: Edgard Blücher, p. 308-344. 1984.

Na frente e na base da nappe são encontradas as rochas granulíticas, no geral bandadas, localmente com enclaves ou níveis calciossilicáticos, anfibolíticos e de quartzitos. No pacote predominantemente granulítico, o comportamento é subhorizontal. Tectonicamente encaixados, os quartzitos com sillimanita, granada e microclínio chegam até 100 m de espessura.

Intrusões de granitóides peraluminosos ocorrem mais restritamente. São rochas predominantemente brancas, localmente róseas. Os enclaves são abundantes e variados, apresentando-se como gnaisses granulíticos, migmatitos, metassedimentos (quartzitos feldspáticos ou kinzigitos) e rochas ígneas.

No âmbito da faixa da AID/ADA, o Domínio Socorro-Guaxupé se encontra representado pelo Complexo Piracaia e por granitóides neoproterozóicos associados. Ocorre a noroeste da ZCJ (estaca 75), até a altura do município de Campinas – ao redor da estaca 26, onde são identificados quartzitos, xistos e gnaisses diversos, por vezes migmatizados, do Complexo Piracaia, que corresponde a uma sequência supracrustal de mais alto grau metamórfico, em parte afetada por intrusões de rochas ígneas.

### **COMPLEXO PIRACAIA**

O Complexo Piracaia foi definido por Campos Neto *et al.*<sup>39</sup> (1983) no âmbito da folha homônima (1:50.000) para abrigar uma sequência de supracrustais (xistos e gnaisses bandados) além de ortognaisses, ocorrentes a norte-nordeste da zona de cisalhamento de Jundiuvira. Inclui-se nessa unidade o antigo Complexo Intermediário de Piracaia (CAVALCANTE E KAEFER, 1974<sup>40</sup>) renomeado por aqueles autores como Suíte Intermediária de Piracaia.

No âmbito do trabalho da CPRM<sup>41</sup> (1999) para as folhas São Paulo e Campinas (escala 1:250.000), o conceito do Complexo Piracaia foi estendido para oeste, abrigando todo o conjunto de gnaisses peraluminosos (com granada e sillimanita) da região de Jundiá-Atibaia, as rochas quartzíticas da Serra do Japi e migmatitos diversos das regiões de Cabreúva e Indaiatuba. Ficou, então, balizado a sul pela Zona de Cisalhamento Itu-Jundiuvira e recoberto a oeste pelos sedimentos da Bacia do Paraná. Nessa área, a litologia predominante está representada por gnaisses peraluminosos migmatizados, (muscovita-sillimanita-granada-biotita gnaisses xistosos), com intercalações de granada-biotita gnaisses, gonditos, rochas calciossilicáticas, quartzitos, anfibolitos e xistos variados (sillimanita-biotita xistos e xistos básicos) além de corpos restritos de metatonalitos, metaquartzo dioritos e anfibolitos.

Ocorrem ainda (estauroлита+sillimanita+quartzo+granada) muscovita-biotita xistos alternados com lentes de quartzitos, metabásicas, metarenitos e calciossilicáticas; quartzitos puros e feldspáticos; migmatitos metatexíticos, diatexíticos, monzograníticos a granodioríticos e migmatitos estromáticos; (hornblenda)-biotita gnaisses bandados, tonalíticos, dioríticos e mais raramente anfibolíticos; granada-biotita-plagioclásio gnaisses, paragnaisses quartzosos, biotita quartzitos e ortognaisses de composição granítica a tonalítica.

O conjunto é intrudido por granitóides diversos. Admite-se que a atual configuração deu-se no Brasileiro, evento responsável pela última migmatização e deformação deste complexo, conforme

<sup>39</sup> CAMPOS NETO, M. DA C.; BASEI, M.A.S.; ARTUR, A.C.; SILVA, M.E. DA; MACHADO, R.; DIAS NETO, C. DE M.; FRAGOSO-CÉSAR, A.R.; SOUZA, A.F. Geologia das folhas de Igaratá e Piracaia. In: JORNADA SOBRE A CARTA GEOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO, ESCALA 1: 50.000, 1, São Paulo, 1983. Atas. São Paulo: SICCT/PRÓ-MINÉRIO, p. 55-79. 1983.

<sup>40</sup> CAVALCANTE, J. C.; KAEFER, L. Q. Complexo de Piracaia – estudos preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, Anais... Porto Alegre: SBG. V.5, p.101-106. 1974.

<sup>41</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Campinas. Folha SF.23-Y-A Campinas. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica Campinas. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. São Paulo. Folha SF.23-Y-C São Paulo. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica São Paulo. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

idade Rb-Sr de 650 Ma obtida em migmatito próximo à cidade de Atibaia (TASSINARI, 1988<sup>42</sup>). Por outro lado, Ebert *et al.*<sup>43</sup> (1996) apresentam idade U-Pb preliminar de 1900 Ma obtida em migmatito peraluminoso da região de Atibaia, representando a idade da área fonte do sedimento.

As ocorrências das unidades litológicas do Complexo Piracaia identificadas na faixa de estudo da AID/ADA do futuro empreendimento, podem ser agrupadas em:

Unidade **NPpix**, onde predominam (+estaurolita+sillimanita+quartzo+granada) muscovita-biotita xistos alternados com lentes de quartzitos; localmente ocorrem anfibolitos, meta hornblenda gabros, metarenitos e calciossilicáticas. Identificada de forma muito restrita a sul-sudeste das cidades de Jundiá e Várzea Paulista, imediações da estaca 75, e em contato tectônico com litotipos milonitizados do Grupo São Roque na Zona de Cisalhamento de Jundiuvira.

Unidade **NPpiqb**, representada por quartzito feldspático, branco e fino, localmente com intercalações de calciossilicáticas, quartzitos conglomeráticos, metarenitos, gonditos e anfibolitos. É reconhecida a sudoeste de Jundiá e a oeste do traçado do futuro empreendimento, entre as estacas 68 e 65, aproximadamente, constituindo os terrenos da Serra do Japi.

Unidade **NPpigp**, composta por gnaisses peraluminosos migmatizados, principalmente muscovita-sillimanita-granada-biotita gnaisses xistosos, finos a médios. Intercalações de granada-biotita gnaisses, gonditos, calciossilicáticas, quartzitos, anfibolitos, micaxistos, sillimanita-biotita xistos e xistos básicos. É amplamente predominante sobre as demais na faixa da AID/ADA, sendo identificada desde os arredores de Jundiá, próximo à estaca 75, com exposições na Rodovia dos Bandeirantes e na região de Itupeva, até Campinas, nas imediações da estaca 38.

A Unidade **NPpiog**, representada por (hornblenda)-biotita gnaisses bandados, tonalíticos, dioríticos e mais raramente anfibolíticos com intercalações de biotita-gnaiss granitóide e biotita-granada-sillimanita gnaisses xistosos, ocorre no município de Campinas nos intervalos entre as estacas 26 e 27, assim como entre as estacas 31 e 38, aproximadamente. Seu contato com a unidade **NPpigpa** é marcado por falhas de direção geral SW-NE.

A Unidade **NPpign**, composta por granada-biotita-plagioclásio gnaisses cinza com intercalações de (granada)-biotita gnaiss granítico, biotita gnaisses xistosos, anfibolitos e calciossilicáticas ocorre unicamente a nordeste do eixo do traçado da dutovia, no intervalo entre as estacas 33+600m e 36, aproximadamente.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-40 a 10.1.1.3.2-44**, ilustrativas do Complexo Piracaia do Domínio Socorro-Guaxupé.

<sup>42</sup> TASSINARI, C.C.G. As idades das rochas e dos eventos metamórficos da porção sudeste do estado de São Paulo e sua evolução crustal. São Paulo, 236f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 1988.

<sup>43</sup> EBERT, H.D.; CHEMALE JUNIOR, I.F.; BABINSKI, M.; ARTUR, A.C.; VAN SCHMUS, W.R. Tectonic setting and U/Pb zircon dating of the plutonic Socorro complex in the transpressive Rio Paraíba do Sul Shear Belt, SE Brazil. *Tectonics*, v.15, n.2, p. 688-699. 1996.





**FOTO 10.1.1.3.2-40: Visada para sul-sudeste, a partir da Rod. Dom Gabriel Paulino, de ligação entre Jundiá e Itu/Itupeva. Altura da estaca 59. Ao fundo, vista da Serra do Japi sustentada por quartzitos do Complexo Piracaia (NPpi). Em primeiro plano, terrenos com gnaisses. Município de Jundiá**



**FOTO 10.1.1.3.2-41: Vista dos terrenos dos gnaisses (NPpigpa) (em primeiro plano) com a Serra do Japi, ao fundo, sustentada por quartzitos (NPpiqb). Rochas do Complexo Piracaia (Domínio Socorro-Guaxupé). Rodovia dos Bandeirantes. Visada para noroeste, a partir da estaca 62. Município de Jundiá**



**FOTO 10.1.1.3.2-42: Vista das colinas e morros baixos de topos convexos conformados sobre rochas gnáissicas do Complexo Piracaia (NPpigpa) (Domínio Socorro-Guaxupé). Rodovia dos Bandeirantes. Visada para oeste. Altura da estaca 54+500m. Arredores da cidade de Jundiá**



**FOTO 10.1.1.3.2-43: Vista dos cortes efetuados na Rodovia dos Bandeirantes sobre colinas e morros baixos de topos convexos onde ocorrem gnaisses do Complexo Piracaia (NPpigpa) (Domínio Socorro-Guaxupé). Visada para sudeste. Altura da estaca 38+800m. Município de Campinas**



**FOTO 10.1.1.3.2-44: Detalhe de corte de morro alto para a implantação da Rodovia dos Bandeirantes, com a exposição de gnaisses do Complexo Piracaia (NPpigpa) (Domínio Socorro-Guaxupé) no sopé da Serra do Japi. Arredores da estaca 65. Município de Jundiaí**

**ROCHAS ÍGNEAS INTRUSIVAS**

Durante o magmatismo brasileiro diversos corpos granitóides instalaram-se no Domínio Socorro-Guaxupé, destacando-se os complexos granitóides Socorro, Morungaba, Itu, Atibaia e outros. Estudos detalhados (VLACH, 1985 e 1993<sup>44</sup>; EBERT *et al.*, 1996<sup>45</sup>; ARTUR, 1988<sup>46</sup>) levaram a classificar o magmatismo brasileiro desta região como cálcio-alcálico, evoluindo nas intrusões tardias para termos mais alcalinos (Granito Morungaba).

Na faixa da AID ocorrem os granitos equigranulares róseos, reconhecidos na porção setentrional do Domínio Socorro-Guaxupé, a sudoeste da cidade de Jundiá, recobertos ao norte pelos quartzitos da Serra do Japi e orientados/milonitizados ao sul pela Zona de Cisalhamento de Jundiuvira. Encontram-se agrupados na Intrusão Terra Nova e são descritos pela CPRM<sup>47</sup> (2006) como granitos equigranulares róseos, hololeucocráticos, médios a grossos, com presença subordinada de granitos equigranulares, cinza, médios a finos, maciços e granitos porfiróides, cinza, isótopos, leucocráticos, inequigranulares (Terra Nova, **NP3sy3Atn**). Localizam-se a oeste do traçado do futuro empreendimento, entre as estacas 74 a 68+500m, aproximadamente.

Também é reconhecida além dos limites da faixa da AID - imediatamente a oeste e na altura das estacas 39 - a extremidade nordeste do Complexo Granitóide Itu que, no geral, é constituído por quatro intrusões (PASCHOLATI, 1987<sup>48</sup>), nas quais são reconhecidas cerca de duas dezenas de fácies petrográficas (HACKSPACHER *et al.*, 1988<sup>49</sup>; GALEMBECK, 1991<sup>50</sup>).

GALEMBECK (*op cit.*) apresenta um mapa detalhado desse complexo, com destaque para a intrusão Cabreúva, em grande parte localizada além dos limites da AID e da própria AII. As demais intrusões do Complexo Granitóide Itu são a Indaiatuba, situada na porção central do complexo, e a intrusão Itupeva, situada na porção norte do complexo, com uma área aproximada de 80 km<sup>2</sup> e em grande parte delimitada no interior da faixa da AII, entre as cidades de Itupeva e Indaiatuba, representada por granitos diversos predominando os equigranulares róseos e cinza, seguidos de granitos inequigranulares róseos e os de textura porfírica e porfiróides, além de melagranitos (**NP3sy3Ait**).

Subordinadamente, ocorrem granitos foliados acinzentados (**NP3sy3Agc**) nas proximidades das estacas 66+300m, 57 e 43+500m; róseos (**NP3sy3Agr**) entre as estacas 68 a 65; além de hornblenda/biotita ortognaisses (**NP3sy3Aog**) nas proximidades da estaca 50. De forma geral, tais unidades são representadas no formato de corpos com 1,0 a 2,5 km de diâmetro, aproximadamente, ocorrendo principalmente na faixa da AID, e são muito restritas junto ao traçado da ADA.

<sup>44</sup> VLACH, S.R.F. Geologia e petrologia dos granitóides de Morungaba. São Paulo, 414p. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 1993.

VLACH, S.R.F. Geologia, petrografia e geocronologia das partes meridional e oriental do Complexo Morungaba (SP). São Paulo, 253p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 1985.

<sup>45</sup> EBERT, H.D.; CHEMALE JUNIOR, I.F.; BABINSKI, M.; ARTUR, A.C.; VAN SCHMUS, W.R. Tectonic setting and U/Pb zircon dating of the plutonic Socorro complex in the transpressive Rio Paraíba do Sul Shear Belt, SE Brazil. *Tectonics*, v.15, n.2, p. 688-699. 1996.

<sup>46</sup> ARTUR, A.C. Evolução policíclica da infraestrutura da porção sul do estado de Minas Gerais e regiões adjacentes do estado de São Paulo. São Paulo, 231f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 1988.

<sup>47</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Geologia e Recursos Minerais do Estado de São Paulo. São Paulo: CPRM, 1 CD-ROM. 2006.

<sup>48</sup> PASCHOLATI, E.M.; VLACH, S.R.P.; AMARAL, G. Contribuição ao conhecimento da suíte intrusiva Itu. In: Simpósio Regional de Geologia, 6, Rio Claro, 1987. Boletim de Resumos. Rio Claro: SBG, p. 47-62. 1987.

<sup>49</sup> HACKSPACHER, P. C.; WERNICK, E. Projeto Cabreúva: geologia das quadrículas Cabreúva e Moreiras. Rio Claro: IGCE/UNESP/PRÓ-MINÉRIO, 95p. 1988.

<sup>50</sup> GALEMBECK, T.M.B. Aspectos geológicos, petrográficos e geoquímicos da intrusão Cabreúva: complexo granitóide de Itu (SP). Rio Claro, 195f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. 1991.



A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-45 a 10.1.1.3.2-47**, ilustrativas das Rochas Ígneas Intrusivas presentes Domínio Socorro-Guaxupé na faixa da AID/ADA.



**FOTO 10.1.1.3.2-45: Região da estaca 63, com visada para oeste-noroeste. Primeiro plano e à esquerda, terrenos baixos com ocorrência de rochas ígneas do Maciço Granitóide Terra Nova presentes no Domínio Socorro-Guaxupé, em contato com a base da Serra do Japi. Município de Jundiaí**



**FOTO 10.1.1.3.2-46: Arredores da cidade de Itupeva. Altura da estaca 50. Visada para norte-noroeste. Morros médios e altos sustentados por rochas ígneas do Maciço Granitóide Itupeva do Complexo Intrusivo Itu (Domínio Socorro-Guaxupé). Município de Itupeva**



**FOTO 10.1.1.3.2-47: Vista para noroeste, a partir da Rodovia dos Bandeirantes, onde ocorre a Intrusão Terra Nova (NP3sy3Atn), da unidade das Rochas Ígneas Intrusivas do Domínio Socorro-Guaxupé. Ao fundo, em cotas mais elevadas, quartzitos do Complexo Piracaia que sustentam a Serra do Japi. Arredores da estaca 69+500m. Município de Jundiá**

### **Zonas de Cisalhamento**

Do ponto de vista tectônico, os domínios São Roque e Embu estão inseridos na denominada Faixa Ribeira, considerada por Almeida *et al.*<sup>51</sup> (1973) uma entidade geotectônica de idade brasileira. A faixa apresenta forte estruturação para nordeste caracterizada por um arranjo anastomosado de zonas de cisalhamento direcionais dextrais transpressivas, denominada por Machado & Endo<sup>52</sup> (1993) de Cinturão de Cisalhamento Atlântico. A esse cinturão pertencem as zonas de cisalhamento Vila Menk, Taxaquara, Caucaia do Alto e Cubatão.

A Zona de Cisalhamento Vila Menk compreende um conjunto de falhas transcorrentes que afeta as rochas do Granito Itaqui e, preferencialmente, suas encaixantes (FERREIRA, 1991<sup>53</sup>). Apresenta desde protomilonitos de rochas granitóides até filonitos do Grupo Serra do Itaberaba.

A Zona de Cisalhamento Taxaquara secciona os granitos Itaqui e Ibiúna e litotipos do Grupo Serra do Itaberaba e do Complexo Embu, e é parcialmente recoberta pelos aluviões da várzea do rio Tietê. Compreende desde protomilonitos até milonitos e ultramilonitos de rochas granitóides, supracrustais e sedimentares.

A Zona de Cisalhamento de Cubatão está associada a uma faixa de metassedimentos de baixo grau, que separam as rochas de alto e médio grau de metamorfismo dos complexos Embu e Costeiro.

<sup>51</sup> ALMEIDA, F.F.M.; AMARAL, G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. The precambrian evolution of the South American cratonic margin south of Amazon River. In: NAIRN, A.E.M.; STEHLI, F.G. (eds.). The Ocean Basin and Margins. New York: Plenum Press,

<sup>52</sup> MACHADO, R.; ENDO, I. A megaestrutura em flor positiva do vale do rio Paraíba do Sul no Rio de Janeiro e suas implicações tectônicas regionais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 3, 1993, Rio de Janeiro. Atas... Rio de Janeiro: UERJ/PETROBRAS/CPRM/DRM/SBG, p. 58. 1993.

<sup>53</sup> FERREIRA, C. J. Geologia, petrografia e tipologia de zircão da Suíte Intrusiva Itaqui, Barueri (SP). Rio Claro, 253f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. 1991.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-48 e 10.1.1.3.2-49**, ilustrativas de regiões afetadas pelas zonas de cisalhamento ao longo da Faixa da AID/ADA e reconhecidas nos domínios Costeiro, Embu, São Roque e Socorro-Guaxupé.



**FOTO 10.1.1.3.2-48: Corte da Rodovia Cônego Domênico Rangoni (Piaçaguera-Guarujá) na região da serra do Quilombo. Rochas gnáissicas (Complexo Costeiro) transpostas e milonitizadas segundo a Zona de Cisalhamento Freires-São Lourenço. Altura da estaca 197. Porção Continental do Município de Santos**



**FOTO 10.1.1.3.2-49: Vista da faixa de dutos existente ressaltada por corte de morro, à direita, e depósitos aluviais à esquerda. Região de ocorrência da Zona de Cisalhamento de Jundiuvira, na altura da estaca 75. Divisa dos municípios de Cajamar e Jundiá**

### **Bacia do Paraná**

A Bacia do Paraná é uma grande área sedimentar com vulcanismo fissural associado que foi ativa entre o Siluriano e o Neocretáceo. Estabeleceu-se no final do Ordoviciano, provavelmente ainda



sob influência do resfriamento do Ciclo Brasileiro. Teve seu apogeu como sinéclise no Carbonífero/Permiano, enquanto no Mesozóico sofreu acentuada subsidência sob o peso dos basaltos que sobre ela se alojaram (ALMEIDA *et al.*, 1993<sup>54</sup>).

Apresenta-se como uma homoclinal de cerca de um grau de inclinação, com caimento para oeste. O empilhamento se dá de leste para oeste, exceto na região de Rio Claro, onde o basculamento de blocos limitados por diversas falhas normais ascendeu a base local, favorecendo a exposição do Subgrupo Itararé.

No âmbito da AID/ADA, de acordo com as folhas São Paulo e Campinas (CPRM, 1999<sup>55</sup>), foram reconhecidos litotipos pertencentes ao Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão) e ao Grupo São Bento (Unidade das Rochas Intrusivas Tabulares).

### **GRUPO TUBARÃO**

O Grupo Tubarão (**C2P1**) compreende os depósitos associados à fase inicial transgressiva da bacia, sendo representado por sedimentos fluviais, flúvio-glaciais, deltaicos, lacustres e marinhos com influência glacial. Na faixa da AII podem ser reconhecidos sedimentos representantes do Subgrupo Itararé, unidade estratigráfica que constitui parte do Grupo Tubarão.

#### **SUBGRUPO ITARARÉ**

O Subgrupo Itararé (**C2P1i**) ocorre, na AID/ADA, de forma contínua desde a região sudoeste de Campinas, na altura da estaca 31+100m até a altura da estaca 14, aproximadamente.

Repousa sobre o embasamento cristalino, onde ocorrem superfícies de erosão causadas pela movimentação de geleiras e que apresentam feições típicas, como pavimento estriado e *roche moutonnée* (GUTMANS, 1946<sup>56</sup>; ALMEIDA, 1948<sup>57</sup>; AMARAL, 1965<sup>58</sup>), além de vales glaciais descritos nas regiões de Jundiá (MARTIN *et al.*, 1959<sup>59</sup>), nas proximidades da margem esquerda do rio Jundiá-Mirim, e de Campinas (MELFI E BITTENCOURT, 1962<sup>60</sup>).

Devido à diversidade de ambientes presentes à época da deposição, existe enorme e complexa variedade de tipos litológicos que passam uns aos outros lateral ou verticalmente, gradual ou bruscamente, havendo escassez de horizontes-chave bem definidos e de grande extensão regional, pelo que as divisões e correlações propostas para o Subgrupo Itararé não têm sido consensuais (SOUZA FILHO, 1986<sup>61</sup>).

<sup>54</sup> ALMEIDA, F.F.M. DE; CAMPANHA, G.A. DA C.; DANTAS, A.S.L.; CAMPANHA, V.A. Geologia das folhas Campinas, SF. 23-Y-A e Ribeirão Preto, SF. 23-V-C. São Paulo: IPT, 110p. (Relatório n. 31.723). 1993.

<sup>55</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. São Paulo. Folha SF.23-Y-C São Paulo. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica São Paulo. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Campinas. Folha SF.23-Y-A Campinas. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica Campinas. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

<sup>56</sup> GUTMANS, M. Estrias glaciais no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA DE MINAS E GEOLOGIA, 2, 1946, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Est. De Artes Gráficas C. Mendes Júnior, 3 v. 1946.

<sup>57</sup> ALMEIDA, F.F.M. DE. A roche moutonnée de Salto, Estado de São Paulo: Geologia e Metalurgia, São Paulo, v.5, p. 112-118. 1948.

<sup>58</sup> AMARAL, S. E. Nova ocorrência de roche moutonnée em Salto, São Paulo. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, v. 14, n. 1-2, p. 71-82. 1965.

<sup>59</sup> MARTIN, H.; MAU, H.; BJONBERG, A.J.S. Vale pré-glacial a nordeste de Jundiá (SP). Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 35-40. 1959.

<sup>60</sup> MELFI, A.J.; BITTENCOURT, I. Geologia e pedologia na bacia glacial no distrito de Sousas, Campinas, SP. Bragantia, Campinas, 21(46). 1962.

<sup>61</sup> SOUZA FILHO, E. E. DE Mapeamento faciológico do subgrupo Itararé na quadrícula Campinas (SP). São Paulo, 121f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 1986.

Os tipos litológicos predominantes são arenitos, diamictitos, conglomerados, siltitos, argilitos e folhelhos. Ritmitos, calcários em parte silicificados, e delgadas camadas de carvão, raras e pouco expressivas em São Paulo, constituem ocorrências mais restritas. Os arenitos passam a siltitos, diamictitos ou lamitos, lateral ou verticalmente, e são atribuídos aos mais diversos ambientes de sedimentação. Diamictitos são frequentes, de várias origens, relacionados à ambiente glacial, apresentando feições do tipo deslizamentos e ressedimentação, escoamento laminar, ablação por liquefação do gelo, etc.

Conglomerados com seixos e blocos de várias formas, dimensões e composições não são raros na região. Lamitos associados a siltitos finos e resultantes da decantação de lama em bacias de águas paradas são relativamente comuns no grupo. Ritmitos apresentam-se como finas camadas de lamitos cinza-escuros, alternados com siltitos claros; são glácio-marinhos ou glácio-lacustres, estes podendo constituir verdadeiros varvitos. Não é raro apresentarem seixos pingados, bem como icnofósseis (FERNANDES *et al.*, 1987<sup>62</sup>).

Há no Subgrupo Itararé em São Paulo, como de resto em toda a Bacia do Paraná, abundância de restos e impressões de plantas, peixes, moluscos, crustáceos, braquiópodes, etc.

De interesse para a avaliação da Área de Influência Direta são reconhecidas duas litofácies do Subgrupo Itararé (**C2P1i**), quais sejam:

A unidade **C2P1ib** se encontra representada por arenitos médios a grossos, arcoseanos a subarcoseanos, com granodecrescência, laminações cruzada e plano-paralela; e a unidade **C2P1if**, com lamitos com grânulos, seixos e blocos, além de arenitos, em camadas lenticulares, e siltitos, em camadas tabulares.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-50 a 10.1.1.3.2-52**, ilustrativas do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão) da Bacia do Paraná reconhecido na faixa da AID/ADA.



**FOTO 10.1.1.3.2-50: Região da estaca 21, com vista geral dos terrenos de morros com topos amplos tabulares associados às rochas sedimentares do Grupo Tubarão (C2P1if) e predomínio de litotipos do Subgrupo Itararé. Visada para oeste**

<sup>62</sup> FERNANDES, A.C.S.; CARVALHO, I.D.S.; GUIMARÃES NETTO, R. Comentários sobre os traços fósseis do paleolago de Itu (SP). In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6, Rio Claro, 1987. Atas... Rio Claro: SBG, v.1, p. 297-312. 1987.



**FOTO 10.1.1.3.2-51: Vista panorâmica a partir da Rodovia Adalberto Panzan, na altura da estaca 19, próximo ao cruzamento com a Rodovia Jornalista Francisco Aguirra Proença. Região com predominância de lamitos com seixos e arenitos da unidade C2P1if, individualizada no Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão). Na porção mais rebaixada do terreno, observam-se depósitos aluvionares recentes (Q2a) junto ao Rio do Piçarrão**



**FOTO 10.1.1.3.2-52: Vista geral do relevo de colinas da Depressão do Médio Tietê, sustentados por ritmitos intercalando lamitos, arenitos e siltitos - unidade C2P1if do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão). Região da Rodovia Dom Pedro I no cruzamento com a faixa de dutos existente. Estaca 14+500m. Município de Campinas**

### **GRUPO SÃO BENTO**

São reconhecidos no Grupo São Bento os depósitos fluviais, lagunares e eólicos (Formação Pirambóia), e desérticos (Formações Botucatu). Também associam-se ao Grupo São Bento as intensas atividades vulcânicas de magmatismo fissural (Formação Serra Geral) e diversos corpos intrusivos de natureza básica a intermediária (Unidade Intrusivas Tabulares) relacionados ao evento de abertura do Atlântico Sul. Na AID, foi identificada apenas a unidade das Rochas Intrusivas Tabulares, descrita a seguir.

#### **ROCHAS INTRUSIVAS TABULARES**

A unidade das Rochas Intrusivas Tabulares (**K1δsg**), de idade Mesozóica, encontra-se representada na AID/ADA por corpos circunformes ou tabulares (diques e *sills*) de natureza básica a intermediária intrudidos principalmente no Subgrupo Itararé. Estão relacionados ao evento de abertura do Atlântico Sul. Suas espessuras variam entre 2 e 200 metros, mas podem atingir até 1.000 metros.



Na AID/ADA do futuro empreendimento ocorrem disseminados e de forma descontínua no intervalo entre Campinas e Paulínia, entre as ocorrências do Subgrupo Itararé.

As litologias associadas em geral compreendem diques e soleiras de natureza básica representados principalmente por diques de diabásio, ou ainda, por *sills* de dioritos e microdioritos pórfiros, lamprófiros, andesitos, monzonitos pórfiros e traquiandesitos (ALMEIDA, 1986; MELFI *et al.*, 1988<sup>63</sup>; MARQUES E ERNESTO, 2004<sup>64</sup>).

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-53 e 10.1.1.3.2-54** ilustrativas da unidade das Rochas Intrusivas Tabulares (Grupo São Bento) – Bacia do Paraná, que ocorre na faixa da AID/ADA.



**FOTO 10.1.1.3.2-53: Pedreira em atividade nas proximidades de Santa Bárbara. Exposição de diabásios da unidade das Rochas Intrusivas Tabulares (K1δsg) do Grupo São Bento. À direita da cava ocorrem disjunções colunares indicando que a intrusão do corpo se deu a pouca profundidade. Exposições da unidade K1δsg também são observadas na Pedreira Basalto (município de Campinas), na altura da estaca 19 da faixa da AID**

<sup>63</sup> MELFI, A.J., PICCIRILLO, E.M., NARDI, A.J.R., 1988. Generalized geological sketch map of Paraná basin. In: Melfi, A.J., Piccirillo, E.M. (eds.) The Mesozoic Flood Volcanism of the Paraná Basin: petrogenetic and geophysical aspects. São Paulo: USP, p. 3. 1988.

<sup>64</sup> MARQUES, L.S.; ERNESTO, M. O magmatismo toleítico da Bacia do Paraná. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.R.; Brito-Neves, B.B.B. (coords.), Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Editora Beca, p.245-263. 2004.



**FOTO 10.1.1.3.2-54: Vista do relevo de colinas de topos amplos a tabulares da Depressão do Médio Tietê, sustentados pela unidade das Rochas Intrusivas Tabulares (K1ðsg) do Grupo São Bento. Rodovia Zeferino Vaz. Estaca 8+500m. Região dos municípios de Campinas e Paulínia**

### **Coberturas Cenozóicas**

As coberturas cenozóicas se encontram subdivididas, na faixa da AID/ADA, em coberturas cenozóicas indiferenciadas e aluviões recentes e atuais. Também incluem os sedimentos da Planície Costeira e da Bacia de São Paulo, discutidos anteriormente.

#### ***COBERTURAS CENOZÓICAS INDIFERENCIADAS***

Ocorrem na forma de manchas sobre os gnaisses do Complexo Piracaia, as rochas do Subgrupo Itararé, e as Rochas Intrusivas Tabulares, predominantemente, desde Jundiaí até Paulínia, entre a estaca 64+500m até a extremidade norte da faixa da AID.

De modo geral, são representadas por rochas argílicas, siltosas e, mais raramente, por níveis de cascalhos e conglomerados (**Qce**). Fúlfaro e Suguio<sup>65</sup> (1968) consideram estes depósitos como de origem fluvial. Podem constituir depósitos colúvio-eluvionares, fluviais de encosta e flúvio-lagunares relacionados a meandros abandonados e às planícies de inundação.

Ressalta-se que o agrupamento das coberturas cenozóicas como indiferenciadas deu-se devido às discrepâncias das propostas de classificação e à inexistência de dados conclusivos em relação à idade precisa destes depósitos.

Os coluviões também podem estar presentes como manchas irregulares e descontínuas em toda a AID/ADA, ocupando os morros desde baixos até altos, até a meia-encosta e desaparecendo junto aos talwegues, sendo reconhecidos capeando os solos derivados das rochas ígneas e metamórficas dos domínios Costeiro, Embu e São Roque. Recobrem as rochas pré-cambrianas na forma de corpos delgados com espessura em geral inferior a 1,5m, constituídos pelos solos coluviais areno-silto-argilosos a silto-argilosos.

Esses corpos sustentam a vegetação das encostas. Em virtude da escala do mapa, os corpos de coluviões não se encontram cartografados.

<sup>65</sup> FÚLFARO, V.J.; SUGUIO, K. A formação Rio Claro, neoceno-zóico e seus ambientes de deposição. Boletim do Instituto Geográfico e Geológico, v.20, p. 45-60. 1968.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-55 a 10.1.1.3.2-57**, ilustrativas das Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas identificadas na faixa da AID/ADA, e que recobrem – preferencialmente – os gnaisses do Domínio Socorro-Guaxupé e as rochas sedimentares do Grupo Tubarão e a unidade das Rochas Intrusivas Tabulares.



**FOTO 10.1.1.3.2-55: Detalhe em corte de colina com exposição das Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas (Qce) depositados sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé. Rodovia Santos Dumont, nas proximidades da Rodovia dos Bandeirantes. A oeste da faixa da AID. Altura das estacas 29 e 30+100m. Município de Campinas**



**FOTO 10.1.1.3.2-56: Detalhe de corte de estrada vicinal instalada em colina na região do Distrito Industrial de Paulínia. Exposição de sedimentos areno-argilosos associados às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas (Qce). Podem conter níveis de areia grossa e de conglomerado. Na região, ocorrem recobrindo parcialmente o Subgrupo Itararé e a unidade das Rochas Intrusivas Tabulares (K1dsg) do Grupo São Bento. Município de Paulínia**





**FOTO 10.1.1.3.2-57: Vista geral do relevo de colinas de topos amplos a tabulares conformados sobre os sedimentos areno-argilosos das Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas (Qce). Visada para sul. Na região, ocorrem recobrimdo a unidade das Rochas Intrusivas Tabulares (K1ðsg) do Grupo São Bento. Ferrovia lateral à faixa de dutos. Estaca 2+600m. Município de Paulínia**

#### ***SEDIMENTOS CONTINENTAIS INDIFERENCIADOS***

Ocorrem ainda Sedimentos Continentais Indiferenciados (**Qdi**) que consistem em sedimentos elúvio-coluvionares de natureza areno-argilosa e depósitos de caráter variado, associados a encostas. Na área de estudo ocorrem basicamente na planície litorânea, na forma de corpos de tálus e coluviões, próximos ao sopé dos morros isolados e da Serra do Mar.

#### ***ALUVIÕES RECENTES E ATUAIS***

Os aluviões recentes e atuais (**Q2a**) são reconhecidos na faixa da AID/ADA ao longo de todo o traçado do empreendimento. Associam-se aos depósitos de várzea dos rios Tietê, Embu-Mirim, Juqueri, Jundiaí e Capivari, assim como de seus afluentes maiores e alguns dos tributários associados aos reservatórios Guarapiranga, Billings e Rio das Pedras. Podem, ainda, associar-se às margens dos principais ribeirões, como o dos Cristais.

No caso específico do Domínio Costeiro e da Planície Costeira, os aluviões ocorrem como depósitos de areias grossas e cascalhos associados às maiores drenagens, encaixados na Serra do Mar e no alto estuário da Planície Costeira.

Os principais depósitos encontram-se nos rios Cubatão, Perequê, Mogi, da Onça, Quilombo, Jurubatuba e Diana, porém, na maioria dos casos, a montante, além dos limites da faixa da AID/ADA. No vale do rio Cubatão ocorrem sedimentos grossos com seixos centimétricos a matacões de até 2m de diâmetro entremeados por areias grossas (SUGUIO, 1999<sup>66</sup>), sendo reconhecidos na AID nas proximidades do cruzamento com a Rodovia Piaçaguera-Guarujá.

Os aluviões incluem areias inconsolidadas de granulação variável, argilas e cascalheiras fluviais subordinadamente, em depósitos de calha e/ou terraços. Podem ser reconhecidos como depósitos associados aos terraços aluviais mais antigos, observados em cotas relativamente mais elevadas, enquanto que os depósitos aluviais recentes se relacionam ao assoreamento dos canais atuais e às planícies fluviais, a partir do transbordamento dos canais nos períodos mais chuvosos.

<sup>66</sup> SUGUIO, K. Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: (Passado + Presente = Futuro?). São Paulo: Paulo's Comunicações e Artes Gráficas, 366 p. 1999.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.1.3.2-58 a 10.1.1.3.2-62** ilustrativas de algumas das unidades dos Aluviões Recentes a Atuais.



**FOTO 10.1.1.3.2-58: Vista geral para oeste da várzea do rio Cubatão na Planície Litorânea, exibindo topografia encaixada e ocupada por depósitos aluviais quaternários Q2a constituídos preferencialmente por areias grossas e cascalhos inconsolidados. Altura da estaca 181, no cruzamento do rio com a Rodovia Piaçaguera-Guarujá**



**FOTO 10.1.1.3.2-59: Vista geral para noroeste da várzea do rio Embu-mirim, exibindo topografia aplainada conformada por depósitos aluviais quaternários Q2a constituídos por areias, argilas e cascalhos inconsolidados. Região da estaca 121, no traçado do Trecho Sul do Rodoanel, onde deverá ser implantada a reserva Parque Embu sobre a área de várzea**





**FOTO 10.1.1.3.2-60: Vista parcial da várzea de afluente do Reservatório do Rio Pequeno, na altura da estaca 209+800 com visada para leste-nordeste**



**FOTO 10.1.1.3.2-61: Vista parcial da várzea do rio Jundiá na cidade de Jundiá. Rodovia João Cereser, na altura da estaca 55. Visada para norte-noroeste. Terrenos aplainados característicos de áreas onde ocorrem Aluviões Recentes e Atuais**



**FOTO 10.1.1.3.2-62: Vista da várzea do rio Jundiá na região do cruzamento com a Rodovia dos Bandeirantes. Terrenos típicos aplainados onde ocorrem os depósitos aluviais Q2a. Região da estaca 57+500. Município de Jundiá**

### **10.1.1.3.3 Considerações Finais sobre a Geologia das Áreas de Influência**

Devido à pouca profundidade das obras de escavação – em média com menos de 2 m de profundidade – os terrenos a serem transpostos pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** serão preferencialmente escavados através de um horizonte superficial e raso de solos residuais, sendo os mesmos evoluídos a partir da alteração dos mais diversos litotipos geológicos. Desta forma, e considerando as grandes extensões dos segmentos norte-sul e leste-oeste do



**Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, diversas unidades da Geologia do Estado de São Paulo, e seus solos residuais derivados, são reconhecidas ao longo do traçado do empreendimento.

Os solos residuais derivados destas rochas em geral conformam um espesso manto de intemperismo associado à evolução pedogenética das rochas pré-cambrianas – sedimentares, ígneas e metamórficas – e, eventualmente, dos sedimentos terciários, e foram desenvolvidos em função do clima atuante na região da implantação durante o transcorrer do período quaternário até os dias atuais.

Quanto à Geologia, em função da pouca profundidade das escavações a serem efetuadas e a ocorrência ao longo do traçado de espesso horizonte de solos residuais – quer sejam derivados das rochas ígneas e metamórficas dos domínios Costeiro, Embu, São Roque e Socorro-Guaxupé, quer sejam alterados a partir das rochas sedimentares (e basaltos e diabásios associados) da Bacia do Paraná – os mais variados litotipos rochosos das diversas unidades geológicas, na maior parte dos casos, não serão reconhecidos, uma vez que as escavações previstas deverão concentrar-se sobre os solos mais evoluídos gerados a partir da alteração supérgena intensa dessas rochas.

Nos trechos das encostas escarpadas dos morros litorâneos e das escarpas das serras do Quilombo e do Mar, onde ocorrem litotipos dos domínios Costeiro e Embu e, de forma subordinada, nos morros dos planaltos Paulistano/Alto Tietê e Jundiá, onde estão instalados os domínios Embu, São Roque e Socorro-Guaxupé, podem ocorrer exposições rochosas preservadas onde as unidades geológicas afloram. Nestes casos, eventualmente, as escavações poderão atingir os respectivos maciços rochosos destas unidades geológicas.

As próprias faixas de dutos já existentes – as quais o traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** deverá em grande parte acompanhar, com pequenos desvios localizados – propiciaram a exposição de horizontes de solos residuais mais profundos e, da mesma forma, dos maciços rochosos associados às rochas ígneas e metamórficas desses domínios.

Os trechos das obras viárias onde atualmente são reconhecidos túneis e/ou que apresentam desnível topográfico considerável em pequenas extensões – com diversos cortes e retaludamentos associados – constituem intervalos críticos, onde já afloram ou poderão ocorrer exposições rochosas a pouca profundidade durante as obras de escavações de implantação do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**.

Quanto à Geologia da Bacia do Paraná, que ocorrem principalmente na porção noroeste do empreendimento, os trechos mais críticos ao longo do traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, podem ser divididos em duas situações preferenciais: quando os traçados coincidirem com as faixas de domínio de obras viárias já implantadas poderão, eventualmente, exibirem afloramentos rochosos ou solos residuais pouco desenvolvidos e resistentes, o que tende a dificultar as escavações; nos trechos onde os traçados acompanham estradas vicinais secundárias ou serão implantados diretamente sobre campos abertos – pastagem ou cultura – as escavações ocorrerão concentradas sobre solos residuais bastante evoluídos e maduros, mas que ainda preservam alguma característica da rocha sedimentar de origem – ou dos basaltos e diabásios que ocorrem de forma subordinada.

Outras situações dizem respeito às ocorrências restritas de sedimentos terciários presentes nos arredores da cidade de São Paulo, aos extensos depósitos marinhos e mistos quaternários antigos e recentes presentes na Baixada Santista, e aos depósitos aluviais associados às drenagens principais observados que ocorrem de forma subordinada e localizada nos terrenos do Planalto e da Depressão Periférica.

Os depósitos aluviais – que configuram parte dos Sedimentos Continentais Indiferenciados – e os depósitos dos Sedimentos Marinhos e Mistos presentes na Baixada Santista, e os sedimentos aluviais ocorrentes no Planalto e na Bacia do Paraná, deverão ser facilmente escavados durante as

obras de implantação do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**. Contudo, por constituírem depósitos recentes, os solos argilosos e arenosos associados a essas unidades geológicas tendem a apresentar baixa estabilidade. Deve-se ainda ressaltar que os solos moles e muitos moles caracterizados com a presença de matéria orgânica e com características particulares – como baixo pH e baixa resistividade – podem induzir à formação de correntes elétricas e permitir as estruturas dos dutos sujeitas à corrosão eletrolítica.

Os corpos de tálus presentes nas encostas das serras do Quilombo e do Mar, agrupados na unidade dos Sedimentos Continentais Indiferenciados apresentam características de instabilidade e movimento de massa por rastejo. A presença de blocos de rochas de tamanhos variados – por vezes de dimensão métrica ou maior – na sua constituição, também podem dificultar os trabalhos de escavação durante a implantação do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**.

Os sedimentos terciários das Formações Resende e São Paulo, identificados próximos à cidade de São Paulo e, principalmente, as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, representadas por depósitos colúvio-eluvionares identificados entre Campinas e Paulínia da AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, são de fácil escavação e apresentam boa estabilidade. As escavações de pouca profundidade aliada à distribuição e conformação destas unidades que tendem a ocupar o topo e se estendem até a meia encosta das colinas e morros baixos – por vezes médios – muito provavelmente não interceptarão o nível freático, o que contribui para as condições de estabilidade durante as obras de escavação para a sua implantação.

Nas regiões onde afloram os gnaisses do Complexo Piracaia e nas unidades da Bacia do Paraná, onde predominam os relevos de colinas e morros baixos, os solos expostos evoluídos a partir da alteração supérgena das rochas pré-cambrianas – metamórficas e sedimentares, respectivamente – considerando a pouca profundidade de escavação das obras de implantação do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, tendem a se apresentar homogêneos e com estruturação maciça, sendo predominante na sua constituição uma matriz argilo-arenosa ou areno-argilosa, independentemente dos litotipos dos quais esses solos evoluíram.

Em situação bastante semelhante, também podem ser agrupadas nesta situação, as exposições de solos residuais derivados de rochas metamórficas em áreas dos complexos Embu e Pilar, identificadas nos trechos do traçado norte-sul do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** que acompanham a Rodovia dos Imigrantes e a Rodovia de Interligação Anchieta-Imigrantes.

Em maiores profundidades, as características intrínsecas – textura, estrutura, granulometria, constituição mineral – os solos tendem a ser menos evoluídos e ainda encontram-se em parte preservadas. Desta forma, são reconhecidos diversos aspectos das rochas originais e, por consequência, das unidades geológicas recortadas na implantação da dutovia.

Os solos derivados de rochas pré-cambrianas - ígneas e metamórficas - instaladas na serra do Mar e nos planaltos Paulistano/Alto Tietê e de Jundiá (para aqueles terrenos de nível alto) apresentam, em geral, profundidades superiores a 10 metros e são verificados trechos com mais de 50 metros de espessura contínua através do solo. Nestas regiões, devido às intervenções e cortes mais pronunciados em relevo topograficamente mais acidentados, são frequentes as exposições de solos residuais jovens, como verificados em grande parte do Rodoanel – trechos Sul e Oeste – e nos terrenos da região das rodovias Anhanguera e dos Bandeirantes, principalmente até os arredores de Jundiá. De modo geral, a mesma situação pode ser reconhecida junto às encostas recortadas das serra do Mar, do Morrão e do Quilombo.

Nestes trechos específicos listados acima, não obstante a espessura considerável dos solos superficiais homogêneos expostos derivados das rochas ígneas e metamórficas dos domínios Costeiro (Complexo Costeiro e Rochas Ígneas Intrusivas da Fácies Itu), Embu (Complexo Pilar, Complexo Embu, e Rochas Ígneas Intrusivas da Fácies Cantareira e Suítes Graníticas Indiferenciadas), São Roque (Grupo São Roque, Grupo Serra do Itaberaba e Rochas Ígneas Intrusivas da Fácies Cantareira) e Socorro-Guaxupé (Complexo Piracaia e Rochas Ígneas

Intrusivas), as interferências antrópicas – com destaque para os cortes profundos efetuados nas encostas para a implantação das principais rodovias – condicionaram a exposição de horizontes mais profundos, onde prevalecem os solos estruturados, maciços ou orientados, por vezes micáceos e/ou caulínicos, e com constituição da matriz argilo-siltosa, silto-argilosa, ou areno-silto-argilosa.

As exposições e cortes pronunciados sobre os solos residuais estruturados tendem a apresentar ocorrências de instabilidade quando associados aos solos mais profundos recortados e derivados de xistos e filitos (Complexo Pilar e grupos São Roque e Serra do Itaberaba) e outras rochas fortemente estruturadas, como as associadas às zonas de cisalhamento. O mesmo se verifica sobre solos derivados das rochas gnáissicas ou mesmo migmatíticas (complexos Costeiro e Embu e, de modo subordinado, no Complexo Piracaia) quando apresentam foliação e/ou bandamento proeminente ou ocorrem estruturados/transpostos por zonas de cisalhamento.

Já nos solos mais profundos derivados de rochas metamórficas arenosas (quartzitos, metarenitos e metarcóseos) e de rochas ígneas presentes nos domínios Costeiro, Embu, São Roque e Socorro-Guaxupé (rochas graníticas diversas), podem ocorrer processos erosivos laminares, naquelas situações onde os cortes realizados após as escavações para a implantação dos dutos permaneçam expostos por período prolongado ou, eventualmente, sejam afetados por eventos chuvosos excepcionais.

Em outros locais, as escavações do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** poderão ser implantadas em trechos com exposição do maciço rochoso ocupando parte das faixas laterais das rodovias existentes, principalmente na situação quando implantada na base de encostas de morros médios e altos que já sofreu cortes e retaludamentos consideráveis. Associam-se, sobretudo, às ocorrências localizadas de rochas graníticas, gnáissicas e/ou migmatíticas verificadas nos domínios Costeiro, Embu, São Roque e, de forma mais restrita, no Complexo Socorro-Guaxupé – a sul da cidade de Jundiaí e quando associada aos terrenos de nível alto – além de corpos restritos de metaconglomerados do Grupo São Roque. A presença de rochas carbonáticas no Domínio São Roque na região da Cajamar-Jordanésia levanta a possibilidade de ocorrência de relevos cársticos e processos de abatimentos naturais ou induzidos na faixa da AID/ADA. Na região imediatamente a leste da Rodovia Anhanguera, as lentes das rochas carbonáticas tornam-se mais desenvolvidas quando comparadas às ocorrências identificadas a oeste dessa Rodovia. Também deve ser ressaltada a ocorrência de abatimento do terreno por processos cársticos na cidade de Cajamar, nas proximidades de um trecho onde o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** irá compartilhar dutovia já implantada.

Dos solos evoluídos a partir das rochas sedimentares da Bacia do Paraná, podem ser reconhecidos os argilosos e argilo-siltosos associados em parte ao Subgrupo Itararé (membros mais pelíticos), e os predominantemente arenosos evoluídos diretamente dos arenitos diversos que compõem parte do Subgrupo Itararé (membros essencialmente arenosos). Também são reconhecidos os solos essencialmente argilosos, ou ainda, argilo-siltosos, evoluídos da decomposição *in situ* das rochas básicas (basaltos da Formação Serra Geral e diabásios da Unidade das Rochas Intrusivas Tabulares).

Os eventuais problemas potenciais da Geologia associados às rochas Bacia do Paraná referem-se aos cortes e escavações da dutovia em terrenos onde os solos arenosos mostram-se menos evoluídos e mais friáveis, podendo ocorrer processos erosivos lineares.

As escavações do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** em terrenos da Bacia do Paraná poderão ser efetuadas sobre ocorrências rochosas ou com o topo rochoso instalado a uma profundidade superior ao fundo da escavação. Tal situação poderá ser observada em locais restritos, com exposições ou ocorrências subsuperficiais de basaltos (Formação Serra Geral) e/ou de diabásios (Rochas Intrusivas Tabulares) a serem atravessadas pelo futuro empreendimento.

De forma muito subordinada, em alguns trechos onde o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** aproveitar a faixa de domínio de obras viárias já implantadas (como exemplo –



no entroncamento da Rodovia Nova Bandeirantes com a Rodovia dos Bandeirantes, na periferia da cidade de Campinas), onde ocorreram cortes e intervenções mais pronunciadas no terreno natural, as escavações podem atingir ocorrências de rochas sedimentares frescas ou muito pouco alteradas, que apresentam maiores resistências para escavação.

## 10.1.2 GEOMORFOLOGIA

### 10.1.2.1 MÉTODOS DE TRABALHO

Os estudos de relevo compreenderam a compilação do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, existente na escala 1:500.000 (ROSS & MOROZ, 1997<sup>67</sup>), e da cartografia das várzeas associadas às principais drenagens demarcadas na Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, em escala 1:500.000, elaborada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (NAKAZAWA *et al.*, 1994<sup>68</sup>), visando a apresentação da cartografia da AII em escala 1:250.000 e da AID/ADA em escala 1:50.000, onde se destacam os Tipos de Relevo ou Padrões de Formas Semelhantes, de acordo com a representação cartográfica desenvolvida por Ross<sup>69</sup> (1992).

Para o detalhamento e mapeamento das várzeas associadas às drenagens maiores e secundárias dos mapas da AID/ADA, utilizaram-se também as informações fornecidas na Carta Geológica da Região Metropolitana da Grande São Paulo, em escala 1:100.000 (EMPLASA, 1980<sup>70</sup>), como também o acervo de folhas topográficas em escala 1:10.000 disponibilizadas pelos órgãos públicos EMPLASA, IGC e GEGRAN e o conjunto de fotografias aéreas em escala de detalhe, aliadas aos levantamentos de campo efetuados ao longo do traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** nos meses de junho e dezembro de 2013, com a descrição/checagem de informações e obtenção de fotografias representativas dos aspectos de relevo, estabilidade das encostas e susceptibilidade à erosão e assoreamento.

Foram analisadas, ainda, a drenagem superficial e as correlações com o substrato litoestrutural, os sedimentos e as coberturas detríticas, com o objetivo de entender a dinâmica superficial da área e, conseqüentemente, avaliar as inter-relações e as interferências entre o meio físico e o projeto a ser implantado.

A caracterização do arcabouço estrutural, morfologia e dinâmica superficial da região do futuro empreendimento forneceram os subsídios necessários à avaliação da estabilidade das encostas e da susceptibilidade à erosão e ao assoreamento das drenagens.

### 10.1.2.2 ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII)

#### 10.1.2.2.1 Introdução

De modo geral, seguindo o traçado da dutovia na direção sul-norte, do litoral até o limite da Serra do Mar com o Planalto, a AII está inserida na Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Baixada Santista (Ugrhi-07), abrangendo a Unidade Morfológica Planície Litorânea Santista (Unidade Morfoestrutural Bacias Sedimentares Cenozóicas/Depressões Tectônicas), e a Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos, parte integrante da Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico.

<sup>67</sup> ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: escala 1:500.000. São Paulo: FFLCH/USP, IPT, FAPESP, 2v. 1997.

<sup>68</sup> NAKAZAWA, V.A (coord.) Carta geotécnica do Estado de São Paulo: escala 1: 500.000. São Paulo: IPT, 2 vol. (Publicação IPT, 2089). 1994.

<sup>69</sup> ROSS, J.L.S. Registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. Revista do Departamento de Geografia São Paulo, n. 6, p. 17-29, 1992.

<sup>70</sup> EMPRESA METROPOLITANA DE PLANEJAMENTO DA GRANDE SÃO PAULO. Carta Geológica da Região Metropolitana da Grande São Paulo. São Paulo: EMPLASA, 1 mapa em 2 folhas: colorido; 113 x 164 cm. Escala 1:100.000. 1980.

Na Região Metropolitana de São Paulo, o traçado da AII abrange os terrenos drenados pela Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Tietê (Ugrhi-06), onde se desenvolve a Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê, pertencente à Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico, bem como a Unidade Morfoescultural Planalto de São Paulo e a Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais, integrantes da Unidade Morfoestrutural Bacias Sedimentares Cenozóicas/Depressões Tectônicas.

No limite leste da AII, entre as estacas 254 e 257+500m, aproximadamente, o traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** segue próximo à Unidade Morfológica Planalto de Paraitinga/Paraibuna, também pertencente ao Planalto Atlântico.

Ao norte da Região Metropolitana da Grande São Paulo, desde os arredores de Cajamar até próximo à cidade de Campinas, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** atravessa terrenos pertencentes às Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos Alto Tietê (Ugrhi-06) e Piracicaba/Capivari/Jundiaí (Ugrhi-05), sendo que ambas as Ugrhis, neste trecho, se desenvolvem e drenam a Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí (Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico).

A partir dos arredores de Campinas até Paulínia, a AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** abrange a unidade morfoescultural denominada Depressão Periférica Paulista, pertencente à Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná, também na Ugrhi Piracicaba/Capivari/Jundiaí (Ugrhi-05).

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, especialmente no segmento entre Barueri e Santos, acompanha o traçado geral, com pequenos deslocamentos, de obras lineares maiores, tais como Rodovia Cônego Domênico Rangoni (antiga rodovia Piaçaguera-Guarujá), trechos oeste e sul do Rodoanel Mario Covas e dutos operados pela Petrobras, onde os problemas previsíveis relacionados à declividade/estabilidade, erosão de encostas, e assoreamento de drenagens foram em parte mitigados.

#### 10.1.2.2.2 Caracterização Geral das Unidades Morfoesculturais e Morfológicas da AII

De acordo com o mapa geomorfológico de Ross e Moroz (1997), a maior parte da Área de Influência Indireta (AII) do empreendimento, em seu trecho a sudeste de Campinas, está inserida na Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico. Conforme descrito por Ross<sup>71</sup> (1990), tal unidade:

*Vincula-se a vários ciclos orogênicos de dobramentos, acompanhados de metamorfismos regionais, falhamentos, e extensas intrusões. As diversas fases orogenéticas do Pré-Cambriano foram sucedidas por ciclos de erosão. O processo epirogenético pós-Cretáceo, que perdurou até pelo menos o Terciário Médio, gerou soerguimento da Plataforma Sul Americana, reativou falhamentos antigos e produziu escarpas acentuadas como as serras da Mantiqueira, do Mar, e fossas tectônicas como as do Médio Vale do Paraíba do Sul (ROSS, 1990).*

No âmbito da Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico na AII, ocorre a Unidade Morfoescultural Planalto Atlântico, que corresponde a relevos sustentados por diversas litologias quase sempre metamórficas associadas com intrusivas. Suas variações fisionômicas regionais possibilitam delimitar unidades geomorfológicas distintas, face às suas características geotectônicas, litológicas e estruturais, postas em evidência pelas atividades dos diversos ciclos erosivos pré e pós-cretácicos.

Na AII, a Unidade Morfoescultural Planalto Atlântico inclui as unidades morfológicas Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos, Planalto Paulistano/Alto Tietê, Planalto de Paraitinga/Paraibuna e Planalto de Jundiaí.

<sup>71</sup> ROSS, J.L.S. Geomorfologia: ambiente e planejamento. São Paulo: Editora Contexto, 1990. 85p. (Série Repensando a Geografia).

Ainda na AII ocorrem formas de relevo associadas às Unidades Morfoestruturais Bacias Sedimentares Cenozóicas/Depressões Tectônicas. Vinculam-se a essas morfoestruturas as Unidades Morfoesculturais Planalto de São Paulo; Planícies Litorâneas - Unidade Morfológica Santista; e Planícies Fluviais - Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais. A Unidade Morfoescultural Planalto de São Paulo pertence à Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar de São Paulo, que é uma das Bacias Sedimentares Cenozóicas. Com relação às morfoesculturas do Planalto de São Paulo:

*O fator principal associado à sedimentação é sem dúvida a tectônica. Apresentam forma de grabens e semi-grabens com preenchimento continental (fluvial e lacustre) de idade paleogena e neogena. Os processos tectônicos formadores associam-se com reflexos tardios dos processos continentais que determinaram a abertura do Atlântico Sul (a partir do Mesozóico) e subsequentes deslocamentos da Placa Sul Americana. Foram particularmente ativos durante o Paleógeno, sendo retomados em pulsos sucessivamente atenuados ao longo do Neogeno e Quaternário (LIMA, MELO & COIMBRA, 1991, in ROSS & MOROZ 1997).*

Quanto às Planícies Litorâneas, estão geneticamente relacionadas com as interações oceano-continente, e incluem, basicamente, formas de relevo do tipo Planícies de Mangue, Planícies Marinhas, Planícies Flúvio-Marinhas, Terraços Marinhos, Cordões Arenosos, Campos de Dunas e Planícies Flúvio-Lacustres-Marinhas. Essas formas decorrem das interações das atividades construtivas e destrutivas das águas oceânicas e das águas continentais ao longo da faixa litorânea, bem como das atividades eólicas, que também agem na remobilização de sedimentos marinhos. As flutuações do nível marinho são condicionadoras significativas dos processos de formação das planícies litorâneas no Brasil.

Ainda pode ser reconhecida ao longo da faixa da AII a Morfoescultura Planícies Fluviais, constituindo a Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais. Tal unidade consiste de áreas descontínuas eventualmente distribuídas sobre todos os modelados identificados na AII. São terrenos planos, de natureza sedimentar fluvial, gerados por processos de aggradação. Encontram-se dispostos junto às margens dos rios e constituem áreas baixas e planas.

A noroeste do limite Itupeva/Campinas até a Replan, o traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** cruza a Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná, que constitui uma complexa fossa tectônica de forma elipsoidal com eixo maior de orientação NNE-SSW encravada no escudo pré-cambriano nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, além de territórios no Uruguai, Paraguai e Argentina. Está preenchida por sedimentos mormente continentais, mas também marinhos, de idades desde silurianas até cretáceas, além de conter lavas basálticas mesozóicas.

Sua estrutura é o resultado final de falhamentos verticais. Quase todas as falhas profundas encontram-se preenchidas por diques de diabásio, e são abundantes os *sills*. "A principal feição tectônica da Bacia do Paraná é o vasto sistema monoclinal, ligeiramente arqueado, cuja inclinação é dirigida, nos dois lados da bacia, para a zona central" (ROSS, 1985<sup>72</sup>).

*Os Planaltos em Bacias Sedimentares são quase que inteiramente circundados por depressões periféricas ou marginais. Estas unidades também se caracterizam por apresentar nos contatos (planalto-depressões) os relevos escarpados caracterizados por frentes de Cuestas" (ROSS, 1985).*

A Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná compreende a unidade morfoescultural Depressão Periférica Paulista. De acordo com Ross<sup>73</sup> (1990), a Depressão Periférica da Borda Leste da Bacia do Paraná está esculpida quase que totalmente nos sedimentos paleo-mesozóicos da

<sup>72</sup> ROSS, J.L.S. Relevo Brasileiro: uma nova proposta de classificação. Revista do Departamento de Geografia, n. 4, 1985.

<sup>73</sup> ROSS, J.L.S. Geomorfologia: ambiente e planejamento. São Paulo: Editora Contexto, 1990. 85p. (Série Repensando a Geografia).



Bacia. Apresenta características de modelados diversos em função da influência tectônica, variação litológica e dos graus de atuação dos processos morfodinâmicos dos mais variados ambientes paleoclimáticos. No trecho que compreende o território paulista, esta unidade apresenta altitudes que oscilam entre 500 a 750 metros, sendo que as altitudes maiores margeiam as escarpas da frente de Cuesta sustentadas principalmente por derrames basálticos.

Tratando da unidade morfoescultural Depressão Periférica Paulista como um todo:

*É recoberta por densa rede de drenagem, salientando-se alguns rios principais como cursos consequentes que, mantendo seu antigo traçado dirigido para NW em direção ao eixo do rio Paraná, a partir de uma superfície de aplainamento antiga (final do Cretáceo e início do Terciário) superimpuseram-se às estruturas paleozóicas e mesozóicas para romper a cuesta basáltica em boqueirões: o Tietê, o Paranapanema, o Mogi-guaçu e o Pardo. Esses rios, como artérias principais de maior capacidade erosiva e, provavelmente, com interferências tectônicas teriam provocado capturas através de seus afluentes, de primitivos consequentes que adaptando-se às estruturas, passaram a percorrer as cuestas com nítido desvio em seus traçados, a exemplo do Piracicaba, o Sorocaba, o Capivari, o Itararé, o Apiaí, o Taquari, etc." (PENTEADO, 1976; in ROSS & MOROZ, 1997).*

Devido às características próprias de cada grande bacia de drenagem que conta a Depressão Periférica, foram mantidas nos trabalhos de Ross (1990) e de Ross e Moroz (1997) três zonas consideradas em trabalhos anteriores. De interesse na faixa da AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, são reconhecidas como partes integrantes da Depressão Periférica Paulista apenas a Unidade Morfológica Depressão do Médio Tietê.

As Unidades Morfoesculturais e Morfológicas da AII, de acordo com Ross e Moroz<sup>74</sup> (1997), se encontram cartografadas no Mapa Geomorfológico da Área de Influência Indireta (AII) apresentado em escala 1:250.000 (**Volume 7 - Desenhos**).

A seguir são descritas as Unidades Morfoesculturais e Morfológicas e os modelados dominantes associados a essas unidades.

### **10.1.2.3 ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID) E ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA)**

#### **10.1.2.3.1 Introdução**

A Área de Influência Direta (AID) do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** foi definida como uma faixa de um quilômetro de largura para cada lado do eixo do empreendimento. Assim sendo, cruza as unidades hidrográficas de gerenciamento de recursos hídricos Baixada Santista (Ugrhi 7), Alto Tietê (Ugrhi 6) e Piracicaba/Capivari/Jundiá (Ugrhi 5).

Da mesma forma que na Área de Influência Indireta (AII), o traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** intercepta terrenos das unidades morfoestruturais Cinturão Orogênico do Atlântico, Bacias Sedimentares Cenozóicas/Depressões Tectônicas e Bacia Sedimentar do Paraná representadas, na AID/ADA, pelas unidades morfoesculturais Planalto Atlântico (Cinturão Orogênico do Atlântico), Planalto de São Paulo e Planícies Litorâneas (Bacias Sedimentares Cenozóicas/Depressões Tectônicas) além da Depressão Periférica Paulista (Bacia Sedimentar do Paraná).

Na AID/ADA, o Planalto Atlântico inclui as unidades morfológicas Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos, Planalto Paulistano/Alto Tietê e Planalto de Jundiá; a Depressão Periférica Paulista abrange terrenos da Depressão do Médio Tietê; ao passo que as Planícies Litorâneas estão representadas pela Planície Litorânea Santista e as Planícies Fluviais estão representadas pelas Pequenas Planícies Fluviais.

<sup>74</sup> ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: escala 1:500.000. São Paulo: FFLCH/USP, IPT, FAPESP, 2v. 1997.

Cada uma dessas unidades morfológicas, juntamente com a Unidade Morfoescultural Planalto de São Paulo, foi subdividida por Ross e Moroz (1997) em Padrões de Formas Semelhantes ou Tipos de Relevo, descritos a seguir. A apresentação das características geomorfológicas da faixa da AID/ADA do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** se baseia nesses Tipos de Relevo.

As Unidades Morfológicas e/ou Morfoesculturais e seus respectivos Padrões de Formas Semelhantes encontram-se cartografadas nos Mapas Geomorfológicos da AID/ADA apresentados em escala 1:50.000 (**Volume 7 - Desenhos**).

#### **10.1.2.3.2 Unidades Morfológicas/Morfoesculturais e seus Padrões de Formas Semelhantes**

Para a definição dos Padrões de Formas Semelhantes presentes em cada uma das unidades morfológicas/morfoesculturais, a metodologia de Ross e Moroz (1997) levou em conta as formas de relevo (planícies, colinas, morros, escarpas, cristas); as características dos setores, elementos ou partes dessas formas como, por exemplo, a morfologia das vertentes (convexas, côncavas, retilíneas e planas), as declividades dessas vertentes, a dimensão interfluvial média e o grau de entalhamento dos vales; bem como formas menores geradas por processos atuais ou ação antrópica, como sulcos, ravinas, voçorocas, cicatrizes de deslizamentos, depósitos coluviais ou de movimentos de massa, depósitos fluviais e pluviais, como bancos de areia e assoreamentos, cortes e aterros executados por máquinas, entre outros.

##### **Morfoescultura Planície Litorânea – Unidade Morfológica Santista**

Na faixa da AID/ADA, a Planície Litorânea Santista conforma pequenas planícies flúvio-marinhas posicionadas no fundo de baías e enseadas entre os terrenos cristalinos da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos e as águas oceânicas. São terrenos planos dispostos em áreas descontínuas ao longo da faixa litorânea, com baixa densidade de drenagem de padrão meandrante e anastomosado. Na faixa da AID/ADA compreende as morfologias Planícies Litorâneas Marinhas (**Apm**) e Planícies Litorâneas Intertidais (**Api**).

As Planícies Litorâneas **Apm** são marinhas, com altimetrias entre 0 e 20m e declividades inferiores a 2%, formadas por sedimentos marinhos inconsolidados. Predominam amplamente na faixa da AID/ADA entre os intervalos das estacas 200 a 197, 195+700m a 192+300m, e entre as estacas 190+300m a 181, intercaladas pelos morros litorâneos e as serras do Quilombo e do Morrão, e encontram-se delimitadas no extremo norte pelos contrafortes da Serra de Cubatão. São drenadas, de norte para sul, pelos rios Cubatão, Perequê, Mogi, da Onça, Quilombo e Jurubatuba, assim como alguns de seus afluentes.

As Planícies Litorâneas **Api** são intertidais (mangues), têm altimetrias entre 0 e 20m e declividades inferiores a 2%, e são formadas por sedimentos marinhos inconsolidados. Representam ambientes de extrema interação entre a forma de relevo, o solo e a cobertura vegetal, e de reprodução de inúmeras espécies da fauna aquática e subaquática. Ocorrem na faixa da AID/ADA restritas à região dos rios Diana, da Onça/Quilombo, Mogi e Cubatão, a sudeste da estaca 200 e em todo o limite sul da AID, entre as estacas 195+700m a 184, aproximadamente.

Nas Planícies Intertidais prevalecem terrenos originados por depósitos marinhos retrabalhados por processos fluviais, com aporte de sedimentos finos continentais (argilas em colóides) que sofrem floculação no contato com as águas salinas procedentes do oceano pela maré alta e, conseqüentemente, deposição. Estas lamas argilosas são acrescidas de materiais orgânicos provenientes da queda de folhas da vegetação de mangue.

Tanto a **Apm** quanto a **Api** apresentam potencial de fragilidade muito alto. São áreas sujeitas a inundações periódicas, com lençol freático pouco profundo, constituídas por sedimentos inconsolidados sujeitos a acomodações.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.2.3.2-1 a 10.1.2.3.2-3**, ilustrativas da Unidade Morfológica Santista – Planícies Litorâneas marinhas **Apm** e Planícies Litorâneas intertidais **Api**, reconhecidas na faixa da AID/ADA.



**FOTO 10.1.2.3.2-1: Vista geral para sudeste da Planície Litorânea Santista, com ocorrência da unidade Planície Litorânea marinha Apm, constituída por sedimentos marinhos inconsolidados, com altimetrias entre 0 e 20m e declividades inferiores a 2%. Vista em primeiro plano do rio Cubatão, na faixa da AID/ADA, e dos Canais de Piaçaguera e de Santos (ao fundo), além dos limites da AID**



**FOTO 10.1.2.3.2-2: Vista para nordeste da Planície Litorânea Santista, com exposição da unidade Planície Litorânea intertidal Api (mangues), constituída por sedimentos inconsolidados com altimetrias entre 0 e 20m e declividades inferiores a 2%. Região das planícies dos rios Quilombo e da Onça sujeita às inundações periódicas associadas à influência de marés**





**FOTO 10.1.2.3.2-3: Vista para noroeste da Planície Litorânea Santista, com exposição da unidade Planície Litorânea intertidal Api (mangues), constituída por sedimentos inconsolidados com altimetrias entre 0 e 20m e declividades inferiores a 2%. Região da planície do Canal de Bertiooga - além dos limites da AID - afetada pelas inundações periódicas associadas à influência de marés**

### **Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos**

Essa unidade consiste em uma faixa de encostas com vertentes abruptas que margeiam o Planalto Atlântico. Na faixa da AID/ADA é identificada desde a estaca 198+600m até a estaca 179, aproximadamente, no topo da escarpa da Serra do Mar. A unidade ocorre em grande parte intercalada com a Planície Litorânea Santista.

Nesta unidade, na faixa da AID/ADA, predominam formas de relevo denudacionais com modelados na forma de escarpas e cristas com topos aguçados (Da). O entalhamento dos vales é variável entre 40m e mais de 160m, e a dimensão interfluvial desde menos de 250m até 3750m. As altimetrias variam de 20m a 1000m, com declividades predominantes maiores que 30%, que atingem 60% em setores localizados das vertentes.

Correlacionadas à Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos, foram reconhecidas na faixa do traçado da AID/ADA as Unidades de Padrões e Formas Semelhantes **Da52, Da51 e Da32**.

De acordo com Ross e Moroz<sup>75</sup> (1997), predominam gnaisses, migmatitos, micaxistos e granitos na Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos, que correspondem principalmente às litologias do Complexo Costeiro e granitóides intrusivos no mesmo, e também àquelas do Complexo Embu, conforme as cartas geológicas São Paulo e Santos (CPRM, 1999<sup>76</sup>).

<sup>75</sup> ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: escala 1:500.000. São Paulo: FFLCH/USP, IPT, FAPESP, 2v. 1997.

<sup>76</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. São Paulo. Folha SF.23-Y-C São Paulo. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica São Paulo. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Campinas. Folha SF.23-Y-A Campinas. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica Campinas. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

O relevo dessa unidade é bastante dissecado, e a drenagem, de padrão dendrítico, está condicionada por estruturas relacionadas com falhas, fraturas e contatos litológicos. Seu nível de fragilidade potencial é muito alto, em consequência da presença de formas de dissecção muito intensas, com vales de grande entalhamento, alta densidade de drenagem e vertentes muito inclinadas, estando sujeita aos processos erosivos pluvio-fluviais agressivos e movimentos de massas espontâneos e induzidos.

#### **UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DA52**

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da52** da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos é largamente predominante sobre as demais. Constitui na faixa da AID/ADA a própria escarpa da Serra do Mar, sendo denominada de Serra de Cubatão na região onde encontram-se instalados os dutos de adução da Usina Henry Borden. É delimitada a norte pelo Planalto Paulistano e a sul pela planície da Baixada Litorânea, sendo que com essa última unidade ocorre intercalada sustentando as serras do Morrão e do Quilombo. É identificada desde as imediações da estaca 198 até o limite da Serra do Mar com o Planalto Paulistano (estaca 179).

A escarpa da serra é região de nascentes sendo também drenada na faixa da AID/ADA por alguns dos afluentes da margem esquerda do rio Cubatão, e de ambas as margens do rio Perequê, assim como por alguns tributários dos rios Mogi, da Onça, Quilombo, Jurubatuba e Diana, que tem as nascentes identificadas nas encostas das escarpas. A litologia predominante na unidade **Da52** pertence ao Complexo Costeiro, mas os granitóides nele intrusivos, além dos xistos, filitos, metassiltitos, quartzitos e metabásicas do Complexo Embu também sustentam importantes feições de relevo na região.

A unidade **Da52** apresenta relevos de denudação formados por escarpas e cristas com topos aguçados, com altimetrias predominantes entre 10m e 1000m e declividades dominantes maiores que 30%. O grau de entalhamento dos vales é muito forte, maior que 160m, e a dimensão interfluvial grande, entre 1750m e 3750m.

O parâmetro de fragilidade potencial é considerado muito alto: formas de dissecção muito intensas, com vales de entalhamento pequeno e densidade de drenagem alta, ou vales muito entalhados com densidades de drenagem menores. Consiste de áreas sujeitas a processos erosivos agressivos inclusive com movimentos de massa.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.2.3.2-4** e **10.1.2.3.2-5** ilustrativas da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos – Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da52**, reconhecida na faixa da AID/ADA.



**FOTO 10.1.2.3.2-4: Vista geral para noroeste da unidade Da52 pertencente à Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar, onde predominam terrenos constituídos por escarpas e cristas e declividades dominantes maiores que 30%. Terrenos constituem a Serra de Cubatão conformados sobre gnaisses e migmatitos com quartzitos subordinados e milonitizados do Complexo Embu**



**FOTO 10.1.2.3.2-5: Vista geral para nordeste da unidade Da52 pertencente à Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar. Região da estaca 193 com vista das escarpas da Serra do Morrão, onde predominam terrenos constituídos por escarpas e cristas e declividades dominantes maiores que 30%. Terrenos conformados sobre as rochas granitóides do Maciço Granitóide Morrão, e gnaisses e migmatitos do Complexo Costeiro**

#### ***UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DA51***

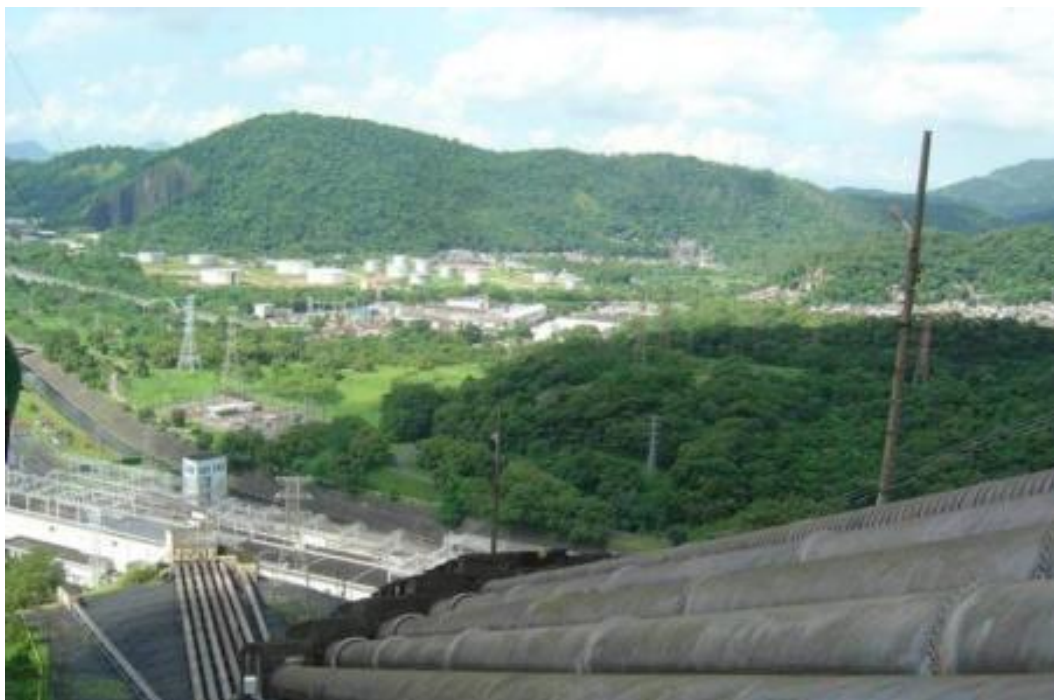
A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da51** ocorre de forma pontual na faixa da AID/ADA na região do município de Cubatão, a sul/sudoeste do traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, nas proximidades da PACBT. A região é drenada pelos afluentes da margem direita do rio Cubatão. A litologia predominante na unidade **Da51** é representada por biotita gnaisses com gradações para migmatitos estromáticos do Complexo Costeiro.

Compreende relevos de denudação formados por escarpas e cristas com topos aguçados, com altimetrias predominantes entre 10m e 200m e declividades dominantes entre 20 e 30%. O grau de entalhamento dos vales é muito forte, maior que 160m, e a dimensão interfluvial muito grande, maior que 3750m.

O parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Da51** é muito alto: formas de dissecação muito intensas, com vales de entalhamento pequeno e densidade de drenagem alta, ou vales muito entalhados com densidades de drenagem menores. Suas áreas estão sujeitas a processos erosivos agressivos, inclusive com movimentos de massa.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.2.3.2-6**, ilustrativa da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos – Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da51**, reconhecida na faixa da AID/ADA.





**FOTO 10.1.2.3.2-6: Vista para sudoeste – a partir da faixa de dutos da Usina Henry Borden – da unidade Da51 pertencente à Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar, com terrenos constituídos por morros altos escarpados com declividades dominantes ao redor de 30%. Terrenos conformados preferencialmente sobre gnaisses bandados a migmatizados do Complexo Costeiro**

### ***UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DA32***

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da32** da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos constitui especificamente os morros que ocorrem isolados, sendo reconhecidos e ressaltados topograficamente em meio aos depósitos sedimentares quaternários que conformam a Planície Litorânea Santista.

Os morros litorâneos ocorrem ao longo da faixa da AID/ADA nas proximidades das estacas 198+600m, na margem esquerda do rio Jurubatuba; ao redor da estaca 191+500m; a sul-sudoeste da Serra do Morrão, na região das estacas 185 e 188; e três corpos menores, entre as estacas 183+500m e 181. A litologia dos morros litorâneos isolados compreende migmatitos e gnaisses do Complexo Costeiro.

A unidade **Da32** compreende relevos de denudação formados por morros médios e baixos com topos aguçados, por vezes convexos, com altimetrias predominantes entre 10m e 200m e declividades dominantes entre 20% e 30%. O grau de entalhamento dos vales é médio, entre 40m e 80m, e a dimensão interfluvial grande, entre 1750m e 3750m.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Da32** é considerado médio: formas de dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, sendo classificada como áreas sujeitas à forte atividade erosiva.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.2.3.2-7**, ilustrativa da Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos – Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da32**, reconhecida na faixa da AID/ADA.



**FOTO 10.1.2.3.2-7: Vista para leste/nordeste da unidade Da32 pertencente à Unidade Morfológica Morros Litorâneos. Imediatamente a sul da estaca 181, com ocorrência de morro em meio à planície litorânea e com declividade dominante entre 20% e 30%. Terrenos conformados sobre gnaisses e migmatitos do Complexo Costeiro e, por vezes, sobre rochas granitóides intrusivas nesse Complexo. Em primeiro plano, vista do rio Cubatão**

### **Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê**

Localiza-se entre o Planalto de Jundiaí (ao norte), a Serra do Mar (ao sul), o Planalto de Ibiúna/São Roque (a oeste) e o Planalto do Paraitinga/Paraibuna (a leste). Predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado constitui-se basicamente em morros médios e altos com topos convexos (Dc), com entalhamento dos vales variando entre menos de 20m até 40m e dimensão interfluvial entre menos de 250m até 1750m. As altimetrias predominantes estão entre 800m e 1000m e as declividades entre 10% e 20%.

A Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê ocupa grande parte da Região Metropolitana de São Paulo (Mapas Geomorfológicos da AID/ADA – **Volume 7 - Desenhos**), estendendo-se desde a estaca 98+800m até o limite com o topo da Unidade Morfológica Escarpas/Serra do Mar, onde se visualizam os dutos da Usina Henry Borden, na altura da estaca 179. Esta unidade também abrange o limite sudeste da represa Billings até o cruzamento do Rio Taiaçupeba com o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, próximo à estaca 225+500m, já no município de Ribeirão Pires. Abrange também tributários e terrenos dispostos em ambas as margens do rio Tietê, além da sua várzea, assim como os terrenos drenados pelos tributários da margem esquerda do rio Pinheiros, e aqueles dispostos no entorno dos reservatórios Guarapiranga e Billings.

De acordo com Ross e Moroz<sup>77</sup> (1997), a litologia do Planalto Paulistano/Alto Tietê seria basicamente constituída por migmatitos e granitos. Segundo as cartas geológicas São Paulo e Santos (CPRM, 1999<sup>78</sup>), essa unidade abrange os xistos, gnaisses, com migmatitos,

<sup>77</sup> ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: escala 1:500.000. São Paulo: FFLCH/USP, IPT, FAPESP, 2v. 1997.

<sup>78</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Campinas. Folha SF.23-Y-A Campinas. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica Campinas. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

calciossilicáticas, quartzitos, mármore e anfibolitos subordinados, do Complexo Embu, além de granitóides intrusivos nos grupos Serra do Itaberaba e São Roque e no Complexo Embu.

A drenagem apresenta padrão dendrítico, às vezes obedecendo às direções estruturais regionais, mas em alguns casos pode ter traçados independentes das direções estruturais.

Por ser uma unidade de formas de dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, esta área apresenta um nível de fragilidade à erosão com potencial médio, estando sujeita a fortes atividades erosivas.

Correlacionada ao Planalto Paulistano/Alto Tietê, foram reconhecidas na AID/ADA predominantemente as Unidades de Padrões e Formas Semelhantes **Dc13, Dc14, Dc15, Dc23, Dc24, Dc25 e Dc34**, conforme descrito a seguir.

### ***UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES Dc13***

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc13** ocupa uma pequena área no limite leste da faixa da AID/ADA, próximo ao TTGRU (estaca 278+853m), na margem esquerda do Rio Tietê e em área intensamente urbanizada. Tal unidade encontra-se cercada pela planície fluvial do Rio Tietê (**Apf**) em seu limite norte, pela unidade **Dc14** à leste, e pelas colinas e patamares aplanados (**Dc23**) da Unidade Morfológica Planalto de São Paulo

A unidade **Dc13** compreende relevos de denudação formados por morros médios e altos, com topos convexos e altimetria entre 800 e 1000m. As declividades dominantes variam entre 10 e 20%, com grau de entalhamento dos vales muito fraco, sendo menor que 20m, e dimensão interfluvial média entre 750 e 1750m.

Apresenta parâmetro de fragilidade potencial média, devido às suas formas médias a altas de dissecação, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, cujas áreas estão sujeitas a forte atividade erosiva.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.2.3.2-8**, ilustrativa da Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê e de sua Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc13**.





**FOTO 10.1.2.3.2-8: Visão geral dos terrenos na altura da estaca Dc13, pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Em destaque, a Estação de Tratamento de Esgotos de São Miguel Paulista. Na porção esquerda da foto, junto ao Rio Tietê, é possível observar a planície fluvial representada pela unidade Apf (foto: Luciano Luna)**

#### ***UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES Dc14***

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc14** ocupa um pequeno trecho da faixa da AID/ADA, delimitada aproximadamente entre as estacas 239 e 246+300m, no município de Suzano. À oeste, faz limite com a unidade **Dc34** e, à leste, com as colinas e patamares aplanados (**Dc13**) da Unidade Morfológica Planalto de São Paulo.

A unidade **Dc14** é drenada por tributários da margem esquerda do Rio Tietê, como o Ribeirão da Varginha, em sua margem esquerda. Compreende relevos de denudação formados por morros médios e altos com topos convexos, altimetria entre 800 e 1000m e declividades dominantes entre 10 e 20%. O grau de entalhamento dos vales é muito fraco, menor que 20m, e dimensão interfluvial pequena, entre 250 e 750m.

Apresenta parâmetro de fragilidade potencial alta, devido às suas formas muito dissecadas, com vales pouco entalhados e alta densidade de drenagem, cujas áreas estão sujeitas a processos erosivos agressivos, com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas.

A seguir é apresentada a **Fotos 10.1.2.3.2-9**, ilustrativa da Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê e de sua Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc14**.



**FOTO 10.1.2.3.2-9: Visão geral dos terrenos na altura da estaca Dc14, pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê, na altura da estaca 140, no município de Suzano (foto: Osli Barroso)**

#### ***UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES Dc15***

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc15** ocupa extenso trecho da faixa da AID/ADA, delimitada aproximadamente entre a estaca 179 a sul – com a unidade Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos – e ao norte com a estaca 217. Pode-se observar também sua ocorrência, no sentido leste-oeste, até o limite sul do município de São Paulo, na altura da estaca 144, onde faz contato com a unidade DC24.

Neste trecho de cerca de 40 km, entre as estacas 144 e 217, a faixa do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** se desenvolve junto ao segmento sul do Rodoanel (entre as represas Guarapiranga e Billings), cruzando o traçado da Rodovia dos Imigrantes e da Rodovia Anchieta, até o entroncamento da dutovia na altura da estaca 169+250m, onde segue sobre a unidade DC15 até a altura da estaca 217, no município de Rio Grande da Serra.

Com relação ao trecho sul após o entroncamento com a Rodovia Anchieta, o traçado segue o sentido norte-sul até a altura da estaca 173+250m, assumindo então o rumo leste-oeste até cruzar a Rodovia Caminho do Mar (altura da estaca 178), passando pelo braço sul do Reservatório do Rio das Pedras. Daí, segue para sudeste à direita do Caminho do Mar, acompanhando o acesso até a Usina Henry Borden, que coincide aproximadamente com o limite sul da unidade **Dc15** com a Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar.

A unidade **Dc15** é drenada por tributários da margem direita do Reservatório Guarapiranga, e de ambas as margens do Reservatório Billings como, por exemplo, os ribeirões Vermelho e Bororé, em sua margem esquerda. Compreende relevos de denudação formados por morros médios e altos com topos convexos, com altimetria entre 800m e 1000m e declividades dominantes entre 10% e 20%. O grau de entalhamento dos vales é muito fraco (<20m) e a dimensão interfluvial é pequena (<250m). As litologias predominantes são os migmatitos e gnaisses, e também são reconhecidos xistos, filitos, quartzitos, mármore, rochas calciossilicáticas e metassiltitos, todos do Complexo Embu.



Apresenta parâmetro de fragilidade potencial muito alto, devidos às suas formas de dissecção muito intensa, com vales de entalhamento pequeno e densidade de drenagem alta, cujas áreas estão sujeitas aos processos erosivos agressivos, inclusive com movimentos de massa.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.2.3.2-10 a 10.1.2.3.2-12** ilustrativas da Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê e de sua Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc15**.



**FOTO 10.1.2.3.2-10: Vista geral a partir da estrada de manutenção dos dutos da Transpetro e das Linhas de Transmissão de Energia, na altura da estaca 209. Local de ocorrência da unidade Dc15 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê**



**FOTO 10.1.2.3.2-11: Vista geral da Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região dos municípios de São Paulo e São Bernardo do Campo; obra Rodoanel trecho sul (2009).**





**FOTO 10.1.2.3.2-12: Vista geral da unidade Dc15 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região situada entre o entroncamento da Rodovia Anchieta com a via de acesso à Rodovia dos Imigrantes e a bacia do Rio das Pedras/Usina Henry Borden, onde predominam terrenos de baixa declividade constituídos por morros baixos e eventualmente médios**

#### ***UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES Dc23***

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc23** do Planalto Paulistano/Alto Tietê ocorre na faixa da AID/ADA envolvendo as margens da Represa de Guarapiranga, sendo delimitada a sudeste pela unidade Dc24, na altura da estaca 138, e a oeste/noroeste pelas unidades Apf/Dc15, na altura da estaca 135. A unidade **Dc23** é drenada por alguns dos tributários que se desenvolvem na extremidade sul da Represa de Guarapiranga. Aqui, predominam os sedimentos terciários da Bacia de São Paulo depositados próximos às margens do reservatório, enquanto os xistos do Complexo Embu são reconhecidos mais afastados, conformando as encostas dos morros.

É representada por relevos de denudação formados por morros médios com altimetria entre 800m e 900m e declividades dominantes de 10% a 20%. O grau de entalhamento dos vales é fraco, entre 20m e 40m, e a dimensão interfluvial média, entre 750m e 1750m.

O parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dc23** é considerado médio: formas de dissecção média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta. Consiste de áreas sujeitas à forte atividade erosiva.

Os relevos das unidades Dc15, Dc23, Dc24 e Dc25 identificadas para a Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê sofreram adequações topográficas com cortes de encostas de morros e aterros efetuados sobre talvegues e vales, sendo estes tratamentos constantes no traçado do Rodoanel – Trecho Oeste e na Via Anchieta, assim como ao longo de todo o traçado do Rodoanel – Trecho Sul.

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** será instalado, em sua maior parte, sobre uma superfície topográfica plenamente regularizada, o que acarreta em uma diminuição considerável das declividades naturais observadas nas encostas dos morros e talvegues de vales na faixa da AID quando comparadas ao eixo da ADA. As declividades atuais e futuras, de modo geral, também deverão ser inferiores a 5%.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.2.3.2-13**, ilustrativa da Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê e de sua Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc23**.



**FOTO 10.1.2.3.2-13: Vista geral da unidade Dc23 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região da estaca 138, onde predominam terrenos constituídos por morros médios, com talvegues amplos e declividades dominantes entre 10% e 20%. Terrenos conformados preferencialmente sobre xistos e gnaisses do Complexo Embu. Obra Rodoanel trecho Sul (2009).**

#### ***UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES Dc24***

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc24** do Planalto Paulistano/Alto Tietê ocorre em dois trechos na faixa da AID/ADA. A primeira encontra-se instalada entre a unidade Da34 do Planalto de Jundiaí e a margem norte do rio Tietê, ocupando o trecho entre as estacas 101+200m e 98+700m, bem como em outra porção, a sudeste da Represa de Guarapiranga e balizada pelas estacas 138 e 143, aproximadamente. No primeiro caso, é drenada por diversos afluentes da margem direita do rio Tietê, onde predominam os litotipos granitóides do Granito Itaquí, enquanto que nas proximidades da Represa de Guarapiranga é drenada por alguns dos tributários da extremidade sul deste reservatório. Aqui, predominam os xistos do Complexo Embu.

Compreende relevos de denudação formados por morros altos e médios de topos convexos, com altimetrias predominantes entre 800m e 900m e declividades dominantes entre 10% e 20%. O grau de entalhamento dos vales é fraco, entre 20m e 40m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como pequena, entre 250m e 750m.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dc24** é considerado alto: formas muito dissecadas, com vales entalhados associados a vales pouco entalhados, e alta densidade de drenagem, o que permite classificar seus terrenos como áreas sujeitas aos processos erosivos agressivos com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.2.3.2-14** ilustrativa da Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê e de sua Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc24**.



**FOTO 10.1.2.3.2-14: Vista geral para norte da unidade Dc24 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região da estaca 140, onde predominam terrenos com morros altos e médios de topos convexos, com altimetrias predominantes entre 800m e 900m e declividades dominantes entre 10% e 20%, conformados sobre xistos do Complexo Embu, que exibem diferentes graus de migmatização. Obra Rodoanel trecho Sul (2009).**

#### ***UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES Dc25***

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc25** do Planalto Paulistano/Alto Tietê pode ser observada em três segmentos da AID do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**. O primeiro segmento compreende o trecho entre a estaca 135 a sul – em contato com a unidade Dc23 nos arredores da Represa de Guarapiranga – e a estaca 103 a norte, onde tem contato com a unidade Apf associada à várzea do rio Tietê, na região de Carapicuíba e Osasco. O segundo segmento abrange o trecho entre as estacas 219 a 223+600, no município de Rio Grande da Serra. Já o terceiro segmento compreende o trecho entre as estacas 254 a 273, aproximadamente, na margem direita do rio Tietê, abrangendo os municípios de Mogi das Cruzes, Itaquaquecetuba e Guarulhos.

Ocorre com relevos de denudação formados por morros altos e médios de topos convexos, com altimetrias predominantes entre 800m e 1000m e declividades dominantes entre 10% e 20%. O grau de entalhamento dos vales é fraco, entre 20m e 40m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como muito pequena, sendo inferior a 250m.

O nível de fragilidade potencial da unidade **Dc25** é considerado muito alta: formas de dissecação muito intensas, com vales de entalhamento pequeno e densidade de drenagem alta, ou vales muito entalhados com densidades de drenagem menores, sendo classificada como áreas sujeitas a processos erosivos agressivos inclusive com movimentos de massa.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.2.3.2-15** e **10.1.2.3.2-16** ilustrativas da Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê e de sua Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc25**.





**FOTO 10.1.2.3.2-15: Vista geral para norte da unidade Dc25 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região da estaca 131, onde predominam terrenos constituídos por morros altos e médios, com talvegues relativamente encaixados e declividades entre 20% e 30%. Terrenos conformados preferencialmente sobre gnaisses e migmatitos do Complexo Embu. Obra Rodoanel trecho Sul (2009).**



**FOTO 10.1.2.3.2-16: Vista geral com visada para sudoeste da unidade Dc25 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região da estaca 118, onde predominam terrenos constituídos por morros médios, com talvegues amplos associados com a várzea do rio Embu-mirim e declividades ao redor de 20% Terrenos conformados preferencialmente sobre gnaisses e migmatitos do Complexo Embu**

**UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES Dc34**

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc34** do Planalto Paulistano/Alto Tietê pode ser observada em um único segmento da AID, abrangendo os municípios de Ribeirão Pires e Mauá, entre a estaca 226+400 – próximo ao cruzamento com a Rodovia Índio Tibiriçá – e a estaca 233, próximo ao cruzamento com a Estrada do Sapopemba.

Ocorre com relevos de denudação formados por morros altos e médios de topos convexos, com altimetrias predominantes entre 800m e 1000m e declividades dominantes entre 10% e 20%. O grau de entalhamento dos vales é médio, entre 40m e 80m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como pequena, variando entre 250 e 750 metros.

A fragilidade potencial da unidade **Dc34** é considerado alta: formas muito dissecadas, com vales entalhados associados a vales pouco entalhados, e alta densidade de drenagem, o que permite classificar seus terrenos como áreas sujeitas aos processos erosivos agressivos com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.2.3.2-17**, ilustrativa da Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê e de sua Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc34**.



**FOTO 10.1.2.3.2-17: Vista geral com visada para sudoeste da unidade Dc34 pertencente à Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê. Região da estaca 223, no cruzamento com a Estrada de Sapopemba. Nota-se o terraceamento da faixa de servidão dos dutos da Transpetro, visando o direcionamento das águas pluviais e, conseqüentemente, o controle de processos erosivos**

**Unidade Morfológica Planalto de Paraitinga/Paraibuna**

Localiza-se entre a Depressão do Médio Paraíba (ao norte), a Serra do Mar (ao sul) e o Planalto Paulistano/Alto Tietê (a oeste). Predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado constitui-se basicamente em morros altos e alongados com topos convexos (Dc), com entalhamento dos vales variando entre menos de 80m até 160m e dimensão interfluvial entre 750m até 1750m. As altimetrias predominantes estão entre 900m e 1200m e as declividades entre 20% e 30%.

A Unidade Morfológica Planalto de Paraitinga/Paraibuna está presente em um pequeno trecho da AID (Mapas Geomorfológicos da AID/ADA – **Volume 7 - Desenhos**), estendendo-se entre as estacas 254 a 257+500m, no município de Mogi das Cruzes, sendo representada pela Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da43**, descrita na sequência.

De acordo com Ross e Moroz<sup>79</sup> (1997), a litologia do Planalto de Paraitinga/Paraibuna seria basicamente constituída por granitos e Gnaisses. A drenagem apresenta padrão dendrítico, às vezes obedecendo às direções estruturais regionais, mas em alguns casos pode ter traçados independentes das direções estruturais.

Por ser uma unidade de formas de dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, esta área apresenta um nível de fragilidade potencial médio, estando sujeita a fortes atividades erosivas.

### ***UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES Da43***

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da43** do Planalto de Paraitinga/Paraibuna pode ser observada em um único segmento da AID, abrangendo o município de Mogi das Cruzes, entre a estaca 254 – próximo ao cruzamento da dutovia com o Rio Tietê – e a estaca 257+500m, próximo ao limite leste do núcleo urbano de Suzano.

Ocorre com relevos de denudação formados por morros altos e alongados de topos aguçados, com altimetrias predominantes entre 750m e 1750m e declividades dominantes entre 20% e 30%. O grau de entalhamento dos vales é forte, entre 80m e 160m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como média, variando entre 750 e 1750 metros.

A fragilidade potencial da unidade **Da43** é considerada alta: formas muito dissecadas, com vales entalhados associados a vales pouco entalhados, e alta densidade de drenagem, o que permite classificar seus terrenos como áreas sujeitas aos processos erosivos agressivos com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas.

### ***Morfoescultura Planalto de São Paulo***

Ocorre entre a Unidade Morfológica Planalto Paulistano/Alto Tietê e as Planícies Fluviais ocupadas pela várzea do rio Tietê. À Morfoescultura Planalto de São Paulo, correlaciona-se a Morfoestrutura da Bacia Sedimentar de São Paulo.

Na Área de Influência Direta (AID), ocorre em 4 segmentos do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**: Uma pequena porção à leste das estacas 103 a 105, no município de Osasco, na margem direita do córrego Carapicuíba; entre as estacas 285+300m e 300+155m (PASCS), aproximadamente, abrangendo os municípios de São Paulo, Mauá, Santo André e São Caetano do Sul; entre as estacas 246 a 252+200m (municípios de Suzano e Mogi das Cruzes); e, por último, entre as estacas 274+500 e 278+850m (TTGRU), já no município de Guarulhos.

Nesta unidade, predominam a forma de relevo denudacional cujo modelo constitui-se basicamente por colinas e patamares aplanados, cujo tipo de Padrão de Formas Semelhantes é reconhecido pelos modelados dominantes Dc13 e Dc23. Destacam-se vales com cabeceiras entalhadas, enquanto que nos patamares o entalhamento é pequeno, em torno de 20m. Os patamares são aplanados e predominam em altitudes ao redor de 740m, enquanto que as colinas atingem entre 760m e 800m. Como litologias dominantes ocorrem argilitos/lamitos, arenitos e lentes de conglomerados correlatos às Formações Resende e São Paulo.

<sup>79</sup> ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: escala 1:500.000. São Paulo: FFLCH/USP, IPT, FAPESP, 2v. 1997.



Vale ressaltar que tais unidades encontram-se recobertas por áreas de intensa urbanização da Região Metropolitana de São Paulo, o que interfere diretamente nos níveis de fragilidade potencial destes terrenos.

### ***UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES Dc13***

Também correlacionada à Morfoescultura Planalto de São Paulo ocorre, na AID/ADA, a Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc13**, representada por relevos de denudação formados por colinas e patamares aplanados e com altimetria entre 700m e 800m e declividades dominantes de 20% a 30%. O grau de entalhamento dos vales é muito fraco, menor que 20m, e a dimensão interfluvial média, entre 750m e 1750m.

Conforme explicitado anteriormente, o parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dc13** é considerada média: formas de dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta. Consiste de áreas sujeitas à forte atividade erosiva.

### ***UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES Dc23***

Também correlacionada à Morfoescultura Planalto de São Paulo ocorre, na AID/ADA, a Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc23**, representada por relevos de denudação formados por colinas e patamares aplanados e com altimetria entre 700m e 800m e declividades dominantes de 20% a 30%. O grau de entalhamento dos vales é fraco, entre 20m e 40m, e a dimensão interfluvial média, entre 750m e 1750m.

O parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dc23** é considerado médio: formas de dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta. Consiste de áreas sujeitas à forte atividade erosiva, conforme explicitado anteriormente.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.2.3.2-18**, ilustrativa da Unidade Morfológica Planalto de São Paulo e da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc13**.



**FOTO 10.1.2.3.2-18: Vista geral, à partir do parque centenário, da unidade Dc13 pertencente à Unidade Morfológica Planalto de São Paulo. Região da estaca 277, no município de Guarulhos, próximo ao TTGRU**

### **Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí**

O Planalto de Jundiaí localiza-se a noroeste da Grande São Paulo, a partir da estaca 97+700m até a estaca 35, próximo aos limites de município entre Campinas e Valinhos. Ocorrem as formas de relevo denudacionais com modelado constituído basicamente por colinas e morros baixos com topos convexos (Dc), como também os morros altos com topos aguçados (Da). Dentre as colinas e morros com topos convexos, predominam os modelados Dc24, Dc33 e Dc35, enquanto que os morros altos de topos aguçados têm modelados Da34 e Da44.

São observadas altimetrias de nível alto (900m a 1200m) e de nível médio (700m a 800m) no Planalto de Jundiaí. No primeiro caso, as declividades predominantes situam-se entre 20% e 30%, atingindo até 60% em algumas vertentes, como é o caso da Serra do Japi, delimitada a sudoeste de Jundiaí (estacas 62 a 71, aproximadamente), que tem seu topo sustentado por quartzitos e a base por granitos. No nível médio as declividades são de 10% a 20%.

No que diz respeito à litologia, segundo Ross e Moroz<sup>80</sup> (1997), a Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí é constituída por granitos e quartzitos no nível alto, e por gnaisses e migmatitos no nível médio.

Na faixa da AID/ADA, os relevos do nível alto são sustentados por metarenitos arcoseanos, quartzitos e metaconglomerados da Formação Boturuna do Grupo São Roque. Quartzitos puros ou quartzitos feldspáticos ou conglomeráticos, xistos diversos com lentes de quartzitos, e gnaisses subordinados do Complexo Piracaia, além de rochas ígneas intrusivas do Domínio Socorro-Guaxupé, presentes na porção sul do município de Jundiaí, bem como filitos, metarenitos, metarcóseos, quartzitos, calciossilicáticas, anfíbolitos metabásicas, micrometaconglomerados e metagrauvas da Formação Estrada dos Romeiros, do Grupo São Roque, no município de Cajamar, também sustentam os relevos de nível alto do Planalto de Jundiaí no intervalo entre as estacas 64+500m e 80+800m.

As mesmas litologias da Formação Estrada dos Romeiros, bem como filitos com intercalações de calciofilitos, mármore e quartzitos, com metamargas e calcários da Formação Pirapora do Bom Jesus do Grupo São Roque, além de xistos diversos das formações Nhanguçu e Morro da Pedra Preta, do Grupo Serra do Itaberaba, sustentam os relevos de nível médio do Planalto de Jundiaí nos municípios da Região Metropolitana de São Paulo. No intervalo entre as estacas 35 e 64+500, entretanto, abrangendo territórios dos municípios de Jundiaí, Itupeva, Louveira, Vinhedo, Valinhos e Campinas, os gnaisses bandados a migmatizados do Complexo Piracaia, predominantemente, respondem pelas feições do relevo de nível médio na faixa da AID/ADA do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**.

A drenagem é do tipo dendrítica, com formas de relevo muito dissecadas, vales entalhados e alta densidade de drenagem, propiciando ao Planalto de Jundiaí níveis de fragilidade potencial médio e alto, estando a região sujeita a movimentos de massa e processos erosivos lineares vigorosos.

Na AID/ADA, o Planalto de Jundiaí está representado pelas Unidades de Padrões e Formas Semelhantes **Da34, Da44, Dc24, Dc35 e Dc33**, estando esta última individualizada tanto nos terrenos de relevo de nível médio como também naqueles de nível alto.

### **UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DA34**

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da34** é identificada entre as estacas 97+700m até 89+200m do traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, conformada sobre o Maciço Granitóide Itaquí e sobre as rochas metamórficas dos grupos Serra do Itaberaba e São Roque região de Osasco e Barueri. Também é reconhecida na porção sudeste do município de Jundiaí, desde a estaca 69+500 até a estaca 75, aproximadamente.

<sup>80</sup> ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: escala 1:500.000. São Paulo: FFLCH/USP, IPT, FAPESP, 2v. 1997.

Nos arredores de São Paulo, é drenada por afluentes da margem esquerda do rio Juqueri e por tributários da margem direita do rio Tietê. Em Jundiaí, os terrenos da unidade **Da34** são esculpidos pelas drenagens da vertente meridional da Serra do Japi, contribuintes da margem direita do rio Jundiuvira e por drenagens secundárias da margem esquerda do rio Jundiaí.

A **Da34** compreende relevos de denudação formados por morros altos e alongados de topos aguçados, com altimetrias predominantes entre 900m e 1200m e declividades dominantes entre 20% e 30%. O grau de entalhamento dos vales é médio, entre 40m e 80m, e a dimensão interfluvial pequena, entre 250m e 750m.

À unidade **Da34** associam-se, na faixa da AID/ADA, as rochas calciossilicáticas, filitos, xistos, metarenitos, quartzitos e anfibolitos das formações Nhanguçu e Morro da Pedra Preta do Grupo Serra do Itaberaba na região de Barueri e, principalmente, os metarenitos, metassiltitos, metarcóseos, metagrauvacas, quartzitos e metaconglomerados da Formação Boturuna do Grupo São Roque, litologias essas que sustentam o relevo ressaltado do Pico do Jaraguá, que ocorre além do limite da AID/ADA.

Na sua continuidade, nos terrenos instalados a sudeste da cidade de Jundiaí, a unidade **Da34** passa a refletir a estruturação imposta pela unidade dos gnaisses peraluminosos migmatizados, onde predominam os muscovita-sillimanita-granada-biotita gnaisses xistosos finos a médios do Complexo Piracaia (CPRM, 1999<sup>81</sup>).

A unidade **Da34** apresenta parâmetro de fragilidade potencial alto com formas muito dissecadas, vales entalhados associados a vales pouco entalhados, e alta densidade de drenagem. É considerada área sujeita aos processos erosivos agressivos, com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas.

Os terrenos da unidade **Da34** do Planalto de Jundiaí na ADA, especificamente o trecho a sudeste da cidade de Jundiaí, sofreram intensas adequações topográficas, sendo verificados cortes de encostas de morros e aterros efetuados sobre talvegues e vales. Estes tratamentos constantes no traçado dos dutos já existentes durante a sua implantação, assim como as medidas de proteção realizadas ao longo dos anos posteriores, suprimiram ou mitigaram sobremaneira os processos de erosão e de movimento de massa que, por ventura, poderiam ter se desenvolvido.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.2.3.2-19 a 10.1.2.3.2-21** referentes à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da34** da Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**.



**FOTO 10.1.2.3.2-19: Vista geral da Morfoescultura Planalto de São Paulo. Região dos municípios de Osasco, São Paulo e Carapicuíba**

<sup>81</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. São Paulo. Folha SF.23-Y-C São Paulo. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica São Paulo. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.





**FOTO 10.1.2.3.2-20 Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Da34 (Planalto de Jundiaí) com morros altos conformados sobre rochas gnáissicas do Complexo Piracaia. Entroncamento das rodovias Anhanguera e dos Bandeirantes. Altura da estaca 71. Município de Jundiaí**



**FOTO 10.1.2.3.2-21 Vista geral da Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí – Unidade de Padrão e Formas Semelhantes Da34. Região da estaca 97, próximo ao bairro do Tamboré em Santana de Parnaíba**

#### ***UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES DA44***

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da44** é identificada como uma faixa alongada com orientação geral SW-NE localizada entre as estacas 75 e 76+200m, aproximadamente. Encontra-se distribuída na região limítrofe dos municípios de Cajamar e Jundiaí e intimamente associada às escarpas meridionais da Serra do Japi, sendo drenada por afluentes da margem esquerda do ribeirão da cachoeira.

A **Da44** compreende relevos de denudação formados por morros altos e alongados de topos aguçados, com altimetrias predominantes entre 900m e 1200m e declividades dominantes entre 30% e 40%. O grau de entalhamento dos vales é forte, entre 80m e 160m, e a dimensão interfluvial pequena, entre 250m e 750m.

Associados à unidade **Da44** e sustentando o relevo dos contrafortes meridionais da Serra do Japi e as vertentes das drenagens que atingem o vale encaixado do rio Jundiuvira na faixa da AID/ADA, são reconhecidos os sericita filitos e quartzo filitos, lentes de filitos grafitosos, com intercalações subordinadas de metarenitos, metarcósios, quartzitos finos com gradações para microconglomerados, anfíbolitos e calciossilicáticas da Formação Estrada dos Romeiros do Grupo São Roque (CPRM, 1999<sup>82</sup>). Essas litologias encontram-se intensamente afetadas, orientadas e milonitizadas pela Zona de Cisalhamento de Jundiuvira, reconhecida no vale do rio Jundiuvira e nos contrafortes da Serra do Japi, imediatamente ao norte.

A unidade **Da44** apresenta parâmetro de fragilidade potencial alto com formas de relevo muito dissecadas, vales entalhados associados a vales pouco entalhados, e alta densidade de drenagem. É considerada área sujeita aos processos erosivos agressivos, com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas.

Os terrenos da unidade **Da44** ao longo da ADA – restritos ao trecho a sudeste da cidade de Jundiá – sofreram adequações topográficas, sendo verificados cortes de encostas de morros altos e amplos retaludamentos, como também aterros efetuados sobre talvegues encaixados. Os tratamentos realizados para a implantação da Rodovia dos Bandeirantes, assim como para a Faixa de Dutos existente e as medidas de proteção adotadas nos anos posteriores suprimiram ou diminuíram a ocorrência dos processos de erosão e de movimento de massa.

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** será instalado sobre uma superfície topográfica regularizada e, de certa forma, suavizada na faixa de dutos existente, o que acarreta em uma diminuição considerável das declividades naturais observadas nas encostas dos morros altos e talvegues encaixados na faixa da AID quando comparadas ao eixo da ADA.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.2.3.2-22** referente à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Da44** da Unidade Morfológica Planalto de Jundiá, reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**.

<sup>82</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. São Paulo. Folha SF.23-Y-C São Paulo. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica São Paulo. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.





**FOTO 10.1.2.3.2-22: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Da44 (Planalto de Jundiá) com morros altos e alongados de topos aguçados onde ocorrem rochas metapelíticas do Grupo São Roque afetadas pela Zona de Cisalhamento de Jundiuvira. Altura da estaca 76, junto aos dutos operados pela Petrobras. Região da divisa dos municípios de Cajamar e Jundiá (foto: Jonata Matias)**

#### ***UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES Dc24***

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc24** do Planalto de Jundiá ocupa extensa área na faixa da AID/ADA, sendo reconhecida desde a região central do município de Jundiá até Campinas, no trecho do empreendimento compreendido entre as estacas 64+500m e 35.

A unidade **Dc24** é drenada por diversos afluentes de ambas as margens dos rios Jundiá e Capivari.

Compreende relevos de denudação formados por colinas e morros médios de topos convexos, com altimetrias predominantes entre 700m e 800m e declividades dominantes entre 10% e 20%. O grau de entalhamento dos vales é fraco, entre 20m e 40m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como pequena, entre 250m e 750m.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dc24** é considerado alto, pois apresenta formas muito dissecadas, com vales entalhados associados a vales pouco entalhados, além de alta densidade de drenagem, sendo seus terrenos considerados como áreas sujeitas aos processos erosivos agressivos com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas.

Os terrenos da unidade **Dc24** ao longo da ADA que, de modo geral, apresentam um relevo com menores declividades na faixa da AID quando comparado àqueles ocorrentes nas unidades **Da34** e **Da44**, também apresentam adequações topográficas, com cortes menos pronunciados de suas colinas e morros, e aterros aplicados aos vales amplos e abertos. Desta forma, a própria



conformação natural aliada aos tratamentos adotados durante a implantação da Rodovia dos Bandeirantes e as medidas de proteção que se seguiram posteriormente propiciam a diminuição e/ou supressão da ocorrência dos processos de erosão e de movimento de massa que caracterizam a unidade.

O duto do futuro empreendimento será instalado sobre uma superfície topográfica plenamente regularizada associada à Rodovia dos Bandeirantes, o que atenua ainda mais as declividades naturais suaves observadas nas encostas de suas colinas e morros baixos e médios associados a talwegues amplos na faixa da AID, quando comparadas ao eixo da ADA. As declividades na faixa da ADA, de modo geral, são inferiores a 5%.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.2.3.2-23** e **10.1.2.3.2-24** referentes à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc24** (Unidade Morfológica Planalto de Jundiaí), reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**.



**FOTO 10.1.2.3.2-23: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc24 (Planalto de Jundiaí) com colinas e morros baixos de topos convexos conformados sobre gnaisses do Complexo Piracaia. Região da estaca 59 com visada para leste-nordeste. Município de Jundiaí**



**FOTO 10.1.2.3.2-24: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc24 (Planalto de Jundiaí) com colinas de topos convexos conformados sobre gnaisses do Complexo Piracaia. Região da estaca 41 com visada para sudeste. Municípios de Itupeva e Campinas**

#### ***UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES Dc33 - RELEVO DE NÍVEL MÉDIO***

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc33** – associada com terrenos onde predomina o relevo de nível médio – é reconhecida entre as estacas 80+800m e 89+200m, no município de Cajamar, sendo drenada pelos afluentes do Ribeirão dos Cristais.

A unidade **Dc33** (relevo de nível médio) compreende relevos de denudação formados por colinas com morros médios subordinados, ambos com topos convexos, com altimetrias predominantes

entre 700m e 800m e declividades dominantes entre 10% e 20%. O grau de entalhamento dos vales é médio, entre 40m e 80m, e a dimensão interfluvial média, entre 750m e 1750m.

A unidade **Dc33** é identificada estruturada sobre as rochas psamo-pelíticas e rochas metavulcano-sedimentares de baixo e médio grau metamórfico dos grupos São Roque e Serra do Itaberaba, respectivamente.

Do Grupo São Roque, destacam-se as ocorrências de metacalcários e metadolomitos da Formação Pirapora do Bom Jesus, e os filitos, metarritmitos e metarenitos da Formação Estrada dos Romeiros (CPRM, 1999<sup>83</sup>).

Ainda segundo a CPRM (1999), do Grupo Serra do Itaberaba são reconhecidos os xistos porfiroblásticos da Formação Nhanguçu, e os micaxistos, xistos bandados (micaxistos/metarenitos), e anfibolitos bandados (metatufos) da sequência metavulcano-sedimentar basal, denominada Formação Morro da Pedra Preta, sendo que essa última formação é intrudida por rochas ígneas representadas pelo *Stock* Granítico Itaim, reconhecido imediatamente a norte do Maciço Granitóide Itaqui e a oeste da Rodovia Anhanguera.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dc33** (relevo de nível médio) é caracterizado como médio, com predomínio das formas de relevo com dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, constituindo terrenos com áreas sujeitas à forte atividade erosiva.

De modo geral, os terrenos da unidade **Dc33** (relevo de nível médio) apresentam um relevo com menores declividades na faixa da AID comparado àqueles das unidades **Da34** e **Da44**. Na faixa da ADA, as adequações topográficas e tratamentos efetuados junto às encostas de seus morros médios – que predominam como forma de relevo – e aterros executados sobre vales mais encaixados, durante a implantação da Faixa de Dutos atual e as medidas de proteção que se seguiram, propiciaram a diminuição e/ou supressão da ocorrência dos processos erosivos, caracterizados como relativamente comuns na unidade **Dc33**.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.2.3.2-25** referente à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc33** (relevo de nível médio) da Unidade Morfológica Planalto de Jundiá, reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**.

<sup>83</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. São Paulo. Folha SF.23-Y-C São Paulo. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica São Paulo. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.



**FOTO 10.1.2.3.2-25: Vista do Loteamento Guaturinho (Cajamar), na região da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc33, a oeste da estaca 87. Relevo de nível médio (Planalto de Jundiá) com morros médios de topos convexos conformados sobre rochas do Grupo Serra do Itaberaba**

#### ***UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES Dc33 - RELEVO DE NÍVEL ALTO***

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc33** associada com terrenos onde predomina o relevo de nível alto ocorre em dois segmentos da AID: entre as estacas 64+500m e 69+500m, distribuída ao sul da cidade de Jundiá, sendo os terrenos drenados preferencialmente pelos afluentes da margem esquerda do rio Jundiá e abrigam as cabeceiras de cursos d'água contribuintes da margem direita do rio Jundiuvira. O segundo local com ocorrência da unidade **Dc33** está no trecho entre à oeste das estacas 72+300m a 74+500m, em contato com a unidade **Da44**.

A unidade **Dc33** (relevo de nível alto) compreende relevos de denudação formados por morros médios e altos com topos convexos, com altimetrias predominantes entre 900m e 1200m e declividades dominantes entre 20% e 30%. O grau de entalhamento dos vales é médio, entre 40m e 80m, e a dimensão interfluvial média, entre 750m e 1750m.

A unidade **Dc33** na faixa da AID conforma o patamar superior de parte da Serra do Japi e associa-se à unidade dos quartzitos feldspáticos brancos e finos, com eventuais intercalações de rochas calciossilicáticas, quartzitos conglomeráticos, metarenitos, gonditos e anfíbolitos do Complexo Piracaia – Domínio Socorro-Guaxupé. Também engloba, na região da Rodovia dos Bandeirantes, rochas ígneas classificadas como granitos róseos foliados e, de forma subordinada, gnaisses migmatizados com destaque para os muscovita-sillimanita-granada-biotita gnaisses xistosos finos e médios do Complexo Piracaia.



Apresenta parâmetro de fragilidade potencial médio, com predomínio das formas de relevo com dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, representando áreas sujeitas à forte atividade erosiva.

Os terrenos da unidade **Dc33** (relevo de nível alto) do Planalto de Jundiá também foram adequados topograficamente por ocasião da implantação da faixa de dutos atual. São frequentes os cortes de encostas de morros médios no sopé da Serra do Japi, onde estão expostos os gnaisses do Complexo Piracaia, assim como os aterros efetuados sobre talvegues e vales médios. Estes tratamentos constantes nos traçados da Rodovia dos Bandeirantes e na Faixa de Dutos durante suas implantações e as medidas de proteção realizadas ao longo dos anos posteriores suprimiram ou mitigaram os processos de erosão e, de forma subordinada, aqueles associados ao movimento de massa que, por ventura, poderiam ter se desenvolvido.

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** será instalado sobre uma superfície topográfica relativamente regularizada e suavizada devido à implantação da faixa de dutos existente, o que acarreta em uma diminuição considerável das declividades naturais observadas nas encostas dos morros e talvegues de vales na faixa da AID quando comparadas ao eixo da ADA.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.2.3.2-26 e 10.1.2.3.2-27** referentes à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc33** (relevo de nível alto) pertencente à Unidade Morfológica Planalto de Jundiá, e reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da dutovia.



**FOTO 10.1.2.3.2-26: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc33 – relevo de nível alto (Planalto de Jundiá) com morros médios e altos de topos convexos sobre gnaisses do Complexo Piracaia, reconhecidos no sopé da Serra do Japi. Visada para sul nas proximidades da estaca 63. Município de Jundiá**



**FOTO 10.1.2.3.2-27: Vista da Unidade Morfológica Planalto de Jundiá. Relevo de nível alto com morros altos de topos convexos associados aos quartzitos do Complexo Piracaia (Serra do Japi). Arredores da estaca 63. Visada para sudoeste. Município de Jundiá**

**UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES Dc35**

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc35** ocorre como uma faixa alongada de direção geral SW-NE, identificada nos arredores de Cajamar e Franco da Rocha, entre as estacas 76+200m e 80+800m, onde é drenada por afluentes da margem esquerda do rio Jundiuvira ou por afluentes da margem direita do ribeirão dos Cristais.

Compreende relevos de denudação formados por morros médios e altos com topos convexos, com altimetrias predominantes entre 900m e 1200m e declividades dominantes entre 20% e 30%. O grau de entalhamento dos vales é médio, entre 40m e 80m, e a dimensão interfluvial muito pequena, menor que 250m.

A unidade **Dc35** está estruturada sobre os terrenos constituídos pela unidade de sericita filitos e quartzo filitos bandados, por vezes com lentes subordinadas de filitos grafitosos, além de intercalações de metarenitos, metarcósios, quartzitos, rochas calciossilicáticas, anfibolitos, metabásicas e quartzitos finos que gradam para microconglomerados. Essa unidade faz contato com outra unidade, representada por sericita filitos e quartzo filitos laminados/quartzitos puros e impuros, localmente contendo lentes de microconglomerados, filitos grafitosos bandados, por vezes com lentes subordinadas de filitos grafitosos e intercalações de anfibolitos. Ambas as unidades pertencem à Formação Estrada dos Romeiros do Grupo São Roque (CPRM, 1999<sup>84</sup>).

A unidade **Dc35** apresenta parâmetro de fragilidade potencial muito alto: formas de relevo com dissecação muito intensa, com vales de entalhamento pequeno e densidade de drenagem alta, ou vales muito entalhados com densidades de drenagem menores. Seus terrenos são classificados como sujeitos aos processos erosivos agressivos, inclusive com movimentos de massa.

Entretanto, tais terrenos também sofreram adequações topográficas para a implantação da faixa de dutos atual, onde também deverá ser instalado o futuro empreendimento. São verificados cortes de encostas de morros altos com execução de taludes e bermas de equilíbrio e observam-se aterros recobrimo talvegues e vales relativamente encaixados, mitigando os processos de erosão – caracterizados como agressivos nessa unidade, e aqueles de movimento de massa que, por ventura, poderiam ter se instalado.

Dessa forma, o duto do futuro empreendimento será executado sobre uma superfície topográfica relativamente regularizada e suavizada junto à faixa existente, o que acarreta em uma diminuição considerável das declividades naturais observadas nas encostas dos morros médios e altos da unidade e talvegues de vales na faixa da AID quando comparadas ao eixo da ADA.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.2.3.2-28** referente à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc35** da Unidade Morfológica Planalto de Jundiá, reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da dutovia.

<sup>84</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. São Paulo. Folha SF.23-Y-C São Paulo. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica São Paulo. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.



**FOTO 10.1.2.3.2-28: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc35 (Planalto de Jundiá) representada por morros médios e altos de topos convexos associados às rochas metapelíticas da Formação Estrada dos Romeiros (Grupo São Roque). Rodovia dos Bandeirantes, a leste da AID. Altura da estaca 77. Visada para sudeste. Região da divisa dos municípios de Franco da Rocha e Cajamar**

### **Unidade Morfológica Depressão do Médio Tietê**

De acordo com Ross e Moroz<sup>85</sup> (1997), a unidade denominada Depressão do Médio Tietê localiza-se entre o Planalto de Jundiá, a leste, o Planalto Ocidental Paulista, a oeste, e a Depressão de Mogi-Guaçu, ao norte. Na faixa da AID/ADA, a unidade ocorre desde as imediações da fronteira entre Itupeva e Campinas até a extremidade norte do empreendimento, no município de Paulínia.

As formas de relevo denudacionais constituem-se basicamente de colinas de topos amplos tabulares (Dt) e convexos (Dc), onde os vales têm entalhamento preferencialmente até 20m e dimensão interfluvial que varia de 750m a 3750m, mas podem ocorrer alguns pequenos trechos onde os entalhamentos são mais acentuados. As altimetrias predominantes estão entre 500m e 650m, enquanto que as declividades variam de 5% a 10%.

Segundo Ross e Moroz (1997), a litologia desta unidade morfológica é constituída basicamente por diabásios e arenitos. De acordo com as cartas geológicas Campinas da CPRM<sup>86</sup> (1999), a Depressão do Médio Tietê está relacionada às rochas da Bacia do Paraná, notadamente rochas da Formação Pirambóia, mas também ocorrem rochas do Subgrupo Itararé, com arenitos, siltitos, folhelhos, argilitos, diamictitos, tilitos e ocasionalmente níveis de carvão, além de diques de diabásio ou *sills* de dioritos pórfiros, lamprófiros, andesitos pórfiros das Rochas Intrusivas Tabulares, e ainda, depósitos colúvio-aluvionares indiferenciados do Cenozóico.

A rede de drenagem apresenta-se bem organizada e nela destacam-se o rio Tietê e seus dois afluentes, o rio Piracicaba e o rio Sorocaba, que apresentam um padrão dentrítico, "com orientação estrutural a partir de diáclases e da presença de corpos litólicos resistentes, especialmente os diabásios" (ALMEIDA, 1964<sup>87</sup>, in ROSS E MOROZ, 1997).

A Depressão do Médio Tietê tem formas de dissecação média, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, o que implica, portanto, em um nível de fragilidade potencial médio a baixo. A área é susceptível a fortes atividades erosivas nos terrenos mais dissecados da parte

<sup>85</sup> ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: escala 1:500.000. São Paulo: FFLCH/USP, IPT, FAPESP, 2v. 1997.

<sup>86</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Campinas. Folha SF.23-Y-A Campinas. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica Campinas. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

<sup>87</sup> ALMEIDA, F.F.M. de. Os fundamentos geológicos do relevo paulista. Boletim do Instituto Geológico, São Paulo, v.41, p.169- 263, 1964.



oeste, onde o substrato rochoso é constituído por arenitos das formações Botucatu e Pirambóia e por siltitos do Permiano.

Correlacionada à Depressão do Médio Tietê, foram reconhecidas na faixa da AID-ADA a Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc24**, além de ocorrências menores das unidades **Dt11** e **Dt12**

### **UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES Dt12**

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dt12** ocorre como uma pequena mancha isolada entre as estacas 17+200m e 15, aproximadamente, porção norte do município de Campinas. Seus terrenos são drenados por afluentes da margem esquerda do rio Capivari e alguns de seus afluentes de ambas as margens, especialmente o ribeirão dos Toledos e o rio Atibaia.

Sustentam a unidade **Dt12** principalmente as rochas do Subgrupo Itararé, que incluem arenitos, siltitos, folhelhos, argilitos, diamictitos e tilitos, principalmente, além de lamitos; bem como Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, constituídas por sedimentos arenosos, silticos e areníticos pouco consolidados; Rochas Intrusivas Tabulares, representadas por diques de diabásios ou *sills* de dioritos pórfiros, lamprófiros e andesitos pórfiros, dentre outras rochas intrusivas. Todas essas litologias integram a Bacia do Paraná.

Capeando as unidades do Subgrupo Itararé também são identificadas as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, enquanto que no vale de um dos afluentes do rio Capivari podem ocorrer exposições dos gnaisses migmatizados do Complexo Piracaia com predomínio dos gnaisses xistosos.

Compreende relevos de denudação formados por colinas de topos amplos e tabulares (planos), com altimetrias predominantes entre 500m e 650m e declividades dominantes de até 10%. O grau de entalhamento dos vales é muito fraco, menor que 20m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como grande, entre 1750m e 3750m.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dt12** é considerado baixo, com formas de relevo com dissecação baixa, com vales pouco entalhados e densidade de drenagem baixa. Seus terrenos abrigam áreas de potencial erosivo baixo.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.2.3.2-29** referente à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dt12** (Unidade Morfológica Depressão do Médio Tietê), e reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da dutovia.



**FOTO 10.1.2.3.2-29: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dt12 (Depressão do Médio Tietê) com colinas de topos amplos e tabulares (planos) conformadas sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão). Altura da estaca 17. Município de Campinas**

**UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES Dc24**

A Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc24** da Depressão do Médio Tietê se encontra delimitada em grande parte na cidade de Campinas e arredores imediatos, a partir da estaca 35 e se estende no sentido do município de Paulínia até a sua extremidade norte (estaca 0), na interligação com a REPLAN.

Em Campinas e Paulínia, é drenada por contribuintes da margem esquerda do rio Capivari e, de forma bastante subordinada, por afluentes da margem esquerda do rio Atibaia e que vão desaguar neste corpo d'água fora dos limites da AID.

A unidade **Dc24** encontra-se conformada sobre os diques de diabásio ou *sills* de dioritos pórfiros, entre outras litologias, da unidade das Rochas Intrusivas Tabulares; mas principalmente sobre rochas do Subgrupo Itararé, sendo reconhecidas as unidades dos arenitos médios a grossos, arcoseanos a subarcoseanos, com laminações cruzadas a plano-paralelas; dos arenitos finos laminados; dos ritmitos e arenitos laminados argilo-siltosos; e dos lamitos com seixos associados a arenitos em camadas lenticulares e a ritmitos em camadas tabulares. Capeando as Rochas Intrusivas Tabulares e o Subgrupo Itararé também são identificadas extensas manchas dos depósitos das Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas.

A unidade **Dc24** compreende relevos de denudação formados por colinas de topos amplos e convexos, com altimetrias predominantes entre 500m e 650m e declividades dominantes de até 10%. O grau de entalhamento dos vales é fraco, entre 20m e 40m, e a dimensão interfluvial é caracterizada como pequena, entre 250m e 750m.

O nível do parâmetro de fragilidade potencial da unidade **Dc24** é considerado alto: formas muito dissecadas, com vales entalhados associados a vales pouco entalhados, e alta densidade de drenagem, o que permite classificar seus terrenos como sujeitos aos processos erosivos agressivos com probabilidade de ocorrência de movimentos de massa e erosão linear com voçorocas.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.2.3.2-30 a 10.1.2.3.2-32**, referente à Unidade de Padrões e Formas Semelhantes **Dc24** (Unidade Morfológica Depressão do Médio Tietê), e reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da dutovia.



**FOTO 10.1.2.3.2-30: Vista da Unidade de Padrões e Formas Semelhantes Dc24 (Depressão do Médio Tietê) com colinas de topos amplos e convexos conformados sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão). Rodovia dos Bandeirantes, imediatamente a oeste da AID. Altura da estaca 27. Município de Campinas**



**FOTO 10.1.2.3.2-31: Vista da Unidade Depressão do Médio Tietê, constituída por colinas de topos convexos conformadas sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé – Grupo Tubarão (Bacia do Paraná). Altura da estaca 31. Visada para sudeste. Arredores da cidade de Campinas**



**FOTO 10.1.2.3.2-32: Vista da Unidade Depressão do Médio Tietê, constituída por colinas de topos amplos tabulares conformadas em rochas sedimentares do Subgrupo Itararé do Grupo Tubarão. Visada para a região da extremidade norte da faixa, próximo à estaca 0. Região de Paulínia**

#### ***UNIDADE DE PADRÕES E FORMAS SEMELHANTES Dt11***

A unidade **Dt11** tem distribuição restrita na AID/ADA, nos arredores da cidade de Paulínia, com uma única ocorrência na região das estacas 10+500 a 12+700m.

Com relação à litologia, a unidade é sustentada pelos diques de diabásio ou *sills* de dioritos pórfiros, entre outras litologias, da unidade das Rochas Intrusivas Tabulares.

Compreende relevos de denudação formados por colinas com topos amplos tabulares, com altimetrias predominantes entre 500m e 650m e declividades dominantes de até 10%. O grau de entalhamento dos vales é muito fraco, menor que 20m, e a dimensão interfluvial muito grande, acima dos 3750m.

A unidade **Dt11** apresenta parâmetro de fragilidade potencial muito baixo: formas muito pouco dissecadas a planas com vales pouco entalhados e baixa densidade de drenagem. Potencial erosivo muito baixo.

#### ***Morfoescultura Planícies Fluviais – Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais***

Consiste de áreas descontínuas distribuídas sobre a maioria dos modelados identificados na faixa da AID/ADA. São terrenos planos, de natureza sedimentar fluvial, gerados por processos de agradiação. Encontram-se dispostos junto às margens dos rios e constituem áreas baixas e planas.



As Planícies Fluviais **Apf** apresentam declividades inferiores a 2% e posicionam-se em diferentes níveis altimétricos. São formadas por sedimentos fluviais arenosos e argilosos inconsolidados. Associam-se, na faixa da AID/ADA, aos depósitos de várzea do rio Tietê, do rio Embu-mirim e do córrego Carapicuíba, dos rios Juqueri, Jundiaí e Capivari, e afluentes maiores deste último, assim como de alguns dos tributários das bacias de drenagem dos reservatórios Guarapiranga, Billings e Rio das Pedras.

As principais ocorrências encontram-se delimitadas nas proximidades das estacas 0+500, 13, 26+400, 40, 42, 44+100m, 47+500, 57+500, 88+500, 101+500m, 119, 130+300, 139+500, 143+500m, 146+200m, 210, 214, 217, 224, 231, 240, 247 e 253.

Possuem potencial de fragilidade muito alto, pois são áreas sujeitas às inundações periódicas e tendem a apresentar lençol freático pouco profundo, além dos sedimentos inconsolidados estarem sujeitos a acomodações.

Outras ocorrências menores são reconhecidas em campo. Contudo, as dimensões reduzidas destes corpos de várzeas associados aos afluentes menores não permitem sua cartografia nos mapas apresentados em escala 1:50.000.

Parte das planícies fluviais podem ainda encontrar-se recobertas, ou sofrerem alagamentos sazonais associados ao enchimento dos reservatórios de Guarapiranga, Billings e Rio das Pedras.

Os terrenos conformados nas regiões das planícies fluviais **Apf** – sejam os cartografados nos mapas apresentados, sejam aqueles de menores dimensões identificados no campo – sofreram adequações topográficas, tendo sido em parte aterrados para a implantação do Rodoanel, da Rodovia dos Bandeirantes e da Faixa de Dutos atual.

As obras de cortes/retaludamento e proteção superficial das encostas dos morros das unidades dos planaltos de Jundiaí, Paulistano/Alto Tietê e de São Paulo – onde as planícies fluviais encontram-se encaixadas – assim como os aterros efetuados sobre os talwegues e vales mais profundos associados às planícies fluviais do Rodoanel e da Rodovia dos Bandeirantes, diminuíram consideravelmente a ocorrência de processos de instabilidade e de erosão das encostas dos morros e dos talwegues e, por consequência, mitigaram a possibilidade de assoreamento das várzeas da unidade Planície Fluviais Apf, assim como dos corpos d'água dos reservatórios cortados pelo Rodoanel e, da mesma forma, pelo futuro empreendimento.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.2.3.2-33** e **10.1.2.3.2-34** referente às Planícies Fluviais **Apf** (Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais) reconhecida na faixa da AID/ADA do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**.



**FOTO 10.1.2.3.2-33: Vista da Unidade Planícies Fluviais Apf (Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais) instalada sobre os terrenos do Planalto de Jundiaí. Várzea do rio Jundiaí, nos arredores da Rodovia dos Bandeirantes. Região da estaca 57+500m. Município de Jundiaí**



**FOTO 10.1.2.3.2-34: Vista da Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais associada às diversas drenagens presentes na AII da Dutovia e que recobrem de forma parcial e localizadamente outras unidades morfológicas. Estaca 101+700m. Vista da várzea do rio Tietê e da Lagoa de Carapicuíba**

### **10.1.2.3.3 Conclusões sobre a Geomorfologia da Faixa da AID/ADA**

Nas morfologias associadas à Unidade Morfológica Santista – Planícies Litorâneas Marinhas (**Apm**) e Planícies Litorâneas Intertidais (**Api**) – e à Unidade Morfológica Pequenas Planícies Fluviais – Planícies Fluviais (**Apf**) – são reconhecidos os terrenos planos que constituem os terrenos baixos de natureza sedimentar marinha e fluvial quaternária representadas por depósitos flúvio-marinhos, mistos ou fluviais, onde operam processos de aggradação.

Os relevos **Apm**, **Api** e **Apf** (ou unidades de padrões e formas semelhantes) ocorrem no fundo de baías e enseadas e recobrem parcialmente os terrenos cristalinos das unidades morfológicas Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos, Planalto Paulistano/Alto Tietê, Planalto de São Paulo e Planalto de Jundiá, ou as rochas sedimentares da Depressão Periférica (Depressão do Médio Tietê) que compõem a Bacia do Paraná.

Com relação aos relevos **Apm**, **Api** e **Apf**, as escavações para a implantação da dutovia deverão expor o aquífero freático nestas condições, o que deverá agravar as condições de estabilidade dos taludes escavados, considerando o predomínio de solos arenosos e argilosos inconsolidados, além da eventual influência da oscilação da maré em áreas **Api**.

De acordo com o traçado indicado para a ADA, a futura dutovia deverá ser implantada nos relevos **Apm** e **Api** sobre uma superfície topográfica previamente aterrada e regularizada onde ocorreram a instalação da Rodovia Piaçaguera-Guarujá, e de áreas industriais no município de Cubatão, sendo que tais aterros têm propiciado uma diminuição considerável na possibilidade de inundações periódicas das áreas baixas.

Nas regiões de travessias de corpos d'água e áreas alagadiças, a dutovia poderá sofrer os efeitos das inundações periódicas associadas às variações das marés, notadamente nos terrenos **Api**. Os aterros existentes podem ainda propiciar uma diminuição da influência do lençol freático pouco profundo, comumente reconhecido nos relevos **Apm** e **Api**. Também deve ser destacado que a escavação para implantação da futura dutovia é considerada de pouca profundidade, com cerca de 2,0m.

De modo geral, do sopé da escarpa da Serra de Cubatão até as proximidades do Canal de Bertiooga, os sedimentos argilosos e arenosos inconsolidados dos terrenos **Apm** e **Api**, em sua maior parte, já foram impactados quanto às principais acomodações, durante e após a execução dos aterros da rodovia, e aqueles associados à expansão das cidades, de suas áreas urbanas e industriais e suas malhas viárias internas, quando da intensa intervenção antrópica ocorrida durante as últimas décadas.

Nos terrenos onde ocorrem os relevos **Da51**, **Da52**, e **Da32** associados à Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos predomina o relevo de escarpas e cristas com topos aguçados ou topos convexos, além de morros isolados de topos aguçados e convexos. De modo geral, o traçado proposto para a futura dutovia desvia dos morros isolados existentes (**Da32**) na Baixada Litorânea, sendo que sua faixa deverá ocupar principalmente os terrenos associados aos relevos **Apm**, **Api** e **Apf**.

Associados às escarpas da serra do Mar, serão efetivamente atravessadas pela futura dutovia as serras do Quilombo e de Cubatão, e em ambos os locais associa-se a unidade de relevo **Da52**. Da mesma forma, o traçado da dutovia desvia de um morro isolado que constitui a unidade **Da51**. No trecho a ser implantado na serra de Cubatão, a futura dutovia em grande deverá aproveitar a faixa de domínio dos dutos de adução da Usina Henry Borden.

Caracteristicamente, as unidades de relevo descritas para a Unidade Morfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos têm vertentes das escarpas muito inclinadas e sujeitas aos processos erosivos pluvio-fluviais agressivos e movimentos de massas espontâneos e induzidos.

Na região da Rodovia Cônego Domênco Rangoni (Piaçaguera-Guarujá), que transpõe a Serra do Quilombo (unidade **Da52**), o traçado do novo duto deverá aproveitar faixas já implantadas e atualmente protegidas com relação à problemática de declividade com relação à instabilidade e erosão. Problemas semelhantes poderão ocorrer nas encostas com declividade mais acentuada durante a fase de implantação e, posteriormente, no período de operação, considerando que na vertente setentrional da serra do Quilombo são reconhecidas na base dos cortes de implantação da rodovia, obras de contenção, como concreto projetado e paredes atirantadas.

A unidade de relevo **Dc23** associada à Morfoescultura Planalto de São Paulo predomina o relevo denudacional de colinas e patamares aplanados, onde os processos de erosão e de instabilidade estão ausentes ou apresentam baixa intensidade. Contudo, as obras de escavação da futura dutovia não atravessarão os seus terrenos.

As unidades morfológicas Planalto Paulistano/Alto Tietê e Planalto de Jundiá abrigam terrenos conformados sobre diversas rochas ígneas e metamórficas pré-cambrianas pertencentes aos domínios Embu, São Roque e Socorro-Guaxupé. Nesses planaltos encontram-se instaladas as obras viárias Rodovia de Interligação Anchieta-Imigrantes, Rodovia Imigrantes, Rodoanel Mário Covas – trechos Sul e Oeste – e Rodovia Anhanguera e dos Bandeirantes. O traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** acompanha – em sua maior parte – as faixas de servidão dos dutos já existentes e operados pela Transpetro.

Nas unidades de padrões e formas semelhantes **Dc15**, **Dc25**, **Dc24** e **Dc23** identificadas no Planalto Paulistano/Alto Tietê predominam morros médios e altos com topos convexos, com formas de dissecação média a alta, vales entalhados e densidade de drenagem média a alta, o que classifica os terrenos dessas unidades como sujeitos a fortes atividades erosivas.

Contudo, conforme pode ser verificado nos levantamentos de campo realizados, na Interligação Anchieta-Imigrantes e na Rodovia Imigrantes até a região sul e sudeste da Represa Billings, o relevo **Dc15** apresenta características de morros baixos – ou mesmo de colinas – com declividade suave, o que associados aos serviços de conservação das rodovias e das dutovias reduz consideravelmente a instalação e/ou a propagação de processos erosivos.

Nos trechos sul do Rodoanel e em parte do trecho Oeste do Rodoanel, até a região do rio Tietê, em terrenos onde ocorrem as unidades **Dc24** e **Dc25**, as quais seriam relativamente mais propícias à instalação de processos erosivos, da mesma forma, as implantações dos cortes dos morros e extensos aterros junto à drenagens atravessadas e porções inferiores de encostas, aliadas aos serviços de manutenção, também minimizam de forma considerável a instalação de eventuais processos erosivos.

Às unidades de padrões e formas semelhantes do Planalto de Jundiá associam-se terrenos mais ao norte – entre Jundiá e Campinas - onde predominam os morros baixos (frequentemente de



aspecto colinoso) com topos convexos e que mantém estreita correlação com os gnaisses do Complexo Piracaia (**Dc24**), e às rochas do Domínio São Roque (**Dc35 e Dc33 nível médio**); e também são reconhecidos entre o rio Tietê e os arredores da cidade de Jundiáí aqueles terrenos de morros altos com topos aguçados (**Da34, Da44 e Dc33 nível alto**) associados às intrusões graníticas e aos quartzitos da serra do Japi, sendo que nestas últimas regiões são reconhecidas formas de relevo muito dissecadas, vales entalhados e alta densidade de drenagem, e caracterizadas com propícias aos movimentos de massa e processos erosivos lineares vigorosos.

Os relevos cársticos ocorrem associados à sequência de rochas pelíticas com calcáreos subordinados, sendo reconhecidos na região de Cajamar-Jordanésia – e podem ocorrer como lentes subordinadas na faixa AID/ADA – associada à unidade de relevo **Dc33 (nível médio)**.

Deve-se ainda ressaltar que nos planaltos Paulistano/Alto Tietê e de Jundiáí, os solos residuais maduros (ou solos superficiais) evoluídos a partir dos mais diversos tipos das rochas ígneas e metamórficas pré-cambrianas, são caracterizados como homogêneos e/ou maciços e de constituição argilo-arenosa a areno-argilosa. Também apresentam manto de alteração relativamente espesso, dificultando a instalação e o desenvolvimento dos processos erosivos superficiais.

Nos locais onde os solos residuais maduros foram removidos e ocorrem os solos menos evoluídos – em geral mais afetados por processos erosivos – as obras de escavação da futura dutovia tendem a ser executadas nas faixas laterais das obras viárias existentes e com boas condições de manutenção/conservação, como pode ser verificado na Rodovia de Interligação Anchieta-Imigrantes, na Rodovia Imigrantes, nos trechos Sul e Oeste do Rodoanel e na Rodovia dos Bandeirantes.

Durante o período de escavação da dutovia, os cuidados maiores deverão ser tomados nas regiões de morros no trecho sul do Rodoanel e, principalmente, nos terrenos do Planalto de Jundiáí, mais especificamente na região da Zona de Cisalhamento de Jundiuvira (**Dc33 nível médio**), onde os processos naturais de movimentos de massa e processos erosivos lineares vigorosos poderão ser potencializados quando associados com a forte estruturação geológica regional.

Para a faixa da AID/ADA, na Bacia do Paraná é reconhecida a Unidade Morfológica Depressão do Médio Tietê, que constitui parte da Depressão Periférica.

Na Bacia do Paraná, podem ocorrer rochas predominantemente pelíticas associadas em parte ao Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão), e outras rochas mais grossas, arenosas, também relacionadas ao Subgrupo Itararé. Eventualmente, as unidades de relevo ocorrem conformadas e associadas aos diabásios (unidade das Rochas Intrusivas Tabulares).

Correlacionada à Depressão do Médio Tietê, foram reconhecidas na faixa da AID/ADA as Unidades de Padrões e Formas Semelhantes **Dt11, Dt12 e Dc24**. Preferencialmente, as depressões estão representadas por colinas de topos amplos tabulares, e podem ocorrer colinas de topos convexos.

De modo geral, a Depressão do Médio Tietê apresenta um nível de fragilidade potencial médio a baixo susceptível a fortes atividades erosivas nos terrenos mais dissecados.

Os cuidados maiores associados às escavações superficiais relacionadas ao **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** para os terrenos associados a essas depressões, deverão restringir-se aos solos menos evoluídos derivados de rochas sedimentares arenosas do Subgrupo Itararé, preferencialmente naqueles locais onde o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** se desenvolver sobre campos abertos – pastagens e cultivos – com degradação já instalada e/ou potencializada por estas atividades, onde poderão ocorrer processos erosivos lineares.

### 10.1.3 PEDOLOGIA

As propriedades dos solos superficiais a serem atravessados e escavados pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**, na dutovia e demais instalações associam-se à alteração dos maciços rochosos, os quais foram caracterizados no **item 10.1.1** Geologia. As propriedades desses solos são também explanadas na Geomorfologia (**item 10.1.2**), e seus atributos e eventuais fragilidades que mereçam destaque para a implantação da obra, considerando os arredores imediatos e regionais, são avaliados no **item 10.1.4** Geotecnia.

Em virtude do maior grau de detalhe do mapeamento e abordagens específicas da Área de Influência Direta (AID), no que se refere aos temas da Geologia e Geomorfologia e, principalmente, da Geotecnia, considera-se adequado a apresentação dos estudos pedológicos de forma conjunta envolvendo as faixas da AII e da AID e, por consequência, da própria ADA, nos traçados norte-sul e leste-oeste da futura dutovia, incluindo seus terminais.

Dessa forma, a Pedologia será abordada no contexto regional. As grandes ordens e sub-ordens de solos seccionadas pelos traçados da dutovia – e as suas diversas unidades de mapeamento, que ocupam áreas de menor expressão – e as questões relativas ao tema serão consideradas de forma conjunta para as faixas da AII e da AID. Da mesma forma como nos temas geologia, geomorfologia e geotecnia, a AID e a ADA para o traçado foram tratadas indistintamente, já que a ADA se caracteriza por uma faixa reduzida, de largura variável, inserida na AID.

Importante ressaltar ainda que a obtenção de dados primários para a caracterização geológica, geomorfológica e geotécnica forneceu subsídios para a caracterização do solos nas áreas de influência do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**.

#### 10.1.3.1 MÉTODOS DE TRABALHO

Os estudos pedológicos foram desenvolvidos para a Área de Influência Indireta (AII) com base em levantamentos secundários obtidos através do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA *et al.*, 1999<sup>88</sup>), na escala 1:500.000, e na descrição das classes de solos proposta por Oliveira (1999). Como justificado no item anterior, os levantamentos realizados para os demais temas correlacionados (geologia, geomorfologia e geotecnia) foram suficientes para a ratificação das informações constantes no referido mapa, não sendo necessário a realização de levantamento específico para a AID/ADA. Assim, a pedologia foi caracterizada e avaliada no âmbito regional, cabendo o detalhamento aos demais temas.

As Classes de Solo – e suas diversas unidades de mapeamento – reconhecidas ao longo da faixa AII/AID foram então compiladas do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA *et al.*, 1999) e apresentados em escala 1:250.000, conforme pode ser visualizado no **Volume 7 - Desenhos**.

#### 10.1.3.2 ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII) E ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID)

##### 10.1.3.2.1 Introdução

Conforme apresentado anteriormente, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** cruza diversas Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos, a saber: Baixada Santista (Ugrhi-07), Alto Tietê (Ugrhi-06) e Piracicaba/Capivari/Jundiá (Ugrhi-05). A definição da faixa da AII em cada uma dessas unidades para o tema Pedologia apoiou-se nos mesmos critérios utilizados nos temas Geologia e Geomorfologia.

<sup>88</sup> OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M. & CALDERANO FILHO, B. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida. Campinas/Rio de Janeiro: Instituto Agrônomo/EMBRAPA, p. 64. 1999.

As classes de solos reconhecidas na Área de Influência Indireta (AII) incluem os ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS (**ES**); os GLEISSOLOS SÁLICOS (**GZ**) e os GLEISSOLOS HÁPLICOS (**GX**); os CAMBISSOLOS HÁPLICOS (**CX**); os ORGANOSSOLOS (**O**) os LATOSSOLOS VERMELHOS (**LV**) e os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (**LVA**); e os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (**PVA**).

O extremo sudeste da AII, na Baixada Santista, apresenta GLEISSOLOS SÁLICOS (**GZ**) e ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS (**ES**) em estreita correlação com os sedimentos quaternários essencialmente marinhos. Já os CAMBISSOLOS HÁPLICOS (**CX**) são identificados na porção N-NW de Cubatão e em grande parte do município de Santos, porção continental, bem como na porção central da ilha, onde predominam rochas do Domínio Costeiro.

Desde a estaca 223 até a estaca 181, região da Serra do Mar e do Planalto, predominam amplamente os CAMBISSOLOS HÁPLICOS (**CX**), abrangendo desde a porção N-NW de Cubatão até os municípios de Rio Grande da Serra, Santo André e São Bernardo do Campo. Esta classe de solo também abrange os municípios de São Paulo, Embu-Guaçu e Itapeverica da Serra, com ocorrência entre as estacas 169 e 118, aproximadamente, onde predominam rochas metamórficas dos complexos Embu e Pilar. Os CAMBISSOLOS HÁPLICOS estão representados, também, por duas pequenas porções que abrangem parte dos municípios de Cajamar (altura da estaca 80) e Jundiá (altura da estaca 70), que constituem região de ocorrência predominante de metassedimentos do Grupo São Roque e de gnaisses do Complexo Piracéia.

Os ORGANOSSOLOS MÉSSICOS (**OY**) são reconhecidos no Planalto Paulistano/Alto Tietê, especificamente nas imediações da Represa de Taiaçupeba, no município de Suzano. Ocorrências de LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (**LVA**) são registradas próximas às divisas dos municípios de Itapeverica da Serra, Embu-Guaçu e São Paulo, à oeste da AII, entre as estacas 140 a 128, onde afloram as rochas metamórficas dos complexos Embu e Pilar, além dos granitóides da Fácies Cantareira. Tal unidade retorna a aparecer nas proximidades da região de Campinas, a partir da estaca 26+500m até a estaca 0, próximo às rochas do Grupo São Bento.

Ao norte e noroeste da estaca 118, se estendendo pelo Planalto, predominam amplamente os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (**PVA**). No Planalto, são identificadas as unidades de mapeamento típicas de relevo desde suave ondulado até forte ondulado e montanhoso, e uma das unidades tem correlação estreita com a ocorrência de afloramento do Granito Itupeva. Os demais tipos de solo estão relacionados aos litotipos metamórficos do Complexo Piracéia, bem como às rochas metassedimentares do Grupo São Roque, representado, grosso modo, a sul-sudeste do ribeirão Jundiuvira, aproximadamente desde a estaca 98 até a estaca 75.

Os ARGISSOLOS dos tipos de relevo desde ondulado, passando por forte ondulado e montanhoso, até escarpado, são comuns na região de ocorrência do Granito Cantareira e da serra homônima e suas imediações, onde afloram os grupos Serra do Itaberaba, principalmente, e São Roque, bem como outros granitos neles intrusivos.

Na Depressão Periférica, ocorrem LATOSSOLOS VERMELHOS (**LV**), LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (**LVA**) e ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (**PVA**) em proporções relativamente semelhantes, com destaque para esse último. Dentre os Latossolos, todos de relevo plano, suave ondulado ou ondulado, os vermelhos predominam sobre os vermelho-amarelos, ocorrendo principalmente sobre as rochas sedimentares do Grupo Tubarão e das Rochas Intrusivas Tabulares (Grupo São Bento), todas pertencentes à Bacia do Paraná, além das Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas. Já os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, de relevo suave ondulado e ondulado, predominam sobre as litologias do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão), bem como sobre as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas.



### 10.1.3.2.2 Classes de Solos

#### **Espodossolos Ferrocárbicos (ES)**

Os ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS (**ES**) são solos constituídos por material mineral, com horizonte B espódico imediatamente abaixo de Horizonte E ou A, até 400 cm abaixo da superfície. São essencialmente arenosos, cuja fração areia é de composição quartzosa, pobres em nutrientes, com baixa capacidade de retenção de água, o que é minimizado pela localização litorânea. Na faixa AII/AID, ocorrem na Baixada Santista, especialmente no Guarujá.

Para a Subordem ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS é reconhecida ao longo da faixa da AII/AID dos traçados da futura dutovia a unidade de mapeamento:

- **ES1** São órticos, com horizonte A proeminente e moderado e textura arenosa, ocorrendo associados com NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos distróficos, com horizonte A moderado. Ambos os solos são de relevo plano.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.2.2-1** referente à Subordem ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS reconhecidos ao longo da faixa da AII/AID da dutovia.



**FOTO 10.1.3.2.2-1: Terrenos onde ocorre a Subordem ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS associada aos depósitos marinhos e mistos da Planície Litorânea (Baixada Santista) ao longo do traçado norte-sul da dutovia. Situação observada no município do Guarujá**

#### **Gleissolos (G)**

Por situar-se em áreas de várzea, os GLEISSOLOS (**G**) apresentam sérias limitações pela presença do lençol freático a pequena profundidade, com aeração inadequada, resistência à difusão de gases do solo para a atmosfera e vice-versa, e consumo muito rápido de oxigênio pelos microorganismos e plantas presentes. Como consequência, observa-se a inibição do crescimento das raízes, diminuição da absorção de água – apesar do ambiente saturado, redução da fotossíntese, perda de nitrogênio mineralizado, e formação de compostos bivalentes tóxicos de Fe e Mn, em função do ambiente redutor.

Apresentam ausência de horizonte B, textura errática ao longo do perfil de solo, devido à sua formação em sedimentos aluviais, e eventuais variações texturais entre os horizontes, sendo anisotrópicos. São distróficos e bastante ácidos, necessitando aplicação de corretivos e fertilizantes.

São solos inadequados para a construção de aterros sanitários, e como local para recebimento de efluentes pela inexpressiva zona de aeração e facilidade de contaminação dos aquíferos.

Secundariamente, observam-se ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS associados, hidromórficos, de composição essencialmente arenosa quartzosa, desprovidos de nutrientes minerais, muito porosos e com elevada permeabilidade. A textura grosseira determina baixa capacidade de retenção de água, o que é relativamente compensado pelo regime hídrico da região, bastante úmido pela profundidade do lençol freático e influência das marés.

### ***GLEISSOLOS HÁPLICOS (GX)***

São os GLEISSOLOS mais comuns. De ocorrência muito restrita na faixa da AII/AID, são identificados unicamente associados aos depósitos aluviais, às rochas do Subgrupo Itararé e Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas na extremidade norte do eixo da dutovia, entre a estaca 4 e a Replan, abrangendo os municípios de Cosmópolis, Paulínia, Jaguariúna e Campinas.

Para a Subordem GLEISSOLOS HÁPLICOS é reconhecida ao longo da faixa da AII/AID do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** a unidade de mapeamento:

- **GX7** Distróficos + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Eutróficos, textura média/argilosa + CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos, ambos com horizonte A moderado, todos de relevo de várzea.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.2.2-2** referente à Subordem GLEISSOLOS HÁPLICOS reconhecidos ao longo da faixa da AII/AID do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**.



**FOTO 10.1.3.2.2-2: Região onde predominam as exposições de GLEISSOLOS HÁPLICOS (GX), associados aos depósitos aluviais ao longo dos traçados norte-sul e leste-oeste da dutovia. Situação comumente observada nas regiões de várzea associadas às diversas drenagens e cursos d'água maiores**

### ***GLEISSOLOS SÁLICOS (GZ)***

Os GLEISSOLOS SÁLICOS são característicos da zona litorânea costeira, estando presentes na planície de maré dos rios Moji, Casqueiro, Cascalho, Cubatão, Jurubatuba e Diana; e planície de maré de áreas adjacentes à ilha dos Bagres e foz do Canal de Bertioga, no Estuário Santista.

Para a Subordem GLEISSOLOS SÁLICOS, é reconhecida ao longo da faixa da AII/AID (estaca 198+600m a estaca 181) dos traçados da futura dutovia a unidade de mapeamento:

- **GZ2** Associação de GLEISSOLOS ÓRTICOS, GLEISSOLOS TIOMÓRFICOS indiscriminados, e ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS Hidromórficos com horizonte A proeminente e moderado e textura arenosa. Todos de relevo plano.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.2.2-3** referente à Subordem GLEISSOLOS SÁLICOS reconhecidos ao longo da faixa da AII/AID da dutovia.



**FOTO 10.1.3.2.2-3: Região onde predominam as exposições de GLEISSOLOS SÁLICOS (GZ), associados aos depósitos marinhos e mistos da Planície Litorânea (Baixada Santista) ao longo do traçado norte-sul da dutovia. Situação observada nos municípios de Guarujá, Santos e Cubatão**

### **Cambissolos Háplicos (CX)**

Os CAMBISSOLOS HÁPLICOS (**CX**) se desenvolvem tanto em terrenos de relevo acidentado, fortemente ondulado a escarpado, condição em que apresentam elevada erodibilidade, quanto em terrenos planos de planícies aluviais. Eventualmente, ocorrem associados com afloramentos de rochas e solos rasos representados por NEOSSOLOS LITÓLICOS e LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS.

Na faixa da AII/AID, ocorrem em parte dos municípios de Santos e Cubatão, principalmente na Serra do Quilombo, Serra do Morrão e em alguns morros e morrotes isolados. Também na porção N-NW de Cubatão, coincidente com a vertente da Serra do Mar, em São Bernardo do Campo, Santo André, Rio Grande da Serra, Ribeirão Pires e na região sul de São Paulo. Sua ocorrência ainda é ampla nos municípios de Embu-Guaçu, Itapeverica da Serra e Embu, bem como em parte dos municípios de Caieiras, Franco da Rocha, Cajamar, Jundiaí e Várzea Paulista.

São solos constituídos por material mineral, que apresentam horizonte A ou hístico de espessura inferior a 40 cm seguido de horizonte B incipiente, textura argilosa em nível categórico mais baixo. São distróficos e possuem horizonte Cr constituído por solo residual jovem e rocha muito alterada, de natureza branda, com espessuras inferiores a 1,5 m. São ácidos e muito pobres em nutrientes, e apresentam elevados teores de  $Al^{3+}$  trocável, sendo de difícil correção para a agricultura, dadas as condições topográficas das ocorrências.

NEOSSOLOS LITÓLICOS e LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS também são encontrados associados aos CAMBISSOLOS. São distróficos, de textura argilosa ou arenosa, e possuem horizontes A e C moderados a proeminentes. Também são ácidos, pobres em nutrientes, apresentam elevados teores de  $Al^{3+}$  e  $Fe^{3+}$ , sendo muito difícil sua correção e utilização para a agricultura.

Para a Subordem CAMBISSOLOS HÁPLICOS são reconhecidas ao longo da faixa da AII/AID dos traçados da futura dutovia as unidades de mapeamento:

- **CX1** Distróficos, com horizonte A moderado, textura argilosa, de relevo forte ondulado;
- **CX11** Distróficos, de textura argilosa a média, com fase não rochosa e rochosa, de relevo montanhoso e escarpado, associados à LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, de



textura argilosa, de relevo montanhoso e forte ondulado. Ambos os solos apresentam horizonte A moderado e proeminente.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.2.2-4** referente à Subordem CAMBISSOLOS HÁPLICOS reconhecidos ao longo da faixa da AII/AID da dutovia



**FOTO 10.1.3.2.2-4: Exposição de CAMBISSOLOS HÁPLICOS.** Esta Subordem de solo pode associar-se aos morros e morrotes isolados da Planície Costeira, com a vertente da Serra do Mar e com terrenos do Planalto distribuídos na Região Metropolitana da Grande São Paulo (foto acima), desde Mauá até a porção sul de Jundiaí

### ***Latossolos (L)***

Os LATOSSOLOS (**L**) são o agrupamento de solos mais extenso do Estado de São Paulo, ocupando cerca de 52% da sua área. Em geral, têm boas propriedades físicas e situam-se em relevo favorável ao uso intensivo de máquinas, à exceção das regiões serranas. Apresentam excepcional porosidade total e elevada friabilidade, sendo facilmente preparados para o cultivo. O relevo é pouco movimentado, com declives inferiores a 5%. Entretanto, possuem baixa disponibilidade de nutrientes nos solos distróficos e toxicidade por  $Al^{3+}$  nos solos álicos.

Apresentam boa drenagem interna, mesmo os de textura argilosa. São constituídos por material mineral, e apresentam horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, a 200 cm ou 300 cm da superfície do solo.

Na faixa da AII/AID são reconhecidos os LATOSSOLOS VERMELHOS e os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS. As principais áreas de suas ocorrências são descritas de forma sucinta, a seguir.

### ***LATOSSOLOS VERMELHOS (LV)***

São reconhecidos na faixa da AII/AID da futura dutovia apenas a partir da estaca 22, em terrenos associados à Depressão Periférica. Ocorrem na região de Campinas e Paulínia, em geral expostos nos terrenos ao sul do rio Atibaia.

Para a Subordem de Solo LATOSSOLOS VERMELHOS são reconhecidas ao longo da faixa da AII/AID dos traçados da futura dutovia as unidades de mapeamento:

- **LV4** Eutroféricos e Distroféricos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, ambos com horizonte A moderado, textura argilosa, de relevo suave ondulado;
- **LV17** Eutroféricos e Distroféricos, textura argilosa + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, textura média, ambos com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.2.2-5** referente à Subordem LATOSSOLOS VERMELHOS reconhecidos ao longo da faixa da AII/AID da dutovia.



**FOTO 10.1.3.2.2-5: Exposição da Subordem LATOSSOLOS VERMELHOS (LV). Essa Subordem pode associar-se às colinas de topos tabulares da Depressão Periférica e aos morros de topos convexos do Planalto Ocidental Paulista, esculpindo rochas sedimentares e aquelas associadas ao magmatismo e vulcanismo da Bacia do Paraná**

### ***LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (LVA)***

Ocorrem no Planalto, na Região Metropolitana da Grande São Paulo, sendo identificados na zona sul da cidade de São Paulo e nos municípios de Embu-Guaçu, Itapequerica da Serra, Ribeirão Pires e Suzano. Também são reconhecidos nos arredores de Jundiaí e na Depressão Periférica, especificamente na região de Campinas e Paulínia.

Para a Subordem LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS são reconhecidas ao longo da faixa da AII/AID dos traçados da futura dutovia as unidades de mapeamento:

- **LVA2** Distróficos, com horizonte A moderado, textura argilosa, de relevo ondulado e forte ondulado;
- **LVA9** Distrófico, com horizonte A proeminente, textura média, de relevo suave ondulado;
- **LVA12** Distróficos, textura média + Neossolos Quartzarênicos Órticos distróficos, ambos com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado;
- **LVA14** Distrófico, horizonte A moderado, textura média, relevo plano e suave ondulado;
- **LVA56** Distróficos pouco profundos associados com LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS, ambos de textura argilosa, relevo forte ondulado. Também associados à CAMBISSOLOS HÁPLICOS TB e CAMBISSOLOS HÁPLICOS Latossólicos, ambos de textura argilosa e argilosa com cascalhos, de relevo montanhoso. Todos são Distróficos, com horizonte A moderado.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.2.2-6** referente à Subordem LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS reconhecidos ao longo da faixa da AII/AID do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**.



**FOTO 10.1.3.2.2-6: Exposição da Subordem LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (LVA). Essa Subordem de Solo pode associar-se às colinas de topos tabulares da Depressão Periférica e aos morros de topos convexos do Planalto Ocidental Paulista, esculpindo rochas sedimentares da Bacia do Paraná**

### **Argissolos (P)**

Depois dos LATOSSOLOS, os ARGISSOLOS constituem a classe de maior expressão espacial no Estado de São Paulo, abrangendo cerca de 30% de sua área. São, na sua maioria, solos muito profundos.

Na zona serrana, é comum a presença de ARGISSOLOS fase pedregosa e rochosa e aqueles associados a afloramentos rochosos. Tais solos ocorrem geralmente em relevo forte ondulado e montanhoso, o que os torna inadequados ao uso agrícola e mesmo silvo-pastoril.

Em geral, os Argissolos apresentam textura média ou arenosa em superfície e baixa atividade de argila, sendo facilmente preparados para o plantio. São solos com horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou E. Caracteristicamente, apresentam acréscimo de argila em profundidade e capacidade de troca de cátions inferior a 27 cmol/kg.

Apresentam resistência à erosão baixa ou muito baixa, dada pela mudança textural abrupta. É comum possuírem uma zona de má aeração durante o período chuvoso entre a base do horizonte E o topo do horizonte Bt, que redonda em baixa condutividade hidráulica nesse intervalo, especialmente em terrenos pouco declivosos.

### **ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (PVA)**

São reconhecidos no Planalto nas porções oeste-noroeste e norte da Região Metropolitana da Grande São Paulo, e por uma grande extensão desde os terrenos dos municípios de Cajamar/Campo Limpo Paulista até os arredores da cidade de Campinas, adentrando na Depressão Periférica.

No traçado norte-sul do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**, essa Subordem de Solo pode ser identificada nos municípios de Paulínia, Sumaré, Campinas e Hortolândia (estacas 3 a 19) e em todo o trecho entre os municípios de Valinhos, Itupeva, Vinhedo, Louveira, Jundiaí, Franco da Rocha, Cajamar, Santana de Paranaíba, Carapicuíba, Osasco e Cotia, abrangendo desde a estaca 27 até a estaca 118.



Para a Subordem de Solo ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, são reconhecidas ao longo da faixa da AII/AID do traçado **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos** as unidades de mapeamento:

- **PVA17** Distróficos, com horizonte A moderado, textura arenosa/média e média/argilosa, de relevo ondulado e forte ondulado;
- **PVA18** Distróficos, com horizonte A moderado, textura média/argilosa e argilosa, de relevo ondulado e forte ondulado;
- **PVA22** Distróficos, com horizonte A moderado, textura argilosa e média cascalhenta/argilosa cascalhenta, fase rochosa, de relevo forte ondulado e montanhoso;
- **PVA36** Distróficos, com horizonte A moderado, de textura média cascalhenta/argilosa cascalhenta, fase pedregosa e rochosa, de relevo forte ondulado associados a Afloramentos de Rochas;
- **PVA37** Distróficos, de textura argilosa, associados a CAMBISSOLOS HÁPLICOS também distróficos de textura argilosa. Ambos possuem horizonte A moderado, e ocorrem em relevo ondulado a forte ondulado;
- **PVA41** Distróficos, com textura argilosa, de relevo forte ondulado associados a CAMBISSOLOS HÁPLICOS Distróficos, de textura argilosa e média, de relevo forte ondulado e montanhoso. Ambos com horizonte A moderado;
- **PVA42** Distróficos de textura argilosa, de relevo forte ondulado e montanhoso, associados a CAMBISSOLOS HÁPLICOS Distróficos, de textura argilosa, de relevo montanhoso e escarpado. Ambos os solos têm horizonte A moderado;
- **PVA45** Distróficos de textura argilosa e média/argilosa, de relevo forte ondulado e montanhoso, associados a CAMBISSOLOS HÁPLICOS Distróficos, de textura argilosa, de relevo montanhoso e escarpado. Ambos os solos têm horizonte A moderado;
- **PVA52** Distróficos, de textura média/argilosa, associados a LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, de textura argilosa. Ambos com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado e ondulado;
- **PVA53** Distróficos, de textura arenosa/média, associados a LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos de textura média. Ambos com horizonte A moderado, de relevo suave ondulado.
- **PVA55** Distróficos, de textura argilosa e média/argilosa, associados a LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS distróficos de textura argilosa. Ambos com horizonte A moderado, de relevo forte ondulado.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.2.2-7** referente à Subordem de Solo ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (PVA) reconhecidos ao longo da faixa da AII/AID da dutovia.



**FOTO 10.1.3.2.2-7: Exposição em taludes laterais em estrada de terra, Subordem de Solo ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (PVA). Apresenta grande distribuição ao longo dos traçados norte-sul e leste-oeste da dutovia. São reconhecidos em terrenos da Região Metropolitana da Grande São Paulo e em grandes extensões entre Jundiaí e Campinas**

### ***Organossolos (O)***

Compreende solos pouco evoluídos, com preponderância de características devidas ao material orgânico, de coloração preta, cinzenta muito escura ou brunada, resultantes de acumulação de restos vegetais, em graus variáveis de decomposição, em condições de drenagem restrita (ambientes mal a muito mal drenados), ou em ambientes úmidos de altitudes elevadas, saturados com água por apenas poucos dias durante o período chuvoso (EMBRAPA, 2006).

Em ambientes sujeitos a forte hidromorfismo, devido ao lençol freático permanecer elevado grande parte do ano, as condições anaeróbicas restringem os processos de mineralização da matéria orgânica e limitam o desenvolvimento pedogenético, conduzindo à acumulação expressiva de restos vegetais.

Usualmente são solos fortemente ácidos, apresentando alta capacidade de troca de cátions e baixa saturação por bases (distróficos), apresentando, por vezes, teor de alumínio elevado. Verificam-se, no entanto, esporádicas ocorrências de saturação média ou alta (eutróficos). Podem apresentar horizonte sulfúrico, materiais sulfídricos, caráter sálico, propriedade sódica ou solódica, podendo estar recobertos por deposição pouco espessa (menor do que 40 cm de espessura) de uma camada de material mineral.

### ***ORGANOSSOLOS MÉSSICOS (OY)***

São reconhecidos no Planalto Paulistano/Alto Tietê, especificamente nas imediações da Represa de Taiaçupeba, no município de Suzano. Para a Subordem de Solo ORGANOSSOLOS MÉSSICOS, são reconhecidas ao longo da faixa da AII/AID dos traçados da futura dutovia a unidades de mapeamento:

- **OY1** Distróficos, horizonte A proeminente, de textura argilosa. Associados a GLEISSOLOS MELÂNICOS e GLEISSOLOS HÁPLICOS. Relevo plano de várzea.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.3.2.2-8** referente à Subordem de Solo ORGANOSSOLOS MÉSSICOS (OY) reconhecidos no limite leste da AII/AID da dutovia.



**FOTO 10.1.3.2.2-8: Vista das margens da Represa de Taiapuêba, Subordem de Solo ORGANOSSOLOS MÉSSICOS (OY). Na AII/AID, tal unidade foi identificada somente junto às margens da Represa de Taiapuêba, no município de Suzano**

#### **10.1.3.2.3 Considerações Finais sobre a Pedologia da AII**

Encontrados na Planície Litorânea, os ESPODOSSOLOS FERROCÁRBICOS e os GLEISSOLOS apresentam baixa capacidade de retenção de água, em geral minimizada pela localização litorânea e influência das marés e pouca profundidade do lençol freático. São solos inadequados para a construção de aterros sanitários e como local para recebimento de efluentes, pela inexpressiva zona de aeração e facilidade de contaminação dos aquíferos. Os GLEISSOLOS SÁLICOS ocorrem na planície de maré dos rios da Baixada Santista e em áreas adjacentes à ilha dos Bagres e foz do Canal de Bertiooga.

Os CAMBISSOLOS HÁPLICOS se desenvolvem tanto em terrenos de relevo acidentado, fortemente ondulado a escarpado, condição em que apresentam elevada erodibilidade, quanto em terrenos planos de planícies aluviais. São identificados na Baixada Santista nos morros e morrotes isolados e na vertente da Serra do Mar, na região metropolitana da cidade de São Paulo e se estendem até os municípios de Jundiaí, Várzea Paulista e Campo Limpo Paulista. São muito pobres em nutrientes e dadas as condições topográficas das ocorrências, de difícil correção para a agricultura.

Os LATOSSOLOS situam-se em relevo favorável ao uso intensivo de máquinas, apresentam excepcional porosidade total e elevada friabilidade, e facilidades no preparo para o cultivo. Os LATOSSOLOS VERMELHOS ocupam extensões consideráveis na Depressão Periférica, enquanto que os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS ocorrem no Planalto, na Região Metropolitana da Grande São Paulo, e também são identificados na Depressão Periférica.

Os ARGISSOLOS compreendem, na sua maioria, solos muito profundos, contudo na zona serrana é comum a presença de fase pedregosa e rochosa e aqueles associados a afloramentos rochosos. Ocorrem geralmente em relevo forte ondulado e montanhoso, o que os torna inadequados ao uso agrícola e mesmo silvo-pastoril, apresentando resistência à erosão baixa ou muito baixa, e declives



superiores a 8% limitam o seu uso como aterros sanitários. Nos ARGISSOLOS VERMELHOS de textura argilosa, a cor vermelha relaciona-se à origem a partir de rochas básicas ou ricas em minerais ferromagnesianos, o que redundava em teores mais elevados de cátions trocáveis e de micronutrientes relativamente aos solos menos vermelhos. Esses teores de bases trocáveis mantêm-se relativamente elevados ao longo do perfil, proporcionando aos ARGISSOLOS VERMELHOS notável reserva de nutrientes. Contudo, são de ocorrência restrita na AII. Os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS são reconhecidos no Planalto em porções da Região Metropolitana da Grande São Paulo, novamente entre os municípios de Cajamar/Campo Limpo Paulista até os arredores da cidade de Campinas, e também adentram a Depressão Periférica ocupando grandes extensões.

O tema Pedologia foi tratado de forma regional (AII), com base em dados secundários, sem detalhamento para as áreas de estudo AID/ADA. A obtenção de dados primários referentes à geologia, geomorfologia e geotecnia serão suficientes para o diagnóstico das características do solo necessárias para avaliar os impactos da implantação do empreendimento proposto.

#### 10.1.4 GEOTECNIA

##### 10.1.4.1 MÉTODOS DE TRABALHO

A descrição das características geotécnicas da Área de Influência Indireta (AII) e da Área de Influência Direta (AID) do Projeto Logum é baseada na Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, em escala 1:500.000, elaborada pelo DCET/IPT (NAKAZAWA *et al.*, 1994<sup>89</sup>). Seus traçados recortam terrenos pertencentes à folha geotécnica São Paulo e, de forma bastante subordinada, à folha geotécnica Iguape.

A AII abrange grande parte da folha São Paulo, onde se desenvolve grande extensão do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**, desde Paulínia até os arredores de Santos, além de parte da folha Iguape na extremidade sul do traçado. Também foram compilados os respectivos Quadro-legendas contendo os processos do meio físico mais importantes.

Buscou-se na etapa de compilação das folhas São Paulo e Iguape – e dos processos do meio físico importantes no comportamento geotécnico dos terrenos – agrupar áreas com atributos e características geotécnicas similares apresentadas na Carta Geotécnica do Estado de São Paulo (NAKAZAWA *et al.*, 1994).

Sendo assim, os atributos geotécnicos de interesse foram uniformizados e agrupados em áreas contíguas ou não, considerando tratar-se de uma obra linear e que envolve, em grande parte, escavações superficiais do terreno a ser impactado pela futura dutovia, além de outros trechos subordinados onde ocorrerão escavações em túneis e travessias de canais ou drenagens.

Desta forma, o Mapa Geotécnico da AII apresentado em escala 1:250.000 (**Volume 7 - Desenhos**) considera áreas contíguas ou não, desde que contenha um processo típico do meio físico predominante e com o mesmo grau de importância. Destacam-se, como exemplo, áreas onde predomina o movimento de massa, áreas onde predomina a erosão, áreas onde predominam solos moles adensáveis ou sob influência de marés, áreas onde ocorram solos colapsíveis ou passíveis de empastilhamento, áreas de várzea associadas às maiores drenagens.

Para a Geotecnia da AID, conjuntamente com o processo do meio físico mais importante, também merece destaque o processo secundário associado. Desta forma, as áreas contíguas abordadas no Mapa Geotécnico da AII – onde determinado processo do meio físico mais importante mereceu atenção – serão apresentadas detalhadas e subdivididas, e destacados no Mapa Geotécnico da

<sup>89</sup> NAKAZAWA, V.A (coord.) Carta geotécnica do Estado de São Paulo: escala 1: 500.000. São Paulo: IPT, 2 vol. (Publicação IPT, 2089). 1994.

AID, em escala 1:50.000 (vide **Volume 7 - Desenhos**), tanto os processos mais importantes quanto também os processos secundários, caso esses ocorram.

A avaliação da Geotecnia da ADA tem como base as investigações de sub-superfície – sondagens à percussão SPT e sondagens ambientais executadas nos estudos de passivos ambientais – e levantamentos de campo do meio físico realizados *in loco* para cada um dos terminais previstos.

#### **10.1.4.2 ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII)**

##### **10.1.4.2.1 Introdução**

Assim como os demais temas do meio físico, para a AII da Geotecnia foi, de início, considerado como limite as próprias extensões das Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Ugrhi).

De modo geral, segundo o traçado, do litoral até o limite da Serra do Mar com o Planalto, a AII estaria inserida na Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos Baixada Santista (Ugrhi-07), onde predominam os processos do meio físico associados aos sedimentos quaternários recentes da Baixada Santista, e os processos de movimentos de massa reconhecidos na Escarpa/Serra do Mar e nos Morros Litorâneos.

Nos terrenos do Planalto, desde a Região Metropolitana de São Paulo, passando pelos arredores de Jundiaí até atingir as proximidades da cidade de Campinas, a futura dutovia atravessaria terrenos da Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Tietê (UGRHI-06) e da Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos Piracicaba/Capivari/Jundiaí (Ugrhi-05), onde ocorrem intercalados os terrenos com predomínio de movimentos de massa e aqueles onde se instalaram preferencialmente os processos erosivos.

Na continuidade setentrional do traçado do empreendimento, de Campinas até a região de Paulínia/Cosmópolis ocorre a Ugrhi Piracicaba/Capivari/Jundiaí (Ugrhi-05).

No trecho parcial do traçado norte-sul do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos** entre as cidades de Santos e de Jundiaí – envolvendo a Baixada Santista, a Região Metropolitana de São Paulo e até os arredores de Jundiaí – são reconhecidos diversos barramentos de corpos d'água no Planalto e outros sob influência de maré na Baixada. Nesse trecho, para a faixa da AII, foi considerado adequado englobar os diversos corpos d'água represados e, eventualmente, até suas cabeceiras e aqueles sob influência de maré, na tentativa de contextualizar as eventuais interferências da futura obra com áreas maiores. Assim, a faixa de estudo da AII apresentada é variável e pode aproximar-se de vinte quilômetros ou mesmo exceder um pouco, mas mantém-se inferior aos limites territoriais das unidades da Baixada Santista (Ugrhi-07), Alto Tietê (Ugrhi-06) e Piracicaba/Capivari/Jundiaí (Ugrhi-05).

Na continuidade do traçado norte-sul do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**, imediatamente a norte de Jundiaí até a região de Paulínia, por se tratar de uma obra linear e com uma faixa de intervenção bastante restrita, visando o diagnóstico da AII optou-se por dar enfoque a uma faixa de 10 km, considerados 05 km para cada lado a partir do eixo projetado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**.

Do ponto de vista geotécnico, os principais processos do meio físico associados aos terrenos onde se assentam as rochas da Bacia do Paraná imediatamente a norte de Campinas e as exposições associadas às rochas gnáissicas do Complexo Piracaia entre Jundiaí e Campinas, bem como os solos evoluídos a partir da alteração das mesmas, são bem definidos. Ora predominam terrenos suscetíveis aos processos erosivos, ora ocorrem trechos onde todos os processos do meio físico identificados apresentam baixa suscetibilidade, além daquelas áreas restritas associadas às drenagens principais.

#### 10.1.4.2.2 Unidades Geotécnicas

As áreas contíguas ou não e que apresentam processos mais importantes e semelhantes do meio físico – e de interesse ao empreendimento – foram denominadas Unidades Geotécnicas. Ocorrem individualizadas e separadas em quatro grandes terrenos, quais sejam:

- Baixada Santista – representada pelos sedimentos quaternários marinhos e mistos, e continentais;
- Serra do Mar – do topo da escarpa até o limite com os terrenos baixos da baía de Santos e arredores, incluindo os morros isolados presentes na baixada litorânea;
- Planalto – desde o topo da escarpa da Serra até os arredores da cidade de Campinas; e
- Bacia do Paraná – desde o Município de Campinas até região a norte da cidade de Paulínia.

##### **Baixada Santista**

Corresponde à unidade geomorfológica Baixada Santista, e encontra-se delimitada pelas escarpas da Serra do Mar a norte e a nordeste, ou parcialmente protegida e/ou isolada por morros e morrotes litorâneos, como aqueles instalados na região de Santos e São Vicente, assim como o morro litorâneo alongado proeminente e conformado entre as cidades de Guarujá e Bertioga. Na região da Baixada Santista são reconhecidas as unidades geotécnicas dos depósitos marinhos e mistos antigos e atuais, dos depósitos continentais de encostas e dos depósitos continentais aluviais.

##### ***UNIDADE GEOTÉCNICA DOS DEPÓSITOS MARINHOS E MISTOS ANTIGOS E ATUAIS (IA)***

A Unidade dos depósitos marinhos e mistos antigos e atuais (**IA**) correlaciona-se aos depósitos quaternários de mangue e pântanos sujeitos à influência de marés ocupando os terrenos mais baixos e próximos aos canais da Baixada Santista; aos depósitos quaternários flúvio-marinhos assentados atualmente (**IAa**) além dos locais sujeitos à influência de marés, em terrenos relativamente mais altos – quando comparados aos depósitos de mangue – e em posição intermediária entre os canais e os sopés das encostas de morros litorâneos e das escarpas da Serra do Mar, e ainda, aos depósitos quaternários arenosos de praias atuais ou conformando cordões litorâneos (**IAb**).

Os depósitos quaternários de mangue e pântanos sujeitos à influência de marés são reconhecidos na margem esquerda do canal de Piaçaguera, e na região da foz dos rios Jurubatuba, Diana e Sandi, na margem esquerda do estuário de Santos. Uma extensa área desses depósitos de mangue e pântano ocorre nas margens do Canal de Bertioga, e áreas menores foram reconhecidas nas proximidades do Canal de São Vicente, na sua margem direita.

Os depósitos quaternários flúvio-marinhos ocorrem nos arredores de Cubatão, onde encontra-se instalada a Refinaria Presidente Bernardes (PETROBRAS), nas proximidades da foz do rio Mogi, nos arredores de São Vicente, nos terrenos da ilha de Santo Amaro, a leste do Canal de Santos, e imediatamente a norte do Canal de Bertioga, além de outras ocorrências menores.

Os depósitos quaternários arenosos de praias atuais ou de cordões litorâneos são reconhecidos na região do Guarujá e por grandes extensões na região hoje ocupada pela cidade de Santos, no sentido da Ponta da Praia, e na região da Praia Grande até o limite sudoeste da AII. Ainda que de forma subordinada, também é encontrada na margem esquerda do Canal de Santos, defronte à Ponta da Praia.

Nos terrenos da Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais onde ocorrem os depósitos de mangue e pântanos, e de depósitos flúvio-marinhos, predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam muito alta suscetibilidade a alta suscetibilidade a recalque por adensamento de solos moles, respectivamente, e inundações



diárias associadas às marés (depósitos de mangue e pântano) ou inundações pluviais (depósitos flúvio-marinhos).

Nos terrenos da Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais onde ocorrem os depósitos de quaternários arenosos de praias atuais ou na forma de cordões litorâneos também predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, contudo, os mesmos tendem a apresentar baixa suscetibilidade a recalques e inundações.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.4.2.2-1 e 10.1.4.2.2-2**, referentes à Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais reconhecida na Baixada Santista ao longo da faixa da AII da dutovia.



**FOTO 10.1.4.2.2-1: Ocorrência da Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais associada aos depósitos quaternários de mangue e pântanos sujeitos à influência de marés presentes nos terrenos mais baixos e próximos aos canais na Baixada Santista. Identificada nas margens esquerda do canal de Piaçaguera e do estuário de Santos, na região da foz dos rios Jurubatuba e Diana, nas margens do canal de Bertioga**



**FOTO 10.1.4.2.2-2: Ocorrência da Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais associada aos depósitos quaternários flúvio-marinhos presentes nos terrenos relativamente elevados próximos aos canais na Baixada Santista. Ocorre nos arredores de Cubatão, na porção continental do município de Santos e a norte do canal de Bertioga**

#### ***UNIDADE GEOTÉCNICA DOS DEPÓSITOS CONTINENTAIS DE ENCOSTAS (IB)***

A Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais de Encostas (**IB**) correlaciona-se aos sedimentos quaternários continentais indiferenciados, que incluem sedimentos colúvio-eluvionares areno-argilosos e depósitos de caráter variado associados a encostas, como os depósitos de tálus. Constitui terrenos situados junto ao sopé das escarpas da Serra do Mar, na transição dos trechos serranos para os de baixada. Na AII, ocorrem imediatamente a montante da Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais, nas calhas dos rios Jurubatuba e Diana, bem

como no seu interflúvio, além das cabeceiras e/ou calhas de tributários do Canal de Bertiooga, como o rio Cabuçu.

A Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais de Encostas constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam média suscetibilidade a recalques diferenciais e a impactos por escorregamentos.

De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem impactos pela deposição de materiais provenientes de escorregamentos das áreas de montante, recalque diferencial em fundações parcialmente apoiadas em blocos e matacões, dificuldade na implantação de infra-estrutura subterrânea, rolamento e queda de blocos superficiais por descalçamento decorrente de erosão ou de cortes, e instabilização de depósitos de talus por alteração na sua geometria e na circulação de águas subsuperficiais.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.2.2-3** referente à Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais de Encostas reconhecida na Baixada Santista ao longo da faixa da AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**.



**FOTO 10.1.4.2.2-3: Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais de Encostas associada aos sedimentos colúvio-eluvionares areno-argilosos e depósitos de caráter variado associados a encostas, como os depósitos de talus. Conformam terrenos junto ao sopé das escarpas da Serra do Mar e de morros isolados na Baixada Santista. Ocorrem como manchas isoladas e de pequenas extensões, preferencialmente nas porções continentais dos municípios de Santos e Cubatão**

#### ***UNIDADE GEOTÉCNICA DOS DEPÓSITOS CONTINENTAIS ALUVIAIS (IC)***

A Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais Aluviais (**IC**) correlaciona-se aos depósitos quaternários associados às calhas dos rios e ribeirões maiores que drenam as áreas da baixada litorânea, e são reconhecidos imediatamente a montante dos depósitos de mangue e pântanos e/ou dos depósitos flúvio-lagunares e de baías. As principais calhas de drenagens presentes na Baixada Santista onde são verificados os depósitos que constituem essa Unidade são as dos rios Moji, Quilombo e Jurubatuba, assim como em porções do rio Cubatão.

A Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais Aluviais constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água), assoreamento de canais da drenagem, solapamento das margens, recalques excessivos e/ou diferenciais das estruturas de fundação, degradação de pavimentos viários e dificuldades eventuais de escavação pela instabilidade das paredes.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.2.2-4**, referente à Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais Aluviais reconhecida na Baixada Santista ao longo da faixa da AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**.



**FOTO 10.1.4.2.2-4: Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais associada aos sedimentos aluviais quaternários presentes junto às calhas dos rios e ribeirões maiores que drenam áreas da Baixada Santista. Ocorre a montante dos depósitos de mangue e pântanos e/ou dos depósitos flúvio-lagunares e de baías, nos municípios de Santos, São Vicente e Cubatão. Vista do vale do rio Moji, na região da raiz da Serra**

### **Serra do Mar**

Corresponde à unidade geomorfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos. Encontra-se delimitada a norte com o Planalto e faz contato a sul com os sedimentos quaternários marinhos e mistos da Baixada Santista. No trecho Serra do Mar da AII são reconhecidos os terrenos que apresentam como processos do meio físico importantes muito alta ou alta suscetibilidade a escorregamentos (naturais ou induzidos), além de processos secundários que compreendem alta suscetibilidade à erosão nos solos superficiais. Os mesmos foram agrupados na Unidade Geotécnica com alta e muito alta suscetibilidade a escorregamentos e alta suscetibilidade a processos erosivos secundários.

### ***UNIDADE GEOTÉCNICA COM ALTA E MUITO ALTA SUSCETIBILIDADE A ESCORREGAMENTOS E ALTA SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS EROSIVOS SECUNDÁRIOS (IIA)***

A Unidade apresenta o predomínio de terrenos onde se destacam os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados. Apresentam muito alta ou alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos, além de alta suscetibilidade a processos secundários de erosão nos solos subsuperficiais e, eventualmente, induzida por movimentos de massa.

Aqueles terrenos com muito alta suscetibilidade a escorregamentos ocupam em grande parte as escarpas da Serra do Mar, e faz contato por longa extensão no Planalto com a Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão. Apresenta distribuição geral sudoeste-nordeste, sendo reconhecidos desde as cabeceiras do rio Mogi nas proximidades da vila de Paranapiacaba até a porção sudoeste da AII no trecho da Serra do Mar, na região de São Vicente e Praia Grande. Também ocorrem na região sudeste da faixa da Serra do Mar, sendo verificados na Serra do Morrão e na Serra do Quilombo e têm continuidade para sudeste até o contato com os sedimentos da Baixada Santista nas proximidades do Canal de Bertioga.

Nos terrenos das serras do Mar, do Morrão e do Quilombo, essa unidade associa-se, sobretudo, com as rochas migmatíticas e gnáissicas do Complexo Costeiro, assim como com as rochas

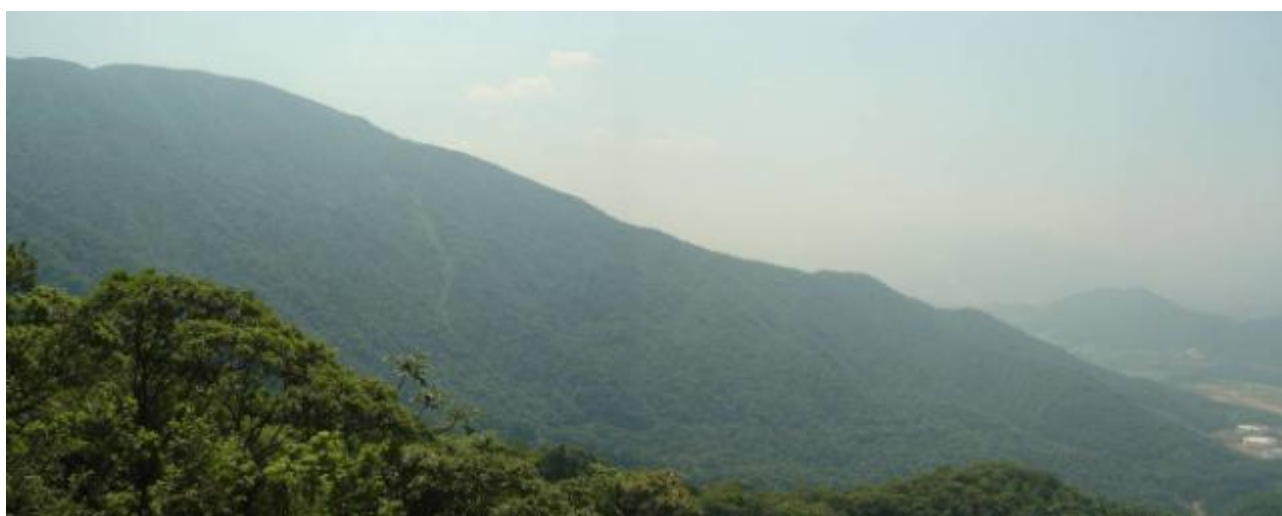


granitóides intrusivas associadas às Fácies Itu e Cantareira, ou ainda, à Zona de Cisalhamento de Cubatão e aos xistos, filitos/filonitos e quartzitos subordinados do Complexo Pilar.

A Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Escorregamentos pode também apresentar características um pouco distintas quando associada aos morros litorâneos, sendo reconhecida no município do Guarujá até a sua extremidade nordeste, na região de Bertioga, além de morros menores em Santos e São Vicente.

Correlacionada aos morros litorâneos, nos seus terrenos continuam a predominar os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados. Contudo, apresentam alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos, bem como alta suscetibilidade a erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.4.2.2-5** e **10.1.4.2.2-6** referentes à Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Escorregamentos reconhecida na Serra do Mar ao longo da faixa da AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**.



**FOTO 10.1.4.2.2-5: Exposição da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Escorregamentos reconhecida na Serra do Mar com predomínio de processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados. Região com predomínio de muito alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos associados às vertentes da Serra do Mar. Município Cubatão, e porções continentais dos municípios São Vicente, Santos e Bertioga**



**FOTO 10.1.4.2.2-6: Exposição da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Escorregamentos reconhecida nos morros e morrotes isolados da Baixada Santista com processos de movimento de massa, e processos de erosão subordinados. Região com predomínio de alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos. Porções insulares dos municípios de Santos, São Vicente, Guarujá e Bertioga**

### **Planalto**

Os terrenos associados ao Planalto englobam as unidades geomorfológicas Planalto Paulistano/Alto Tietê, Planalto de Jundiaí e Planalto de São Paulo. Limita-se ao sul com as escarpas da Serra do Mar, abrangendo os arredores imediatos da região metropolitana da cidade de São Paulo, como parte das cidades de Diadema, São Bernardo do Campo, Santo André, Rio Grande da Serra, Ribeirão Pires, Mauá, Guarulhos, Suzano, Mogi das Cruzes e Itaquaquecetuba.

Também ocupam as áreas dos municípios de Cajamar, Santana de Parnaíba, Barueri e Osasco, transpondo na sua porção central os municípios de Itapevi, Carapicuíba, Embu e Taboão da Serra, a oeste, e a cidade de São Paulo a leste, até a porção sul-sudoeste no município de São Paulo. Avançam sobre os territórios dos municípios de Jundiaí, Louveira, Vinhedo e Itupeva, e têm continuidade até as proximidades da cidade de Campinas, na altura da estaca 31.

No trecho do Planalto da AII são reconhecidos e individualizados terrenos que apresentam como processos do meio físico, aqueles onde predominam o movimento de massa com processos de erosão subordinados; outros onde são reconhecidos como processos do meio físico importantes aqueles associados à erosão e que podem ou não apresentar como processos secundários os movimentos de massa.

Ainda são individualizados no Planalto os terrenos onde predominam depósitos continentais aluviais e seus processos de adensamentos de solos moles, os terrenos associados com relevos cársticos e rochas carbonáticas, e terrenos onde todos os processos do meio físico identificados apresentam baixa suscetibilidade.

### ***UNIDADE GEOTÉCNICA COM SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA (IIIA)***

Os terrenos da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Movimentos de Massa (**IIIA**) ocorrem de forma subordinada no Planalto, delimitados na porção oeste/noroeste e em parte na porção nordeste do Planalto Paulistano, assim como na região dos afluentes e nas margens da região norte do reservatório da Represa Billings, entre os municípios de Diadema e Mauá, e em parte dos municípios de Mogi das Cruzes e Ferraz de Vasconcelos. Ocorrem associados aos migmatitos e gnaisses do Complexo Embu, e as rochas granitóides da Fácies Cantareira estão presentes de forma subordinada na região de Diadema.

Têm ainda estreita correlação com as rochas cristalinas do embasamento, conforme cartografia da CPRM<sup>90</sup> (1999). Na altura das estacas 68 a 74, a sudoeste do traçado da dutovia, a unidade está associada a quartzitos, calciossilicáticas, metarenitos, gonditos e anfibolitos do Complexo Piracaia e ao Granito Terra Nova, enquanto que a sul e sudeste da estaca 74, região metropolitana de São Paulo, afloram rochas metamórficas dos grupos São Roque e Serra do Itaberaba, além de rochas granitóides intrusivas.

A Unidade constitui terrenos onde predominam os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados. Apresentam alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos, bem como alta suscetibilidade a erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem escorregamentos de solo com geometria predominantemente planar, rastejo frequente nas encostas, rastejo e escorregamentos associados a depósitos detriticos (tálus/coluviões), escorregamentos frequentes planares em solo, potencialidade para a geração de corridas de massa restrita a alguns anfiteatros, queda e rolamentos de blocos em afloramentos restritos de rochas graníticas, escorregamentos e

<sup>90</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. São Paulo. Folha SF.23-Y-C São Paulo. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica São Paulo. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

deslocamentos rochosos condicionados por estruturas planares em afloramentos restritos de rochas xistosas, foliadas e bandadas.

A seguir é apresentada a **Fotos 10.1.4.2.2-7** referente à Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Movimentos de Massa reconhecida no Planalto ao longo da faixa da AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**.



**FOTO 10.1.4.2.2-7: Vista da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Movimentos de Massa reconhecida no Planalto e associada aos morros médios e altos de topos convexos conformados sobre quartzitos (Complexo Piracaia) e granitos (Maciço Granitóide Terra Nova) na região da Serra do Japi. Visada para noroeste, na altura da estaca 69. Município de Jundiaí**

#### ***UNIDADE GEOTÉCNICA COM SUSCETIBILIDADE À EROSÃO (IIIB)***

A Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão (**IIIB**) ocupa grandes extensões no Planalto, e seus terrenos associam-se aos trechos do Planalto Paulistano/Alto Tietê, do Planalto Paulista e do Planalto de Jundiaí. São reconhecidos desde o limite com a Serra do Mar ao sul, passando pelas margens das represas Billings e Guarapiranga, avançando até a margem esquerda do rio Pinheiros e junto ao rio Tietê e arredores, e ocupando grande parte da faixa da AII na região metropolitana de São Paulo, incluindo a porção leste do traçado previsto, em parte dos municípios de Itaquaquecetuba e Ribeirão Pires. Também é reconhecida na região das cidades de Diadema, São Bernardo do Campo, Santo André e Mauá.

A Unidade ocorre de forma subordinada a partir da porção norte da cidade de São Paulo até os arredores da cidade de Jundiaí, quando seus terrenos passam a predominar amplamente, sendo reconhecidos através dos municípios de Várzea Paulista, Louveira, Vinhedo e Itupeva, até os arredores da cidade de Campinas (porção sul do município).

A Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão correlaciona-se com as rochas granitóides da Fácies Cantareira e migmatitos e gnaisses do Complexo Embu, a sul do rio Tietê e a oeste do rio Pinheiros, assim como com os depósitos terciários da Bacia de São Paulo existentes a leste dos rios Pinheiros e Tietê, e que se prolongam para sul na margem direita do reservatório da Guarapiranga e, em parte, com os morros e morrotes conformados sobre os xistos do Complexo Pilar.

No trecho compreendido entre os municípios de Santana de Parnaíba, Cajamar, Jundiaí, Louveira, Vinhedo, Valinhos e sul de Campinas, seus terrenos têm estreita correlação com rochas metamórficas diversas dos grupos Serra do Itaberaba e São Roque e, principalmente, do Complexo Piracaia, ou ainda, com o Granito Itupeva, aflorante no município homônimo.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.4.2.2-8** e **10.1.4.2.2-9** referentes à Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão reconhecida no Planalto ao longo da faixa da AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**.





**FOTO 10.1.4.2.2-8: Vista da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão reconhecida no Planalto nos arredores do entroncamento do Rodoanel com a Rodovia dos Bandeirantes. Visada para norte-noroeste. Altura da estaca 88+500m. Município de São Paulo**



**FOTO 10.1.4.2.2-9: Vista da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão reconhecida no Planalto nos arredores do Hopi Hari, onde predominam os gnaisses do Complexo Piracaia. Visada para noroeste. Arredores da estaca 44+500m. Municípios de Itupeva e Vinhedo**

### ***UNIDADE GEOTÉCNICA DOS RELEVOS CÁRSTICOS E DAS ROCHAS CARBONÁTIICAS (IIIC)***

A Unidade Geológica dos Relevos Cársticos e das Rochas Carbonáticas (**IIIC**) tem ocorrência muito restrita na AII, onde ocupa três porções de forma lenticular em planta, duas delas localizadas em Santana de Parnaíba, na margem esquerda do rio Juqueri junto da sua confluência com o rio Tietê, e na margem direita do rio Tietê, a norte do Reservatório Edgar de Souza; e a terceira em Cajamar, na margem direita do ribeirão dos Cristais, a norte da sua confluência com o córrego Itaim ou Bom Sucesso e no lado oeste da rodovia Anhanguera, onde ocorreu o fenômeno de colapso de solo decorrente de um dolinamento (IPT, 1987c<sup>91</sup>) em agosto de 1986.

De acordo com a Carta Geológica São Paulo (CPRM, 1999<sup>92</sup>), as ocorrências de Santana de Parnaíba têm estreita correlação com rochas metavulcânicas a metasubvulcânicas básicas tholeiíticas com prováveis rochas piroclásticas associadas, enquanto que aquela de Cajamar está relacionada a filitos com intercalações de calciofilitos, mármore e quartzitos, além de metamargas e calcários, todos litotipos da Formação Pirapora do Bom Jesus.

<sup>91</sup> INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). Diagnóstico do abatimento do terreno em Cajamar, SP e definição de modelos e diretrizes para a resolução do problema. São Paulo: IPT, 1987c. 7 v. (Relatório n. 25053).

<sup>92</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. São Paulo. Folha SF.23-Y-C São Paulo. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica São Paulo. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

A Unidade Geológica dos Relevos Cársticos e das Rochas Carbonáticas constitui terrenos onde predominam os processos de afundamentos cársticos. Apresenta alta suscetibilidade a subsidências (afundamentos lentos) e colapsos (afundamentos bruscos) desenvolvidos em superfície como reflexo da dissolução do substrato rochoso carbonático em subsuperfície. Tais fenômenos ocorrem naturalmente, mas podem ser induzidos e potencializados por rebaixamentos acentuados dos níveis potenciométricos dos aquíferos, oscilações frequentes destes níveis, infiltração concentrada de água no solo, cargas elevadas sobre o solo, vibrações, etc..

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.2.2-10** referente à Unidade Geotécnica dos Relevos Cársticos e Rochas Carbonáticas reconhecida no Planalto ao longo da faixa da AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**.



**FOTO 10.1.4.2.2-10: Região de exposição da Unidade Geotécnica dos Relevos Cársticos e Rochas Carbonáticas reconhecida no Planalto, presentes na AII ao longo do traçado norte-sul da dutovia. Principais ocorrências delimitadas nos municípios de Cajamar e Santana de Parnaíba, na altura das estacas 83 a 85. (Imagem GoogleEarth – Pedreira Pires – Cajamar)**

#### ***UNIDADE GEOTÉCNICA DOS DEPÓSITOS ALUVIAIS (IIID)***

A Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais (**IIID**) identificada no Planalto correlaciona-se aos depósitos quaternários associados às várzeas dos córregos, riachos, ribeirões e rios que drenam seus terrenos. As principais drenagens presentes no Planalto são os rios Juqueri e afluentes, como o ribeirão dos Cristais, que banham terrenos dos municípios de Cajamar, São Paulo, Caieiras e Franco da Rocha; os rios Pirajussara, Tietê e Pinheiros, principalmente nos municípios de São Paulo, Osasco, Carapicuíba, Taboão da Serra, Suzano e Mogi das Cruzes, bem como o ribeirão Jundiuvira, tributário da margem direita do rio Tietê, e localizado no limite dos municípios de Cajamar e Jundiaí; aquelas drenagens que deságuam nos reservatórios da Guarapiranga e Billings, assim como as cabeceiras dos afluentes das margens esquerda e direita do rio Tamanduateí. A noroeste da região metropolitana de São Paulo até os arredores de Campinas, destacam-se os rios, Jundiaí, Jundiaí-Mirim e Capivari, que cruzam quase toda a extensão da AII nas direções NW-SE e WNW-ESE.

A Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água), assoreamento de canais da drenagem, solapamento das margens, recalques excessivos e/ou diferenciais das



estruturas de fundação, degradação de pavimentos viários e dificuldades eventuais de escavação pela instabilidade das paredes.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.4.2.2-11 e 10.1.4.2.2-12** referentes à Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais reconhecida no Planalto ao longo da faixa da AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**.



**FOTO 10.1.4.2.2-11: Aspectos da Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais associada às várzeas de drenagens maiores e que recobre parcialmente as unidades dos planaltos de Jundiaí, Paulistano/Alto Tietê e Paulista. Vista dos terrenos planos da planície de inundação do rio Jundiaí. Visada para sudoeste. Região da estaca 55. Município de Jundiaí**



**FOTO 10.1.4.2.2-12: Aspectos da Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais associada às várzeas de drenagens maiores e que recobre parcialmente as unidades dos planaltos de Jundiaí, Paulistano/Alto Tietê e Paulista. Vista dos terrenos planos da planície de inundação do Rio Tietê. Região da estaca 253+500. Município de Suzano**

#### ***UNIDADE GEOTÉCNICA DE BAIXA SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS ANALISADOS (IIIE)***

A Unidade Geotécnica de Baixa Suscetibilidade aos Processos Analisados (**IIIE**) é identificada na faixa da AII no Planalto, nos municípios de São Paulo, São Bernardo do Campo, Santo André e no limite sul do município de Guarulhos, nas proximidades do TTGRU.

A Unidade Geotécnica de Baixa Suscetibilidade aos Processos Analisados constitui terrenos com baixas suscetibilidades aos processos analisados na cartografia geotécnica do Estado de São Paulo



(NAKAZAWA *et al.*, 1994<sup>93</sup>). Os problemas existentes e/ou potenciais são aqueles decorrentes da erosão em sulcos, ravinas e boçorocas, bem como expansão e colapso dos solos, além da ocorrência eventual de movimentos de massa e de inundações em consequência de intervenções muito drásticas e sem critérios associadas aos setores restritos desfavoráveis à ocupação, não individualizáveis na escala do mapa.

### **Bacia do Paraná**

Os terrenos ocupados pela Bacia do Paraná ocorrem englobados na Unidade Geomorfológica Depressão Periférica Paulista. Tem início no extremo sul do Município de Campinas e se estende até Paulínia/Cosmópolis, na extremidade norte da faixa da AII.

Na faixa da AII da Bacia do Paraná são reconhecidos e individualizados terrenos que apresentam como processos importantes do meio físico aqueles onde predominam a erosão com muito alta suscetibilidade e outros terrenos onde são reconhecidos como processos mais importante do meio físico a alta suscetibilidade à erosão e que podem conter como processo secundário a suscetibilidade ao colapso de solos.

Ainda são identificados na faixa da AII na Bacia do Paraná aqueles terrenos onde predominam depósitos aluviais e seus processos de adensamentos de solos moles, e os terrenos onde todos os processos do meio físico identificados apresentam baixa suscetibilidade.

### **UNIDADE GEOTÉCNICA COM MUITO ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO (IVA)**

No trecho da futura dutovia, a Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão (**IVA**) está presente no município de Paulínia, Hortolândia e Campinas até extremidade sudoeste deste últimos, nos arredores da divisa com o município de Indaiatuba.

De acordo com a carta geológica Campinas (CPRM, 1999<sup>94</sup>), a Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão – e que pode ou não apresentar como processos secundários os movimentos de massa – correlaciona-se com as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas e, principalmente, com as rochas sedimentares dos grupos Tubarão (Subgrupo Itararé) e São Bento (basaltos da Formação Serra Geral).

A Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão constitui terrenos onde predominam os processos de erosão. Apresentam muito alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas. Secundariamente, podem ocorrer processos de movimentos de massa, sendo de média suscetibilidade a escorregamentos induzidos em rochas sedimentares e basaltos, e processos de expansão/contração dos solos quando associados a argilitos, folhelhos e siltitos, aos quais apresentam média suscetibilidade.

<sup>93</sup> NAKAZAWA, V.A (coord.) Carta geotécnica do Estado de São Paulo: escala 1: 500.000. São Paulo: IPT, 2 vol. (Publicação IPT, 2089). 1994.

<sup>94</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Campinas. Folha SF.23-Y-A Campinas. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica Campinas. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.2.2-13** referente à Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão reconhecida na Bacia do Paraná (Depressão Periférica) ao longo da faixa da AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**.



**FOTO 10.1.4.2.2-13: Aspectos da Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão associada aos terrenos de colinas de topos convexos da Depressão Periférica (Bacia do Paraná) conformados sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé. Rodovia dos Bandeirantes. Região das estacas 19. Município de Campinas**

### ***UNIDADE GEOTÉCNICA COM ALTA SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO (IVB)***

No trecho do traçado da AII, a Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão (**IVB**) abrange grande parte da porção oeste do município de Campinas.

De acordo com os mapas geológicos do Estado de São Paulo da CPRM (1999) e do convênio DAEE-Unesp<sup>95</sup> (1984), a Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão correlaciona-se às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas e às rochas sedimentares do Grupo Tubarão (Subgrupo Itararé), nos arredores dos municípios de Campinas. Subordinadamente ocorre associada aos basaltos da Unidade dos Derrames Basálticos e dos Diques de Diabásio (Grupo São Bento – Formação Serra Geral). E para sudeste correlaciona-se aos gnaisses do Complexo Piracaia.

A Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão constitui terrenos onde predominam os processos de erosão e que apresentam alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, desencadeados por ações antrópicas mais drásticas do que apenas o desmatamento, que resultam de atividades que concentram o escoamento das águas pluviais à meia-encosta, sem as devidas medidas de proteção, em linhas de drenagem natural e em trechos de leito instável. Eventualmente são reconhecidos terrenos que apresentam, de forma secundária, alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra. Também podem ocorrer terrenos com ocorrência secundária de processos de colapso de solos.

<sup>95</sup> SÃO PAULO. Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). Bauru. São Paulo: DAEE, 1984. 1 mapa: colorido, 62 x 94 cm. Escala: 1:250.000. Convênio DAEE-UNESP. 1984.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.2.2-14** referente à Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão reconhecida na Bacia do Paraná (Depressão Periférica) ao longo da faixa da AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**.



**FOTO 10.1.4.2.2-14: Aspectos da Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão associada às colinas e morros baixos de topos convexos. Ocorrência de rochas gnáissicas do Complexo Piracaia e rochas sedimentares do Subgrupo Itararé na transição de relevos do Planalto para a Depressão Periférica. Município de Campinas**

#### ***UNIDADE GEOTÉCNICA DOS DEPÓSITOS ALUVIAIS (IVC)***

A Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais (**IVC**) correlaciona-se aos depósitos quaternários associados às várzeas dos córregos, riachos, ribeirões e rios, pertencentes às bacias do rio Capivari e Piracicaba, que drenam as áreas da Depressão Periférica.

A Unidade constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocados pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água), assoreamento de canais da drenagem, solapamento das margens, recalques excessivos e/ou diferenciais das estruturas de fundação, degradação de pavimentos viários e dificuldades eventuais de escavação pela instabilidade das paredes.



A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.2.2-15** referente à Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais reconhecida na Bacia do Paraná ao longo da faixa da AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**.



**FOTO 10.1.4.2.2-15: Aspectos da Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais associada às drenagens que recortam os terrenos da Bacia do Paraná, onde podem ocorrer processos de inundações e adensamento de solos moles. Várzea do rio Atibaia, junto à Rodovia Bertolo Ferro, a oeste da AII. Altura da estaca 1+500m. Município de Paulínia**

#### ***UNIDADE GEOTÉCNICA DE BAIXA SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS ANALISADOS (IVD)***

A Unidade Geotécnica de Baixa Suscetibilidade aos Processos Analisados (**IVD**) ocorre na faixa da AII associada à Bacia do Paraná, ocupando parte dos terrenos entre Campinas e Paulínia, à partir da estaca 13 até a Replan.

Os terrenos da Unidade Geotécnica de Baixa Suscetibilidade aos Processos Analisados podem estar correlacionados às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, e às rochas sedimentares do Grupo Tubarão (Subgrupo Itararé), e ainda, do Grupo São Bento (Unidade dos Derrames Basálticos e dos Diabásios Intrusivos correlacionados à Formação Serra Geral e às Rochas Intrusivas Tabulares), todos pertencentes à Bacia do Paraná (CPRM, 1999<sup>96</sup>; DAEE/UNESP, 1984<sup>97</sup>).

A Unidade Geotécnica de Baixa Suscetibilidade aos Processos Analisados constitui terrenos com baixas suscetibilidades aos processos analisados na cartografia geotécnica do Estado de São Paulo (NAKAZAWA *et al.*, 1994<sup>98</sup>). Os problemas existentes e/ou potenciais são aqueles decorrentes da erosão em sulcos, ravinas e boçorocas, bem como expansão e colapso dos solos, além da ocorrência eventual de movimentos de massa e de inundações em consequência de intervenções muito drásticas e sem critérios associadas aos setores restritos desfavoráveis à ocupação, não individualizáveis na escala do mapa.

<sup>96</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. São Paulo. Folha SF.23-Y-C São Paulo. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica São Paulo. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

<sup>97</sup> SÃO PAULO. Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). Bauru. São Paulo: DAEE, 1984. 1 mapa: colorido, 62 x 94 cm. Escala: 1:250.000. Convênio DAEE-UNESP. 1984.

<sup>98</sup> NAKAZAWA, V.A (coord.) Carta geotécnica do Estado de São Paulo: escala 1: 500.000. São Paulo: IPT, 2 vol. (Publicação IPT, 2089). 1994.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.2.2-16** referente à Unidade Geotécnica com Processos de Baixa Suscetibilidade reconhecida na Bacia do Paraná ao longo da faixa da AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**.



**FOTO 10.1.4.2.2-16: Aspectos da Unidade Geotécnica com Processos de Baixa Suscetibilidade na Depressão Periférica associada às rochas do Subgrupo Itararé, como as ocorrências verificadas na região de Paulínia**

### **10.1.4.3    *ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID) E ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA)***

#### **10.1.4.3.1 Introdução**

Os trabalhos desenvolvidos para o diagnóstico da Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA) pelo empreendimento compreenderam as atividades de fotointerpretação geológica e pesquisa bibliográfica, de forma a se obter os dados secundários sobre a área, e reconhecimento geológico-geotécnico de superfície e investigações geológico-geotécnicas de subsuperfície nas áreas dos terminais para a obtenção de dados primários.

Por meio de avaliação de fotografias e imagens aéreas, foram identificadas as diferentes unidades e estruturas geológicas presentes na AID/ADA, e avaliadas as possíveis ocorrências de depósitos de materiais transportados como corpos de talus e de coluvião; cicatrizes de rupturas e antigos escorregamentos; processos erosivos antigos e atuais; assoreamentos e demais ocorrências naturais ou decorrentes de ação antrópica.

Os estudos regionais e locais já realizados – compreendendo mapeamentos e pesquisas referentes às litologias e parâmetros geotécnicos dos materiais presentes na área – foram pesquisados na bibliografia técnica disponível. Para aferição direta e melhor caracterização das unidades, estruturas geológicas e processos supérgeos, e avaliação das condições de fundação, estabilidade e conservação de taludes naturais e escavados, aterros e drenagem superficial, foi realizado um reconhecimento geológico-geotécnico da AID/ADA nos meses de junho e dezembro de 2013.

Os trabalhos foram realizados ao longo das estradas e acessos existentes, percorrendo-se, quando necessário, caminhos, picadas e trilhas, de forma a se inspecionar os taludes naturais, taludes de cortes, aterros, depósitos aluviais presentes na planície, afloramentos de rocha, erosões, assoreamentos, etc., ao longo do traçado e da faixa que compreende o empreendimento. Os dados obtidos são apresentados no Mapa Geotécnico da AID que constitui o **Volume 7 - Desenhos**.

Os materiais representativos das unidades geológico-geotécnicas nas áreas dos terminais foram caracterizados por meio de investigações de superfície assim como em dados de algumas sondagens à percussão realizadas na fase de investigação do terreno. À essas sondagens estão associados dados de SPT para as diversas unidades atravessadas, assim como coleta de amostras de solo a cada metro.

#### 10.1.4.3.2 Unidades Geotécnicas

A descrição dos aspectos geotécnicos da AID/ADA da área compreendida pelo empreendimento, a seguir apresentada, é baseada nas folhas Iguape, São Paulo, Ribeirão Preto e Bauru da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, em escala 1:500.000, elaborada pelo DCET/IPT (NAKAZAWA *et al.*, 1994<sup>99</sup>) e no seu Quadro-legenda com os processos do meio físico mais importantes.

As áreas individualizadas, onde estão concentrados os processos do meio físico importantes para a previsão do comportamento geotécnico dos terrenos ante seus usos, foram compiladas e são apresentadas no Mapa Geotécnico anexo, que constitui o **Volume 7 - Desenhos**, estando suas descrições a seguir.

##### **Baixada Santista**

Corresponde à unidade geomorfológica Baixada Santista, e encontra-se delimitada pelas escarpas da Serra do Mar a norte e a nordeste, ou parcialmente protegida ou isolada por morros e morrotes litorâneos reconhecidos entre as cidades do Guarujá e de Cubatão. Na região da Baixada Santista são identificadas na faixa da AID/ADA as unidades 11, 12, 14 e 15.

##### ***TERRENOS COM MUITO ALTA SUSCETIBILIDADE A RECALQUES POR ADENSAMENTO DE SOLOS MOLES (UNIDADE GEOTÉCNICA 11)***

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 11 foi incluída na Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais, onde predominam os processos de adensamento de solos moles, inundações diárias associadas às marés ou inundações pluviais, associados aos depósitos de mangue e pântanos e aos depósitos flúvio-marinhos.

A Unidade 11 correlaciona-se aos depósitos quaternários de mangue e pântanos sujeitos à influência de marés ocupando os terrenos mais baixos e próximos aos canais da Baixada Santista. São reconhecidos na faixa da AID/ADA, na extremidade sul da dutovia e associada às margens do Canal de Bertioiga e se prolongam até a margem esquerda do rio Diana, imediatamente a sul da extremidade sudeste (scraper), assim como junto às margens e arredores dos rios da Onça e Quilombo no intervalo entre as estacas 192+300 e 195+750m, onde ocorrem delimitados pelas serras do Quilombo (ao sul) e do Morrão (ao norte). A Unidade 11 também é verificada nas proximidades dos rios Mogi e Cubatão, a sul de um morro isolado e em contato com a raiz da Serra do Mar, sendo mapeada entre as estacas 181 e a ERP, aproximadamente.

A Unidade 11 constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam muito alta suscetibilidade a recalque por adensamento de solos moles, e inundações diárias associadas às marés. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações diárias associadas ao ciclo das marés, recalques em fundações e aterros, assoreamento dos canais dependente das condições da vegetação típica, responsável pela fixação dos sedimentos.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamentos descritos na Unidade 11 correlacionam o mangue, terrenos baixos e planos, sujeitos a ciclos diários de inundação conforme a variação das marés, sedimentos lamosos com matéria orgânica e restos de conchas e vegetais com intercalações de areia fina, terrenos de baixa capacidade de suporte, apresentando na maioria das vezes SPT = 0, sedimentos fixados pela vegetação de mangue.

<sup>99</sup> NAKAZAWA, V.A (coord.) Carta geotécnica do Estado de São Paulo: escala 1: 500.000. São Paulo: IPT, 2 vol. (Publicação IPT, 2089). 1994.



Quanto aos aspectos de uso de solo, nos terrenos da Unidade 11 podem ocorrer estruturas como atracadouros e marinas e habitações subnormais como palafitas, sendo também constatado o avanço do uso urbano/industrial por degradação/aterro do mangue. As áreas da Unidade 11 associadas aos depósitos quaternários de mangue e pântanos são protegidas por lei (Áreas de Preservação Permanente).

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.3.2-1**, ilustrativa dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 11.



**FOTO 10.1.4.3.2-1: Aspecto geral da Unidade Geotécnica 11 na Baixada Santista – onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles e inundações diárias associadas às marés – observados na região do cruzamento do Canal de Bertioga com a Rodovia Cônego Domênico Rangoni (Piaçaguera-Guarujá). Imediatamente a sul da AID (a sul da estaca 200+682m)**

***TERRENOS DE ALTA SUSCETIBILIDADE A RECALQUES POR ADENSAMENTO DE SOLOS MOLES E INUNDAÇÕES PLUVIAIS (UNIDADE GEOTÉCNICA 12)***

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 12 foi incluída na Unidade Geotécnica dos Depósitos Marinhos e Mistos Antigos e Atuais, onde predominam os processos de adensamento de solos moles, inundações diárias associadas às marés ou inundações pluviais, associados aos depósitos de mangue e pântanos e aos depósitos flúvio-marinhos.

A Unidade 12 correlaciona-se aos depósitos quaternários flúvio-marinhos assentados atualmente além dos locais sujeitos à influência de marés, em terrenos relativamente mais altos – quando comparados aos depósitos de mangue – e em posição intermediária entre os canais e os sopés das encostas de morros litorâneos e das escarpas da Serra do Mar. Ocorre nos arredores de Cubatão – entre as estacas 181 e 184+800m –, nas proximidades e nas margens do rio Moji na região onde esta drenagem cruza a faixa da AID/ADA – entre as estacas 186 e 191 –, entre a margem direita do rio Jurubatuba até o contato com as escarpas meridionais da Serra do Quilombo – da estaca 197+100m até a estaca 198+600m –, em ambas as margens do rio Diana e, principalmente, na sua margem direita – entre a estaca 199+500m e a extremidade sul da AID.

A Unidade 12 constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam alta suscetibilidade a recalque por adensamento de solos moles, e inundações pluviais. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações frequentes durante os períodos mais chuvosos, decorrentes das dificuldades de escoamento de águas superficiais nestes terrenos, devido à baixa declividade, obstruções de fluxo, ausência ou deficiência do sistema de drenagem, recalques localizados em fundações, aterros, infra-estrutura subterrânea e pavimentos viários por adensamento de solos moles, danificação do leito das vias devido à saturação do subleito, assoreamento do sistema de drenagem, acentuando as condições de inundação e comprometendo até mesmo a qualidade das águas das praias adjacentes, e instabilidade das paredes de escavação.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamentos descritos na Unidade 12 correlacionam os sedimentos flúvio-lagunares e de baía, constituídos por sedimentos argilosos, com intercalações arenosas, com muita matéria orgânica, conferindo-lhes, por vezes, constituição turfosa, terrenos baixos e com declividade inferior a 5% separados das praias por cordões litorâneos, os sedimentos argilosos ocorrem geralmente até a profundidade de 20m, podendo estar aflorando em superfície, nível d'água próximo à superfície ou mesmo aflorante durante boa parte do ano, estabelecendo áreas constantemente encharcadas, solo com baixa capacidade de suporte, apresentando SPT muito baixo (predominantemente menor que 2).

Quanto aos aspectos de uso de solo, os melhores terrenos da Unidade 12 encontram-se esgotados, e a expansão urbana e industrial de parte das cidades litorâneas da Baixada Santista, tem-se dado sobre os terrenos dessa unidade. Contudo, são os terrenos mais problemáticos para a ocupação urbana na baixada litorânea, em parte já ocupados pelas áreas de expansão principalmente na Baixada Santista.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.3.2-2**, ilustrativa dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 12.



**FOTO 10.1.4.3.2-2: Aspecto geral da Unidade Geotécnica 12 na Baixada Santista, onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles e inundações pluviais – presentes no vale aberto do rio Moji e verificados a partir do viaduto da Rodovia Cônego Domênico Rangoni (Piaçaguera-Guarujá), arredores da COSIPA, na altura da estaca 190**

**TERRENOS COM MÉDIA SUSCETIBILIDADE A RECALQUES DIFERENCIAIS E A IMPACTOS POR ESCORREGAMENTOS (UNIDADE GEOTÉCNICA 14)**

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 14 foi incluída na Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais de Encostas, onde predominam depósitos colúvio-eluvionares e de tálus no sopé das escarpas da Serra do Mar e em trechos serranos dos morros litorâneos, sujeitos a recalques diferenciais e a impactos por escorregamentos.

A Unidade 14 correlaciona-se aos sedimentos quaternários continentais indiferenciados, que incluem sedimentos colúvio-eluvionares areno-argilosos e depósitos de caráter variado associados a encostas, como os depósitos de tálus. Constitui terrenos situados junto ao sopé das escarpas da Serra do Mar, na transição dos trechos serranos para os de baixada. Na faixa da AID/ADA, é identificada como um corpo mais extenso entre morros e morrotes isolados e a porção meridional da Serra do Quilombo, nas proximidades do rio Jurubatuba e, principalmente, a leste-nordeste da Rodovia Piaçaguera-Guarujá, sendo reconhecida entre as estacas 198+600m e 199+800m, aproximadamente.

A Unidade 14 constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam média suscetibilidade a recalques diferenciais e a impactos por escorregamentos. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem impactos pela deposição de materiais provenientes de escorregamentos das áreas de montante, recalque diferencial em fundações parcialmente apoiadas em blocos e matações, dificuldade na implantação de infra-estrutura subterrânea, rolamento e queda de blocos superficiais por descalçamento decorrente de erosão ou de cortes, e instabilização de depósitos de tálus por alteração na sua geometria e na circulação de águas subsuperficiais.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamento de solos moles descritos na Unidade 14 correlacionam sedimentos continentais do sopé de encostas de escarpas serranas; faixas abrangendo o sopé das encostas e áreas da baixada adjacente, situadas imediatamente abaixo de zonas potencialmente instáveis; ocorrência de blocos, tanto em superfície quanto em profundidade, envolvidos por matriz areno-argilosa (cones de dejeção); e depósitos de tálus representados por corpos altamente instáveis.

Quanto aos aspectos de uso de solo, os terrenos da Unidade 14 são interceptados por obras lineares (estradas, dutos, etc.) em toda a faixa litorânea do Estado de São Paulo. No município de Cubatão, a ocupação está representada essencialmente por indústrias do Pólo Petroquímico, até mesmo com riscos de danificação por movimentos de massa nas encostas a montante.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.3.2-3**, ilustrativa dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 14.





**FOTO 10.1.4.3.2-3: Unidade Geotécnica 14, associada aos depósitos colúvio-eluvionares e corpos de talus identificados no sopé de encostas – com processos de inundações e adensamento de solos moles, e média suscetibilidade a recalques diferenciais e impactos por escorregamentos – demarcada na faixa da AID/ADA a sudeste da Serra do Quilombo, entre as estacas 198+600m e 199+800m**

***TERRENOS COM ALTA SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES, RECALQUES, ASSOREAMENTO E EROSÃO FLUVIAL (UNIDADE GEOTÉCNICA 15)***

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 15 foi denominada Unidade Geotécnica dos Depósitos Continentais Aluviais, onde predominam terrenos associados aos depósitos aluviais quaternários de calhas dos rios e ribeirões maiores sujeitos a processos de inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios.

A Unidade 15 correlaciona-se aos depósitos quaternários associados às calhas dos rios e ribeirões maiores que drenam as áreas da baixada litorânea, e são reconhecidos imediatamente associados preferencialmente à Unidade 11 (depósitos de mangue e pântanos) e/ou à Unidade 12 (depósitos flúvio-lagunares e de baías). As principais calhas de drenagens presentes na AID onde são verificados os terrenos que constituem a Unidade 15 são as dos rios Perequê – entre as estacas 184+800m e 186, Quilombo – altura da estaca 195 – e Jurubatuba – altura da estaca 198+500 –, os dois últimos nos limites da faixa da AID/ADA da dutovia. A Unidade 15 constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água), assoreamento de canais da drenagem, solapamento das margens, recalques excessivos e/ou diferenciais das estruturas de fundação, degradação de pavimentos viários e dificuldades eventuais de escavação pela instabilidade das paredes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamentos descritos na Unidade 15 correlacionam os sedimentos aluviais recentes com textura diversa, terrenos praticamente planos (declividades inferiores a 5%) formando as planícies aluviais, geralmente estreitas e alongadas, acompanhando os cursos d'água e estruturadas com até três níveis de terraços, nível d'água raso, presença eventual de camadas de turfa ou argilas orgânicas moles, e materiais com baixa capacidade de suporte, principalmente no domínio dos sedimentos mais finos (argilo-siltosos e/ou orgânicos).

Quanto aos aspectos de uso de solo, com exceção de algumas drenagens maiores – como observado em parte da calha do rio Perequê, que se encontra mais próxima à raiz da Serra do Mar em vales mais encaixados, a maioria dos terrenos da Unidade 15 nas cidades da baixada litorânea, encontra-se aterrada e ocupada por moradias, indústrias e sistemas viários, com os cursos d'água alterados (retificados/canalizados) para reduzir as inundações.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.3.2-4**, ilustrativa dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 15, identificada na Baixada Santista.



**FOTO 10.1.4.3.2-4: Unidade Geotécnica 15 na Baixada Santista, associada aos depósitos recentes das calhas dos rios – com processos de inundações e adensamento de solos moles, e alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios – presente na faixa da AID/ADA junto ao rio Cubatão**

### **Serra do Mar**

Corresponde à unidade geomorfológica Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos. Faz contato com a unidade 3/6a do Planalto na altura da estaca 179. No trecho Serra do Mar – onde encontra-se instalada a faixa da AID/ADA – pode ser reconhecida a unidade 4/3.

### ***TERRENOS DE MUITO ALTA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA (NATURAIS E INDUZIDOS) E DE ALTA SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS SECUNDÁRIOS DE EROSÃO NO HORIZONTE C (UNIDADE GEOTÉCNICA 4/3)***

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 4/3 integra a Unidade Geotécnica com Alta e Muito Alta Suscetibilidade a Escorregamentos e Alta Suscetibilidade a Processos Erosivos Secundários em que predominam terrenos onde se destacam os processos de movimentos de massa, com processos de erosão subordinados. A suscetibilidade desses terrenos é muito alta ou alta aos movimentos de massa (escorregamentos naturais e/ou induzidos), e alta aos processos secundários de erosão. Terrenos com muito alta suscetibilidade a escorregamentos ocupam em grande parte as escarpas da Serra do Mar. Também ocorrem aqueles com características um pouco distintas associados aos morros alongados litorâneos e morros isolados menores, de alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos e alta suscetibilidade a erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra.

A Unidade 4/3 faz contato com as unidades da Baixada Santista, e com a unidade 3/6a do Planalto. Constitui em grande parte as escarpas das serras do Mar, do Morrão e do Quilombo, além de morros e morrotes isolados identificados a norte do Canal de Bertioga até a raiz da Serra do Mar. É reconhecida na faixa da AID/ADA entre as estacas 198+600m (Morro do Guarapa) e 181

(raiz da Serra do Mar) e tem continuidade como a escarpa da Serra do Mar até a altura das estacas 179, no trecho que ocorre em contato com a unidade 3/6a do Planalto.

A Unidade 4/3 associa-se, sobretudo, com as rochas migmatíticas e gnáissicas do Complexo Costeiro, assim como com as rochas granitóides intrusivas neste ou, ainda, à Zona de Cisalhamento de Cubatão e aos xistos, filitos/filonitos e quartzitos subordinados do Complexo Embu.

A Unidade 4/3 constitui terrenos onde predominam os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados. Apresentam muito alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos, além de alta suscetibilidade a processos secundários de erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de massa.

De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas predominantes existentes e/ou potenciais abrangem rastejo generalizado nas encostas, rastejo e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões) inclusive à meia-encosta, escorregamentos planares em solo muito frequentes, potencialidade para a geração de corridas de massa em anfiteatros, queda e rolamentos de blocos em afloramentos de rochas graníticas, escorregamentos e deslocamentos rochosos condicionados por estruturas planares em afloramentos de rochas xistosas, foliadas e bandadas.

Os processos potenciais descritos acima podem ocorrer naturalmente e de forma generalizada no compartimento, sendo deflagrados por eventos pluviométricos intensos. São fortemente induzidos por intervenções relativas ao uso do solo, como desmatamentos, movimentos de terra e mudanças na dinâmica das águas das vertentes.

Ainda de acordo com o referido quadro-legenda, os problemas existentes e/ou potenciais relativos aos processos secundários – erosão - dizem respeito à erosão acelerada por sulcos e ravinas, desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre o horizonte C, *in situ* e nos aterros; à exposição dos solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas; à erosão sobre os solos superficiais (horizontes A e B) pouco significativa; e ao assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo predominante observado na Unidade 4/3 correspondem à ocorrência de relevo em escarpas com amplitudes de centenas de metros, associadas às rochas do embasamento cristalino (filitos, xistos, gnaisses, granitos, migmatitos, etc.), encostas de perfil predominantemente retilíneo e com declividades superiores a 30°, solos superficiais (horizontes A e B pedológicos) argilosos, muito rasos, com espessuras máximas em torno de 1m, ou mesmo ausentes, solos de alteração/saprolito siltosos, cor variegada, de espessura variável, raramente ultrapassando 5m ou completamente ausentes (afloramentos rochosos), afloramentos rochosos relativamente frequentes, associados aos setores de encostas com declividade superior a 45°, e depósitos detríticos de encosta (coluviões e tálus) frequentes e associados aos setores mais suavizados.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo secundário associado na Unidade 4/3 correspondem à ocorrência de relevo de morros e morrotes predominante no domínio de rochas do embasamento cristalino; encostas com declividades predominantes entre 20% e 70%; cobertura generalizada por solo superficial argiloso, vermelho, laterizado, com 1m de espessura, muito resistente à erosão; solos de alteração subjacentes predominantemente siltosos, às vezes micáceos, de cor variegada e com estruturas da rocha matriz mantidas, de baixa coesão, facilmente erodíveis; solos de alteração com espessuras de poucos metros nos relevos enérgicos a dezenas de metros nos relevos mais suaves, dependendo da litologia e do relevo; e nível d'água muito profundo, embora com ocorrência de surgências d'água nos cortes.



Quanto aos aspectos de uso de solo, a Unidade 4/3 na região da Serra do Mar apresenta predominância absoluta da cobertura vegetal arbórea (remanescentes da Mata Atlântica), vias de ligação importantes, tais como a rodovia Anchieta, as ferrovias Santos-Jundiaí, dutovias (água, gás, petróleo e derivados), linhas de transmissão, ocupação urbana incipiente mas crescente em alguns pontos junto à Baixada Santista, e ocupação industrial importante junto ao sopé da escarpa da Serra do Mar em Cubatão (Pólo Petroquímico).

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.3.2-5**, ilustrativa dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 4/3, identificada na Serra do Mar.



**FOTO 10.1.4.3.2-5: Unidade Geotécnica 4/3 na Serra do Mar, contendo rochas metamórficas dos complexos Costeiro e Embu, rochas granitóides, por vezes afetadas pela Zona de Cisalhamento de Cubatão, e onde ocorrem processos predominantes associados aos movimentos de massa, tendo como processos secundários aqueles associados à erosão. Visão para noroeste à partir da estaca 181, com destaque para os dutos da usina Henry Borden**

### **Planalto**

Os terrenos agrupados no Planalto incluem o Planalto Paulistano/Alto Tietê e o Planalto de Jundiaí, conformados sobre rochas do embasamento cristalino, além do Planalto de São Paulo, associado aos depósitos paleógenos da Bacia de São Paulo. As unidades geotécnicas do Planalto são reconhecidas desde a região da Represa do Rio das Pedras, em contato com a escarpa da Serra do Mar na altura da estaca 179, e ocupam a faixa da AID/ADA junto e nos arredores da Via Anchieta e por toda a extensão do trecho sul e parte do trecho oeste do Rodoanel Mário Covas até o entroncamento com a Rodovia Castelo Branco, na altura da estaca 101, e continua através de terras dos municípios de Barueri, Santana de Parnaíba, Cajamar, Jundiaí, Louveira, Vinhedo, Itupeva e sul de Campinas, até a altura da estaca 24, aproximadamente.

Sua ocorrência também pode ser observada no extremo leste da faixa da AID, abrangendo os municípios de Santo André, Rio Grande da Serra, Suzano, Mauá, Ribeirão Pires, Ferraz de Vasconcelos, Mogi das Cruzes e Itaquaquecetuba. Neste segmento da AID, as unidades do Planalto têm contato com a Unidade Geotécnica 17, associada aos depósitos paleógenos da Bacia de São Paulo.

Nos terrenos do Planalto, na faixa da AID/ADA, são reconhecidas as unidades geotécnicas 5a/3, 3, 3/6a e 15, descritas a seguir.

***TERRENOS DE ALTA SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA (NATURAIS E INDUZIDOS) COM RELEVO DE MORROS COM SERRAS RESTRITAS, SERRAS ALONGADAS E MONTANHAS, CONSTITUÍDOS POR ROCHAS DO EMBASAMENTO CRISTALINO, E DE ALTA SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO NO HORIZONTE C (UNIDADE GEOTÉCNICA 5A/3)***

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 5a/3 integra a Unidade Geotécnica com Suscetibilidade a Movimentos de Massa, que ocorre de forma subordinada no Planalto, na porção oeste/noroeste e em parte na porção nordeste do Planalto Paulistano, assim como na região dos afluentes e nas margens da região norte do reservatório da Represa Billings, entre os municípios de Diadema e Mauá. Esses terrenos estão associados aos migmatitos e gnaisses do Complexo Embu e às rochas granitóides nele intrusivas, estando representados de forma subordinada na região de Diadema.

No extremo leste da AID, a unidade 5a/3 abrange os terrenos localizados entre ao TTMAUA e as estacas 227+500m e 283+300m, abrangendo os municípios de Ribeirão Pires, Mauá e São Paulo, assim como o segmento até a estaca 246+500, abrangendo parte dos municípios de Suzano e Ferraz de Vasconcelos. Entre as estacas 254 e 258, após o cruzamento do traçado com o Rio Tietê, no município de Mogi das Cruzes, observa-se a unidade em contato com as unidades associadas à Bacia de São Paulo, que se encontram na porção central da Região Metropolitana.

Com relação ao segmento norte-sul, a Unidade Geotécnica 5a/3 ocorre ainda, na altura das estacas 65+500m a 69, predominando a sudoeste do traçado da dutovia, onde está associada a quartzitos, calciossilicáticas, metarenitos, gonditos e anfibolitos do Complexo Piracaia e ao Granito Terra Nova, e na região metropolitana de São Paulo, a sul da estaca 74, onde afloram rochas metamórficas dos grupos São Roque e Serra do Itaberaba, além de rochas granitóides intrusivas.

A Unidade 5a/3 ocorre delimitada no Planalto na região da represa Billings – próximo à estaca 159 – e a norte do rio Tietê até as proximidades da Zona de Cisalhamento de Jundiuvira – entre as estacas 97+700m e 74, ocorrendo intercalada com as unidade 3/6a e 7 entre as estacas 88 a 90+500m e 82+800m a 84+300m, na região do ribeirão dos Cristais e do rio Juqueri, assim como do Morro do Polvilho e Cajamar, respectivamente.

Do ponto de vista geológico, a Unidade 5a/3 tem estreita correlação com as rochas cristalinas do embasamento. Na região localizada na margem norte da Represa Billings ocorrem os migmatitos e gnaisses do Complexo Embu e rochas granitóides do Maciço Granitóide Três Lagos, enquanto que ao norte da região metropolitana de São Paulo, afloram rochas metamórficas dos grupos São Roque e Serra do Itaberaba, além dos granitos Itaim e Cantareira. Já no município de Jundiaí, está associada a quartzitos, calciossilicáticas, metarenitos, gonditos e anfibolitos do Complexo Piracaia e ao Granito Terra Nova.

Relacionados ao Grupo Serra do Itaberaba, são identificados principalmente os xistos bandados (micaxistos/metarenitos) da Formação Morro da Pedra Preta, além dos xistos porfiroblásticos e *metacherts* da Formação Nhanguçu, enquanto que o Grupo São Roque está representado por sericita filitos, quartzo filitos, microconglomerados, metarenitos e metagrauvacas da Formação Estrada dos Romeiros, por metarenitos arcoseanos, metassilitos, metarcóseos, metagrauvacas e quartzitos da Formação Boturuna, e por filitos com intercalações de calciofilitos, mármore e quartzitos, metamargas, calcários, além de anfibolitos, metacalcários, metadolomitos e calciossilicáticas subordinados, da Formação Pirapora do Bom Jesus (CPRM, 1999).

A Unidade 5a/3 constitui terrenos onde predominam os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados. Apresentam alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos, bem como alta suscetibilidade a erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem escorregamentos de solo com geometria predominantemente planar, rastejo frequente nas encostas, rastejo e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões), escorregamentos frequentes planares em solo,

potencialidade para a geração de corridas de massa restrita a alguns anfiteatros, queda e rolamentos de blocos em afloramentos restritos de rochas graníticas, escorregamentos e deslocamentos rochosos condicionados por estruturas planares em afloramentos restritos de rochas xistosas, foliadas e bandadas.

Os processos potenciais descritos acima podem ocorrer naturalmente, deflagrados por eventos pluviométricos muito intensos, e induzidos por intervenções relativas ao uso do solo, particularmente na execução de terraplanagem e mudança na dinâmica das águas.

Os problemas existentes e/ou potenciais relativos aos processos secundários – erosão - dizem respeito à erosão acelerada por sulcos e ravinas, desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre o horizonte C, *in situ* e nos aterros; à exposição dos solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas; à erosão sobre os solos superficiais (horizontes A e B) pouco significativa; e ao assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo predominante observado na Unidade 5a/3 correspondem à ocorrência de relevo de morros com serras restritas, serras alongadas, e montanhas no domínio das rochas cristalinas, encostas com perfil predominantemente retilíneo e declividades superiores a 20°, solos superficiais argilosos com espessura em torno de 1m, solos de alteração siltosos e de cor variegada com espessuras da ordem de 5-15m, depósitos detríticos (coluviões e tálus) apenas a jusante dos setores mais íngremes e de maior amplitude da encosta, afloramentos rochosos pouco frequentes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo secundário associado na Unidade 5a/3 correspondem à ocorrência de relevo de morros e morrotes predominante no domínio de rochas do embasamento cristalino; encostas com declividades predominantes entre 20% e 70%; cobertura generalizada por solo superficial argiloso, vermelho, laterizado, com 1m de espessura, muito resistente à erosão; solos de alteração subjacentes predominantemente siltosos, às vezes micáceos, de cor variegada e com estruturas da rocha matriz mantidas, de baixa coesão, facilmente erodíveis; solos de alteração com espessuras de poucos metros nos relevos enérgicos a dezenas de metros nos relevos mais suaves, dependendo da litologia e do relevo; e nível d'água muito profundo, embora com ocorrência de surgências d'água nos cortes.

Quanto aos aspectos de uso de solo, nas cidades da região metropolitana, destaca-se o crescimento acelerado sobre terrenos cada vez mais íngremes, induzindo aos movimentos de massa e potencializando seus efeitos. Observa-se, também, assentamento urbano carente de infra-estrutura e ocupação urbana frequentemente realizada sem critérios ou, na melhor das hipóteses, com critérios estabelecidos para as áreas mais favoráveis, de urbanização mais antiga. De modo geral, os trechos urbanos localizados na Unidade 5a/3, como reconhecido na faixa da AID/ADA no trecho a norte do rio Tietê até a Rodovia dos Bandeirantes e, notadamente, na região do Morro Doce, nos arredores da Rodovia Anhanguera – tendem a apresentar problemas associados aos movimentos de massa cada vez mais frequentes e intensos decorrentes do esgotamento dos melhores terrenos e a consequente expansão sobre terrenos cada vez mais declivosos e instáveis.



A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.4.3.2-6 e 10.1.4.3.2-8**, ilustrativas dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 5a/3 identificada no Planalto.



**FOTO 10.1.4.3.2-6: Unidade Geotécnica 5a/3 reconhecida nos terrenos do Planalto na região da Represa Billings, associada às rochas do embasamento cristalino – rochas granitóides e gnaisses e migmatitos do Domínio Embu – e onde predominam os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados. Obra Rodoanel trecho Sul (2009).**



**FOTO 10.1.4.3.2-7: Unidade Geotécnica 5a/3 reconhecida nos terrenos do Planalto a norte do rio Tietê, associada às rochas do embasamento cristalino – rochas metamórficas dos grupos São Roque e Serra do Itaberaba e rochas granitóides do Domínio São Roque – e onde predominam os processos de movimento de massa, com processos de erosão subordinados**



**FOTO 10.1.4.3.2-8: Unidade Geotécnica 5a/3 reconhecida nos limites de município entre Mauá e São Paulo, próxima à estaca 233, associada às rochas do Complexo Embu, com o predomínio de processos de movimentos de massa e erosão subordinados**

### ***TERRENOS DE ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO NO HORIZONTE C (UNIDADE GEOTÉCNICA 3)***

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 3 é parte da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão, que ocupa grandes extensões do Planalto, desde a escarpa da Serra do Mar até a porção sul de Campinas, e constitui terrenos onde predominam os processos de erosão. A Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão apresenta alta suscetibilidade nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra. Frequentemente, ocorrem processos de movimento de massa subordinados associados, caracterizados por média suscetibilidade a escorregamentos (exclusivamente induzidos) sobre as rochas cristalinas do embasamento.

A Unidade Geotécnica 3 se encontra delimitada de forma subordinada nos terrenos do Planalto, sendo reconhecida na faixa da AID/ADA a sul do rio Tietê nas áreas mais altas em ambas as margens do córrego Carapicuíba – entre as estacas 103 e 110 – onde ocorre em parte recoberta pela várzea do rio Tietê, e nos arredores da cidade de Campinas e para sudeste, entre as estacas 24 e 43.

A Unidade 3 correlaciona-se com as rochas granitóides e xistos do Domínio Embu e, de forma subordinada, com os depósitos paleógenos da Bacia de São Paulo nas proximidades da confluência do córrego Carapicuíba com o rio Tietê. Para norte, nos arredores de Campinas, associa-se aos gnaisses diversos do Complexo Piracaia.

A Unidade 3 constitui terrenos onde predominam os processos de erosão. Apresentam alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem erosão acelerada por sulcos e ravinas desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre os solos de alteração *in situ* e nos aterros, exposição de solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas, erosão sobre solos superficiais pouco significativa, assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência

da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – correlacionam as rochas do embasamento cristalino (granitóides, xistos, filitos, migmatitos, etc.), o relevo de morros e morrotes predominantes, encostas com declividades predominantes entre 20% e 70%, cobertura generalizada de solo superficial argiloso vermelho, laterizado, com 1m de espessura muito resistente à erosão, solos de alteração subjacentes predominantemente siltosos, às vezes micáceos, com cor variegada, mantendo as estruturas da rocha matriz, baixa coesão, sendo francamente erodíveis, espessura dos solos de alteração muito variável e dependente da litologia e do relevo, passando de poucos metros nos relevos enérgicos a dezenas de metros nos relevos mais suaves, e nível d'água muito profundo, porém podem-se registrar surgências d'água nos cortes.

Quanto aos aspectos de uso de solo, a Unidade 3 associa-se com áreas de expansão urbana da região de Carapicuíba e Osasco. O assentamento urbano em geral é carente de infra-estrutura, como pavimentação e drenagem, e a ocupação frequentemente é realizada sem critérios ou, no máximo, com critérios inadequados, estabelecidos para as áreas mais favoráveis de urbanização mais antigas.

De modo geral, os problemas observados na Unidade 3 são comuns nas cidades da região metropolitana da cidade de São Paulo, e tendem a crescer rapidamente nas cidades cujas taxas de crescimento são elevadas e cujos terrenos mais favoráveis encontram-se praticamente ocupados. Existem ainda variações da erodibilidade dos solos de alteração expostos das litologias presentes – granitóides, xistos e arenitos – na faixa da AID/ADA e que demandam maiores estudos e detalhamento cartográfico.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.4.3.2-9 e 10.1.4.3.2-10** ilustrativas dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 3, identificada no Planalto Paulista.



**FOTO 10.1.4.3.2-9: Unidade Geotécnica 3 reconhecida no Planalto nos terrenos mais altos que ocorrem nos arredores e parcialmente recobertos pela várzea do rio Carapicuíba – associada às rochas do embasamento cristalino e, de forma subordinada, aos sedimentos paleógenos. Unidade onde predominam os processos de erosão**





**FOTO 10.1.4.3.2-10: Aspectos da Unidade Geotécnica 3 associada às colinas e morros baixos de topos convexos conformados sobre rochas gnáissicas do Complexo Piracaia e rochas sedimentares do Subgrupo Itararé na transição de relevos do Planalto para a Depressão Periférica. Região da estaca 24. Município de Campinas**

***TERRENOS DE ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO NO HORIZONTE C E DE MÉDIA SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS SECUNDÁRIOS DE MOVIMENTOS DE MASSA (EXCLUSIVAMENTE INDUZIDOS) EM TERRENOS COM RELEVO DE MORROS E MORROTES E SUBSTRATO CONSTITUÍDO POR ROCHAS DO EMBASAMENTO CRISTALINO (UNIDADE GEOTÉCNICA 3/6A)***

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 3/6a é parte da Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão, que ocupa grandes extensões do Planalto, desde a escarpa da Serra do Mar até a porção sul de Campinas, e constitui terrenos onde predominam os processos de erosão. A Unidade Geotécnica com Suscetibilidade à Erosão apresenta alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra. Frequentemente ocorrem processos de movimento de massa subordinados associados, caracterizados por média suscetibilidade a escorregamentos (exclusivamente induzidos) sobre as rochas cristalinas do embasamento.

A Unidade 3/6a ocupa a maior parte da área dos terrenos do Planalto, sendo reconhecida em contato com a escarpa da Serra do Mar – na altura das estacas 179 – até os arredores de um dos braços meridionais da Represa Billings – na região da estaca 169; ocupando extensos terrenos na região das represas Billings e Guarapiranga e em continuidade até as porções montantes da várzea do córrego Carapicuíba – até a altura estaca 110 – ou seja, identificada de forma contínua na faixa da AID/ADA, por uma extensão de aproximadamente 69km. Com relação ao segmento localizado à sudeste e leste da Região Metropolitana de São Paulo, apresenta um extenso trecho entre as estacas 201 e 226+500, abrangendo todo o limite sul dos municípios de São Bernardo do Campo e Santo André, assim como o limite leste de Rio Grande da Serra; e entre as estacas 262 a 276, já nos municípios de Itaquaquecetuba e Guarulhos.

É ainda reconhecida a norte do rio Tietê – entre as estacas 101 a 97+700m, 90+500m a 88 e 74 a 68 – abrange parte dos municípios Barueri, Santana de Parnaíba, Cajamar e Jundiaí. Ocorre, também, de forma quase contínua, no intervalo das estacas 65+500m a 38, ocupando parte dos municípios de Itupeva, Vinhedo, Louveira, Valinhos e Jundiaí.

A Unidade 3/6a constitui terrenos onde predominam os processos de erosão, com processos de movimento de massa subordinados. Apresentam alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra, além de média suscetibilidade a escorregamentos (exclusivamente induzidos) sobre as rochas cristalinas do embasamento.

De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas predominantes existentes e/ou potenciais abrangem erosão acelerada por sulcos e ravinas desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre os solos

de alteração *in situ* e nos aterros, exposição de solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas, erosão pouco significativa sobre solos superficiais, assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem.

Ainda de acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas associados aos processos secundários – média suscetibilidade a escorregamentos – existentes e/ou potenciais são os rastejos e escorregamentos de solos planares e circulares associados aos setores de encosta acima de 20°, rastejos e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões), localizados principalmente a jusante de compartimentos de alta e muito alta suscetibilidade. Os processos de instabilização ocorrem principalmente induzidos por movimentos de terra, mudanças na dinâmica das águas nas encostas, decorrentes da ocupação urbana, obras lineares e exploração mineral.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo predominante observado na Unidade 3/6a correlacionam as rochas do embasamento cristalino (granitóides, xistos, filitos, migmatitos, etc.), o relevo de morros e morrotes predominantes, encostas com declividades predominantes entre 20% e 70%, cobertura generalizada de solo superficial argiloso vermelho, laterizado, com 1m de espessura muito resistente à erosão, solos de alteração subjacentes predominantemente siltosos, às vezes micáceos, com cor variegada, mantendo as estruturas da rocha matriz, baixa coesão, sendo francamente erodíveis, espessura dos solos de alteração muito variável e dependente da litologia e do relevo, passando de poucos metros nos relevos enérgicos a dezenas de metros nos relevos mais suaves, nível d'água muito profundo, porém podem-se registrar surgências d'água nos cortes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – do processo secundário associado na Unidade 3/6a correlacionam o relevo de morros e morrotes no domínio das rochas do embasamento cristalino, encostas com perfil predominantemente convexo, com declividades mais frequentes entre 15% e 30%, solos superficiais argilosos com espessuras médias em torno de 1m, e solos de alteração siltosos, eventualmente micáceos, com espessuras da ordem de dezenas de metros.

Quanto aos aspectos de uso de solo, a Unidade 3/6a contém boa parte das áreas de expansão urbana da região metropolitana da cidade de São Paulo. O assentamento urbano em geral é carente de infra-estrutura, como pavimentação e drenagem, e a ocupação frequentemente é realizada sem critérios ou, no máximo, com critérios inadequados, estabelecidos para as áreas mais favoráveis de urbanização mais antiga.

A implantação da dutovia sobre esta unidade geotécnica deve ser diferenciada em um trecho entre as estacas 154 e 169, aproximadamente. Neste intervalo, a dutovia será implantada por lançamento da tubulação diretamente sobre o leito da represa Billings, sendo esperado, portanto, um comportamento diferenciado do solo. Considerando que o fundo da represa atualmente é recoberto por uma camada de sedimentos inconsolidados, predominantemente finos, é de se esperar que a resposta à implantação da dutovia seja similar ao comportamento dos solos moles sujeitos a adensamento e recalques diferenciais, da mesma forma como os solos moles existentes na região da Baixada Santista (Unidades Geotécnicas 11 e 12) ou como os solos aluvionares associados às planícies de inundação dos rios e demais cursos d'água (Unidade Geotécnica 15).

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.4.3.2-11 a 10.1.4.3.2-13**, ilustrativas dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 3/6a, identificada no Planalto.



**FOTO 10.1.4.3.2-11: Unidade Geotécnica 3/6a reconhecida nos terrenos do Planalto – na região da Represa do Rio das Pedras e Rodovia Anchieta – associada às rochas metamórficas dos complexos Costeiro e Embu, onde predominam os processos de erosão, com processos de movimento de massa subordinados**



**FOTO 10.1.4.3.2-12: Unidade Geotécnica 3/6a reconhecida no Planalto – na região dos terrenos relativamente elevados e conformados sobre rochas metamórficas do Complexo Embu e intrusivas granitóides associadas e que margeiam a várzea do rio Embu-mirim – onde predominam os processos de erosão, com processos de movimento de massa subordinados. Obra Rodoanel trecho Sul (2009).**





**FOTO 10.1.4.3.2-13: Unidade Geotécnica 3/6a reconhecida no Planalto – na porção sul do município de Santo André, onde predominam rochas do Complexo Embu, com processos de erosão e movimentos de massa subordinados**

***TERRENOS COM ALTA SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES, RECALQUES, ASSOREAMENTO E EROSÃO FLUVIAL (UNIDADE GEOTÉCNICA 15)***

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 15 integra a Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais, correlacionada aos depósitos quaternários associados às várzeas dos córregos, riachos, ribeirões e rios que drenam os terrenos do Planalto. As principais drenagens presentes no Planalto são os rios Juqueri e afluentes, como o ribeirão dos Cristais, que banham terrenos dos municípios de Cajamar, São Paulo, Caieiras e Franco da Rocha; os rios Pirajussara, Tietê e Pinheiros, principalmente nos municípios de São Paulo, Osasco, Carapicuíba e Taboão da Serra, bem como o ribeirão Jundiuvira, tributário da margem direita do rio Tietê, e localizado no limite dos municípios de Cajamar e Jundiaí; aquelas drenagens que deságuam nos reservatórios da Guarapiranga e Billings, assim como as cabeceiras dos afluentes das margens esquerda e direita do rio Tamanduateí. Desde a porção noroeste da região metropolitana de São Paulo até os arredores de Campinas, destacam-se os rios, Jundiaí, Jundiaí-Mirim e Capivari, que cruzam a AID nas direções NW-SE e WNW-ESE.

As principais drenagens presentes no Planalto são as do Tietê (estacas 101+800m e 253+700m), Carapicuíba (estaca 104) e Embu-Mirim (estaca 120+100m), e corpos menores associados às drenagens que deságuam nos reservatórios Guarapiranga e Billings (estacas 130+300, 139+500, 143+500m, 146+200m, 210, 214 e 217). A norte do rio Tietê e da Rodovia Castello Branco, destacam-se os rios Capivari (estaca 26+400m) e Jundiaí (estaca 57+500m); bem como o ribeirão Jundiuvira, tributário da margem direita do rio Tietê, e localizado no limite dos municípios de Cajamar e Jundiaí; além do rio Juqueri e afluentes, como o ribeirão dos Cristais, que banham terrenos dos municípios de Cajamar, São Paulo, Caieiras e Franco da Rocha.

A Unidade 15 constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água), assoreamento de canais da drenagem, solapamento das margens, recalques excessivos e/ou diferenciais das estruturas de

fundação, degradação de pavimentos viários e dificuldades eventuais de escavação pela instabilidade das paredes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamentos descritos na Unidade 15 no Planalto correlacionam os sedimentos aluviais recentes com textura diversa, terrenos praticamente planos (declividades inferiores a 5%) formando as planícies aluviais, geralmente estreitas e alongadas, acompanhando os cursos d'água, estruturadas com até três níveis de terraços, nível d'água raso, presença eventual de camadas de turfa ou argilas orgânicas moles, e materiais com baixa capacidade de suporte, principalmente no domínio dos sedimentos mais finos (argilo-siltosos e/ou orgânicos).

Quanto aos aspectos de uso de solo, a maioria dos terrenos da Unidade 15 associados ao rio Tietê e parte do rio Carapicuíba e, de forma subordinada, ao rio Embu-Mirim na faixa da AID/ADA, bem como nas demais cidades de médio e grande porte, de modo geral, encontra-se aterrada e ocupada por moradias, indústrias e sistemas viários, com os cursos d'água alterados (retificados/canalizados) para reduzir as inundações.

Deve-se ressaltar que parte das várzeas dos rios Carapicuíba e Embu-Mirim, na região do Trecho Sul do Rodoanel – e que no futuro irá abrigar a dutovia – serão transformados em parques e seus terrenos considerados áreas de proteção ambiental.

A seguir são apresentadas as **Fotos 10.1.4.3.2-14 e 10.1.4.3.2-15**, ilustrativas dos aspectos gerais da Unidade Geotécnica 15, identificada no Planalto.



**FOTO 10.1.4.3.2-14: Unidade Geotécnica 15 reconhecida nos terrenos do Planalto associada às várzeas das drenagens que modelam os terrenos na região – vista parcial da planície de inundação do rio Embu-Mirim – onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, com alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios**



**FOTO 10.1.4.3.2-15: Ocorrência restrita da Unidade Geotécnica 13 reconhecida no Planalto, associada a uma drenagem secundária atravessada pelo Trecho Sul do Rodoanel. Nestes locais – previamente à implantação dos aterros do Rodoanel – podiam ocorrer processos de inundações e adensamento de solos moles, sendo que tais locais apresentavam alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios**

### **Bacia do Paraná**

Na Bacia do Paraná são reconhecidos processos importantes do meio físico, sendo individualizados terrenos onde predominam muito alta suscetibilidade à erosão com eventuais processos subordinados de suscetibilidade a escorregamentos ou à contração/expansão dos solos; terrenos com alta suscetibilidade à erosão e que também podem apresentar suscetibilidade ao colapso de solos como processo secundário; terrenos com média suscetibilidade à contração/expansão ou ao colapso dos solos; terrenos onde predominam os processos de adensamentos de solos moles associados aos depósitos aluviais, e terrenos de baixa suscetibilidade aos processos do meio físico analisados.

A Bacia do Paraná tem início no extremo sul do Município de Campinas e se estende até a Replan.

### ***TERRENOS DE ALTA SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO NO HORIZONTE C (UNIDADE GEOTÉCNICA 3)***

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 3 está incluída na Unidade Geotécnica com Alta Suscetibilidade à Erosão, constituída por terrenos onde predominam os processos de erosão com alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e voçorocas, desencadeados por ações antrópicas mais drásticas do que apenas o desmatamento, que resultam de atividades que concentram o escoamento das águas pluviais à meia-encosta, sem as devidas medidas de proteção, em linhas de drenagem natural e em trechos de leito instável. Eventualmente ocorrem associados terrenos com processos secundários que apresentam alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra ou terrenos com ocorrência secundária de processos de colapso de solos.

A Unidade 3 contorna toda a área de ocorrência da Unidade 1 e estabelece o limite entre o Planalto e a Depressão Periférica. O traçado do empreendimento intercepta a Unidade 3, de sul para norte, entre as estacas 42+500 e 30+300; entre as estacas 25+500 e 24, e, pontualmente, próximo à estaca 14, nos municípios de Campinas e Paulínia, respectivamente.



A Unidade 3 correlaciona-se principalmente com os gnaisses peraluminosos migmatizados e (hornblenda)-biotita gnaisses tonalíticos a dioríticos do Complexo Piracaia (CPRM, 1999<sup>100</sup>), na região de Campinas, e com os diabásios da Unidade das Rochas Intrusivas Tabulares (Grupo São Bento) e às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, entre Campinas e Paulínia.

De modo geral, constitui terrenos onde predominam os processos de erosão associados às rochas arenosas das formações Pirambóia e Botucatu (Bacia do Paraná), que não ocorrem na AID/ADA. Apresentam alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem erosão acelerada por sulcos e ravinas desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre os solos de alteração *in situ* e nos aterros, exposição de solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas, erosão pouco significativa sobre solos superficiais, assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – correlacionam as rochas do embasamento cristalino (granitóides, xistos, filitos, migmatitos, etc.), o relevo de morros e morrotes predominantes, encostas com declividades predominantes entre 20% e 70%, cobertura generalizada de solo superficial argiloso vermelho, laterizado, com 1m de espessura muito resistente à erosão, solos de alteração subjacentes predominantemente siltosos, às vezes micáceos, com cor variegada, mantendo as estruturas da rocha matriz, baixa coesão, sendo francamente erodíveis, espessura dos solos de alteração muito variável e dependente da litologia e do relevo, passando de poucos metros nos relevos enérgicos a dezenas de metros nos relevos mais suaves, nível d'água muito profundo, porém podem-se registrar surgências d'água nos cortes.

Quanto aos aspectos do uso de solo, o assentamento urbano em geral é carente de infraestrutura, como pavimentação e drenagem, e a ocupação frequentemente é realizada sem critérios ou, no máximo, com critérios inadequados, estabelecidos para as áreas mais favoráveis de urbanização mais antigas.

De modo geral, os problemas observados na Unidade 3 tendem a crescer rapidamente nas cidades cujas taxas de crescimento são elevadas e cujos terrenos mais favoráveis encontram-se praticamente ocupados. Existem ainda variações da erodibilidade dos solos de alteração expostos das litologias presentes que demandam maiores estudos e detalhamento cartográfico.

<sup>100</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. São Paulo. Folha SF.23-Y-C São Paulo. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica São Paulo. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.3.2-16** referente à Unidade Geotécnica 3 reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA da futura dutovia na Depressão do Médio Tietê (Bacia do Paraná).



**FOTO 10.1.4.3.2-16: Aspectos da Unidade Geotécnica 3 associada às colinas de topos convexos conformadas sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé (Grupo Tubarão) em terrenos da Depressão do Médio Tietê. A oeste da AID, na altura da estaca 25+500m. Município de Campinas**

***TERRENOS DE MUITO ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO POR SULCOS, RAVINAS E BOÇOROCAS (UNIDADE GEOTÉCNICA 1)***

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 1 faz parte da Unidade Geotécnica com Muito Alta Suscetibilidade à Erosão em que predominam terrenos com muito alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, preferencialmente associados aos arenitos da Formação Serra Geral (não observada na AID) e, de forma subordinada, às rochas sedimentares do Grupo Passa Dois e às Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas. Secundariamente, podem ocorrer processos de movimentos de massa de média suscetibilidade a escorregamentos induzidos em rochas sedimentares e basaltos, ou processos de expansão/contração dos solos de média suscetibilidade quando associados a argilitos, folhelhos e siltitos. No trecho da futura dutovia, a Unidade Geotécnica 1 está presente no município de Campinas e Paulínia entre as estacas 29 e 14.

De acordo com a carta geológica Campinas (CPRM, 1999<sup>101</sup>), e a Folha Bauru (DAEE-UNESP, 1984<sup>102</sup>), a Unidade 1 correlaciona-se no traçado da dutovia com coberturas cenozóicas indiferenciadas representadas por rochas argílicas, siltosas e, mais raramente, por níveis de cascalhos e conglomerados e, principalmente, com as rochas sedimentares permo-carboníferas do Subgrupo Itararé, representado por arenitos, siltitos, folhelhos, argilitos, diamictitos, tilitos e lamitos nessa região.

A Unidade 1 constitui terrenos onde predominam os processos de erosão. Apresentam muito alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem o desenvolvimento de sulcos e ravinas a partir do desmatamento em cabeceiras de drenagem e de

<sup>101</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Campinas. Folha SF.23-Y-A Campinas. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica Campinas. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

<sup>102</sup> SÃO PAULO. Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). Bauru. São Paulo: DAEE, 1984. 1 mapa: colorido, 62 x 94 cm. Escala: 1:250.000. Convênio DAEE-UNESP. 1984.

matas ciliares, da concentração do escoamento das águas superficiais em loteamentos e obras viárias sem as medidas de proteção adequadas, e do manejo agrícola não-conservacionista; o desenvolvimento de boçorocas a partir dos sulcos e ravinas, quando interceptam o nível d'água ou diretamente de surgências d'água, por reativação de cabeceiras, através de *piping*; e o assoreamento intenso dos cursos e corpos d'água, principalmente nos de menor porte, devido ao aporte de sedimentos provocado pelas erosões. As boçorocas, em geral, são ramificadas e de dimensões médias – profundidades médias em torno de 10m.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – correlacionam substratos constituídos por arenitos; relevo predominante de colinas médias e morrotes; declividades predominantes entre 10% e 20%; ruptura de declive na encosta; argissolo vermelho amarelo, com textura areno/argilosa a arenosa/média, com transição abrupta entre horizontes A e B, gradiência textural A/B, horizonte A com estrutura porosa e B com estrutura prismática, drenagem truncada; escoamentos superficial e subsuperficial (hipodérmico) importantes; forte gradiente hidráulico; nível d'água relativamente raso, em torno de 5m; ocorrência de nível d'água suspenso; e surgências d'água nas encostas.

Quanto aos aspectos do uso do solo, a Unidade 1 abrange, na maior parte, áreas de pastagens/campo antrópico, mas também áreas de cultivo, com ocupação industrial mais destacada associada às cidades de maior porte.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.3.2-17** referente à Unidade Geotécnica 1 reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos** em terrenos da Depressão do Médio Tietê (Bacia do Paraná).



**FOTO 10.1.4.3.2-17: Aspectos da Unidade Geotécnica 1 associada às colinas de topos convexos da Depressão do Médio Tietê conformadas sobre rochas sedimentares do Subgrupo Itararé. Visada para norte. Região da estaca 22+500m. Rodovia dos Bandeirantes. Município de Campinas**

***TERRENOS COM ALTA SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES, RECALQUES, ASSOREAMENTO E EROSÃO FLUVIAL (UNIDADE GEOTÉCNICA 15)***

Na descrição dos aspectos geotécnicos da Área de Influência Indireta (AII), a Unidade Geotécnica 15 integra a Unidade Geotécnica dos Depósitos Aluviais, correlacionada aos depósitos quaternários associados às várzeas dos córregos, riachos, ribeirões e rios que drenam a Bacia do Paraná, onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, sendo verificada alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. Os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água).



Na faixa da AID/ADA do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**, a Unidade Geotécnica 15 correlaciona-se aos depósitos quaternários associados às várzeas dos córregos, riachos, ribeirões e rios, pertencentes às bacias do rio Capivari e Piracicaba, que drenam as áreas da Depressão Periférica. As principais ocorrências são identificadas junto aos afluentes do rio Capivari (estacas 26+500m, 33 e 41), ribeirão do Quilombo (estaca 13) e rio Atibaia (estaca 0+500m).

A Unidade 15 constitui terrenos onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles. Apresentam alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. De acordo com o quadro-legenda da Carta Geotécnica do Estado de São Paulo, os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocados pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água), assoreamento de canais da drenagem, solapamento das margens, recalques excessivos e/ou diferenciais das estruturas de fundação, degradação de pavimentos viários e dificuldades eventuais de escavação pela instabilidade das paredes.

Os aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – associados aos processos de inundações e adensamentos descritos na Unidade 15 correlacionam os sedimentos aluviais recentes com textura diversa, terrenos praticamente planos (declividades inferiores a 5%) formando as planícies aluviais, geralmente estreitas e alongadas, acompanhando os cursos d'água, estruturados com até três níveis de terraços, nível d'água raso, presença eventual de camadas de turfa ou argilas orgânicas moles, e materiais com baixa capacidade de suporte, principalmente no domínio dos sedimentos mais finos (argilo-siltosos e/ou orgânicos).

Quanto aos aspectos do uso de solo, a maioria dos terrenos da Unidade 15 nas cidades de médio e grande portes encontra-se aterrada e ocupada por moradias, indústrias e sistemas viários, com os cursos d'água alterados (retificados/canalizados) para reduzir as inundações.

A seguir é apresentada a **Foto 10.1.4.3.2-18** referente à Unidade Geotécnica 15 reconhecida ao longo da faixa da AID/ADA do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**.



**FOTO 10.1.4.3.2-18: Aspectos da Unidade Geotécnica 15 associada às drenagens que recortam os terrenos da Depressão Periférica, onde podem ocorrer processos de inundações e adensamento de solos moles. Várzea de um afluente da margem direita do rio Capivari. Município de Campinas**

#### ***UNIDADE GEOTÉCNICA DE BAIXA SUSCETIBILIDADE AOS PROCESSOS ANALISADOS (UNIDADE GEOTÉCNICA 17)***

A Unidade Geotécnica 17 apresenta terrenos com baixas suscetibilidades aos processos analisados. Os problemas existentes e/ou potenciais são aqueles decorrentes da erosão em sulcos, ravinas e boçorocas, bem como expansão e colapso dos solos, além da ocorrência eventual de movimentos de massa e de inundações em consequência de intervenções muito drásticas e sem critérios.

Na faixa da AID/ADA, a Unidade Geotécnica 17 ocupa extensões expressivas no intervalo entre a estaca 12+700m até a extremidade norte, aproximadamente, em território dos municípios de Campinas e Paulínia. Também ocorre na forma de manchas menores disseminadas por toda a faixa da AID/ADA do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**.

A unidade 17 está correlacionada a Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, que podem representar depósitos aluviais constituídos de areias e argilas com conglomerados na base; rochas sedimentares permo-carboníferas do Subgrupo Itararé, representado por arenitos finos a grosseiros, siltitos, folhelhos, argilitos, diamictitos e tilitos, eventualmente contendo níveis de carvão; diques de diabásio ou sills de diorito pórfiro, lamprófiros, andesitos pórfiros, microdioritos pórfiros e traquitos, denominados Rochas Intrusivas Tabulares, todos pertencentes à Bacia do Paraná (CPRM, 1999<sup>103</sup>; DAEE/UNESP, 1984<sup>104</sup>).

A Unidade 17 constitui terrenos com baixas suscetibilidades aos processos analisados na cartografia geotécnica do Estado de São Paulo (NAKAZAWA *et al.*, 1994<sup>105</sup>). Os problemas existentes e/ou potenciais são aqueles decorrentes da erosão em sulcos, ravinas e boçorocas, bem como expansão e colapso dos solos, além da ocorrência eventual de movimentos de massa e de inundações em consequência de intervenções muito drásticas e sem critérios associadas aos setores restritos desfavoráveis à ocupação, não individualizáveis na escala do mapa.

Quanto aos aspectos físicos de interesse – geológicos, geomorfológicos, pedológicos e geotécnicos – predominam terrenos colinosos da Bacia do Paraná.

Esta unidade contém as porções mais antigas e consolidadas das áreas urbanas da Bacia do Paraná.

#### 10.1.4.3.3 Condicionantes Geológico-Geotécnicos dos Solos

##### **INDUÇÃO DE CORRENTE ELÉTRICA NO SUBSOLO**

Estruturas metálicas enterradas em solos agressivos – representados por argilas orgânicas e turfas presentes nos aluviões, e argilitos e siltitos do Subgrupo Itararé, geralmente com baixo pH e baixa resistividade – induzem a formação de correntes elétricas no subsolo e ficam sujeitas à corrosão eletrolítica. Trata-se de processo espontâneo, passível de ocorrência quando o metal fica em contato com um eletrólito, onde acontecem, simultaneamente, as reações anódicas e catódicas.

A corrosão eletrolítica é um processo eletroquímico provocado por correntes de fuga decorrentes do enterramento de dutos e outros elementos metálicos com falta de isolamento ou deficiências no mesmo. Quando instalada, provoca vazamentos, saturação do subsolo e deterioração de blocos de ancoragem, além dos riscos inerentes aos produtos transportados (NOGUEIRA JR. & MARQUES, 1998<sup>106</sup>).

A presença dos dutos no subsolo deverá induzir, portanto, a formação de correntes elétricas nos trechos de solos agressivos ao longo da faixa onde os mesmos serão enterrados. Para a proteção da tubulação contra a corrosão podem ser realizadas trocas de solo, envelopamentos, utilização de ligas metálicas e pinturas especiais, e proteção catódica.

<sup>103</sup> COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Campinas. Folha SF.23-Y-A Campinas. Projeto de Integração Geológico-Metalogenética, Folha Rio de Janeiro, Carta Geológica Campinas. Brasília: CPRM, 1 mapa: colorido; 59 x 116 cm. Escala 1:250.000. 1999.

<sup>104</sup> SÃO PAULO. Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). Bauru. São Paulo: DAEE, 1984. 1 mapa: colorido, 62 x 94 cm. Escala: 1:250.000. Convênio DAEE-UNESP. 1984.

<sup>105</sup> NAKAZAWA, V.A (coord.) Carta geotécnica do Estado de São Paulo: escala 1: 500.000. São Paulo: IPT, 2 vol. (Publicação IPT, 2089). 1994.

<sup>106</sup> NOGUEIRA JR., N. & MARQUES, A. S. Linhas de Transmissão e Dutovias. In: Geologia de Engenharia, Capítulo 30. São Paulo, SP: ABGE, p. 475-485, 1998.

Solos potencialmente agressivos, representados por argilas orgânicas e turfas, poderão ser interceptados pela dutovia nas planícies aluviais dos rios Atibaia, Capivari, Jundiaí, Tietê, Embu-Mirim, Cubatão de Cima e das Pedras nos planaltos; e Cubatão, Mogi, Piaçaguera, da Onça, Quilombo e Jurubatuba na faixa litorânea. Processos de corrosão eletrolítica também poderão ocorrer nos trechos de alguns argilitos e siltitos do Subgrupo Itararé, mas em menor intensidade.

### **SOLOS COLAPSÍVEIS**

O colapso de um solo consiste numa redução abrupta de volume, provocada por um desarranjo na sua estrutura interna, quando o mesmo está suportando uma carga e ocorre um aumento de umidade por oscilação do lençol freático ou vazamento. Quando a resistência da ligação entre as partículas se reduz com o umedecimento do solo, ela atinge um valor inferior às tensões cisalhantes e se rompem, com a consequente redução de volume em função dos vazios que permeiam a estrutura. Essa redução de volume de vazios depende das tensões aplicadas e do estado inicial do solo antes do colapso, que definem a magnitude da subsidência.

Esse fenômeno se observa em solos porosos e muito estruturados de sedimentos cenozóicos representados por coluviões, e mesmo em solos residuais granulares de bacias sedimentares e rochas do cristalino, que por apresentar esse comportamento nos ensaios edométricos são ditos colapsíveis.

Vilar<sup>107</sup> (1979), realizando ensaios edométricos em amostras indeformadas de coluvião arenoso da região de São Carlos, observou a ocorrência de colapso quando as amostras foram inundadas sob tensões constantes inferiores a 100kPa. Acima desse carregamento e em amostras saturadas sem aplicação de carga não foi registrado colapso.

Conforme relatado por Giacheti *et al.*<sup>108</sup> (1993) e Albiero *et al.*<sup>109</sup> (1993), diversos autores como Silveira & Silveira (1958), Reginato & Ferrero (1973), Vargas (1978), Lima Sobrinho (1983), Mellios (1985), Vilar *et al.* (1985), Ferreira & Monteiro (1985), Lobo (1991), Teixeira (1993) e outros pesquisadores registraram a ocorrência de colapsividade nos solos do interior de São Paulo.

Vargas<sup>110</sup> (1993) relata a colapsividade de solos do Grupo Tubarão na região de Campinas, em ensaios de adensamento realizados sobre amostras de solo residual de argilito. Observou que a colapsividade se manifesta em solos com expansividade potencialmente elevada, desde que os mesmos apresentem densidade específica seca alta. Quando a massa específica é baixa, manifesta-se a expansividade.

A aplicação de cargas sobre solos colapsíveis, pelo assentamento de dutos, reaterros, aterros e estruturas, seguida de umedecimento pela incidência de chuvas, variações do nível do lençol freático ou vazamentos, acarretará na ocorrência de subsidências de caráter localizado no terreno, com deslocamentos da dutovia e o consequente risco de rupturas e vazamentos. As depressões formadas irão provocar alterações na drenagem superficial, com a criação de empoçamentos de água e instalação de eventuais processos erosivos.

### **SOLOS EXPANSIVOS**

O fenômeno da expansividade pode ocorrer em argilitos, siltitos e folhelhos do Subgrupo Itararé, com o consequente aumento no volume do solo pela absorção de água através dos poros (primeira etapa), seguida pela sua adsorção no interior da estrutura cristalina, nos espaços

<sup>107</sup> VILAR, O. M. Estudo de compressão unidirecional do sedimento moderno (solo superficial) da cidade de São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, dissertação de mestrado (inédita), 110 p.p. 1979.

<sup>108</sup> GIACHETI, H. L.; RÖHM, S. A.; NOGUEIRA, J. B. & CINTRA, J. C. A. Propriedades geotécnicas do sedimento cenozóico. Solos do Interior de São Paulo, ABMS, Cap. 6, p. 143-175. 1993.

<sup>109</sup> ALBIERO, J. H. Fundações. Solos do Interior de São Paulo. São Paulo: ABMS, 1993, Cap. 9, p. 243-275.

<sup>110</sup> VARGAS, M. Solos expansivos da região de Campinas – sp. Solos do Interior de São Paulo, ABMS, Anexo, p. 337-356. 1993.



existentes entre as partículas lamelares de argila dispostas de forma aproximadamente paralela e carregadas eletricamente (segunda etapa).

Quanto mais complexa a estrutura do argilo-mineral, como é o caso das esmectitas, do grupo das montmorilonitas, maior a adsorção e a expansão. Nas argilas com estruturas simples, como as caulinitas e illitas, praticamente não se verifica expansão. Também pode ser maior em função do cátion adsorvido, como é o caso do  $\text{Na}^+$  nas montmorilonitas, que aumenta sua expansividade.

Terzaghi descreveu a primeira etapa da expansão, de natureza mecânica, como a ação combinada da tensão superficial da água nos poros do solo e sua elasticidade (VARGAS, 1993<sup>111</sup>). Esse tipo de expansão também se manifesta em solos não expansivos, quando ocorre alívio de tensões por escavação de uma camada de solo, criando-se pressões neutras negativas na água presente nos poros da camada inferior, produzindo sucção. Essa etapa se desenvolve de acordo com as leis mecânicas do adensamento.

A segunda etapa se desenvolve após a sucção, com os coeficientes de expansão proporcionais aos logaritmos do tempo em que o solo permanece se expandindo. Os volumes de água adsorvida crescem com a natureza e porcentagem de argila, e do cátion adsorvido – na prática, representados pelo índice de atividade (IA) do solo – e o tempo necessário para a estabilização da expansão. Nos solos com grandes porcentagens de montmorilonitas sódicas, a adsorção cresce indefinidamente. Também dependem da consistência ou compacidade do material, representadas pelo seu índice de vazios ou massa específica aparente seca, e da estrutura original do solo, cuja importância é pouco conhecida.

Segundo Vargas (1993), o potencial de expansividade de um solo pode ser indicado pelo seu IA, que é sempre superior a 3 nas argilas muito expansivas. Outrossim, por mais ativa que seja uma argila, ela não conseguirá produzir expansão se sua porcentagem for inferior a 15% em relação ao peso de solo seco, pois é possível se estabelecer uma correlação estatística linear entre as pressões de expansão e as massas específicas aparentes secas. No seu estado natural, os solos com argilas do grupo das montmorilonitas não são expansivos, mas quando escavados e recompactados com grau de umidade abaixo da ótima, apresentarão expansão.

Nos reaterros e aterros construídos com solos de elevado potencial de expansividade, eventualmente construídos com grau de umidade abaixo da ótima, o umedecimento pela incidência de chuvas, variações do nível do lençol freático e vazamentos poderá levar à formação de tensões indesejáveis sobre os dutos e ocorrência de trincas na superfície do terreno, criando condições para a instalação de processos erosivos e instabilidades nos taludes.

## ***SOLOS MOLES***

### **Resistência ao cisalhamento**

Quando se quer analisar a estabilidade de um aterro sobre solos moles, é necessário verificar se sua resistência ao longo de uma superfície teórica de ruptura é suficiente para resistir ao peso que será aplicado. A resistência de um solo no estado em que se encontra, antes de ocorrer qualquer drenagem, é chamada resistência não drenada ( $s_u$ ). A resistência da argila no seu estado natural depende do índice de vazios ( $e$ ) e da tensão de pré-adensamento.

Nos solos de consistência muito mole ( $\text{SPT} \leq 2$ ) a mole ( $\text{SPT}$  entre 3 e 5), a resistência não drenada ( $s_u$ ) das camadas superficiais é baixa e crescente com a profundidade. Seu conhecimento é fundamental para os estudos de Engenharia que contemplam a estabilidade de taludes de aterros ou de maciços de materiais granulares sobre solos moles, estabilidade de taludes de escavações, e o dimensionamento e verificação do comportamento de estacas e fundações rasas.

<sup>111</sup> VARGAS, M. Solos expansivos da região de campinas – sp. Solos do Interior de São Paulo, ABMS, Anexo, p. 337-356. 1993.

Os parâmetros de resistência dos solos podem ser obtidos por meio de ensaios especiais de laboratório sobre amostras indeformadas, ensaios de campo em diversas profundidades e através de correlações. Em laboratório, são utilizados ensaios de compressão triaxial sobre amostras saturadas, não drenadas e com tensões programadas.

O ensaio de campo mais utilizado para a determinação da resistência ao cisalhamento dos solos é o de palheta ou *vane test*, que utiliza uma palheta de seção em forma de cruz, a qual é cravada em argilas saturadas, de consistência mole a rija e, por rotação, é submetida ao torque necessário para se atingir a ruptura do solo por cisalhamento em condições não drenadas.

Ao analisar a hipotética superfície de ruptura de uma argila mole sob o efeito de um aterro, Bjerrum<sup>112</sup> (1972) mostrou que, ao longo dela, diversas formas de sollicitação ocorrem: sob a área carregada, a sollicitação é de compressão; na parte inferior, a sollicitação corresponde a um cisalhamento simples; e na parte externa, a sollicitação é de extensão (aumento da tensão horizontal, correspondente à tensão principal menor). Por isso, a resistência ao cisalhamento não drenada da argila deveria ser determinada para cada tipo de sollicitação.

Diante da dificuldade de se realizar os três ensaios citados e visando possibilitar a realização de projetos com base nos valores de coesão obtidos pelo *vane test*, Bjerrum<sup>113</sup> (1973) analisou rupturas em aterros construídos sobre argilas moles em todo o mundo e concluiu que um número considerável de rupturas havia ocorrido em aterros que apresentavam coeficientes de segurança superiores a um, se considerados os valores de coesão fornecidos pelo *vane test*. Nesse estudo, é mostrado o efeito da anisotropia e do tempo na resistência dos solos, e recomendada a utilização de um coeficiente de correção, função do índice de plasticidade (IP), em geral menor do que a unidade (para valores elevados de IP), a ser multiplicado pelo valor da coesão não drenada obtida através do *vane test*, para levar em conta estes fatores.

Também podem ser realizados, no campo, os ensaios de piezocone, cujo princípio é bastante simples, pois consiste de cravação no terreno, com velocidade constante, de uma ponteira cônica que fornece o registro contínuo da resistência à penetração, que é correlacionada à estratigrafia do subsolo, obtida a partir de sondagens.

Através desse ensaio, obtém-se a resistência de ponta ( $q_c$ ), o atrito lateral ( $f_s$ ), e diversas correlações para depósitos de argilas moles, inclusive o coeficiente de adensamento radial ( $C_h$ ), a partir da interpretação dos ensaios de dissipação de pressões neutras geradas durante a cravação do cone no solo. Com base nesses elementos, é possível avaliar os mecanismos de sobreadensamento e como os mesmos interferem nas propriedades geotécnicas das argilas.

A resistência ao cisalhamento ( $s$ ) dos solos é obtida pela equação:

$$s = c' + \sigma' \cdot \tan \varphi'$$

Onde:

$\sigma'$  é a pressão normal efetiva,  $c'$  é a coesão efetiva e  $\varphi'$  é o ângulo de atrito interno do solo.

### **Adensamento e compressibilidade**

Nas argilas muito moles saturadas, um dos aspectos de maior interesse para a Engenharia Geotécnica é a determinação das deformações devidas a carregamentos verticais na superfície do terreno, ou em cotas próximas a esta. Os recalques decorrentes de tais deformações podem ser de magnitudes consideráveis e prejudiciais às estruturas ou aterros.

<sup>112</sup> BJERRUM, L. Embankments on soft ground. In: ASCE CONFERENCE ON PERFORMANCE OF EARTH AND EARTH SUPPORTED STRUCTURES, Proceedings... Vol. II, p. 1-45. 1972.

<sup>113</sup> BJERRUM, L. Problems of soil mechanics and construction on soft clays. In: ICSMFE, 8., Moscow. Proceedings...Vol 3, p.111-158. 1973.

Normalmente, os recalques ocorrem de forma lenta, após a aplicação de cargas sobre a superfície do terreno, face à necessidade de saída da água dos vazios do solo que são, em geral, de baixa permeabilidade. Esse processo é conhecido como adensamento e está associado a parâmetros de compressibilidade dos solos moles.

Os parâmetros de compressibilidade podem ser investigados através do ensaio de adensamento realizado em laboratório, que consiste na compressão controlada de uma amostra de solo contida em um molde, sem qualquer deformação lateral. Nesse ensaio, o carregamento é feito por etapas, registrando-se, para cada carga, a deformação em vários intervalos de tempo. O ensaio simula o comportamento do solo quando ele é comprimido, por exemplo, pela ação de novas camadas de solo, ou quando se constrói um aterro sobre o mesmo.

Entre as várias propriedades consideradas no adensamento, tem-se a tensão de sobreadensamento ( $\sigma_a$ ), que é a tensão à qual o solo foi submetido anteriormente à tensão atual. A história dos carregamentos nos sedimentos argilosos se manifesta, no ensaio de adensamento, através desta tensão. Quando comparamos a tensão de sobreadensamento com a tensão efetiva atual do solo em estudo, conhecemos um pouco de sua evolução ao longo do tempo.

À relação entre a tensão de sobreadensamento ( $\sigma_a$ ) e a tensão efetiva atual, dá-se o nome de razão de sobreadensamento (RSA ou OCR). Às vezes, a tensão de sobreadensamento é igual à tensão efetiva no solo por ocasião da amostragem, ou seja, o solo nunca esteve submetido, anteriormente, a maiores tensões. Nesse caso, o solo é considerado normalmente adensado.

Pode ocorrer, também, da tensão de sobreadensamento ser sensivelmente maior do que a tensão atuante no solo no momento da amostragem, sendo o solo, nesse caso, denominado sobreadensado. Eventualmente, a tensão de sobreadensamento obtida no ensaio pode ser inferior à tensão efetiva do solo, estimada com base no perfil geológico, o que pode ocorrer em caso de adensamento devido a carregamentos recentes.

Em função da interpretação da tensão de sobreadensamento, da RSA e das novas tensões a ser aplicadas sobre o terreno – tais como cargas de fundações de edificações, cargas de aterros, etc. – a Mecânica dos Solos dispõe de equações para a estimativa de recalques.

Os parâmetros de compressibilidade obtidos nos ensaios de adensamento – tais como o índice de compressão ( $C_c$ ), índice de recompressão ( $C_r$ ) e o coeficiente de compressibilidade ( $a_v$ ), assim como seu estado natural, definido pelo índice de vazios ( $e$ ) – influem diretamente no cálculo de recalques, os quais são proporcionais aos carregamentos sobre as argilas e, portanto, variáveis ao longo do período construtivo.

A evolução dos recalques, com o tempo, depende das características dos sedimentos argilosos relacionadas às condições de drenagem das camadas compressíveis, tais como a presença de camadas de areias, que facilitam a expulsão da água do subsolo, e da permeabilidade das argilas.

Através do conhecimento do coeficiente de adensamento ( $c_v$ ), que é função do coeficiente de compressibilidade ( $a_v$ ), do coeficiente de permeabilidade ( $k$ ) e do índice de vazios ( $e$ ) das argilas, e das condições de drenagem da camada argilosa em estudo, pode-se avaliar a evolução dos recalques com o tempo.

O conhecimento dos parâmetros de compressibilidade dos sedimentos e dos recalques provocados pelos carregamentos devidos às obras e sua evolução com o tempo permitem prever seus impactos e estabelecer medidas para sua mitigação e monitoração, nas diferentes etapas executivas do cronograma de construção e de operação do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos**.



#### 10.1.4.3.4 Parâmetros Geotécnicos dos Solos

##### Sedimentos Cenozoicos

Os sedimentos cenozoicos constituem a camada de solo superficial predominante nas regiões da Depressão Periférica Paulista e dos planaltos. Apresentam baixa compactidade e elevada porosidade, e constituição predominantemente arenosa, mas também argilosa. Segundo BJORNBERG (1965) e BORTOLUCCI (1983) (*apud* GIACHETI *et al.*, 1993), tratam-se de solos formados por retrabalhamento dos sedimentos do Grupo Bauru e das formações Serra Geral e Botucatu, transportados em meio aquoso e depositados como aluviões e coluviões.

Suas espessuras, em geral, são inferiores a 10m, e via de regra apresentam uma linha de seixos no contato da base da camada com a camada sotoposta, o que caracteriza a origem coluvionar do depósito. A maior parte ou quase totalidade desses sedimentos se situa acima do nível d'água, e o grau de laterização do solo é avançado. Devido à sua constituição granulométrica, porosidade e forte estruturação, apresenta-se muito erodível e colapsível, desestruturando-se e apresentando recalque quando submetido a carregamento seguido de saturação.

GIACHETI *et al.* (1993) e ALBIERO *et al.* (1993) compilaram pesquisas realizadas em praticamente toda a região de ocorrência dos sedimentos cenozoicos no interior do Estado de São Paulo, descrevendo os parâmetros geotécnicos de maior interesse quanto à capacidade de carga e colapsividade desses solos. Os parâmetros mais representativos obtidos são apresentados a seguir (**Quadro 10.1.4.3.4-1**).

**QUADRO 10.1.4.3.4-1: Parâmetros geotécnicos quanto à capacidade de carga e colapsividade dos solos**

Parâmetro	Solos arenosos	Solos argilosos
Índice de plasticidade	<15	13 a 33
Índice de vazios	até 0,70	
Coesão efetiva ( $c'$ ) (kPa)	5,1 a 27,4	
Ângulo de atrito efetivo ( $\phi'$ )	23,1° a 29,6°	
Módulo de deformabilidade (MPa)	8,7	
Tensões admissíveis (1m de prof.) (kPa)	50	
Tensões admissíveis (2m de prof.) (kPa)	60	
Colapso com carga de 60kPa a 1m de prof.(mm)	30 a 36,6	
Colapso com carga de 160kPa a 1m de prof. (mm)	62	
Colapso com carga de 100kPa a 2m de prof. (mm)	71,1	
Colapso com carga de 125kPa a 4m de prof.(mm)	22,9	

Mellios (1985) (*apud* ALBIERO *et al.*, 1993<sup>114</sup>), com base em seis provas de carga com placa rígida de 0,80m de diâmetro apoiadas diretamente sobre o solo a profundidades de 0,60m a 1,90m, estudou o efeito da saturação do solo por inundação, sobre a capacidade de suporte do terreno. Concluiu que o "encharcamento" do solo reduziu sua capacidade de carga como fundação direta, para cerca de metade do valor correspondente à condição não saturada.

Além de colapsível, sua elevada erodibilidade pode levar à instalação de boçorocas, em função da posição da superfície freática, mas como material natural de construção é de excelente qualidade pois, quando compactados, esses sedimentos apresentam boas qualidades mecânicas e hidráulicas. Do ponto de vista de estabilidade de taludes, quanto maior o grau de laterização do solo, maiores são as inclinações admissíveis para os cortes nas escavações.

<sup>114</sup> ALBIERO, J. H. Fundações. Solos do Interior de São Paulo. São Paulo: ABMS, 1993, Cap. 9, p. 243-275.

**Solos residuais de sills e diques de diabásio e rochas basálticas planares**

Os materiais provenientes da alteração de rochas intrusivas básicas podem atingir até 10m de espessura e ocorrem nas bordas da Depressão Periférica Paulista e no Planalto de São Paulo. São muito argilosos e podem apresentar matacões preservados nos horizontes de solo residual mais alterado, formados por esfoliação esferoidal, o que dificulta os trabalhos de terraplenagem e pode provocar instabilidades. São de difícil trabalhabilidade, em função dos elevados teores de umidade, e sua capacidade de suporte pode ser baixa.

Pinto *et al.*<sup>115</sup> (1993), a partir de ensaios de laboratório realizados em amostras indeformadas de solos residuais do Estado de São Paulo, apresentam os parâmetros geotécnicos obtidos para solos de rochas básicas, conforme o quadro a seguir (**Quadro 10.1.4.3.4-2**).

**QUADRO 10.1.4.3.4-2: Parâmetros geotécnicos para solos de rochas básicas**

Parâmetro	Rochas básicas
Granulometria (%) (argila / silte / areia)	44 a 67 / 27 a 22 / 29 a 11
Limite de Liquidez (LL)	42 a 120
Índice de Plasticidade (IP)	59 a 82
Índice de atividade da fração argila (IA)	0,69 a 1,54
Peso específico natural ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	16,1
Coesão efetiva ( $c'$ ) (kPa)	19
Ângulo de atrito efetivo ( $\phi'$ )	29°
Ângulo de atrito efetivo ( $\phi'$ ) para $c' = 0$	30,4°
Peso específico natural ( $\gamma_n$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	16,4

Solos residuais jovens de rochas basálticas apresentam boa capacidade de suporte, mas a presença de estruturas reliquias representadas por disjunção colunar, bem como estruturas tectônicas, podem provocar instabilidades localizadas em cortes. O mesmo pode ocorrer nos solos residuais maduros, pela movimentação de matacões.

Como materiais naturais para a construção de aterros, os solos residuais maduros de basaltos, quando compactados, apresentam bons parâmetros de resistência. Cruz & Ferreira<sup>116</sup> (1993) relatam ensaios não drenados em solos de rochas básicas com valores de 12kPa a 40kPa para  $c'$  e de 24° a 33° para  $\phi'$ .

**Sedimentos do Grupo Tubarão**

Os solos residuais oriundos de argilitos e siltitos, identificados como do Subgrupo Itararé, foram estudados por Pinto *et al.* (1993) na região de Sorocaba, e por Vargas<sup>117</sup> (1993) nas regiões de Sumaré e Campinas. São representados por argila siltosa pouco arenosa, de coloração cinza e roxa variegada, e argila silto-arenosa amarela e cinza de consistência mole a dura, com índices de SPT variando de 6 a 40.

Pinto *et al.* (1993) estudaram 13 amostras de solos, obtendo granulometrias médias de 31% de argila, 32% de *silte* e 27% de areia; limite de liquidez (LL) 41%, e índice de plasticidade (IP) 16%. Ensaios de adensamento e de compressão triaxial não drenada ( $CU_{sat}$ ) realizados sobre esses solos indicaram os seguintes parâmetros médios de resistência (**Quadro 10.1.4.3.4-3**):

<sup>115</sup> PINTO, C. S., GOBARA, W., PERES, J.E.E. & NADER, J.J. Propriedades dos solos residuais. Solos do Interior de São Paulo. São Paulo: ABMS, Cap. 5, p. 95-142. 1993.

<sup>116</sup> CRUZ, P. T. & FERREIRA, R. C. Aterros compactados. Solos do Interior de São Paulo, ABMS, Cap. 10, p. 277-313. 1993.

<sup>117</sup> VARGAS, M. Solos expansivos da região de campinas – sp. Solos do Interior de São Paulo, ABMS, Anexo, p. 337-356. 1993.

**QUADRO 10.1.4.3.4-3: Parâmetros de resistência**

Parâmetro	Argilas vermelhas rijas
Peso específico natural ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	19,1
Coesão efetiva ( $c'$ ) (kPa)	43
Ângulo de atrito efetivo ( $\phi'$ )	30°
Ângulo de atrito efetivo ( $\phi'$ ) para $c' = 0$	33°

O índice médio de atividade (IA) determinado para esses solos, indicativo da presença de argilas expansivas, foi de 0,66, podendo os mesmos ser considerados potencialmente expansivos, o que é confirmado por Vargas (1993), pois quando avaliados no gráfico de plasticidade, situam-se ao longo ou acima da linha A, geralmente à direita da linha B, e seu IA se encontra entre 0,5 e 1,25. Segundo esse pesquisador, inserem-se na região de alta ou muito alta expansibilidade do gráfico de Van der Merwe.

Análises térmicas diferenciais e de difratometria de raios-X realizadas sobre a fração argilosa de três amostras desses solos, indicaram a presença de grupos de argilo-minerais nas proporções de 70% a 95% de caulinita, 5% a 20% de illita, e traços a 10% de esmectitas, sendo estas últimas expansivas. As amostras com esmectitas expandiram cerca de 4% da altura quando inundadas sob uma pressão de 0,2kg/cm<sup>2</sup> durante 400 horas.

Ensaio de expansibilidade realizados com solo compactado mostraram que o potencial de expansão das argilas é da ordem de 1% a 10% em relação à altura inicial dos corpos de prova, e que as pressões de expansão são de 1kg/cm<sup>2</sup> a 7kg/cm<sup>2</sup>, em menor ou maior grau em função da porcentagem de argilas do grupo das esmectitas. Vargas ainda observou que a umidade, a densidade aparente seca e o grau de saturação do solo também são fatores que concorrem para sua expansibilidade.

Observou-se, portanto, que os solos argilo-siltosos pouco arenosos e argilo-silto-arenosos do Subgrupo Itararé na região de Campinas, com determinadas porcentagens de argilo-minerais do grupo das montmorilonitas, tornam-se expansivos quando compactados abaixo da umidade ótima.

Além de expansivos, quando apresentam densidade específica seca baixa, esses solos também apresentam colapsividade, quando essa densidade é elevada, conforme relatado por Vargas (1993), com base em ensaios de adensamento realizados sobre amostras de solo residual de argilitos do Subgrupo Itararé.

**Solos Residuais de Rochas do Cristalino**

A característica principal dos solos residuais é a preservação das estruturas da rocha original, o que empresta aos mesmos um comportamento anisotrópico ou descontínuo, com parâmetros de resistência variáveis em função da presença de planos de fraqueza e caminhos preferenciais de percolação. No entanto, quando esses solos são caracterizados para fins de análise de estabilidade de taludes de escavações, é comum considerá-los isotrópicos e homogêneos, adotando-se parâmetros de resistência mais baixos ou conservadores.

Os solos residuais mais frequentes no trecho compreendido entre os municípios de Paulínia e Santos são oriundos da alteração de rochas granitóides, gnáissicas e xistosas, e seus parâmetros de resistência médios são descritos por Pinto *et al.* (1993), obtidos a partir de ensaios de laboratório realizados em amostras indeformadas de solos residuais típicos do Estado de São Paulo. Esses valores podem ser considerados conservadores, tendo em vista os parâmetros de



resistência de solos residuais semelhantes apresentados por outros autores como Pinto & Nader<sup>118</sup> (1991) e Milititsky & Nudelman<sup>119</sup> (1981).

Sua resistência, em termos de tensões efetivas, foi considerada a partir dos resultados de ensaios de compressão triaxial drenados ou CD (*Consolidated Drained*) e de ensaios adensados não drenados, com saturação por contra-pressão e com medida de pressões neutras ou  $CU_{sat}$  (*Consolidated Undrained* saturados).

Os valores médios dos parâmetros de resistência  $c'$  e  $\phi'$  obtidos por Pinto *et al.* (1993), para os diferentes solos residuais, são apresentados a seguir (**Quadro 10.1.4.3.4-4**), juntamente com os valores dos pesos específicos natural ( $\gamma_n$ ) e saturado ( $\gamma_{sat}$ ).

**QUADRO 10.1.4.3.4-4: Parâmetro de resistência e valores de peso específico**

Parâmetro	Granitos	Gnaisses	Xistos
Peso específico natural ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	15,5	16,1	18
Peso específico natural submerso ( $\gamma_{sat}$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	17	17,7	19,7
Coesão efetiva ( $c'$ ) (kPa)	10	14	20
Ângulo de atrito efetivo ( $\phi'$ )	31°	30,5°	30,5°

A estabilidade dos taludes escavados é verificada por análises de estabilidade realizadas segundo o Método de Bishop Simplificado, amplamente utilizado na Mecânica dos Solos, que adota para o cálculo dos fatores de segurança (FS), superfícies potenciais de ruptura circulares. Os critérios de aceitação dos taludes adotados ou seus coeficientes de segurança mínimos são de 1,5 para solos secos e 1,3 para solos parcialmente saturados.

Nas encostas da Serra do Mar, poderão ocorrer eventuais movimentos de massa provocados por instabilidades decorrentes da associação de rochas gnáissicas com planos de grande mergulho gerados em zonas de cisalhamento. Fluxos de detritos também poderão se instalar nas cabeceiras das drenagens, onde as declividades são mais acentuadas, e a ocorrência de solos residuais com pequena espessura, presença de matações e topo rochoso a pequena profundidade irão dificultar as escavações das valas para o assentamento dos dutos.

A suscetibilidade à erosão dos solos residuais maduros oriundos das rochas granitóides e gnáissicas poderá levar à instalação de processos erosivos, com exposição do solo residual jovem, e ação erosiva também sobre este. Esses processos poderão se instalar durante ou após a realização de escavações, caso esses solos não sejam devidamente protegidos.

Considerando-se os elevados parâmetros de resistência dos solos residuais, os mesmos irão apresentar boa estabilidade nas escavações, desde que adotadas as inclinações adequadas para os taludes. Outrossim, como suas características granulométricas emprestam a esses solos uma elevada suscetibilidade a erosão, os mesmos deverão ser adequadamente protegidos durante as escavações e após o reaterro das valas.

Como fundação, esses solos apresentam elevada capacidade de suporte, permitindo a utilização de fundações diretas como sapatas, sapatas corridas e *radiers*. Eventualmente, nos casos de coberturas espessas de solos residuais maduros com capacidade mais baixa, poderá ser necessário o uso de brocas e estacas para o apoio de estruturas como blocos de ancoragem e sapatas.

<sup>118</sup> PINTO, C. S. & NADER, J. J. Ensaios de laboratório em solos residuais. In: SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS, 2, Atas...v. 2, p. 166-202, São Paulo. 1991.

<sup>119</sup> MILITITSKY, J.; NUDELMANN, T.A. Contribuição ao estudo das propriedades geotécnicas de solo residual de migmatito da região do novo campus da UFRGS, Viamão, RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS TROPICAIS EM ENGENHARIA, 1981, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ, p. 111. 1981.

**Sedimentos Terciários da Bacia de São Paulo**

Na concepção atual, os depósitos sedimentares continentais terciários da Bacia Sedimentar de São Paulo compreendem uma sequência basal com as formações Resende, Tremembé e São Paulo, enfeixadas no Grupo Taubaté, recoberta pelas formações Itaquapecetuba e Pindamonhangaba. Na AID, os sedimentos terciários a ser interceptados pela dutovia são representados pelas formações São Paulo e Resende, cujos solos foram muito estudados para as obras do METROPOLITANO de São Paulo, canalização de rios pelo Daee, e obras da ELETROPAULO e da PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO.

**a) Argilas vermelhas rijas**

Massad *et al.*<sup>120</sup> (1992) estudaram as características das argilas vermelhas rijas, constituídas por 67% a 76% de argila, 14% a 22% de silte e 10% a 20% de areias, a partir de ensaios de caracterização e ensaios especiais realizados sobre amostras de solos da Rua Vergueiro. Os parâmetros médios de resistência obtidos são apresentados a seguir (**Quadro 10.1.4.3.4-5**).

**QUADRO 10.1.4.3.4-5: Parâmetro de resistência**

Parâmetro	Argilas vermelhas rijas
Coesão (c) (kg/cm <sup>2</sup> )	0,88
Ângulo de atrito (φ)	19,4°
Coesão efetiva (c') (kg/cm <sup>2</sup> )	0,68
Ângulo de atrito efetivo (φ')	22,6°

**b) Argilas duras cinza esverdeadas**

As argilas duras, cinza-esverdeadas, podem ser encontradas sob os aluviões dos rios Tietê e Pinheiros, os quais também ocorrem em amplas áreas da Bacia Sedimentar de São Paulo, sempre abaixo do nível atual de drenagem. Apresentam consistência rija a dura e estão, em geral, associadas a lentes de areias finas, argilosas, muito compactas, de coloração cinza-escura (COZZOLINO, 1980<sup>121</sup>).

Na sua composição granulométrica, revelam uma fração de finos superior a 60%, sendo a fração areia essencialmente fina. Massad *et al.* (1992) estudando os sedimentos da Avenida Tiradentes, Rua P. Guimarães e Praça Rodrigues Abreu, e Massad<sup>122</sup> (1980), analisando ensaios triaxiais rápidos pré-adensados em quatro amostras indeformadas, apresentaram os seguintes resultados sobre a resistência desses materiais (**Quadro 10.1.4.3.4-6**):

**QUADRO 10.1.4.3.4-6: Parâmetro de resistência**

Parâmetro	Argilas duras cinza esverdeadas
Peso específico submerso ( $\gamma_{sat}$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	20,0
Coesão (c) (kPa)	50
Ângulo de atrito (φ)	20°
Coesão efetiva (c') (kPa)	40 a 70
Ângulo de atrito efetivo (φ')	15° a 26°
Resistência à compressão simples (kg/cm <sup>2</sup> )	2,27

<sup>120</sup> MASSAD, F., SOUSA PINTO, C., NADER, J. J. Resistência e deformabilidade. In: Solos da Cidade de São Paulo. São Paulo: AMBS/ABEF, p. 141-192. 1992.

<sup>121</sup> COZZOLINO, V. Considerações sobre o conceito de camadas sob o ponto de vista geotécnico, na bacia de São Paulo. Mesa Redonda: Aspectos Geológicos e Geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo. v. único, ABGE, São Paulo, SP, p. 47-52. 1980.

<sup>122</sup> MASSAD, F. Características e propriedades geotécnicas de alguns solos da bacia de São Paulo. Mesa Redonda: Aspectos Geológicos e Geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo. Publicação especial ABGE e SBG. São Paulo, SP. 1980.

## c) Areias basais

As areias basais da Formação Resende foram interceptadas durante a construção da Linha Norte-Sul do METROPOLITANO de São Paulo, onde um número limitado de amostras (dado as dificuldades de amostragem indeformada vigente à época de sua realização) forneceu os seguintes valores, obtidos através de ensaios triaxiais rápidos pré-adensados (MASSAD, 1980) (**Quadro 10.1.4.3.4-7**):

**QUADRO 10.1.4.3.4-7: Parâmetro de resistência**

Parâmetro	Areias	Areias (valores médios)
Peso específico natural ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	-	20,0
Coesão (c) (kPa)	0,00	0,00
Ângulo de atrito efetivo ( $\varphi'$ )	32° a 35°	33,5°

As areias basais a que estes resultados se referem são designadas areias médias, pouco argilosas, com fração de argila de 2% a 15%. Os extratos mais grossos exibem de 5% a 15% de areia grossa (diâmetro superior a 2 mm).

**Sedimentos aluviais quaternários do Planalto Paulistano**

Os parâmetros geotécnicos dos sedimentos – em especial as argilas moles – presentes nos depósitos aluviais dos principais corpos d'água do Planalto de São Paulo, representados pelos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí, foram pesquisados para as diversas obras realizadas nas suas bacias, tendo sido compilados por Promon<sup>123</sup> (1977 e 1994), Abge<sup>124</sup> (1980), Ferreira *et al.*<sup>125</sup> (1989), Companhia do Metropolitano de São Paulo<sup>126</sup> (1989), e Massad *et al.*<sup>127</sup> (1992).

De modo geral, as drenagens menores não constam da bibliografia técnica especializada, dada sua ocorrência localizada e falta de empreendimentos que demandassem a realização de ensaios de campo e laboratório. Suas propriedades deverão ser mais bem conhecidas durante a etapa de detalhamento do projeto.

Em função das porcentagens de silte e areia presentes nas argilas, ocorrência de matéria orgânica e raízes, espessura das camadas e tensões de pré-adensamento, os parâmetros geotécnicos de resistência das argilas podem apresentar valores diversos para diferentes depósitos e dentro de um mesmo depósito. Tais valores, no entanto, variam dentro de faixas já estabelecidas como representativas para solos moles de origem fluvial ou marinha, amplamente estudados.

Para fins de projeto, são utilizados os parâmetros mais conservadores das faixas de variação conhecidas, sendo as argilas moles os materiais menos favoráveis como fundação dos dutos e dos aterros. Como referência para os parâmetros desses e de outros solos presentes nos sedimentos aluviais quaternários, são apresentados, a seguir, os valores médios obtidos nas pesquisas realizadas.

<sup>123</sup> PROMON ENGENHARIA. Canalização do rio Tamanduateí – Projeto executivo – II – Relatório Final, Anexo 4, Análise dos Ensaios Geotécnicos. São Paulo, Dezembro de 1977 (inédito).

PROMON ENGENHARIA. Memorial justificativo dos parâmetros geotécnicos – Linha Oriente-Ferreira, Trecho Paulista Faria Lima. Relatório RT-4.08.00.00 / 4c3-002, São Paulo, Fevereiro de 1994 (inédito).

<sup>124</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA (ABGE). 1980. Mesa redonda sobre aspectos geológicos e geotécnicos da bacia sedimentar de São Paulo. São Paulo, 19 a 21/05/1980.

<sup>125</sup> FERREIRA, A. A.; SOARES, E.; NAVARRO, R. 1989. Consolidation characteristics of alluvial soils in the city of São Paulo. INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 12, Volume especial da ABMS, Rio de Janeiro, RJ. 1989.

<sup>126</sup> COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. Documento Técnico RT-3.00.00.00/6C3-001 – Rev. 10/02/89 (inédito). 1989.

<sup>127</sup> MASSAD, F., SOUSA PINTO, C., NADER, J. J. Resistência e deformabilidade. In: Solos da Cidade de São Paulo. São Paulo: AMBS/ABEF, p. 141-192. 1992.



## a) Argilas moles

**PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA**

A partir de ensaios triaxiais rápidos e resistência residual obtida em ensaios vane test sobre argilas da bacia do Tietê, em especial do rio Tamanduateí, com índices de SPT entre 0 e 4, foram obtidos os parâmetros de resistência apresentados a seguir (PROMON, 1977) (**Quadro 10.1.4.3.4-8**).

**QUADRO 10.1.4.3.4-8: Parâmetros de resistência**

Parâmetro	Argila siltosa orgânica preta	Argila siltosa cinza
Envoltória ensaio rápido (S)	0,20 + $\sigma_{tg}$ 2,5°	0,15 + $\sigma_{tg}$ 2,0°
Peso específico natural ( $\gamma$ ) (t/m <sup>3</sup> )	1,60	1,60
Coesão (c) (kgf/cm <sup>2</sup> )	0,13 a 0,26	0,29 a 0,30
Ângulo de atrito ( $\phi$ )	0°	0°

Na bacia do rio Pinheiros, foram definidos parâmetros de resistência para turfas com SPT zero, e argilas com SPT entre 0 e 4, a partir de parâmetros médios de argilas e siltes dos aluviões dos rios Pirajussara e Guarapiranga, e argila porosa mole do Terciário de São Paulo (PROMON, 1994) (**Quadro 10.1.4.3.4-9**).

**QUADRO 10.1.4.3.4-9: Parâmetro de resistência**

Parâmetro	Turfa	Argila orgânicasiltosa ou arenosa
Peso específico natural ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	14	16
Coesão (c) (kPa)	5	8
Ângulo de atrito ( $\phi$ )	15°	20°
Módulo de elasticidade (E) (MPa)	1	1 a 16

**COMPRESSIBILIDADE**

Estudos de retroanálise de dados de campo desenvolvidos por FERREIRA *et al.*<sup>128</sup> (1989) em aterros instrumentados na várzea dos rios Tietê (Barra Funda) e Tamanduateí (Santo André), e entre Vila Carrão e Itaquera, permitiram a definição da compressibilidade das camadas de aluvião por meio de curvas de distribuição de frequências acumuladas dos valores de  $C_c/(1+e_0)$ ,  $C_v$  e  $C_\alpha$ . Os resultados obtidos foram comparados com os valores de  $C_c/(1+e_0)$  e  $C_v$  obtidos em ensaios em laboratório sobre amostras de aluviões presentes entre Itaquera e Guaianases.

Os valores de  $C_c/(1+e_0)$  retroanalizados a partir de obras, em 74% dos casos se mostraram menores que 0,15, contra menos que 0,22 dos obtidos em laboratório. Para os valores de  $C_v$  obtidos por retroanálise, 78% dos casos foram superiores a  $5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ , contra mais de  $1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$  em laboratório, e 94% dos valores de  $C_\alpha$  retroanalizados foram inferiores a 3%.

Considerando-se uma camada de 4m de solo mole com  $C_v$  de  $5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ , drenada no seu topo e base, seriam necessários cerca de 100 dias para que ocorresse 95% do adensamento, e para um  $C_v$  cinco vezes menor ( $1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ ), esse período de tempo se estenderia por 500 dias.

Na bacia do rio Pinheiros, valores de compressibilidade e permeabilidade de turfas e argilas moles foram obtidos com base nos parâmetros médios de argilas e siltes dos aluviões dos rios Pirajussara e Guarapiranga, e argila porosa mole do Terciário de São Paulo (PROMON, 1994) (**Quadro 10.1.4.3.4-10**).

<sup>128</sup> FERREIRA, A. A.; SOARES, E.; NAVARRO, R. 1989. Consolidation characteristics of alluvial soils in the city of São Paulo. INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 12, Volume especial da ABMS, Rio de Janeiro, RJ. 1989.

**QUADRO 10.1.4.3.4-10: Parâmetros de compressibilidade**

Parâmetro	Turfa	Argila orgânica, siltosa ou arenosa
Fator de compressibilidade $[Cc/(1+e_0)]$	0,3	0,15
Coefficiente de adensamento vertical (Cv) (cm <sup>2</sup> /s)	10 <sup>-3</sup>	8 x 10 <sup>-3</sup>
Permeabilidade (K) (cm/s)	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>

**b) Areias**

Devido à presença do nível d'água e dificuldade de obtenção de amostras indeformadas, as areias dos aluviões do rio Tamanduateí, na bacia do Tietê, tiveram seus parâmetros de resistência estimados com boa aproximação, com base em informações experimentais de resistência ao cisalhamento de solos granulares (PROMON, 1977<sup>129</sup>). Tratam-se de areias de coloração cinza, granulometria muito heterogênea, fofas a pouco compactas, eventualmente com pedregulhos. Os principais parâmetros obtidos foram (**Quadro 10.1.4.3.4-11**):

**QUADRO 10.1.4.3.4-11: Parâmetros de resistência ao cisalhamento**

Parâmetro	Areias
Peso específico natural ( $\gamma$ ) (t/m <sup>3</sup> )	2,00
Coesão (c) (kPa)	0,00
Ângulo de atrito ( $\phi$ )	25°
Resistência ao cisalhamento (S)	$\sigma \tan 25^\circ$

Ensaios triaxiais tipo R foram realizados, pelo IPT, sobre amostras de aluvião do trecho Itaquera-Guaianases do Metrô de São Paulo (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 1989<sup>130</sup>), obtendo-se os parâmetros de resistência apresentados a seguir, para diferentes tipos de solos (**Quadro 10.1.4.3.4-12**).

**QUADRO 10.1.4.3.4-12: Parâmetros de compressibilidade**

Parâmetro	Areia argilo-siltosa orgânica preta	Areia argilo-siltosa orgânica cinza escura	Areia argilo-siltosa amarela
Coesão (c) (kPa)	4,5	8,0	6,5
Ângulo de atrito ( $\phi$ )	14°	17°	20°
Coesão efetiva (c') (kPa)	5,0	8,0	5,0
Ângulo de atrito efetivo ( $\phi'$ )	15°	20°	28°

Ensaios de compressão simples realizados pelo IPT nesses solos (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 1989) indicaram uma dispersão muito grande de valores, com a coesão variando entre 6 e 25kPa. Também foram obtidos parâmetros de resistência por retroanálise de duas rupturas, os quais se situaram dentro das faixas apresentadas.

Na Bacia do rio Pinheiros, foram obtidos parâmetros médios de resistência e permeabilidade para areias dos rios Pirajussara e Guarapiranga (PROMON, 1994<sup>131</sup>). Os solos estudados e parâmetros obtidos são apresentados a seguir (**Quadro 10.1.4.3.4-13**).

<sup>129</sup> PROMON ENGENHARIA. Canalização do rio Tamanduateí – Projeto executivo – II – Relatório Final, Anexo 4, Análise dos Ensaios Geotécnicos. São Paulo, Dezembro de 1977 (inédito).

<sup>130</sup> COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. Documento Técnico RT-3.00.00.00/6C3-001 – Rev. 10/02/89 (inédito). 1989.

<sup>131</sup> PROMON ENGENHARIA. Memorial justificativo dos parâmetros geotécnicos – Linha Oriente-Ferreira, Trecho Paulista Faria Lima. Relatório RT-4.08.00.00 / 4c3-002, São Paulo, Fevereiro de 1994 (inédito).

**QUADRO 10.1.4.3.4-13: Parâmetros de compressibilidade**

Parâmetro	Areia fina argilosa	Areia média e grossa argilosa com pedregulhos
SPT	1 a 9	2 a 13
Peso específico natural ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	17	17
Coesão (c) (kPa)	2	2
Ângulo de atrito ( $\phi$ )	28°	28°
Módulo de elasticidade (E) (MPa)	4 a 36	8 a 52
Permeabilidade (K) (cm/s)	10 <sup>-3</sup>	5 x 10 <sup>-3</sup>

**Sedimentos da Baixada Santista**

As características geotécnicas dos sedimentos da Baixada Santista – com ênfase nas argilas moles - foram obtidas a partir de trabalhos publicados nas últimas décadas, por pesquisadores que as avaliaram no contexto da história geológica dos sedimentos da Baixada Santista.

Dentre os mais importantes pode-se citar os de Massad<sup>132</sup> (1999), cuja caracterização dos aluviões dos rios Moji e Cubatão, e dos sedimentos marinhos, pode ser aplicada para toda a região, e da COSIPA<sup>133</sup> (1992), por sua norma técnica inédita, desenvolvida pela empresa durante suas diversas fases de expansão e operação.

As unidades geológico-geotécnicas presentes na AII / AID são representadas pelos Sedimentos de Mangue e Pântanos de natureza argilosa (SMGag) ou arenosa (SMGar); Sedimentos Flúvio-lagunares argilosos (SFLag) e arenosos (SFLar); Areias Transicionais Holocênicas Flúvio-marinhas ou Litorâneas (SFM); e Areias de Depósitos Fluviais Basais nos Aluviões (SFA), assentadas sobre solos residuais.

No topo do pacote de sedimentos, os depósitos são constituídos por sedimentos de mangues e pântanos com valores de SPT nulos, sendo os sedimentos de mangue arenoso mais espessos junto aos rios e canais. Em profundidades maiores, encontram-se os depósitos argilosos com 20m ou mais de espessura, dos sedimentos flúvio-lagunares holocênicos, denominados SFL por Massad<sup>134</sup> (1986).

Antes da base desses depósitos podem ocorrer areias finas dos sedimentos flúvio-lagunares e/ou depósitos fluviais de aluviões holocênicos pretéritos representados pelos pedregulhos finos a grossos. Sotopostas, podem ocorrer areias e argilas transicionais pleistocênicas da Formação Cananéia – diferenciadas das argilas SFL, no início da década de 90, por investigações realizadas no Cais da Conceiçãozinha, próximo à área industrial da COSIPA – e na base dos sedimentos são encontrados os solos residuais sobre o maciço de rochas cristalinas.

Os Sedimentos de Mangue e Pântanos de natureza arenosa (SMGar) ocupam grandes porções das áreas emersas, com espessuras variáveis de 1,50m a mais de 5m, podendo ser identificados até a cota -7,45m. São constituídos por areias finas pouco argilosas a areias finas argilosas de coloração cinza-escura, com índices de SPT de 1/60 a 1/40. Sedimentos de Mangue e Pântanos argilosos (SMGag) formam depósitos menores, interdigitados aos sedimentos de mangue arenoso, com espessuras entre 1m e 2m e cotas do topo do depósito a cerca de -1m. São constituídos por argilas orgânicas siltosas de consistência muito mole, de SPT zero e coloração preta.

<sup>132</sup> MASSAD, F. Implicações da história geológica no projeto de fundações. Solos e Rochas São Paulo, São Paulo, v. 15, n. 2. 1999.

<sup>133</sup> COMPANHIA SIDERÚRGICA PAULISTA S.A. (COSIPA). Norma técnica Nº 250009 – Projeto e execução de obras de terra e fundações Rev. 0 – 26/02/92. 1992.

<sup>134</sup> MASSAD, F. As argilas transicionais (pleistocênicas) do litoral paulista: características geotécnicas e propriedades de engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 8., 1986, Porto Alegre. Anais...São Paulo: ABMS, v.2. p.113-128. 1986.



Os Sedimentos Flúvio-lagunares (SFL) ocorrem como uma espessa camada argilosa sotoposta aos sedimentos de mangue (SMG), mas também podem constituir interdigitações nestes. São representados, principalmente, por argilas siltosas e argilas arenosas de granulometria fina, e também são reconhecidas camadas delgadas de areia fina subordinadas (SFLar).

O pacote principal desses sedimentos pode apresentar espessuras de 10m a mais de 30m de argilas altamente plásticas, de consistência muito mole a mole, coloração cinza-escuro e com índices de SPT entre zero e 4 (COSIPA, 2004<sup>135</sup>) – incluir na bibliografia. As areias SFLar apresentam coloração cinza-escuro e eventualmente cinza a cinza-amarelada, e espessuras decimétricas no seio do pacote de SFL, aumentando para 1m a mais de 6m em direção à sua base.

As areias transicionais holocênicas flúvio-marinhas ou litorâneas (SFM) são constituídas por areias finas a médias e areias médias a grossas, pouco argilosas, de coloração cinza-escuro a cinza-clara, e sua espessura varia entre 1m e 3,5m. Areias de depósitos fluviais basais nos aluviões (SFA) consistem de pedregulhos de dimensões até centimétricas, eventualmente com matriz arenosa e intercalações subordinadas de areias médias a grossas, pouco argilosas, com pedregulhos finos. São de coloração cinza-clara a cinza (COSIPA, 2004).

Os solos residuais podem se encontrar expostos na região ou recobertos por depósitos sedimentares com espessuras de mais de 50m, com topo ondulado e irregular em virtude dos processos erosivos que esculpiram seu relevo. Apresentam constituição silto-arenosa micácea, coloração cinza a cinza amarelada variegada, elevada compactação e preservam as estruturas e textura da rocha original.

Para as argilas moles e outros solos da região de Piaçaguera, a norma técnica interna da Cosipa (1992), para projeto e execução de obras de terra e fundações, recomenda os parâmetros geotécnicos médios obtidos a partir de ensaios realizados desde a década de 60.

A seguir, são apresentados os valores médios obtidos nos ensaios de caracterização, compressibilidade, deformabilidade e resistência de argilas moles, parâmetros de areias e cascalhos presentes na área, ressaltando-se a grande variabilidade observada nos resultados obtidos (**Quadro 10.1.4.3.4-14**).

**QUADRO 10.1.4.3.4-14: Resultados de compressibilidade**

Parâmetro	Argilas moles	Areias	Cascalho
Porcentagem de argila (ABNT / MIT)	65% / 54%	-	-
Limite de Liquidez (LL)	115	-	-
Limite de Plasticidade (LP)	41	-	-
Índice de Plasticidade (IP)	74	-	-
Índice de Compressão (Cc)	1,50	-	-
Índice de Recompressão (Cr)	0,07	-	-
Índice de Expansão (Ce)	0,24	-	-
Fator de Compressibilidade ( $C_c / (1 + e_0)$ )	0,38	-	-
Coeficiente de Adensamento vertical (Cv) (cm <sup>2</sup> /s)	0,004	-	-
Módulo de Elasticidade (E) (Kgf/cm <sup>2</sup> )	100 a 200	-	-
Coeficiente de Poisson (ν) (c. não drenada)	0,5	-	-
Módulo de Elasticidade (E) (Kgf/cm <sup>2</sup> )	20 a 40	-	-
Coeficiente de Poisson (ν) (c. drenada)	0,2	-	-

<sup>135</sup> COMPANHIA SIDERÚRGICA PAULISTA S.A (COSIPA). Estudo de impacto ambiental – EIA – Dragagem do Canal de Piaçaguera e gerenciamento dos passivos ambientais. Cubatão / Santos, julho de 2004.

**QUADRO 10.1.4.3.4-14: Resultados de compressibilidade**

Parâmetro	Argilas moles	Areias	Cascalho
Resistência não drenada de argila virgem ( $S_u$ ) (tf/m <sup>2</sup> ) (Z= prof. do topo da argila)	0,5+0,17xZ	-	-
Resistência não drenada de aterro a mais de um ano sobre argila ( $S_u$ ) (tf/m <sup>2</sup> )	1,0+0,17xZ	-	-
Peso específico natural ( $\gamma$ ) (KN/m <sup>3</sup> )	14	18	18
Peso específico submerso ( $\gamma_{sat}$ ) (KN/m <sup>3</sup> )	-	8	8
Coesão (c) (KPa)	-	0,00	0,00
Ângulo de atrito ( $\phi$ )	0°	35°	40°
Ângulo de atrito efetivo ( $\phi'$ )	18°	-	-

Segundo Massad<sup>136</sup> (1999), a resistência não drenada ( $S_u$ ) das argilas da Baixada Santista mostra tendência sempre crescente com a profundidade, encontrando-se valores de 3KPa para os Mangues; 10kPa a 60KPa para as argilas de SFL, e superiores a 100KPa para as argilas transicionais (AT).

Algumas características e relações são semelhantes para esses três tipos de sedimentos, como o fator de compressibilidade ( $C_c / 1 + e_0$ ), que influi nos cálculos dos recalques; o coeficiente de empuxo em repouso ( $k_0$ ), que pode ser utilizado para a estimativa de empuxos em contenções e de atrito negativo em estacas devidos ao adensamento de argilas moles, e os índices de consistência (LL, LP e IP), muito utilizados em correlações.

Outros parâmetros podem ter valores distintos, como é o caso do coeficiente de adensamento ( $c_v$ ), obtido em laboratório para as argilas de SFL, que quando relacionado aos obtidos no campo se mostra 15 a 100 vezes maior. Essa diferença significativa demonstra a necessidade de se estabelecer critérios para as hipóteses de aplicação desse parâmetro, face à sua influência no estudo dos tempos de recalque das argilas compressíveis do subsolo.

Quanto à magnitude das tensões de pré-adensamento, as argilas AT apresentam valores entre 400kPa e 800KPa, superiores às das argilas de SFL, com valores entre 100kPa e 200KPa, sempre crescentes com a profundidade, como se observa nos ensaios de palheta (*vane test*) realizados. As pré-pressões de adensamento ( $\sigma_a$ ), para as argilas de SFL, crescem linearmente com o peso efetivo de terra ( $\sigma_{vo}$ ), sendo:  $\sigma_a = \text{constante} + \sigma_{vo}$ . A constante dessa relação varia, em 60% dos casos, de 80kPa a 120 KPa.

Massad (1999) estudou os dados de recalques de aterros monitorados na Baixada Santista, em sedimentos com espessuras variáveis e camadas espessas de argilas de SFL em obras realizadas na ilha de Santo Amaro, COSIPA e Itapema. Avaliando os dados de Razão de Sobreadensamento e Coeficiente de Adensamento, bem como a relação  $b/H$ , onde  $b$  é a largura da área aterrada e  $H$  é a espessura da camada de argila, observou que os recalques ( $\rho_f$ ) devidos à construção de aterros são, de maneira geral, significativos, variando de 44cm a 108cm, perante as diferentes características e mecanismos de adensamento.

#### 10.1.4.3.5 Considerações Finais sobre a Geotecnia na Faixa da AID/ADA

As conclusões a respeito do comportamento geotécnico dos terrenos abrangidos pela faixa da AID/ADA do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** são apresentadas abaixo, conforme a numeração de cada unidade geotécnica. O nome completo de cada uma dessas unidades consta do corpo do texto acima, onde foram descritas suas características separadamente.

<sup>136</sup> MASSAD, F. Implicações da história geológica no projeto de fundações. Solos e Rochas São Paulo, São Paulo, v. 15, n. 2. 1999.

### **Baixada Santista**

Na Baixada Santista foram identificadas as unidades geotécnicas **11, 12, 14 e 15**. Os morros isolados que ocorrem de forma subordinada nos terrenos da Baixada, por apresentarem com característica predominante os processos de movimento de massa, foram agrupados na Serra do Mar, e são descritos posteriormente na unidade geotécnica 4/3.

### **UNIDADES GEOTÉCNICAS 11 E 12**

Nos terrenos onde ocorrem os depósitos de mangue e pântanos (**11**) e de depósitos flúvio-marinhos (**12**), predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, com muito alta suscetibilidade e alta suscetibilidade a recalque por adensamento de solos moles, e inundações diárias associadas às marés (depósitos de mangue e pântano) ou às inundações pluviais (depósitos flúvio-marinhos).

Na Unidade Geotécnica **11**, os problemas principais associados à implantação do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** abrangem inundações diárias associadas ao ciclo das marés, recalques em fundações e aterros e, eventualmente, o assoreamento de canais associados à vegetação típica e à fixação de sedimentos.

Na Unidade Geotécnica **12**, seus terrenos apresentam como problemas existentes e/ou potenciais associados à execução e à manutenção do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** abrangem inundações frequentes durante os períodos mais chuvosos, obstruções de fluxo, ausência ou deficiência do sistema de drenagem e, eventualmente, recalques localizados em aterros ou nas fundações de travessias de maior porte por adensamento de solos moles, ou ainda, danificação do subleito do traçado devido à saturação, considerando que durante as obras de implantação o assoreamento do sistema de drenagem pode acentuar as condições de inundação e comprometer a estabilidade das paredes escavadas.

Com relação às unidades geotécnicas **11 e 12**, em seus trechos de solos moles e muitos moles onde também foi verificado maior concentração de matéria orgânica e outras características particulares – como baixo pH e baixa resistividade. Essa situação poderá ocorrer, principalmente, nas travessias de canais com depósitos de mangue laterais, ou na transposição do fundos dos canais quando os dutos estiverem aterrados.

### **UNIDADE GEOTÉCNICA 14**

Os depósitos colúvio-eluvionares e de tálus que caracterizam a Unidade Geotécnica **14** podem ser reconhecidos no sopé das escarpas da Serra do Mar, com destaque para as serras de Cubatão, do Morrão e do Quilombo.

Nestes locais, em meio às escarpas da serra e das encostas escarpadas dos morros litorâneos, predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, com média suscetibilidade a recalques diferenciais e aos impactos por escorregamentos.

De modo geral, o traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** aproveita os terrenos planos das unidades geotécnicas 11, 12 e 15 junto à Rodovia Cônego Domênico Rangoni (Piaçaguera-Guarujá), desviando dos trechos topograficamente mais acidentados. Consequentemente, os dutos a ser implantados se afastam dos corpos de tálus e dos coluviões. Contudo, ainda merecem atenção específica os trechos das serras de Cubatão e do Quilombo.

Os eventuais problemas existentes e/ou potenciais associados às obras de escavação e manutenção da futura dutovia incluem impactos associados com materiais provenientes de escorregamentos das áreas de montante, e dificuldade na escavação e aterramento dos dutos devido à presença de blocos diversos e instáveis, além do rolamento e queda de blocos superficiais por descalçamento decorrente de cortes e instabilização de depósitos de tálus – que constituem corpos altamente instáveis – por alteração na sua geometria e na circulação de águas



subsuperficiais durante o período de implantação e, mais raro, por constituírem corpos em movimento lento e constante, durante os anos de operação.

Situações que merecem atenção podem ser consideradas no trecho da escarpa da serra de Cubatão, pela ocorrência de corpos de menor dimensão não identificados. Contudo, os serviços de manutenção observados na faixa dos dutos da Usina Henry Borden propiciam a mitigação dos processos descritos acima.

Nas encostas recortadas da serra do Quilombo, são reconhecidos diversos corpos de tálus e também são identificados algumas estruturas de contenção visando a estabilização dos cortes efetuados, tais como muros baixos de concreto, paredes concretadas e atirantadas, execução de concreto projetado e instalação de drenos horizontais profundos (dhp).

As situações descritas acima ocorrendo isoladamente e/ou de forma conjugada, como as reconhecidas nas encostas da serra do Quilombo, podem apresentar riscos de danos aos dutos por movimentos de massa, seja na implantação ou durante o período de operação. Alternativamente, a transposição deste alto topográfico – geológico e geotecnicaamente instável – pode ser realizada através da escavação direcionada do maciço rochoso.

### ***UNIDADE GEOTÉCNICA 15***

A Unidade Geotécnica **15** associa-se aos terrenos planos dos depósitos aluviais quaternários, presentes nas calhas dos rios e ribeirões maiores na Baixada Litorânea. Nesta unidade, predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, com alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios.

Durante a implantação do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, poderão ocorrer dificuldades de escavação pela instabilidade das paredes, principalmente quando for interceptado o nível d'água – em geral raso – e for verificada a presença de materiais com baixa capacidade de suporte, característica dos sedimentos aluviais mais finos (argilo-siltosos e/ou orgânicos). Problemas potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e/ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água), assoreamento de canais da drenagem ou solapamento das margens.

Dos corpos d'água associados à Unidade Geotécnica **15**, os dutos poderão atravessar as várzeas dos rios Perequê e Cubatão.

### ***Serra do Mar***

Os terrenos que apresentam muito alta ou alta suscetibilidade a escorregamentos (naturais ou induzidos), frequentemente acompanhados de processos secundários de alta suscetibilidade à erosão nos solos superficiais foram geotecnicaamente agrupados na unidade geotécnica 4/3. Estão representados pelas escarpas da Serra do Mar (serras de Cubatão, do Morrão e do Quilombo) e os morros isolados identificados ao longo da Rodovia Cônego Domênico Rangoni (Piaçaquera Guarujá), além dos limites do traçado da ADA da futura dutovia.

### ***UNIDADE GEOTÉCNICA 4/3***

A unidade geotécnica **4/3** caracteriza-se por terrenos onde destacam-se os processos de movimento de massa com processos de erosão subordinados. Apresentam muito alta ou alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos, além de alta suscetibilidade aos processos secundários de erosão nos solos subsuperficiais e, eventualmente, os processos secundários erosivos podem ser induzidos por movimentos de massa.

Terrenos com muito alta suscetibilidade a escorregamentos associam-se às escarpas da Serra do Mar. Também ocorrem aqueles com características um pouco distintas associados aos morros alongados litorâneos e morros isolados menores, onde são identificadas alta suscetibilidade a

escorregamentos naturais e/ou induzidos e alta suscetibilidade a erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra.

Os problemas predominantes associados aos escorregamentos existentes e/ou potenciais abrangem rastejo frequente a generalizado nas encostas, rastejo e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões) inclusive à meia-encosta, escorregamentos planares em solo frequentes a muito frequentes, potencialidade para a geração de corridas de massa em anfiteatros, queda e rolamentos de blocos em afloramentos de rochas, e escorregamentos e deslocamentos rochosos condicionados por estruturas planares. Tais processos potenciais podem ocorrer naturalmente e de forma generalizada no compartimento, sendo deflagrados por eventos pluviométricos intensos ou muito intensos, além de fortemente induzidos por intervenções relativas ao uso do solo – desmatamentos e terraplanagem – e mudanças na dinâmica das águas das vertentes.

Com relação aos processos de erosão, os seus problemas existentes e/ou potenciais dizem respeito à erosão acelerada por sulcos e ravinas, desenvolvida a partir da concentração do escoamento superficial; exposição dos solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos; erosão sobre os solos superficiais, além de assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como reflexo da erosão das áreas de expansão antrópica.

Problemas críticos poderiam ser esperados no trecho de transposição da serra de Cubatão, paralelo aos dutos da Usina Henry Borden. Contudo, conforme anteriormente comentado para a Unidade Geotécnica 14, as medidas de proteção e de mitigação de processos de escorregamentos e de erosão constituem parte da manutenção da obra implantada desde a primeira metade do século passado, o que minimiza a instalação dos processos típicos na Unidade Geotécnica **4/3**.

Nas regiões da serra do Morão e, principalmente, junto à travessia da serra do Quilombo, junto à Unidade Geotécnica **4/3**, são reconhecidas nas laterais da Rodovia Piaçaguera-Guarujá, medidas de proteção contra escorregamentos nos pontos mais críticos.

### **Planalto**

Nos planaltos Paulistano/Alto Tietê, de São Paulo e de Jundiaí, nos terrenos que compõem a faixa da AID/ADA, podem ser reconhecidos ao longo do traçado tanto os processos do meio físico importantes onde predominam o movimento de massa com processos de erosão subordinados, e aqueles associados à erosão que podem ou não apresentar os movimentos de massa como processos secundários, sendo os mesmos identificados através das unidades geotécnicas **5a/3**, e **3** e **3/6a**, respectivamente.

No Planalto também são individualizados os terrenos constituídos por depósitos continentais aluviais (Unidade Geotécnica **15**), onde são verificados adensamentos de solos moles, além de trechos subordinados eventualmente associados com relevos cársticos e rochas carbonáticas (Unidade Geotécnica **7**), e aqueles terrenos caracterizados como de baixa suscetibilidade a todos os processos do meio físico analisados (Unidade Geotécnica **17**).

### ***UNIDADE GEOTÉCNICA 5A/3***

A Unidade Geotécnica **5a/3** ocorre, preferencialmente, nos terrenos de nível alto do Planalto de Jundiaí e, de forma subordinada, no Planalto Paulistano, na região de convergência da Rodovia dos Imigrantes com o trecho Sul do Rodoanel; abrangendo ainda o extremo leste do traçado, abrangendo parte dos municípios de São Paulo, Ribeirão Pires, Suzano e Mogi das Cruzes.

Nestes locais predominam processos de movimento de massa, com processos de erosão secundários. Foi verificada alta suscetibilidade a escorregamentos naturais e/ou induzidos, e alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais, induzida por movimentos de terra.

Na unidade **5a/3** os problemas existentes e/ou potenciais associados aos movimentos de massa abrangem escorregamentos de solo com geometria predominantemente planar, rastejo frequente nas encostas, escorregamentos frequentes planares em solo, com potencia para a geração de corridas de massa restrita a alguns anfiteatros, além de queda e rolamentos de blocos em afloramentos restritos de rochas, escorregamentos e deslocamentos rochosos condicionados por estruturas planares em afloramentos restritos. Os processos potenciais descritos acima podem ocorrer naturalmente – deflagrados por eventos pluviométricos muito intensos – ou podem ser induzidos através de intervenções relativas ao uso do solo, particularmente na execução de terraplanagem e quando ocorre mudança na dinâmica das águas superficiais.

Já problemas existentes e/ou potenciais relativos aos processos secundários de erosão verificados na Unidade Geotécnica **5a/3** dizem respeito à erosão acelerada por sulcos e ravinas desenvolvida a partir da concentração do escoamento superficial; à exposição dos solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos; à erosão sobre os solos superficiais; e ao assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão antrópica.

A ocupação antrópica efetuada ao longo das últimas décadas nos diversos terrenos do Planalto (Paulistano/Alto Tietê, de São Paulo e de Jundiaí), principalmente quando associado ao crescimento acelerado sobre terrenos cada vez mais íngremes, tem induzido aos movimentos de massa e potencializando seus efeitos. Contudo, esses terrenos – com alta suscetibilidade aos movimentos de massa e com frequentes processos de erosão secundários associados – nos trechos que deverão ser atravessados pela futura dutovia, encontram-se recortados por obras lineares, como destaque para os dutos operados pela Transpetro (GASAN II, OSVAT, OSVAT-MOGI-GRU, e OPASA) e para os trechos subordinados dos trechos Sul e Oeste do Rodoanel Mário Covas e das Rodovias Anhanguera e dos Bandeirantes, no intervalo do entroncamento com o Rodoanel até imediatamente a sul da cidade de Jundiaí.

Nos trechos onde a futura dutovia deverá aproveitar as faixas de domínios de obras lineares implantadas, as medidas de contenção e de mitigação de processos de movimento de massa e de erosão já estão contemplados e em constante monitoramento com obras de manutenção dessas vias e suas faixas de domínio.

Medidas preventivas e de controle eventualmente poderão ser introduzidas nos intervalos – subordinados – quando os dutos ao ser implementados se afastarem das estruturas viárias existentes e, por consequência, dos seus taludes protegidos.

Obras de escavação para a implantação da futura dutovia – mesmo a pouca profundidade, com cerca de 2,0m – deverão ser consideradas com as devidas precauções nos trechos com taludes mais íngremes a ser escavados e com estruturas geológicas desfavoráveis, situação que merece destaque no limite sul de Jundiaí e região de Cajamar, onde os desníveis topográficos são relativamente consideráveis e as rochas do domínio São Roque ocorrem fortemente orientadas e transpostas pela Zona de Cisalhamento de Jundiuvira, sendo previsíveis a ocorrências de estruturas geológicas desfavoráveis à estabilidade dos maciços rochosos e de seus solos derivados.

### **UNIDADES GEOTÉCNICAS 3 E 3/6A**

Nas unidades geotécnicas **3** e **3/6a** são identificadas nos terrenos dos planaltos Paulistano/Alto Tietê (preferencialmente), de São Paulo e de Jundiaí (a norte da cidade de Jundiaí). Nestes locais predominam os processos de erosão apresentam alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra. Também são reconhecidos, em várias regiões, processos de movimento de massa subordinados com média suscetibilidade a escorregamentos (exclusivamente induzidos) sobre as rochas cristalinas do embasamento.



Nestas unidades geotécnicas **3** e **3/6a** os problemas existentes e/ou potenciais abrangem erosão acelerada por sulcos e ravinas desenvolvidas a partir da concentração do escoamento superficial, exclusivamente sobre os solos de alteração *in situ* e nos aterros, exposição de solos de alteração associada aos movimentos de terra em loteamentos habitacionais e industriais e obras civis diversas, assoreamento generalizado nas drenagens e reservatórios de abastecimento, como consequência da erosão das áreas de expansão urbana e do lançamento de resíduos/entulhos diversos no sistema de drenagem.

Os problemas existentes e/ou potenciais associados aos processos secundários, quando reconhecidos nas unidades geotécnicas **3** e **3/6a** em terrenos do Planalto, compreendem rastejos e escorregamentos de solos planares e circulares associados aos setores de encosta acima de 20°, rastejos e escorregamentos associados a depósitos detríticos (tálus/coluviões), sendo os processos de instabilização principalmente induzidos por movimento de terra, mudanças na dinâmica das águas nas encostas decorrentes da ocupação urbana, obras lineares e exploração mineral.

Nos terrenos pertencentes às unidades geotécnicas **3** e **3/6a**, reconhecidos no Planalto, e que apresentam alta suscetibilidade à erosão, encontram-se implantadas as obras viárias/lineares de grande porte, devendo ser mencionadas a Rodovia de Interligação Anchieta-Imigrantes, Rodovia dos Imigrantes, dutos da Transpetro, os trechos Sul e Oeste do Rodoanel, assim como as Rodovias Anhanguera e dos Bandeirantes – desde o entroncamento com o Rodoanel até o limite norte da cidade de Campinas, na altura da estaca 10.

Nos trechos onde o duto a ser executado se afastar das estruturas viárias existentes e, por consequência, dos cortes de retaludamento de encostas mais íngremes e aterros executados nos vales mais encaixados – locais normalmente protegidos pelos serviços de manutenção das rodovias – as obras temporárias de escavação para a implantação da nova estrutura aterrada deverão ser precedidas e acompanhadas visando evitar a instalação de processos erosivos localizados. Posteriormente, nas faixas de concessão mais afastados das obras lineares atuais e que apresentem maiores declividades e litologias propícias à instalação de processos erosivos, deverão ser monitoradas periodicamente.

### **UNIDADE GEOTÉCNICA 7**

Os terrenos da Unidade Geotécnica **7** têm ocorrência muito restrita no Planalto. Especificamente, de acordo com os mapas regionais disponíveis, a unidade é identificada entre as estacas 82+600m a 84+300m.

As principais ocorrências da Unidade Geotécnica **7** localizam-se em Santana de Parnaíba e Cajamar – onde ocorreu o fenômeno de colapso de solo decorrente de um dolinamento em agosto de 1986. De maior interesse para o traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, a ocorrência de Cajamar associa-se aos filitos com intercalações de calciofilitos, mármores e quartzitos, além de metamargas e calcários do Grupo São Roque. As ocorrências mais próximas dessas rochas, identificadas a oeste do traçado dos dutos, distam cerca de 2km do empreendimento em análise.

Na da Unidade Geotécnica **7** – intrinsecamente associado aos relevos cársticos e às rochas carbonáticas – predominam os processos de afundamentos cársticos, com alta suscetibilidade a subsidências (afundamentos lentos) e colapsos (afundamentos bruscos), naturais ou induzidos e potencializados por rebaixamentos acentuados dos níveis potenciométricos dos aquíferos, oscilações frequentes destes níveis, infiltração concentrada de água no solo, cargas elevadas sobre o solo, vibrações, etc.

Com relação ao futuro empreendimento, as áreas delimitadas desta Unidade são identificados na região do traçado dos dutos, entre a cidade de Cajamar e o distrito de Jordanésia, onde existem antigas pedreiras de rochas carbonáticas desativadas e outras em processo de reativação e

aquelas em plena atividade nos arredores, como a Pedreira do Pires. Também há registros de antigas cavas mais afastadas, como a antiga Pedreira do Gato Preto instalada mais próxima à Rodovia dos Bandeirantes.

Os eventuais processos e problemas relacionados à Unidade Geotécnica **7** são naturalmente reduzidos, dada a presença de dutos já existente e operantes e à inexistência de fundações profundas nas obras da dutovia, que se caracterizam por escavações rasas, com cerca de 2,0m de profundidade, e do aproveitamento da faixa de domínio existente.

De qualquer forma, o trecho crítico a ser considerado para a Unidade Geotécnica **7** envolve o traçado da futura dutovia na região das estacas 82+600m a 84+300m.

### **UNIDADE GEOTÉCNICA 15**

A Unidade Geotécnica **15** tem seus terrenos correlacionados aos depósitos quaternários de várzeas identificados junto às margens e nos próprios cursos de córregos, riachos, ribeirões e rios que drenam os planaltos Paulistano/Alto Tietê, de São Paulo e de Jundiaí. Nestes locais, predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles com alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios.

Os problemas existentes e/ou potenciais da Unidade Geotécnica **15** abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água).

De interesse para a futura dutovia, devem ser mencionadas as dificuldades de escavação devido à provável instabilidade das paredes, e eventuais processos de assoreamento associados dos canais da drenagem e solapamento das margens no período de implantação dos dutos, além de recalques excessivos e/ou diferenciais no assentamento dos próprios dutos, dada à presença de camadas mais espessas de solos moles – camadas de turfa ou argilas orgânicas moles e materiais com baixa capacidade de suporte – associado ao nível d'água raso, principalmente junto aos rios e ribeirões maiores.

Destacam-se como partes integrantes da Unidade Geotécnica 15, as várzeas e travessias dos afluentes das represas Billings e Guarapiranga, dos rios Embu-mirim, Carapicuíba, Tietê, Juqueri, do ribeirão dos Cristais e dos rios Jundiaí, Jundiaí-Mirim e Capivari, além de diversos outros afluentes que comportam áreas de várzea restritas, de menor expressão.

Destaque, também, para a travessia da represa Billings pelo método de lançamento dos dutos sobre o leito da represa, cuja resposta geotécnica dos sedimentos ali existentes espera-se seja similar à dos solos moles existentes em outros trechos (Unidades 11 e 12 na Baixada Santista e Unidade 15 associada às planícies aluvionares dos rios). Da mesma forma, porém, em uma extensão menor, destaque-se a travessia da represa Rio das Pedras, pelo mesmo método construtivo.

Deve-se ressaltar que o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** deverá acompanhar o traçado geral dos dutos e vias já implantadas nos trechos do Planalto – Emae, GASAN II, OSVAT, OSVAT-PUSA, OSVAT-MOGI-GRU, OPASA, OSSP-RE-01 e OSBAT Rodovia de Interligação Anchieta-Imigrantes, Rodovia dos Imigrantes, trechos Sul e Oeste do Rodoanel e Rodovias Anhanguera e dos Bandeirantes – onde poderão utilizar as próprias faixas de domínios que apresentam aterros e foram efetuadas trocas de solos moles e obras de contenções nas travessias destas várzeas.

Eventuais problemas decorrentes das etapas de implantação e manutenção da futura dutovia, nos terrenos dos planaltos Paulistano/Alto Tietê e de Jundiaí, deverão ocorrer localizadamente, junto às travessias de várzeas quando o traçado proposto se afastar da faixa de domínio, onde as obras de contenção, de troca de solos moles e execução de aterros sobre as várzeas não ocorreram.

Trechos da Unidade Geotécnica **15** contendo solos moles e muitos moles com forte concentração de matéria orgânica e outras características particulares – como baixo pH e baixa resistividade – podem induzir à formação de correntes elétricas e permitir que as estruturas dos dutos estejam sujeitas à corrosão eletrolítica. Essa situação poderá ocorrer, principalmente, nas travessias de canais com depósitos aluviais durante a transposição do fundos dos cursos d'água e, principalmente, em período posterior, quando os dutos já se encontram enterrados.

### ***UNIDADE GEOTÉCNICA 17***

A Unidade Geotécnica **17** apresenta terrenos com baixas suscetibilidades aos processos analisados. Os problemas existentes e/ou potenciais são aqueles decorrentes da erosão em sulcos, ravinas e boçorocas, bem como expansão e colapso dos solos, além da ocorrência eventual de movimentos de massa e de inundações em consequência de intervenções muito drásticas e sem critérios.

Nos terrenos do Planalto, a Unidade Geotécnica **17** ocorre associada às colinas da Bacia de São Paulo e que conforma o Planalto de São Paulo, em áreas intensamente urbanizadas, minimizando os riscos associados a tal unidade.

### ***Bacia do Paraná***

Na Bacia do Paraná são reconhecidos processos importantes do meio físico sendo individualizados terrenos onde predominam erosão com muito alta suscetibilidade com eventuais processos subordinados de suscetibilidade a escorregamentos ou à contração/expansão dos solos; terrenos com alta suscetibilidade à erosão e que também podem apresentar suscetibilidade ao colapso de solos como processo secundário; terrenos com média suscetibilidade à contração/expansão ou ao colapso dos solos, terrenos onde predominam os processos de adensamentos de solos moles associados aos depósitos aluviais, e terrenos onde todos os processos do meio físico analisados apresentam baixa suscetibilidade.

### ***UNIDADE GEOTÉCNICA 1***

A Unidade Geotécnica **1** constitui terrenos onde predominam os processos de erosão com alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, preferencialmente associados aos arenitos dos Grupos Tubarão e São Bento. Secundariamente, podem ocorrer processos de movimentos de massa de média suscetibilidade a escorregamentos induzidos em rochas sedimentares e basaltos, ou processos de expansão/contração dos solos de média suscetibilidade quando associados a argilitos, folhelhos e siltitos.

Os problemas existentes e/ou potenciais relacionados à erosão verificadas na Unidade Geotécnica **1** abrangem o desenvolvimento de sulcos e ravinas, e o desenvolvimento de boçorocas a partir dos sulcos e ravinas, quando interceptam o nível d'água ou diretamente de surgências d'água, por reativação de cabeceiras, através de *piping*; e o assoreamento intenso dos cursos e corpos d'água, principalmente nos de menor porte, devido ao aporte de sedimentos provocado pelas erosões.

O processo predominante e de interesse para a futura dutovia observado na Unidade Geotécnica **1** correlaciona os substratos constituídos por arenitos com relevo de colinas com topos amplos e declividades predominantes entre 10% e 20%. Também pode ser constatada ruptura de declive na encosta associada ao forte gradiente hidráulico e ao nível d'água relativamente raso – em torno de 5m –, ou ainda, a ocorrência de nível d'água suspenso e de surgências d'água nas encostas. Também podem associar-se os terrenos com exposição de raros afloramentos rochosos junto às bordas das mesas basálticas ou sedimentares, ou ainda, terrenos constituídos por solo/rocha com argilomineral 2:1, expansíveis.



De interesse para as fases de implantação e operação da futura dutovia, destacam-se os trechos de dutos que atravessarão terrenos arenosos, principalmente quando caracterizados processos secundários de movimento de massa ou de contração/expansão de solo em geral associadas às ocorrências de rochas sedimentares mais finas (siltitos, argilitos e folhelhos, que podem potencializar os processos erosivos de muito alta suscetibilidade. A segunda situação descrita acima poderá instalar-se no período de implantação em regiões de exposição das rochas sedimentares, caso haja a ocorrência de exposição prolongada do horizonte de solo escavado – mesmo a pouca profundidade – naquelas regiões onde predominam pastagens e, principalmente, em áreas cultivadas, onde a remoção da cobertura vegetal expõe o horizonte de solo propiciando a instalação de processos erosivos.

Contudo, os efeitos dos eventuais processos de contração/expansão dos solos deverão ser localizados e ficarão restritos às próprias aberturas para o assentamento dos dutos. Desta forma, os eventuais problemas serão resolvidos no decorrer das próprias obras de implantação da futura dutovia.

Na fase de manutenção do empreendimento em operação nos terrenos da Unidade Geotécnica **1**, a aplicação de cobertura vegetal na faixa de domínio associada à execução de terraços paralelos às curvas de nível nos trechos mais declivosos, além de eventuais obras de contenção localizadas, deverão ser suficientes para evitar a exposição dos terrenos aos processos erosivos predominantes e aos processos secundários eventualmente verificados.

### **UNIDADE GEOTÉCNICA 3**

A Unidade Geotécnica **3** constitui terrenos onde predominam os processos de erosão com alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e boçorocas, desencadeados por ações antrópicas mais drásticas do que apenas o desmatamento, que resultam de atividades que concentram o escoamento das águas pluviais à meia-encosta, sem as devidas medidas de proteção, em linhas de drenagem natural e em trechos de leito instável. Eventualmente, podem ocorrer associados nestes terrenos os processos secundários, com destaque para aqueles que apresentam alta suscetibilidade à erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra.

Os problemas existentes e/ou potenciais verificados na Unidade Geotécnica **3** abrangem o desenvolvimento de sulcos e ravinas gerados a partir do escoamento concentrado das águas pluviais associado ao uso do solo, ou ainda, exclusivamente sobre os solos de alteração *in situ* e nos aterros, exposição de solos de alteração associada aos movimentos de terra, com formação de boçorocas de grande porte formadas pelo aprofundamento de ravinas e interceptação do nível d'água, intensificados com usos mais intensos e inadequados dos solos onde ocorre o lançamento concentrado de águas superficiais provenientes de loteamentos, de estradas, ferrovias e obras civis nas encostas. Durante chuvas intensas, a progressão de boçorocas pode atingir centenas de metros/dia, significando até risco de vida à população. Também pode ocorrer assoreamento intenso dos cursos d'água, principalmente nos de menor porte. As boçorocas podem ser de grande porte, com dimensões e profundidade da ordem de dezenas de metros, em consequência da grande espessura dos solos, bem como nível d'água profundo.

Quando comparados com os problemas potenciais registrados na Unidade Geotécnica 1 – com alta suscetibilidade à erosão – os processos do meio físico predominantes na Unidade Geotécnica **3** em avaliação, tendem a ser mais localizados e de menor magnitude.

Os processos erosivos poderão instalar-se no período de implantação da futura dutovia, associados à exposição prolongada do horizonte de solo escavado – mesmo a pouca profundidade – nas regiões com predomínio pastagens e, principalmente, em áreas cultivadas, a partir da remoção da cobertura vegetal e exposição do horizonte de solo residual jovem que, comumente contém características de maior erodibilidade.

Durante o período de operação e conservação da faixa de domínio da dutovia implantada, a aplicação de cobertura vegetal na superfície principal trabalhada e eventuais taludes laterais, e a implantação de terraços – murunduns – paralelos às curvas de nível nos trechos mais declivosos da faixa da ADA, além de eventuais obras de contenção localizadas, deverão ser suficientes para evitar a exposição dos solos e mitigar os processos erosivos predominantes, mesmo quando ocorrerem associados os processos secundários de erosão nos solos subsuperficiais induzida por movimentos de terra ou de colapso de solos.

### **UNIDADE GEOTÉCNICA 15**

Os terrenos da Unidade Geotécnica **15** correlacionam-se aos depósitos quaternários associados às várzeas dos córregos, riachos, ribeirões e rios que drenam a Bacia do Paraná, onde predominam os processos de inundações e adensamento de solos moles, sendo verificada alta suscetibilidade às inundações, recalques, assoreamento e solapamento das margens dos rios. Os problemas existentes e/ou potenciais abrangem inundações fluviais (associadas aos períodos de cheias) e /ou pluviais (provocadas pela dificuldade de escoamento das águas das chuvas, antes de estas atingirem os cursos d'água).

De interesse para a futura dutovia, devem ser mencionadas as dificuldades de escavação pela instabilidade das paredes, e eventuais assoreamento de canais da drenagem e solapamento das margens no período de implantação dos dutos, além de recalques excessivos e/ou diferenciais no assentamento dos próprios dutos, dada à presença de camadas mais espessas de solos moles – camadas de turfa ou argilas orgânicas moles e materiais com baixa capacidade de suporte – associado ao nível d'água raso, principalmente junto aos rios e ribeirões maiores.

Destacam-se como partes integrantes da Unidade Geotécnica **15** as várzeas pertencentes aos rios Capivari e Piracicaba, além de diversos outros afluentes que apresentam áreas de várzea de menores dimensões.

De acordo com o traçado proposto para a o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, na porção meridional da Bacia do Paraná, a obra deverá acompanhar o traçado geral da OPASA, onde poderá utilizar a própria faixa de domínio com seus aterros sobre as travessias de diversos afluentes dos rios Capivari e Atibaia.

Eventualmente, alguns trechos da Unidade Geotécnica **15** identificada na Bacia do Paraná com presença de solos moles/muitos moles e onde também ocorra forte concentração de matéria orgânica e outras características particulares – como baixo pH e baixa resistividade – podem induzir à formação de correntes elétricas e permitir que as estruturas dos dutos estejam sujeitas à corrosão eletrolítica. Essa situação poderá ocorrer, principalmente, nas travessias de canais com depósitos aluviais durante a transposição de fundos dos cursos d'água e, principalmente, em período posterior, quando os dutos já se encontram enterrados.

### **UNIDADE GEOTÉCNICA 17**

Associados à Unidade Geotécnica **17** na Bacia do Paraná foram identificados terrenos de baixa suscetibilidade aos diversos processos do meio físico analisados. Os problemas existentes e/ou potenciais são aqueles decorrentes da erosão em sulcos, ravinas e boçorocas, bem como expansão e colapso dos solos, além da ocorrência eventual de movimentos de massa e de inundações em consequência de intervenções muito drásticas e sem critérios. Contudo, sem implicações geotécnicas de interesse durante as etapas de implantação e operação do empreendimento.

#### 10.1.4.3.6 Pontos Notáveis da Geotecnia

A **Tabela 10.1.4.3.6-1** apresenta a lista de pontos sensíveis elencados para a geotecnia, considerando os marcos referenciais da dutovia e os principais atributos ambientais verificados.

Considerando que os aspectos geotécnicos estão diretamente relacionados aos demais aspectos já diagnosticados (geologia, geomorfologia e pedologia), podemos considerar que estes pontos notáveis se referem, também, a todos os demais temas.

**TABELA 10.1.4.3.6-1: Pontos Notáveis - Geotecnia**

Estaca	Ponto Notável	Justificativa
0+540m	Aluvião Rio Atibaia	Adensamento de solos moles e recalques diferenciais
12+700m	Aluvião Ribeirão do Quilombo	Adensamento de solos moles e recalques diferenciais
20+100m	Cruzamento Córrego do Piçarrão	Empastilhamento de solo silto-argiloso (ritmitos do Subgrupo Itararé); Adensamento de solos moles e recalques diferenciais no Aluvião
37 e 38	Lagos e Aluviões do Rio Capivari. Leste da Rodovia do Bandeirantes	Adensamento de solos moles e recalques diferenciais
46+100m	Lagos/Aluviões do Empreendimento Hopi Hari	Adensamento de solos moles e recalques diferenciais
54	Aluvião de tributário do Rio Jundiá	Adensamento de solos moles e recalques diferenciais
57+500m	Aluvião do Rio Jundiá	Adensamento de solos moles e recalques diferenciais
70+400m	Aluvião na proximidade do cruzamento da Rodovia Anhanguera com Rodovia dos Bandeirantes.	Adensamento de solos moles e recalques diferenciais
75	Divisa dos municípios de Jundiá e Cajamar	Zona de Cisalhamento de Jundiuvira. Solo de alteração de rocha orientada; suscetível aos movimentos de massa; ruptura de taludes e de encostas naturais
80 a 81	Oeste do Bairro Jordanésia, em Cajamar	Solo de alteração de rocha suscetível à erosão; ruptura de taludes e encostas naturais; aterros sobre várzeas restritas
82+750m	Aluvião à leste do núcleo urbano de Cajamar	Adensamento de solos moles e recalques diferenciais
83 a 84	Arredores da cidade de Cajamar / Ocorrência de Rochas carbonáticas	Solo sobre relevo cárstico / rochas carbonáticas; ocorrência de processos de subsidências e colapsos
86 a 89	Sedimentos de aluviões do Rio Juqueri e tributários	Adensamento de solos moles e recalques diferenciais
97 a 98	Faixa de Dutos – Divisa Barueri – Santana de Parnaíba	Solo de alteração de rocha suscetível à erosão; relevo de morros; Zona de Cisalhamento
101 a 103	Cruzamento do rio Tietê e início da Margem do Rodoanel Sul	Traçado às margens de córrego; planície de inundação, solo aluvionar; erosão; recalques diferenciais
115+700m a 17	Cruzamento por sobre o túnel do rodoanel	Solo de alteração de rocha suscetível à erosão; relevo de morros
119 a 120+200m	Leste do município de Embu, margem do Rodoanel Sul	Traçado às margens de córrego; planície de inundação, solo aluvionar; erosão; recalques diferenciais
124	Rio Embu Mirim	Cruzamento de córrego; planície de inundação, solo aluvionar; erosão; recalques diferenciais
136 a 138	Cruzamento de braço da represa Guarapiranga	Planície de inundação, solo aluvionar; erosão; adensamento de solos moles e recalques diferenciais
151 a 153	Cruzamento de braço da represa Billings	Planície de inundação, solo aluvionar; erosão; adensamento de solos moles e recalques diferenciais
154 a 169	Travessia de trecho da represa Billings por lançamento de dutos.	Adensamento de solos moles e recalques diferenciais
174 a 175	Aluvião represa Rio das Pedras	Adensamento de solos moles e recalques diferenciais



**TABELA 10.1.4.3.6-1: Pontos Notáveis - Geotecnia**

Estaca	Ponto Notável	Justificativa
179 a 182	Escarpa Serra do Mar – Usina Henry Borden	Relevo de escarpas; ocorrência de tálus (instalação da Estação Redutora de Pressão); instabilização de encostas naturais; queda e rolamento de blocos; deslocamento rochoso
182 a 185	Aluvião Rio Cubatão	Adensamento de solos moles e recalques diferenciais
190	Aluvião Rio Mogi	Adensamento de solos moles e recalques diferenciais
191 a 193+500m	Encostas às margens da Rod. Cônego Domênico Rangoni. Morro Isolado e Serra do Morrão	Relevo de escarpas; ocorrência de tálus; instabilização de encostas naturais; queda e rolamento de blocos; deslocamento rochoso
193+500m a 196	Sedimentos flúvio-marinhos / aluviões Rio Quilombo e Rio da Onça	Adensamento de solos moles e recalques diferenciais
196 a 199	Trecho ao longo da Serra do Quilombo (cerca de 2 km)	Escavações sobre terrenos com relevo de escarpas; ocorrência de tálus; instabilização de encostas naturais; queda e rolamento de blocos; deslocamento rochoso
198 a 199	Sedimentos flúvio-marinhos / aluvião Rio Jurubatuba	Adensamento de solos moles e recalques diferenciais
199	Sedimentos flúvio-marinhos / aluvião Rio Diana	Adensamento de solos moles e recalques diferenciais
209+600 a 212	Aluvião do Rio Pequeno, no município de Santo André	Planície de inundação, solo aluvionar; erosão; adensamento de solos moles e recalques diferenciais
217 a 219+300m	Aluvião do Rio Pequeno, no município de Rio Grande da Serra, entre os bairros de Vila Ota e Vila Albano	Planície de inundação, solo aluvionar; erosão; adensamento de solos moles e recalques diferenciais
221 a 222	Aluvião próximo à linha férrea	Planície de inundação, solo aluvionar; erosão; adensamento de solos moles e recalques diferenciais
223 a 224; 226 a 230	Limite norte do município de Ribeirão Pires, próximo à Estrada do Sapopemba	Movimentos de massa, ruptura de taludes e encostas naturais, erosão
233 a 239+600m	Trecho entre os morros do limite norte de Mauá e sul de Ferraz de Vasconcelos	Movimentos de massa, ruptura de taludes e encostas naturais, erosão
253 a 255	Cruzamento da APA da várzea do Rio Tietê	Planície de inundação, solo aluvionar; erosão; adensamento de solos moles e recalques diferenciais
281 a 282	Trecho próximo ao Central de Tratamento de Resíduos Leste (CTL)	Movimentos de massa, ruptura de taludes e encostas naturais, erosão
289 a 294+500m	Trecho de interligação com a Raízen, às margens do ribeirão do Oratório	Planície de inundação, solo aluvionar; adensamento de solos moles e recalques diferenciais

## 10.1.5 ATIVIDADES MINERÁRIAS

### 10.1.5.1 MÉTODOS DE TRABALHO

As atividades minerárias desenvolvidas na ADA e AID do empreendimento foram estudadas a partir dos processos cadastrados no DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, obtidos através do *site* <http://sigmine.dnpm.gov.br> do SIGMINE / DNPM, acessado em 20/01/2014 às 15:35h.

Para avaliar eventuais interferências de atividades minerárias sobre o empreendimento, e vice-versa, foi estudada a faixa que compreende a AID, de forma a prevenir eventuais erros associados à localização das poligonais do DNPM, em relação aos limites da ADA, proporcionando desse modo, um fator de segurança adicional a essa análise.

Nessa faixa de estudo encontram-se 201 poligonais de processos minerários cadastrados, sendo que 81 destes processos interferem diretamente com a ADA. Cada poligonal representa uma gleba

de terra requerida ou outorgada para pesquisa ou exploração de um bem mineral, em diferentes estágios de análise e com distintas áreas em hectares para cada tipo de bem.

Os tipos de processos são indicativos do estágio em que a atividade minerária se encontra e estão descritos, resumidamente, a seguir. Deve-se ressaltar, no entanto, que, independentemente do tipo de bem mineral e da situação do processo, todas as áreas cadastradas como processos no DNPM se encontram outorgadas, estando garantidos os direitos de concessão para o outorgado.

Os estágios de análise dos processos no DNPM são:

- Licenciamento: regime de exploração concedido apenas para bens minerais destinados à construção civil como argila, areia, cascalho e rocha para brita ou revestimento. Pode estar em fase de Requerimento, quando o Licenciamento é requerido e se encontra em análise pelo órgão, ou Licenciamento propriamente dito, com as reservas estimadas e permissão para exploração;
- Lavra: regime de exploração concedido para todos os bens minerais. Na fase de Requerimento, já está aprovado o Relatório de Pesquisa e foi apresentado o Plano de Lavra, requerendo-se sua Concessão. Na fase de Concessão de Lavra (Alvará), estão garantidas as reservas cubada, estimada e inferida, e está permitida a exploração do bem mineral;
- Pesquisa: o Requerimento de Pesquisa indica que o pedido para a Pesquisa Mineral de um determinado bem, em uma determinada área, foi protocolizado no DNPM, garantindo-se o direito de prioridade para o requerente a partir da data do protocolo. A Autorização para Pesquisa (Alvará) é dada após a verificação, pelo órgão, da documentação e do Plano de Pesquisa apresentados, ficando, então, onerada a área;
- Disponibilidade: quando o requerente não recolhe a taxa anual por hectare ou não apresenta o Relatório de Pesquisa no prazo determinado, ou o mesmo não é aprovado, a área requerida continua onerada mas entra em Disponibilidade, sendo procedida uma licitação para os possíveis candidatos a pesquisá-la. Caso não haja interessados ou nenhum licitante cumpra, integralmente, as exigências da licitação, a área é desonerada, ou seja, sua poligonal é excluída do cadastro de controle de áreas, ficando cancelada.

#### **10.1.5.2 ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID)**

Além dos processos minerários que interceptam a ADA do empreendimento, outros processos foram identificados na faixa restante da AID, sendo representados por 120 poligonais. Esses processos compreendem os seguintes bens minerais: areia para construção civil, fundição e indústria (30 áreas); água mineral para engarrafamento e indústria (22 áreas); argila para indústria e cerâmica (17 áreas); granito para revestimento, brita, e indústria (14 áreas); migmatitos para construção civil (7 áreas); saibro para a construção civil (6 áreas cada); ouro para a indústria (4 áreas); gnaiss para a construção civil (3 áreas); caulim para indústria de papel (3 áreas); calcário, diabásio e quartzito para a construção civil (2 áreas cada); cascalho para a construção civil e filito para a indústria (uma área cada); e três áreas com bem mineral não cadastrado.

No mapa que constitui o **Volume 7 - Desenhos** estão indicadas as poligonais dos 120 processos identificados na faixa da AID, cujo número e dados referentes ao titular ou requerente da área, substância, área em hectares e fase do processo são apresentados na **Tabela 10.1.5.2-1** a seguir.

**TABELA 10.1.5.2-1: Processos minerários do DNPM na AID do Empreendimento**

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
1	820440/1996	1996	Poxoréo Mineração Ltda	Água Mineral	27,04	Autorização de Pesquisa
2	821215/2000	2000	Poxoréo Mineração Ltda	Água Mineral	5,62	Autorização de Pesquisa
3	821216/2000	2000	Poxoréo Mineração Ltda	Água Mineral	10,52	Autorização de Pesquisa
4	820011/2008	2008	Envase Comércio de Bebidas Rio Grande da Serra Ltda	Água Mineral	50,00	Autorização de Pesquisa
5	820652/2001	2001	Calisto Latif Fakhouri	Água Mineral	49,00	Autorização de Pesquisa
6	820339/2008	2008	Sam Recicladora de Plástico Ltda	Água Mineral	30,25	Autorização de Pesquisa
7	820641/2008	2008	Agropecuária Ivo Jorge Mahfuz Ltda	Água Mineral	5,00	Autorização de Pesquisa
8	820600/2005	2005	Itabras Mineração Ltda	Areia	27,45	Autorização de Pesquisa
9	820528/2007	2007	Nelson Zene Júnior	Areia	43,11	Autorização de Pesquisa
10	820349/2007	2007	Nelson Zene Júnior	Areia	28,02	Autorização de Pesquisa
11	820505/2007	2007	Porto de Areia Rio Branco Ltda	Areia	39,51	Autorização de Pesquisa
12	820835/2009	2009	Vetria Mineração S.A	Areia	40,03	Autorização de Pesquisa
13	820552/2010	2010	Huberto Matias Damas	Areia	62,71	Autorização de Pesquisa
14	820805/2009	2009	Jorge Massayuki Tokuzumi	Areia	159,72	Autorização de Pesquisa
15	820612/2010	2010	Miguel de Siqueira Salomão	Areia	85,48	Autorização de Pesquisa
16	820260/1992	1992	Koiti Gytoku	Areia	13,99	Autorização de Pesquisa
17	820394/2009	2009	Fama Extração e Comercio de Minerais Transporte e Terraplenagem Ltda	Argila	420,52	Autorização de Pesquisa
18	820064/2010	2010	Fama Extração e Comercio de Minerais Transporte e Terraplenagem Ltda	Argila	965,06	Autorização de Pesquisa
19	820272/2004	2004	Manoel Monteiro de Castro Affonso	Argila Refratária	718,26	Autorização de Pesquisa
20	821758/1987	1987	Geraldo Natividade Tarallo	Basalto	1.000,00	Autorização de Pesquisa
21	820295/2011	2011	Cap Administração e Participações Ltda	Calcário	990,80	Autorização de Pesquisa
22	820367/2007	2007	Clementina da Silva Nogueira	Gnaiss	6,44	Autorização de Pesquisa
23	820614/2002	2002	Luiz Francisco Pinheiro Zugliani	Granito	443,13	Autorização de Pesquisa
24	820831/2010	2010	Vila do Rodeio Empreendimentos Imobiliários e Participações Ltda	Granito	40,16	Autorização de Pesquisa
25	820830/2010	2010	Vila do Rodeio Empreendimentos Imobiliários e Participações Ltda	Granito	33,14	Autorização de Pesquisa
26	820333/2011	2011	Contern Construções e Comercio Ltda	Granito	205,26	Autorização de Pesquisa
27	820393/2011	2011	Contern Construções e Comercio Ltda	Granito	764,02	Autorização de Pesquisa



**TABELA 10.1.5.2-1: Processos minerários do DNPM na AID do Empreendimento**

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
28	820713/2011	2011	Pedreira Engebrita Ltda	Granito	9,25	Autorização de Pesquisa
29	820519/2011	2011	Contern Construções e Comercio Ltda	Granito	299,45	Autorização de Pesquisa
30	820313/1988	1988	Basalto Pedreira e Pavimentação Ltda	Migmatito	17,75	Autorização de Pesquisa
31	821199/2011	2011	Minerpav Mineradora Ltda	Migmatito	58,64	Autorização de Pesquisa
32	821138/2011	2011	Basalto Pedreira e Pavimentação Ltda	Migmatito	6,43	Autorização de Pesquisa
33	821139/2011	2011	Basalto Pedreira e Pavimentação Ltda	Migmatito	17,56	Autorização de Pesquisa
34	821200/2011	2011	Minerpav Mineradora Ltda	Migmatito	38,24	Autorização de Pesquisa
35	820315/2012	2012	Basalto Pedreira e Pavimentação Ltda	Migmatito	4,28	Autorização de Pesquisa
36	820821/2011	2011	Pedreira Engebrita Ltda	Saibro	16,57	Autorização de Pesquisa
37	821026/2010	2010	Linus Pingfei Tung	Saibro	39,89	Autorização de Pesquisa
38	821180/2011	2011	Linus Pingfei Tung	Saibro	49,16	Autorização de Pesquisa
39	8721/1959	1959	Portal Mineradora Ltda	Água Mineral	9,58	Concessão de Lavra
40	2923/1946	1946	Portal Mineradora Ltda	Água Mineral	4,59	Concessão de Lavra
41	820565/2001	2001	Bbr Software e Consultoria Ltda	Água Mineral	23,82	Concessão de Lavra
42	802715/1971	1971	Itaquareia Ind. Extr. Minérios Ltda	Areia	712,58	Concessão de Lavra
43	820441/1981	1981	Viterbo Machado Luz Mineração Ltda	Areia	42,71	Concessão de Lavra
44	821022/1986	1986	Itaquareia Ind. Extr. Minérios Ltda	Areia	82,25	Concessão de Lavra
45	820501/1984	1984	Itaquareia Ind. Extr. Minérios Ltda	Areia	31,67	Concessão de Lavra
46	820491/1991	1991	Itaquareia Ind. Extr. Minérios Ltda	Areia	39,12	Concessão de Lavra
47	820186/1996	1996	Itabras Mineração Ltda	Areia	48,93	Concessão de Lavra
48	820071/1992	1992	Viterbo Machado Luz Mineração Ltda	Areia	49,56	Concessão de Lavra
49	813269/1968	1968	Empresa de Mineração Brejão Ltda	Areia p/ Vidro	19,92	Concessão de Lavra
50	820580/1988	1988	Cerâmica Gresca G2 Ltda	Argila	18,00	Concessão de Lavra
51	805221/1970	1970	Cerâmica Palácios S.A	Argila	5,39	Concessão de Lavra
52	820115/1984	1984	Brasplan Comercial Consultoria Assessoria e Planejamento Ltda	Basalto	38,25	Concessão de Lavra
53	852991/1976	1976	Basalto Pedreira e Pavimentação Ltda	Diabásio p/ Brita	14,68	Concessão de Lavra
54	820265/1986	1986	Intervales Minérios Ltda	Gnaisse	22,74	Concessão de Lavra
55	800829/1972	1972	Tonesa Marmores e Granitos Ltda	Granito	50,00	Concessão de Lavra
56	808535/1975	1975	Joaquim da Rocha Brites	Granito	23,80	Concessão de Lavra
57	808536/1975	1975	Joaquim da Rocha Brites	Granito	50,00	Concessão de Lavra
58	820739/1988	1988	Mineração Diplomata Ltda	Granito	46,00	Concessão de Lavra

**TABELA 10.1.5.2-1: Processos minerários do DNPM na AID do Empreendimento**

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
59	821524/1987	1987	Pedreira Engebrita Ltda	Granito	12,09	Concessão de Lavra
60	820341/1979	1979	Tavares Pinheiro Industrial Ltda	Granito	18,00	Concessão de Lavra
61	800048/1977	1977	João Storani- Firma Individual	Quartzito	49,98	Concessão de Lavra
62	820231/1990	1990	Intervalos Minérios Ltda	Saibro	212,09	Concessão de Lavra
63	821931/1998	1998	Envase Comércio de Bebidas Rio Grande da Serra Ltda	Água Mineral	50,00	Disponibilidade
64	820219/2002	2002	Luís Fernando Castellotti	Água Mineral	49,00	Disponibilidade
65	820635/2006	2006	Lara Central De Tratamento De Resíduos Ltda	Água Mineral	49,89	Disponibilidade
66	820633/2006	2006	Lara Central De Tratamento De Resíduos Ltda	Água Mineral	49,94	Disponibilidade
67	820632/2006	2006	Lara Central De Tratamento De Resíduos Ltda	Água Mineral	48,90	Disponibilidade
68	823951/1971	1971	Inesal Indústria Extrativa Santos Ltda	Areia	14,60	Disponibilidade
69	820271/2011	2011	Fama Extração e Comercio de Minerais Transporte e Terraplenagem Ltda	Argila	191,11	Disponibilidade
70	820932/2003	2003	Calisto Latif Fakhouri	Caulim	954,61	Disponibilidade
71	300741/2010	2010	Dado Não Cadastrado	Dado Não Cadastrado	19,83	Disponibilidade
72	300614/2012	2012	Dado Não Cadastrado	Dado Não Cadastrado	113,09	Disponibilidade
73	300856/2013	2013	Dado Não Cadastrado	Dado Não Cadastrado	7,81	Disponibilidade
74	800618/1976	1976	João Storani	Quartzito	671,50	Disponibilidade
75	820386/2009	2009	Transportes Rodoviários A. J. R. Ltda	Cascalho	22,36	Licenciamento
76	821543/1999	1999	Mineradora de Aguas Ribeirao Pires Ltda	Água Mineral	50,00	Requerimento de Lavra
77	820716/2001	2001	Calisto Latif Fakhouri	Água Mineral	49,39	Requerimento de Lavra
78	820488/2005	2005	Fame Fontes de Água Mineral e Envasamento Ltda	Água Mineral	27,90	Requerimento de Lavra
79	820389/2004	2004	Eventos Serra Dourada Ltda	Água Mineral	16,91	Requerimento de Lavra
80	811221/1970	1970	Inesal Indústria Extrativa Santos Ltda	Areia	2,49	Requerimento de Lavra
81	820473/1979	1979	Cerâmica Anhanguera Jundiá Ltda	Areia	53,11	Requerimento de Lavra
82	821294/1995	1995	Mineradora Raf Ltda	Areia	10,23	Requerimento de Lavra
83	820827/2003	2003	FBVC Mineração e Comércio Ltda	Areia	9,19	Requerimento de Lavra
84	820597/1997	1997	Itaquareia ind. Extr. Minérios Ltda	Areia	26,46	Requerimento de Lavra
85	813198/1974	1974	José Patiri	Argila	11,36	Requerimento de Lavra

**TABELA 10.1.5.2-1: Processos minerários do DNPM na AID do Empreendimento**

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
86	821244/1998	1998	Brasplan Comercial Consultoria Assessoria e Planejamento Ltda	Argila	3,20	Requerimento de Lavra
87	821246/1998	1998	Brasplan Comercial Consultoria Assessoria e Planejamento Ltda	Argila	35,89	Requerimento de Lavra
88	821247/1998	1998	Brasplan Comercial Consultoria Assessoria e Planejamento Ltda	Argila	23,11	Requerimento de Lavra
89	821245/1998	1998	Brasplan Comercial Consultoria Assessoria e Planejamento Ltda	Argila	18,15	Requerimento de Lavra
90	821248/1998	1998	Brasplan Comercial Consultoria Assessoria e Planejamento Ltda	Argila	48,97	Requerimento de Lavra
91	820324/2002	2002	Brasplan Comercial Consultoria Assessoria e Planejamento Ltda	Argila	26,86	Requerimento de Lavra
92	821535/1987	1987	JS Minerações Ltda	Basalto	50,00	Requerimento de Lavra
93	820723/2002	2002	Engexplo Desmonte a Explosivos Ltda	Calcário	22,04	Requerimento de Lavra
94	821176/2000	2000	Basalto Pedreira e Pavimentação Ltda	Diabásio	50,00	Requerimento de Lavra
95	820244/2013	2013	Sociedade Geral de Mineração Ltda	Filito	837,21	Requerimento de Lavra
96	820364/2007	2007	Basalto Pedreira e Pavimentação Ltda	Migmatito	18,72	Requerimento de Lavra
97	820374/2002	2002	Terracom Construções Ltda	Saibro	15,99	Requerimento de Lavra
98	821183/2012	2012	Monica Cardoso Dotta	Água Mineral	36,05	Requerimento de Pesquisa
99	820020/2013	2013	Empresarial Adm & Imóvel Ltda	Água Mineral	47,86	Requerimento de Pesquisa
100	820564/2013	2013	Samapre Industria de Maquinas Ltda	Água Mineral	46,98	Requerimento de Pesquisa
101	820570/1995	1995	Viterbo Machado Luz Mineração Ltda	Areia	50,00	Requerimento de Pesquisa
102	820573/1995	1995	Embu S.A Engenharia e Comércio	Areia	50,00	Requerimento de Pesquisa
103	820831/2009	2009	Vetria Mineração S.A	Areia	19,78	Requerimento de Pesquisa
104	820591/2013	2013	WM Mineração Ltda	Areia	7,48	Requerimento de Pesquisa
105	821427/2013	2013	Eldorado Transportes e Comércio de Areia Ltda	Areia	43,18	Requerimento de Pesquisa
106	821314/2013	2013	Eldorado Transportes e Comércio de Areia Ltda	Areia	9,69	Requerimento de Pesquisa
107	821510/2013	2013	Itaquareia Ind. Extr. Minérios Ltda	Areia	14,19	Requerimento de Pesquisa
108	820714/2013	2013	Votorantim Cimentos S.A	Argila	727,97	Requerimento de Pesquisa
109	820174/2007	2007	Usina Açucareira Ester S.A	Argila	597,29	Requerimento de Pesquisa
110	820346/2013	2013	Vale do Paititi Ltda	Argila	957,04	Requerimento de Pesquisa
111	821530/2013	2013	Rio Construtora e Agro Pecuária Ltda	Argila	965,06	Requerimento de Pesquisa
112	821144/2008	2008	Juliana Rocha Teixeira de Souza	Caulim	811,61	Requerimento de Pesquisa



**TABELA 10.1.5.2-1: Processos minerários do DNPM na AID do Empreendimento**

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
113	821144/2008	2008	Juliana Rocha Teixeira de Souza	Caulim	173,85	Requerimento de Pesquisa
114	821019/2012	2012	Braemp Brasil Empreendimentos e Participações Ltda	Gnaíse	24,87	Requerimento de Pesquisa
115	820588/2013	2013	Samapre Industria de Maquinas Ltda	Granito	473,85	Requerimento de Pesquisa
116	820128/2012	2012	São Tomás Empreendimentos Imobiliários e Minerários Ltda	Minério de Ouro	1.995,73	Requerimento de Pesquisa
117	820126/2012	2012	São Tomás Empreendimentos Imobiliários e Minerários Ltda	Minério de Ouro	1,20	Requerimento de Pesquisa
118	820126/2012	2012	São Tomás Empreendimentos Imobiliários e Minerários Ltda	Minério de Ouro	1,27	Requerimento de Pesquisa
119	820126/2012	2012	São Tomás Empreendimentos Imobiliários e Minerários Ltda	Minério de Ouro	1.229,16	Requerimento de Pesquisa
120	820029/2011	2011	Fama Extração e Comercio de Minerais Transporte e Terraplenagem Ltda	Saibro	49,86	Requerimento de Pesquisa

Dentre os 120 processos cadastrados no DNPM e identificados na AID, 61 se referem a Pesquisa Mineral, dos quais 23 estão em fase de Requerimento e 38 com pesquisa em andamento. Dos demais processos, 46 se encontram nas fases de Requerimento e Concessão de lavra; 1 em Licenciamento e 12 estão em Disponibilidade.

### **10.1.5.3 ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA)**

No mapa que constitui o **Volume 7 - Desenhos** estão indicadas as poligonais dos processos interceptados pela ADA, cujo número e dados referentes ao titular ou requerente da área, substância, área em hectares e fase do processo são apresentados na **Tabela 10.1.5.3-1** a seguir.

Os recursos minerais referentes aos 81 processos localizados na ADA do empreendimento são representados por argila para indústria, cerâmica e refratários (18 áreas); areia para a construção civil (16 áreas); ouro (11 áreas); granito para a construção civil (11 áreas); calcário e diabásio para a construção civil (5 áreas cada); água mineral (5 áreas); filito para a indústria (3 áreas); saibro para a construção civil (2 áreas); e, com uma área cada, basalto para brita; cascalho; caulim para a indústria de papel; cobre para metalurgia e turfa como insumo agrícola.

**TABELA 10.1.5.3-1: Processos minerários do DNPM na ADA do Empreendimento**

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
1	820072/1992	1992	Viterbo Machado Luz Mineração Ltda	Granito	913,3	Autorização de Pesquisa
2	820439/1996	1996	Portal Mineradora Ltda	Água Mineral	16,4	Autorização de Pesquisa
3	820260/1992	1992	Koiti Gyotoku	Areia	138,3	Autorização de Pesquisa
4	820605/2000	2000	Valquiria de Oliveira Torato Fernandes	Argila Refratária	751,7	Autorização de Pesquisa
5	820292/2004	2004	Calisto Latif Fakhouri	Caulim	997,6	Autorização de Pesquisa
6	820110/2006	2006	Viterbo Machado Luz Mineração Ltda	Granito	835,4	Autorização de Pesquisa
7	820074/2007	2007	Ecourbis Ambiental S.A	Argila	424,0	Autorização de Pesquisa
8	820006/2006	2006	Mineração e Artefatos de Cimento São Joaquim Ltda	Areia	843,8	Autorização de Pesquisa
9	820429/1987	1987	Empresa de Mineração Fiori do Taboão Ltda	Argila	541,0	Autorização de Pesquisa
10	820463/2009	2009	Usina Açucareira Ester S.A	Turfa	1.337,8	Autorização de Pesquisa
11	820886/2009	2009	Peninsula S.A	Granito	106,2	Autorização de Pesquisa
12	820357/2009	2009	Aguinaldo Gomes de Souza	Areia	320,2	Autorização de Pesquisa
13	820066/2010	2010	Fama Extração e Comércio de Minerais Transporte e Terraplenagem Ltda	Argila	860,7	Autorização de Pesquisa
14	820065/2010	2010	Fama Extração e Comercio de Minerais Transporte e Terraplenagem Ltda	Argila	943,6	Autorização de Pesquisa
15	820049/2011	2011	Cerâmica São José de Campinas Ltda	Areia	49,0	Autorização de Pesquisa
16	820682/2010	2010	Edilene Dias Seraphim	Argila	161,7	Autorização de Pesquisa
17	820103/2011	2011	Minerpav Mineradora Ltda	Granito	691,9	Autorização de Pesquisa
18	820074/2011	2011	Empresa Brasileira de Terminais e Armazéns Gerais Ltda	Granito	209,0	Autorização de Pesquisa
19	820834/2009	2009	Vetria Mineração S.A	Areia	25,0	Autorização de Pesquisa
20	820260/1992	1992	Koiti Gyotoku	Areia	18,8	Autorização de Pesquisa
21	315/1936	1936	Mineração do Rosario S.A	Calcário	2.156,7	Concessão de Lavra
22	7910/1966	1966	Inesal Indústria Extrativa Santos Ltda	Areia de Fundação	58,5	Concessão de Lavra
23	3373/1940	1940	Mineração do Rosario S.A	Calcário	1.907,9	Concessão de Lavra
24	808537/1975	1975	Joaquim da Rocha Brites	Granito	50,0	Concessão de Lavra
25	812705/1974	1974	Irmãos Nivoloni Ltda	Argila	5,3	Concessão de Lavra
26	820446/1986	1986	Tavares Pinheiro Industrial Ltda	Areia	98,8	Concessão de Lavra
27	821067/1999	1999	Riper Industria e Comercio Ltda	Calcário	40,0	Concessão de Lavra
28	820813/2002	2002	Empresa de Mineração Vidal Ltda	Saibro	23,5	Concessão de Lavra
29	820287/2000	2000	Bruschi & Piovesan Ltda	Areia	35,6	Concessão de Lavra
30	821502/1999	1999	Gold Br Alimentos Ltda	Água Mineral	50,0	Concessão de Lavra

**TABELA 10.1.5.3-1: Processos minerários do DNPM na ADA do Empreendimento**

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
31	820554/2002	2002	Marco Antônio Santos Silva	Cobre	171,8	Disponibilidade
32	820984/2002	2002	Ita Cristal Mineração Ltda	Água Mineral	47,6	Disponibilidade
33	820523/2007	2007	Mineração Silvana Industria e Comercio Ltda	Minério de Ouro	1.999,6	Disponibilidade
34	820171/1999	1999	Mineração Santa Elina Industria e Comercio S.A	Ouro	1.999,8	Disponibilidade
35	820225/1999	1999	Mineração Santa Elina Industria e Comercio S.A	Ouro	1.911,8	Disponibilidade
36	820842/2003	2003	Tavares Pinheiro Industrial Ltda	Água Mineral	49,5	Disponibilidade
37	820002/2007	2007	Fontex Importadora e Exportadora Ltda	Argila	229,3	Disponibilidade
38	820025/2006	2006	Embraport - Empresa Brasileira de Terminais Portuários S.A	Areia	43,5	Disponibilidade
39	820003/2007	2007	Fontex Importadora e Exportadora Ltda	Argila	356,3	Disponibilidade
40	820344/2005	2005	Onivaldo Dallacqua Extração ME	Areia	13,7	Licenciamento
41	802144/1971	1971	Empresa de Mineração Lopes Ltda	Cascalho	460,2	Requerimento de Lavra
42	820964/1984	1984	Carlos Fernando Rodrigues da Paz	Granito Ornamental	289,1	Requerimento de Lavra
43	821362/1998	1998	Firpavi Construtora e Pavimentadora S.A	Granito	50,0	Requerimento de Lavra
44	820321/2002	2002	Brasplan Comercial Consultoria Assessoria e Planejamento Ltda	Areia	50,0	Requerimento de Lavra
45	820320/2002	2002	Brasplan Comercial Consultoria Assessoria e Planejamento Ltda	Argila	50,0	Requerimento de Lavra
46	821054/2000	2000	Mineradora Pedrix Ltda	Diabásio	50,0	Requerimento de Lavra
47	820770/2000	2000	Basalto Pedreira e Pavimentação Ltda	Diabásio	50,0	Requerimento de Lavra
48	820322/2002	2002	Brasplan Comercial Consultoria Assessoria e Planejamento Ltda	Areia	33,1	Requerimento de Lavra
49	821432/2000	2000	Basalto Pedreira e Pavimentação Ltda	Diabásio	50,0	Requerimento de Lavra
50	820769/2000	2000	Basalto Pedreira e Pavimentação Ltda	Diabásio	50,0	Requerimento de Lavra
51	820561/2002	2002	Engexplo Desmonte a Explosivos Ltda	Calcário	128,1	Requerimento de Lavra
52	801908/1978	1978	Sellas Ltda	Areia	233,4	Requerimento de Lavra
53	820124/1978	1978	Mineração Terras Raras Ltda	Argila	380,8	Requerimento de Lavra
54	820323/2002	2002	Brasplan Comercial Consultoria Assessoria e Planejamento Ltda	Argila	48,9	Requerimento de Lavra
55	820241/2013	2013	Sociedade Geral de Mineração Ltda	Filito	595,2	Requerimento de Lavra
56	820243/2013	2013	Sociedade Geral de Mineração Ltda	Filito	850,3	Requerimento de Lavra



**TABELA 10.1.5.3-1: Processos minerários do DNPM na ADA do Empreendimento**

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
57	820242/2013	2013	Sociedade Geral de Mineração Ltda	Filito	957,5	Requerimento de Lavra
58	820364/2013	2013	Onivaldo Dallacqua Extração ME	Areia	8,0	Requerimento de Licenciamento
59	820172/1999	1999	Mineração Santa Elina Industria e Comercio S.A	Ouro	1.673,7	Requerimento de Pesquisa
60	820100/2002	2002	Tavares Pinheiro Industrial Ltda	Água Mineral	8,8	Requerimento de Pesquisa
61	820707/2002	2002	Orlando Carlos Favaro	Argila Refratária	200,1	Requerimento de Pesquisa
62	821053/2000	2000	Mineradora Pedrix Ltda	Diabásio	50,0	Requerimento de Pesquisa
63	820323/2004	2004	Companhia Melhoramentos de São Paulo	Calcário	803,5	Requerimento de Pesquisa
64	820114/2010	2010	Viver Vinhedo Administração de Bens Próprios Ltda	Granito	982,5	Requerimento de Pesquisa
65	820435/1991	1991	Territorial São Paulo Mineração Ltda	Basalto p/ Brita	50,0	Requerimento de Pesquisa
66	820026/2011	2011	Fama Extração e Comercio de Minerais Transporte e Terraplenagem Ltda	Saibro	50,0	Requerimento de Pesquisa
67	820703/2011	2011	Oclam Minerações Ltda	Areia	345,1	Requerimento de Pesquisa
68	820647/2011	2011	Casa Grande Empreendimentos Imobiliários Ltda	Argila	38,3	Requerimento de Pesquisa
69	820131/2012	2012	São Tomás Empreendimentos Imobiliários e Minerários Ltda	Minério de Ouro	1.960,7	Requerimento de Pesquisa
70	820132/2012	2012	São Tomás Empreendimentos Imobiliários e Minerários Ltda	Minério de Ouro	1.999,3	Requerimento de Pesquisa
71	820130/2012	2012	São Tomás Empreendimentos Imobiliários e Minerários Ltda	Minério de Ouro	1.828,0	Requerimento de Pesquisa
72	820127/2012	2012	São Tomás Empreendimentos Imobiliários e Minerários Ltda	Minério de Ouro	1.992,2	Requerimento de Pesquisa
73	820129/2012	2012	São Tomás Empreendimentos Imobiliários e Minerários Ltda	Minério de Ouro	350,6	Requerimento de Pesquisa
74	820124/2012	2012	São Tomás Empreendimentos Imobiliários e Minerários Ltda	Minério de Ouro	2.000,0	Requerimento de Pesquisa
75	820126/2012	2012	São Tomás Empreendimentos Imobiliários e Minerários Ltda	Minério de Ouro	706,4	Requerimento de Pesquisa
76	820794/2012	2012	Marco Antônio da Silva Pilão	Argila	346,4	Requerimento de Pesquisa

**TABELA 10.1.5.3-1: Processos minerários do DNPM na ADA do Empreendimento**

Item	Processo	Ano	Requerente	Substância Mineral	Área (Ha)	Fase do Processo
77	820368/2013	2013	Empresa Brasileira de Agregados Minerais S.A	Granito	288,7	Requerimento de Pesquisa
78	821231/2013	2013	Pedreira Pedra Negra Ltda	Argila	933,1	Requerimento de Pesquisa
79	821427/2001	2001	Edilene Dias Seraphim	Granito	819,6	Requerimento de Pesquisa
80	820528/2013	2013	Contern Construções e Comercio Ltda	Argila	693,2	Requerimento de Pesquisa
81	821531/2013	2013	Rio Construtora e Agro Pecuária Ltda	Argila	972,5	Requerimento de Pesquisa

A análise da tabela apresentada mostra que, dos 81 processos minerários cadastrados, 43 processos se referem a Pesquisa Mineral, sendo 23 em fase de Requerimento e 20 com Autorização de Pesquisa. Dos demais, 17 processos estão em fase de Requerimento de Lavra; 10 em Concessão de Lavra; um em fase de Requerimento de Licenciamento; um em Licenciamento, e 9 em Disponibilidade.

#### **10.1.5.4 INTERFERÊNCIAS COM O EMPREENDIMENTO**

Dos 201 processos minerários existentes ao longo da AID do empreendimento, 81 encontram-se na ADA, ou seja, suas poligonais deverão ser interceptadas pela dutovia e instalações associadas do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**. Destes últimos, 27 se referem às fases de Requerimento e Concessão de Lavra, caracterizando atividade minerária em vias de ser iniciada ou já operante, o mesmo se aplicando ao processo em fase de Requerimento de Licenciamento e ao processo em Licenciamento. Os processos em fase de Requerimento e Autorização de Pesquisa somam 43 e ainda estão na etapa de avaliação das jazidas para demonstrar sua viabilidade econômica, não havendo atividade minerária propriamente dita. Os 9 processos em Disponibilidade não têm nenhuma atividade.

Deve-se observar que, quanto ao impacto do empreendimento sobre a atividade minerária existente na ADA do empreendimento, todos os processos cadastrados, independentemente do seu estágio processual, deverão ser avaliados quanto aos gastos com pesquisas, benfeitorias, receitas, situação legal, etc., uma vez que garantem os direitos do requerente ou outorgante durante a etapa de negociação. Mesmo as áreas em disponibilidade, por não se encontrar desoneradas, ainda têm suas poligonais sujeitas a licitação, estando passíveis de negociação após a concessão.

A avaliação de cada processo minerário, individualmente, será de fundamental importância para a implantação do empreendimento, pois em função das particularidades de cada bem mineral, da fase da atividade, grau de interferência e situação legal do outorgado, os custos das indenizações e ações compensatórias poderão ser minimizados. Áreas em fase de pesquisa, ainda sem definição de jazida, serão consideradas de forma distinta daquelas em fase de lavra e licenciamento, com atividade produtiva, reserva cubada, equipamentos instalados e benfeitorias.

Entretanto, vale mencionar que o empreendimento será implantado em terrenos localizados, predominantemente, em faixas de domínio de rodovias e dutovias já existentes, minimizando assim interferências com Atividade Minerárias. A avaliação das interferências será objeto do Programa de Gestão das Interferências com Atividades Minerárias que terá, entre seus objetivos, solucionar as possíveis interferências ou impactos negativos resultantes da construção e operação da dutovia e instalações associadas do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** sobre as áreas de exploração mineral requeridas, em diferentes estágios processuais, bem como estabelecer estratégias para a mitigação dos impactos por meio de acordos com os detentores do direito minerário.

## **Conclusões sobre a Atividade Minerária**

Considerando-se a importância do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** como obra de interesse público, o Código de Mineração prevê a solicitação de não-emissão de novos títulos minerários, incluindo-se, nesse caso, novas Autorizações de Pesquisa, Registros de Licenciamento e Concessões de Lavra, bem como a transformação das autorizações existentes em Concessões de Lavra. Esse pedido permitirá o bloqueio das atividades minerárias ao longo dos trechos novos da faixa da dutovia.

### **10.1.6 CLIMA**

#### **10.1.6.1 MÉTODOS DE TRABALHO**

A definição dos tipos de clima em função da temperatura e regime de precipitações, nas áreas de influência do empreendimento, teve, por base, o Sistema de Classificação Climática (SCC) de Köppen & Geiger<sup>137</sup> (1928); os mapeamentos dos tipos de clima do Estado de São Paulo realizados por Setzer<sup>138</sup> (1967) e Rolim *et al.*<sup>139</sup> (2007); a classificação climática do DAEE<sup>140</sup> (1975), e a compilação de Prado *et al.* (2006), utilizando o banco de dados de precipitação diária do Dae gerido pelo FCTH – Centro Tecnológico de Hidráulica, no período de janeiro de 1947 a dezembro de 1997.

Os dados referentes às condições meteorológicas da Região Metropolitana de São Paulo tiveram, por base, informações das estações meteorológicas Edgard de Souza (1974 a 1988), Universidade de São Paulo (1974 a 1985), Guarapiranga (1970 a 1988) e Mirante de Santana (1961 a 1990). As direções dos ventos foram obtidas a partir dos estudos de Oliveira (1983 e 1992), e das estações Congonhas da INFRAERO e Capuava da Cetesb (FESPSP, 2004<sup>141</sup>).

Na Baixada Santista, foram utilizados os dados da estação OMM (83818), situada na Cidade de Santos, obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da CETESB. Para todos os municípios paulistas, os dados meteorológicos foram obtidos da CEPAGRI / Unicamp ([www.cpa.unicamp.br](http://www.cpa.unicamp.br), 2013).

Foram também considerados os dados meteorológicos utilizados no “Estudo das Emissões Atmosféricas do Projeto Uniduto (2010) e no “Estudo das Emissões Atmosféricas da EIBT”, apresentado no **Anexo 7** do presente EIA. Esses dados compreenderam temperatura, pressão atmosférica, velocidade do vento e radiação solar.

#### **10.1.6.2 INTRODUÇÃO**

O quente e estacionário Anticiclone Tropical Atlântico (ATA), e as incursões de anticiclones migratórios frios, como o Anticiclone Polar Atlântico (APA), controlam a circulação atmosférica no sul da América do Sul. O Estado de São Paulo se encontra em uma faixa de transição onde ocorre o confronto entre os climas controlados pelos sistemas tropicais e extratropicais (polares), além dos fenômenos frontológicos. Durante todo o ano, a Massa Tropical Atlântica – que é originária da ATA e está associada a ventos alísios de direção E e NE – atua na costa do estado.

<sup>137</sup> KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes, Wall-map: 150 x 200 cm. 1928.

<sup>138</sup> SETZER, J. *Atlas climatológico e ecológico do Estado de São Paulo*. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai, 1966. Imprensa Oficial do Estado, DAEE, São Paulo, SP, 61 p.p. 1967.

<sup>139</sup> ROLIM, G. de S.; CAMARGO, M. B. P de; LANIA, D. G. & MORAES, J. F. L. de. *Bragantia*, Campinas, v.66, n.4, p.711-720. 2007.

<sup>140</sup> SÃO PAULO. Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). *Boletim fluviométrico n. 4 – primeira zona hidrográfica, dados fluviométricos coligidos até 1970 nas bacias dos rios Tietê superior, Piracicaba e Sorocaba*, CTH, São Paulo, 667 p.p. 1975.

<sup>141</sup> FUNDAÇÃO ESCOLA DE SOCIOLOGIA E POLÍTICA DE SÃO PAULO (FESPSP). *Programa rodoviário Mário Covas. Trecho sul modificado – Estudo de impacto ambiental (EIA)*. São Paulo: DERSA / Secretaria dos Transportes do Estado de São Paulo, 2004. V. I a VIII.



O APA é representado pela Massa Polar Atlântica (PA), pela Massa Polar Velha (PV) e pela Frente Polar Atlântica (FPA). Durante a PA, atuam ventos de direção SW-S-SE, que mudam para E e NE na PV. A FPA, conhecida como frente fria, é provocada pelo choque entre os sistemas tropicais e polares, mais rigorosa no inverno mas podendo ocorrer durante todo o ano.

De modo geral, o clima do Estado de São Paulo pode ser dividido, quanto às precipitações pluviométricas, em duas estações, sendo uma chuvosa, compreendendo o período de outubro a abril, e outra seca, de maio a setembro. A estação chuvosa é influenciada pelo aquecimento continental, o qual, associado à convecção tropical, sistemas extratropicais (frentes frias) e áreas de instabilidade continental, favorece a ocorrência de chuvas abundantes.

Na estação seca, o clima é muito influenciado pelas frentes frias provenientes do sul do continente, sendo essa estação caracterizada pela diminuição da pluviosidade e das temperaturas, e ocorrência de períodos de grande estabilidade atmosférica, o que propicia condições mais desfavoráveis à dispersão de poluentes na atmosfera. Além das características gerais das duas estações, o estado também apresenta regiões com fortes contrastes climáticos, em função das diferentes condições de relevo e vegetação.

Por meio de cartas de superfície, Lemos<sup>142</sup> (2000) observou que, de 1981 a 1998, o número médio de frentes frias que se deslocaram sobre o leste do Estado de São Paulo foi de nove no verão, 11 no outono, 12 no inverno e 12 na primavera. Oliveira<sup>143</sup> (1986), a partir de imagens de satélite GOES de 1975 a 1984, registrou, em média, 10 frentes frias no verão, 11 no outono, 12 no inverno e 14 na primavera, verificando que apenas algumas conseguem organizar uma banda de convecção tropical (nebulosidade com precipitação) sobre o continente, e que o número de frentes frias que provocam condições de chuva durante o inverno é menor do que no verão.

Segundo o Sistema de Classificação Climática (SCC) de Köppen & Geiger<sup>144</sup> (1928) – que define os diferentes tipos de clima em função da temperatura e regime de precipitações, em Climas Úmidos Tropicais (A), Climas Secos (B), Climas Úmidos de Temperaturas Brandas (C), Climas Úmidos de Temperaturas Baixas (D) e Climas de Regiões Polares (E) – o Estado de São Paulo apresenta duas classes de climas: Úmido Tropical (A) e Úmido de Temperaturas Brandas (C).

Dentro dessas classes definem-se ainda, em função das distribuições anuais de chuva e de suas amplitudes térmicas anuais, tipos e grupos climáticos simbolizados por uma segunda letra minúscula, denominados constantemente úmido (f), tipo monção (m), inverno seco (w) e verão seco (s), e subgrupos na classe C, simbolizados por uma segunda letra também minúscula, com significados específicos da região de interesse. Segundo essa tipologia, o Estado de São Paulo apresenta seis tipos de clima, definidos como Aw, Af, Cwa, Cfa, Cwb e Cfb.

A classificação climática do Dae (1975) define o índice mensal de efetividade de precipitação (Im) através da fórmula ( $Im = P / 2t/10$ ), onde P é a precipitação média mensal (mm); t é a temperatura em graus centígrados, e o Im anual corresponde à soma dos 12 Im mensais. A partir daí, são definidos os padrões de umidade do clima classificados em A, B, C, D, E, F e G, de acordo com limites de Im anuais preestabelecidos para cada uma dessas classes.

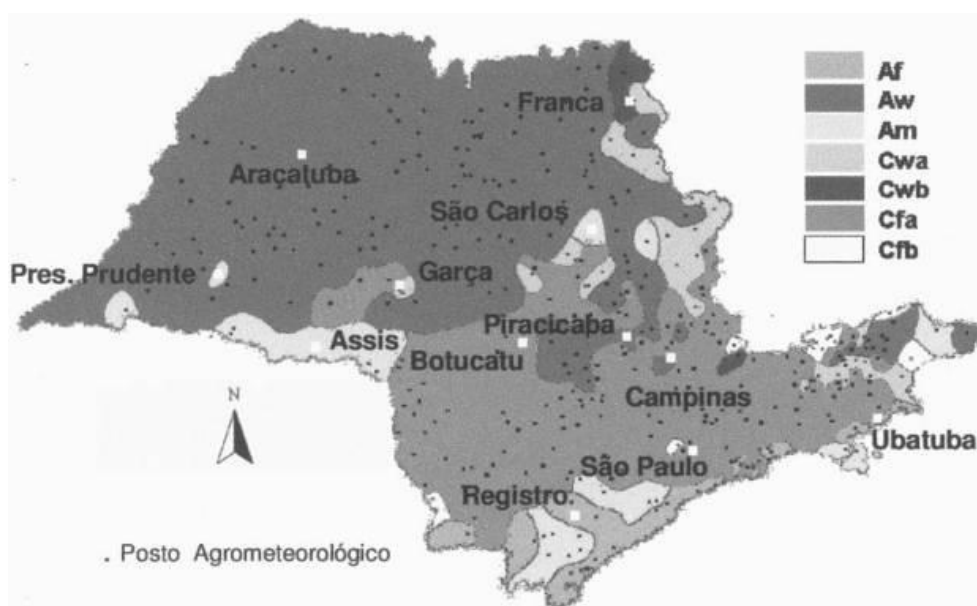
O último mapeamento dos tipos de clima do Estado de São Paulo foi realizado por Setzer em 1967, a partir do SCC de Köppen. Rolim *et al.*<sup>145</sup> (2007), utilizando dados agrometeorológicos de 427 localidades do estado, publicaram o mapa de Köppen modificado, que é apresentado na **Figura 10.1.6.2-1** a seguir.

<sup>142</sup> LEMOS, C. F. Caracterização e Variabilidade Climática do Vale do Paraíba – SP. São Paulo, Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade de Taubaté. 2000.

<sup>143</sup> OLIVEIRA, A. S. Interações entre sistemas na América do Sul e convecção na Amazônia. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. (INPE-4008-TDL/239). 1986.

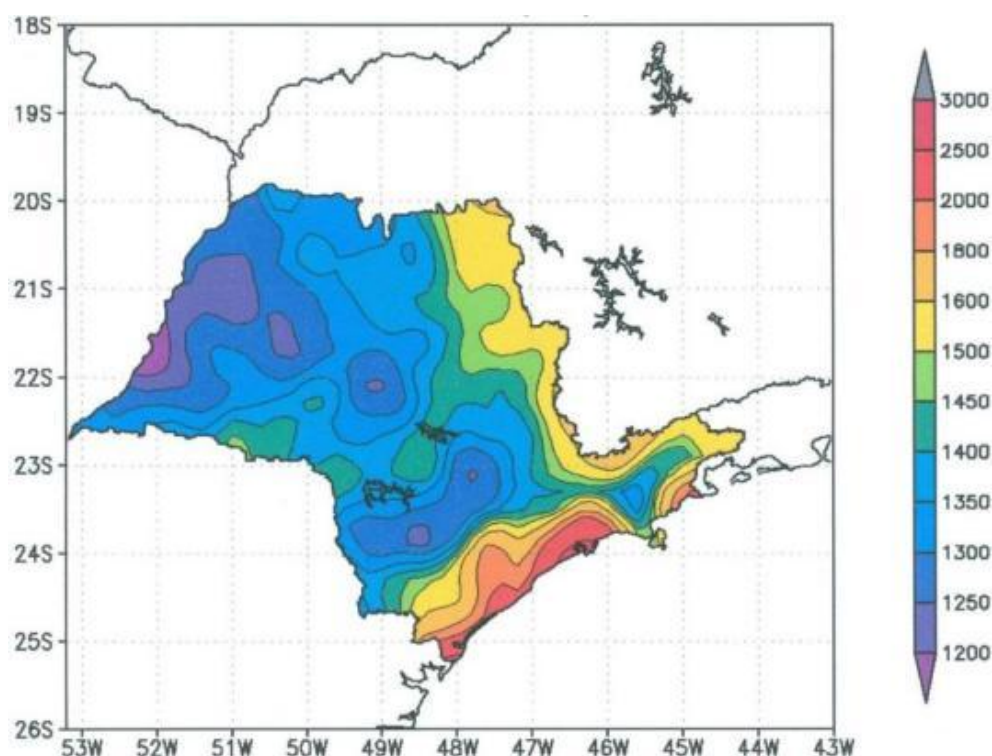
<sup>144</sup> KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes, Wall-map: 150 x 200 cm. 1928.

<sup>145</sup> ROLIM, G. de S.; CAMARGO, M. B. P de; LANIA, D. G. & MORAES, J. F. L. de. Bragantia, Campinas, v.66, n.4, p.711-720. 2007.



**FIGURA 10.1.6.2-1: Climas do Estado de São Paulo pelo sistema de KÖPPEN, modificado por ROLIM *et al.* (2007)**

Prado *et al.*<sup>146</sup> (2006), utilizando o banco de dados de precipitação diária do DAEE gerido pelo FCTH – Centro Tecnológico de Hidráulica, estudaram os registros pluviométricos de 1.122 postos distribuídos pelo Estado de São Paulo, no período de janeiro de 1947 a dezembro de 1997, estimaram as médias anuais e a frequência média de dias chuvosos, e seus respectivos desvios-padrão. Na **Figura 10.1.6.2-2** a seguir, é apresentada a distribuição espacial da chuva média anual no estado, durante o período estudado.



**FIGURA 10.1.6.2-2: Distribuição das chuvas médias anuais no Estado de São Paulo, segundo Prado *et al.* (2006)**

<sup>146</sup> PRADO, L. F.; PEREIRA FILHO, A. J.; HALLAK, R. & LOBO, G. de A. 2006. Climatologia da precipitação no Estado de São Paulo no período de 1947 a 1997. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16, Florianópolis. 2006.

**10.1.6.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO EMPREENDIMENTO****Depressão Periférica Paulista e Planalto de Jundiaí**

A região compreendida pela Depressão Periférica Paulista e Planalto de Jundiaí apresenta clima temperado úmido de inverno seco e verão quente, com temperaturas brandas, do tipo Cwa pelo Sistema de Classificação Climática (SCC) de Köppen<sup>147</sup> (1948). A temperatura média do mês menos quente é inferior a 18°C e ultrapassa 22°C no mês mais quente. O total de chuvas no mês mais seco pode não atingir 30mm e a altura pluviométrica no mês mais chuvoso pode ser superior a 10 vezes a do mês mais seco.

Nas **Tabelas 10.1.6.3-1** e **10.1.6.3-2** a seguir, são apresentados os dados climatológicos mensais e anuais médios das séries históricas de registros efetuados nos Municípios de Paulínia, Campinas, Valinhos, Vinhedo, Louveira, Itupeva e Jundiaí, conforme a Cepagri / Unicamp (www.cpa.unicamp.br, 2013).

**TABELA 10.1.6.3-1: Dados climatológicos do Município de Paulínia (CEPAGRI/ UNICAMP, 2013)**

Mês	Temperatura do Ar (°C)			Chuva (mm)
	Mínima média	Máxima média	Média	Média
Janeiro	20.0	31.0	25.0	255.8
Fevereiro	18.7	29.8	24.2	189.7
Março	19.0	31.0	25.0	158.8
Abril	15.2	27.7	21.5	63.5
Mai	12.5	25.7	19.1	64.1
Junho	11.1	24.6	17.8	41.3
Julho	10.5	24.8	17.6	31.2
Agosto	11.8	26.9	19.4	26.9
Setembro	13.8	27.8	20.8	69.2
Outubro	15.5	28.4	22.0	119.0
Novembro	16.5	29.0	22.7	139.7
Dezembro	19.0	31.0	25.0	200.4
Anual	15.3	28.1	21.7	1359.6
Mínima	10.5	24.6	17.6	26.9
Máxima	20.0	31.0	25.0	255.8

<sup>147</sup> KÖPPEN, W. Climatologia: com um estudio de los climas de la tierra. Publications In: Climatology. Laboratory of Climatology, New Jersey. USA, 104p. 1948.

**TABELA 10.1.6.3-2: Dados climatológicos dos demais municípios da Depressão Periférica Paulista e Planalto de Jundiaí (CEPAGRI / UNICAMP, 2013)**

Município	Altitude (m)	Temperatura do Ar (°C)			Chuva (mm)		
		Mínima média anual	Máxima média anual	Média anual	Mínima média anual	Máxima média anual	Média anual
Paulínia	620	17,6	25,0	21,7	26,9	255,8	1.359,6
Campinas	680	18,0	24,0	21,4	30,6	243,3	1.372,0
Valinhos	660	17,2	23,9	21,0	32,0	242,7	1.425,1
Vinhedo	720	16,8	23,5	20,5	31,2	216,6	1.325,9
Louveira	680	17,0	23,8	20,8	34,6	223,0	1.361,8
Itupeva	675	17,0	23,8	20,8	35,1	241,1	1.486,9
Jundiaí	680	16,9	24,0	20,9	37,7	222,6	1.350,5

A análise dos valores apresentados mostra que, para o trecho da dutovia que se desenvolve pela Depressão Periférica Paulista e Planalto de Jundiaí, as temperaturas médias anuais do ar variam de 16,8°C (Vinhedo) a 25,0°C (Paulínia). As mínimas médias mensais registradas variam entre 9,8°C (Vinhedo) e 11,0°C (Campinas), e as máximas médias mensais situam-se entre 29,0°C (Vinhedo e Campinas) e 31,0°C (Paulínia).

As alturas médias anuais de precipitação pluviométrica variam entre 1.325,9mm (Vinhedo) e 1.486,9mm (Itupeva). O período chuvoso se estende de outubro a março, com precipitações médias mensais entre 119,0mm e 255,8mm (Paulínia), sendo o mês de janeiro o mais chuvoso. Na estiagem, de abril a setembro, o menor índice médio é de 26,9mm no mês de agosto, em Paulínia, e o maior é de 85,4mm em setembro, no Município de Itupeva.

Para Paulínia, também foi considerado o estudo desenvolvido pelo Consórcio GEOCOR-MINERAL para a UNIDUTO (2010) com dados do CIIAGRO e CETESB de Paulínia, e AOM GISS NASA, para o período 2007 a 2009. Foram obtidas temperaturas máxima, mínima e média mensais de 27,85°C, 16,54°C e 22,20°C, respectivamente; 388,25W/m<sup>2</sup> de média mensal de fator de insolação; 950,68hPa de pressão atmosférica média mensal, e 2,12m/s de velocidade média mensal do vento.

Com aproximação de frentes frias proveniente do sul do estado, quando a região se encontra em condição de anticiclone subtropical marítimo, ocorre redução da velocidade do vento, em geral inferior a 1,5m/s, com horas de calmaria, céu claro, grande estabilidade atmosférica e formação de inversão térmica próxima à superfície, criando condições desfavoráveis à dispersão de poluentes. Essa situação somente é interrompida com a chegada de nova massa de ar associada a um sistema frontal, aumentando a ventilação e provocando a ocorrência de precipitação.

### **Planalto Paulista, Planalto Paulistano e Serra do Mar**

O Sistema de Classificação Climática (SCC) de Köppen indica, para a região dos planaltos Paulista e Paulistano, apenas os tipos Cwb e Cfb. O clima Cwb predomina na bacia do Alto Tietê, em toda a região do eixo central do rio Tietê e seus principais afluentes, desde sua cabeceira até as proximidades da barragem de Edgard de Souza. É temperado ou quase temperado, de inverno seco, com temperatura média do mês menos quente inferior a 18°C e no mês mais quente não superior a 22°C. O total de chuvas no mês mais seco não atinge 30mm e a altura pluviométrica no mês mais chuvoso pode ser superior a 10 vezes a do mês mais seco.

O clima Cfb ocupa o restante da bacia do Alto Tietê, numa faixa adjacente à área de domínio do clima Cwb, abrangendo as cabeceiras dos afluentes da margem esquerda do rio Tietê e as bacias dos reservatórios de Guarapiranga e Billings, a bacia do rio Juqueri e as cabeceiras das bacias dos



rios Cotia e São João do Barueri. É caracterizado como temperado úmido, sem estiagem, com precipitação total no mês mais seco não ultrapassando 30mm.

No topo da escarpa da Serra do Mar, já no limite sul da bacia do Alto Tietê, atingindo as bacias dos rios que desaguam no litoral, ocorre uma estreita faixa de clima tipo Cfa, com mês mais quente alcançando uma temperatura média superior a 22°C. É caracterizado como quente úmido, sem estação seca, com precipitação total no mês mais seco maior ou igual a 30mm.

Pela classificação climática do DAEE, os tipos de clima encontrados na bacia do Alto Tietê são o Clima Úmido (C:  $28,3 > Im > 20$ ), seguido por Clima Muito Úmido em menor proporção (B:  $40 > Im > 28,3$ ) e Clima Super Úmido, em proporção ainda menor (A:  $Im > 40$ ). Outras classificações de subordens, em função de outras variáveis, também são aplicadas.

Das nascentes do rio Tietê até o desemboque do rio Pinheiros, tendo como limite ao Norte a Serra da Cantareira, e se estendendo mais para o Sul, a região é de Clima Úmido Subtropical de Inverno Seco (Ccw) e, mais ao Sul, Clima Úmido Subtropical Sem Estiagem (Ccr).

O Clima Superúmido, Temperado e Sem Estiagem (Adr) domina uma estreita faixa vizinha ao divisor de águas das bacias da vertente marítima. O Clima Muito Úmido, Temperado e Sem Estiagem (Bdr) domina mais ao Norte, paralelamente à faixa anterior, desde a região leste da bacia, numa estreita faixa, até as cercanias da Cidade de Mogi das Cruzes, abrindo-se até abranger cerca de metade do reservatório Billings e Guarapiranga, e cabeceira do rio Cotia. No restante da bacia, entre esta faixa e a região central da mesma (Ccw e Ccr), a região oeste, da confluência do rio Pinheiros até o reservatório de Pirapora e a bacia do rio Juqueri, domina o Clima Muito Úmido, Subtropical e Sem Estiagem (Bcr).

A distribuição espacial das precipitações é fortemente influenciada pela proximidade oceânica e pela escarpa da Serra do Mar, com alturas pluviométricas mais elevadas na região do platô compreendido entre o divisor de águas da Serra do Mar e a escarpa da vertente marítima. As maiores alturas pluviométricas situam-se na área elevada da bacia do rio Itapanhaú, com precipitação média anual da ordem de 4.500mm e a orla do platô entre as isoietas de 3.000mm e 3.500mm.

Desde o divisor de águas da Serra do Mar até o vale do Tietê, as alturas de precipitação decrescem gradualmente, com orientação quase paralela às curvas de nível e proporcionalmente à variação de cotas, atingindo, na região do vale do rio, a isoietas de 1.300mm anuais. Em direção à Serra da Cantareira, no sentido do vale do Tietê, observa-se um acréscimo de precipitação, com isoietas de 1.400mm anuais a até 1.500mm anuais no trecho superior da bacia do rio Juqueri.

Na **Tabela 10.1.6.3-3** a seguir, são apresentados os dados climatológicos mensais e anuais médios dos registros efetuados nos municípios de Cajamar, Santana de Parnaíba, Barueri, Osasco, Carapicuíba, Embu, Cotia, Itapeverica da Serra, São Paulo e São Bernardo do Campo, conforme a Cepagri / Unicamp (www.cpa.unicamp.br, 2013).

**TABELA 10.1.6.3-3: Dados climatológicos de municípios do Planalto Paulista, Planalto Paulistano e Serra do Mar (CEPAGRI / UNICAMP, 2013)**

Município	Altitude (m)	Temperatura do Ar (°C)			Chuva (mm)		
		Mínima média anual	Máxima média anual	Média anual	Mínima média anual	Máxima média anual	Média anual
Cajamar	735	16,5	23,3	20,2	78,7	299,8	1.998,0
Santana de Parnaíba	720	16,5	23,4	20,3	37,3	221,7	1.413,1
Barueri	740	16,3	23,3	20,1	32,6	249,3	1.439,4
Osasco	760	16,2	23,1	20,0	32,6	247,0	1.429,7
Carapicuíba	780	16,0	23,0	19,8	34,0	242,9	1.419,8

**TABELA 10.1.6.3-3: Dados climatológicos de municípios do Planalto Paulista, Planalto Paulistano e Serra do Mar (CEPAGRI / UNICAMP, 2013)**

Município	Altitude (m)	Temperatura do Ar (°C)			Chuva (mm)		
		Mínima média anual	Máxima média anual	Média anual	Mínima média anual	Máxima média anual	Média anual
Embu	775	16,0	23,0	19,8	34,1	205,9	1.261,7
Cotia	820	15,7	22,7	19,5	41,1	210,9	1.322,2
Itapecerica da Serra	900	15,1	22,1	18,9	33,0	205,2	1.252,6
São Paulo	860	17,0	24,0	20,7	34,1	238,2	1.376,2
São Bernardo do Campo	760	16,0	23,1	19,9	48,7	218,0	1.473,5

As temperaturas médias anuais do ar variam de 15,1°C (Itapecerica da Serra) a 24,0°C (São Paulo), com mínimas médias mensais de 8,4°C (Itapecerica da Serra) e 8,9°C (Cotia), e máximas médias mensais de 27,5°C (Itapecerica da Serra) a 28,9°C (Santana de Parnaíba).

As alturas médias anuais de precipitação pluviométrica variam entre 1.473,5mm (São Bernardo do Campo) e 1.252,6mm (Itapecerica da Serra). O período chuvoso se estende de outubro a março, com precipitações médias mensais entre 107,6mm (Itapecerica da Serra) e 299,8mm (Cajamar). Na estiagem, de abril e setembro, o menor índice médio é de 32,6mm no mês de agosto, em Barueri e Osasco, e o maior é de 98,2mm no mês de junho, em Cajamar.

Na Região Metropolitana de São Paulo, os parâmetros atmosféricos apresentam variações por vezes consideráveis, pois as superfícies dos terrenos se encontram descaracterizadas pelas áreas e tipos de ocupação, o que gera taxas caloríficas diversificadas, com influência direta no transporte vertical de calor, nebulosidade e pluviosidade. Na **Tabela 10.1.6.3-4** a seguir, são apresentados os dados climatológicos obtidos nas estações meteorológicas Edgard de Souza (1974 a 1988), Universidade de São Paulo (1974 a 1985), Guarapiranga (1970 a 1988) e Mirante de Santana (1961 a 1990).

**TABELA 10.1.6.3-4: Dados climatológicos de estações meteorológicas da Grande São Paulo (INMET, 1992)**

Estação	Temperatura média do ar (°C)			Umidade relativa do ar média anual (%)		Precipitação média anual (mm)
	Mínima anual	Média anual	Máxima anual	Mínima	Máxima	
Edgard de Souza	14,2	20,2	25,2	73	80	-
USP	15,2	19,1	24,7	73,2	80	-
Guarapiranga	15,4	20,1	23,9	73,2	81,3	1.640
Mirante de Santana	15,5	19,3	24,9	74	80	1.455

A seguir, são apresentados na **Tabela 10.1.6.3-5** os dados climatológicos anuais obtidos pela Cetesb em 2002 (MRS, 2005<sup>148</sup>), para o Município de São Paulo, a partir das normais climatológicas de 30 anos (1961-1990).

**TABELA 10.1.6.3-5: Dados climatológicos anuais para o Município de São Paulo (1961-1990) (Cetesb, 2002 em MRS, 2005)**

Parâmetro	Dado climatológico
Temperatura média	19,3°C
Precipitação total	1.455mm
Umidade relativa média	78%
Insolação total	1.733h
Nebulosidade média (0-10)	7,2

As direções dos ventos na RMSP foram estudadas por Oliveira<sup>149</sup> (1983 e 1992), para fins de transporte de poluentes atmosféricos, a partir de medições realizadas pela Cetesb durante um período de dois anos. O pesquisador observou que a tendência geral dos ventos é soprar de Sul/Sudeste para Norte/Noroeste, sendo que, durante a madrugada e a manhã, predomina a componente de Leste para Oeste, e à tarde e noite a de Sul para Norte.

Medições realizadas nas estações meteorológicas Edgard de Souza e USP, indicam uma tendência de fluxo dos ventos de Sudeste para Noroeste, com velocidades máximas médias de 36m/s no mês de setembro. Nas estações Congonhas da INFRAERO e Capuava da Cetesb, predominam os ventos de Sul para Sudeste, com velocidades médias, medidas durante o ano de 1998, de 3,5m/s e 2,1m/s, e calmarias médias de 24,8% e 11%, respectivamente (FESPSP, 2004<sup>150</sup>). Os registros do INMET de 2010 no Mirante de Santana, de ventos avaliados de 2005 a 2009, apresentaram velocidades entre 2,0m/s (julho) e 3,2m/s (novembro), e direções N-NE (COMGÁS, 2011<sup>151</sup>).

Quando a RMSP está sob a atuação do anticiclone subtropical marítimo e uma frente fria se encontra ao sul do estado, a condição meteorológica na região provoca uma diminuição da velocidade do vento (normalmente inferior a 1,5 m/s), muitas horas de calmaria (velocidade do vento em superfície inferior a 0,5 m/s), céu claro, grande estabilidade atmosférica e formação de inversão térmica muito próxima à superfície (abaixo de 200m), condições estas desfavoráveis à dispersão dos poluentes emitidos na região.

Normalmente, essa situação de estagnação atmosférica é interrompida com a chegada de uma nova massa de ar associada a um sistema frontal, aumentando a ventilação, instabilidade e, em muitos casos, provocando a ocorrência de precipitação. Outra peculiaridade é que, no período seco, a umidade relativa do ar chega a atingir valores de 15%, principalmente no mês de setembro, trazendo grande desconforto à população.

Para o estudo das emissões atmosféricas desenvolvido pelo Consórcio GEOCOR-MINERAL para a UNIDUTO (2010), os dados meteorológicos obtidos de 2007 a 2009 através do CIIAGRO e INMET de São Paulo, CETESB de Osasco e AOM GISS NASA indicaram temperaturas máxima, mínima e média mensais de 26,12°C, 16,75°C e 21,44°C, respectivamente; 386,70W/m<sup>2</sup> de média mensal do

<sup>148</sup> MRS LOGÍSTICA S. A. Estudo de impacto ambiental – EIA / Otimização do transporte de cargas entre planalto e baixada santista. Santo André/Cubatão: MRS Logística S. A. e CPEA – Consultoria Paulista de Estudos Ambientais, 2005.

<sup>149</sup> OLIVEIRA, A. S. A poluição do ar e as alterações climáticas na cidade de São Paulo. ECO 92, Polis n. 3, edição especial, Rio de Janeiro, RJ, p. 37-44, 1992.

OLIVEIRA, A. S. Análise do fluxo do vento visando o transporte de poluentes na região da grande São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12, Camboriú, 20 p.p. 1983.

<sup>150</sup> FUNDAÇÃO ESCOLA DE SOCIOLOGIA E POLÍTICA DE SÃO PAULO (FESPSP). Programa rodoviário Mário Covas. Trecho sul modificado – Estudo de impacto ambiental (EIA). São Paulo: DERSA / Secretaria dos Transportes do Estado de São Paulo, 2004. V. I a VIII.

<sup>151</sup> SÃO PAULO. COMPANHIA DE GÁS DE SÃO PAULO (COMGÁS). Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do projeto de Reforço da Rede Tubular de Alta Pressão – RETAP. São Paulo: Comgás, 2011.

fator de insolação; 926,13hPa de pressão atmosférica média mensal, e 1,87m/s de velocidade média mensal do vento.

### **Baixada Santista**

Segundo o SCC de KÖEPPEN, o clima na Baixada Santista é tropical úmido, sem estação seca, do tipo Af, com temperaturas maiores ou iguais a 18°C e 22°C nos meses mais frio e mais quente, respectivamente, e total de chuva superior ou igual a 60mm no mês mais seco (ROLIM *et al.*, 2007<sup>152</sup>).

Analisando-se os dados da estação meteorológica da OMM, de número 83818, situada na Cidade de Santos (46,29°W e 23,93°S) – obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) – observa-se uma pequena variação de temperatura entre o verão e o inverno, evidenciando a influência do oceano nas temperaturas e uma boa distribuição de ventos e umidade durante todo o ano.

Não se observa grande diferença entre os regimes de chuvas das estações seca e chuvosa, e o regime pluviométrico é fortemente influenciado pelo relevo. A orla litorânea recebe entre 2.000mm e 2.500mm de chuvas anualmente, enquanto nas áreas elevadas esses índices variam de 1.600mm a 3.000mm, com dois períodos bastante distintos: um chuvoso, de novembro a março, com as maiores precipitações ocorrendo em dezembro e janeiro, e um de estiagem, de abril a outubro, com mínimas registradas em julho e agosto. O balanço hídrico é sempre positivo na região.

As variações de temperatura também são muito influenciadas pela altitude. Na planície litorânea, a temperatura média anual é superior a 24°C e a média das mínimas, em julho, ultrapassa os 16°C. Na encosta da Serra do Mar, a temperatura média anual oscila entre 20°C e 24°C, e a média das mínimas varia entre 8°C e 10°C.

No período da manhã, os ventos apresentam direção sul/leste durante todo o ano, e no período da tarde sopram de todas as direções, mas com predomínio de noroeste e maior magnitude no período das chuvas. Durante a noite, predominam os ventos de leste durante todo o ano. De manhã, as velocidades variam entre 4m/s e 10m/s, com predomínio entre 4m/s e 6m/s, e à tarde tendem a aumentar, atingindo 11m/s a 21m/s. No período noturno, observam-se as mesmas velocidades da manhã, mas com ocorrências de reduções para 1m/s a 3m/s.

De modo geral, os ventos apresentam pequena intensidade durante a manhã, facilitando a formação de inversões térmicas de radiatividade, o mesmo ocorrendo no inverno, no período da noite, e ficam mais intensos no período da tarde. Apresentam intensidade média a alta durante todos os meses do ano, o que pode estar relacionado com a brisa marítima. Durante a maior parte do ano, a cobertura média de nuvens é, quase sempre, baixa durante a manhã, sendo alta a calmaria do vento. À tarde e à noite, é maior a cobertura, não ocorrendo muita perda de radiação durante a noite, o que dificulta a formação de inversões térmicas de radiação.

Na **Tabela 10.1.6.3-6**, são apresentados os dados climatológicos referentes aos municípios de Cubatão e Santos, conforme a Cepagri/ Unicamp, referentes ao período de junho de 1988 a outubro de 2008 (www.cpa.unicamp.br, 2013).

<sup>152</sup> ROLIM, G. de S.; CAMARGO, M. B. P de; LANIA, D. G. & MORAES, J. F. L. de. *Bragantia*, Campinas, v.66, n.4, p.711-720. 2007.



**TABELA 10.1.6.3-6: Dados climatológicos de municípios da Baixada Santista (CEPAGRI/ UNICAMP, 2013)**

Município	Altitude (m)	Temperatura do Ar (°C)			Chuva (mm)		
		Mínima média anual	Máxima média anual	Média anual	Mínima média anual	Máxima média anual	Média anual
Cubatão	10	20,7	28,2	24,7	100,0	334,0	2.625,8
Santos	10	20,6	28,2	24,6	93,3	284,4	2.143,1

As temperaturas médias anuais são de 24,6°C a 24,7°C, com mínima média de 13,3°C e 13,4°C, e máxima média de 34,4°C (em Cubatão e Santos). As alturas médias anuais de precipitação pluviométrica variam entre 2.625,8mm (Cubatão) e 2.143,1mm (Santos). O período chuvoso se estende de outubro a abril, com índice mínimo de 178,3mm (Santos) e máximo de 334,0mm (Cubatão) de precipitações médias mensais. Na estiagem, de maio a setembro, o menor índice médio é de 93,3mm em Santos, no mês de agosto, e o maior é de 162,2mm em Cubatão, no mês de setembro.

Na **Tabela 10.1.6.3-7** a seguir, são apresentados os dados climatológicos anuais obtidos pela Cetesb em 2002 (MRS, 2005<sup>153</sup>), para o Município de Santos, referentes às normais climatológicas do período de 1961 a 1990.

Os dados da Cidade de Santos mostram que, no inverno, durante o período da manhã, a calmaria dos ventos pode chegar a valores de até 70%, o mesmo devendo ocorrer nas cidades de São Vicente e Guarujá. Nas cidades de Cubatão, Bertioga, Caraguatatuba e Ubatuba, pode-se presumir que os valores de calmarias sejam maiores, dado a proximidade da Serra do Mar.

**TABELA 10.1.6.3-7: Dados climatológicos anuais para o Município de Santos (1961-1990) (CETESB, 2002 em MRS, 2005)**

Parâmetro	Dado climatológico
Temperatura média	21,3°C
Precipitação total	2.081mm
Umidade relativa média	80%
Insolação total	1.494h
Nebulosidade média (0-10)	6,3

Conforme os dados meteorológicos de 2007 a 2009 do CIIAGRO de Santos, Cetesb de Cubatão e AOM GISS NASA, levantados pelo Consórcio GEOCOR-MINERAL para o estudo da UNIDUTO (2010), as temperaturas máxima, mínima e média mensais são de 26,78°C, 19,49°C e 23,13°C, respectivamente; a média mensal de fator de insolação é de 385,06W/m<sup>2</sup>; a pressão atmosférica média mensal é de 1.020,57hPa, e para a velocidade do vento registrou-se a média mensal de 1,21m/s.

## 10.1.7 QUALIDADE DO AR

### 10.1.7.1 INTRODUÇÃO

A determinação sistemática da qualidade do ar é feita, por questões de ordem prática, limitada a um restrito número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos materiais e humanos disponíveis. De uma forma geral, a escolha recai sempre sobre um grupo de poluentes que servem como indicadores de qualidade do ar. No caso do empreendimento em questão, foi considerado o parâmetro Compostos Orgânicos Voláteis (COV), tendo em vista que as únicas

<sup>153</sup> MRS LOGÍSTICA S. A. Estudo de impacto ambiental – EIA / Otimização do transporte de cargas entre planalto e baixada santista. Santo André/Cubatão: MRS Logística S. A. e CPEA – Consultoria Paulista de Estudos Ambientais, 2005.

fontes de emissão significativas que poderão ocorrer estão associadas à Estação Intermediária de Bombeamento com Tancagem (EIBT).

A complexidade da região em questão torna imperativa a correta avaliação das taxas de emissão do empreendimento frente ao Decreto Estadual das Bacias Aéreas (Decreto Estadual nº 59.113/13). Tal instrumento legal tem por objetivo avaliar os antigos e novos empreendimentos a serem instalados no Estado de São Paulo, evitando, assim, o aumento significativo nas taxas de emissão e estabelecendo um Plano de Redução de Emissões de Fontes Estacionárias (PREFE).

O resumo dos principais aspectos considerados na avaliação de emissões atmosféricas, assim como os principais resultados alcançados é apresentado a seguir. O relatório completo contendo o Estudo de Emissões Atmosféricas da EIBT é apresentado no **Anexo 7** do presente EIA

#### **10.1.7.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E RESULTADOS ALCANÇADOS**

As fontes de emissão do empreendimento serão provenientes de tanques de armazenamento de combustíveis e produtos químicos e demais equipamentos utilizados no processo da unidade. Os resultados obtidos foram analisados conforme os critérios do Decreto Estadual nº 59.113/13, sendo abordadas as seguintes emissões:

- Emissões evaporativas: provenientes do armazenamento dos combustíveis em tanques;
- Emissões fugitivas: provenientes de dispositivos e acessórios (válvulas, flanges, drenos e etc.), uma vez que operações de descarregamento por caminhões e barcas não serão efetuadas;
- Emissões de fontes abertas: provenientes da operação do sump- tank

O município de São Paulo está localizado em uma sub-região classificada como acima de M1 quanto à saturação por ozônio, por isso se aplica integralmente o Artigo 12 do Decreto Estadual nº 59.113/2013, quanto à linha de corte de 40 t/ano, para emissão de COV, e o PREFE quando necessário, além de o empreendimento ficar obrigado apenas a utilizar a melhor tecnologia possível nos processos existentes.

Os tanques simulados utilizam teto flutuante, o que representa a melhor tecnologia disponível para redução de emissões nesse processo, consequentemente resultando em baixas taxas de emissão nessa modalidade. O mesmo ocorre para os dispositivos e acessórios a serem instalados, incluindo o separador água-óleo operando com cobertura (*Sump Tank*), o que representa a utilização das melhores tecnologias disponíveis no mercado. Os resultados alcançados e apresentados na **Tabela 10.1.7.2-1**, a seguir, demonstram que as emissões previstas ficam abaixo da linha de corte estabelecida para a sub-região analisada, classificada como acima de M1 quanto à saturação por ozônio.

**TABELA 10.1.7.2-1: Valores totais de emissões de COV na EIBT**

Fonte	Emissão (t/ano)	Linha de Corte (t/ano)
Emissões evaporativas em tanques	1,9262	-
Emissões fugitivas nos dispositivos e acessórios	15,9460	-
Emissões fugitivas nas fontes abertas	0,0259	-
<b>Total de emissões da EIBT</b>	<b>17,8981</b>	<b>40</b>

Considerando os resultados alcançados e os requisitos estabelecidos pelo Decreto nº 59.113/2013, o empreendimento foi considerado apto à instalação no local proposto.

#### **10.1.8 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS**

Os corpos hídricos são dinâmicos e complexos, funcionam como coletores naturais das paisagens, refletindo os usos e ocupações do solo de suas respectivas áreas de drenagem. A avaliação das

características das águas superficiais, por meio de indicadores tradicionais, fornece uma visão das condições gerais predominantes deste recurso, contribuindo para as ações de controle de poluição e recuperação de sua qualidade que pode ser comprometida por processos naturais e antrópicos, tais como implantação de obras civis, a exemplo de dutovias em travessias de drenagem.

#### **10.1.8.1 MÉTODOS DE TRABALHO**

Neste item são especificadas as metodologias para a caracterização da qualidade das águas superficiais, adotadas de acordo com as diferentes áreas de influência do empreendimento.

#### **ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA - AII**

A Área de Influência Indireta – AII definida para o estudo de qualidade das águas superficiais compreende as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhis definidas pela Lei Estadual nº 9.034/94, onde se insere o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**.

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, prevê a passagem do empreendimento por três unidades hidrográficas principais, denominadas respectivamente Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiá, Ugrhi 06 – Alto Tietê e Ugrhi 07 – Baixada Santista. Foi delimitada uma faixa de 10 km de largura ao longo do traçado da dutovia (5 km para cada lado do empreendimento) para a qual foi dado o enfoque do estudo

Nesse espaço de 10 km concentram-se as principais atividades antrópicas que demandam usos dos recursos naturais que poderão ser afetados direta ou indiretamente pela implantação do projeto. Trata-se de uma distância segura tanto para a dinâmica superficial como para eventuais riscos de vazamentos de etanol para os corpos d'água envolvidos no traçado do empreendimento.

No presente estudo, a avaliação dos recursos hídricos superficiais da Área de Influência Indireta – AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** foi pautada em dados secundários disponíveis nos órgãos públicos, na bibliografia especializada, entre outras fontes de consulta, a partir das quais foram abordados para cada Ugrhi os seguintes temas:

- Aspectos hidrográficos: inclui informações gerais sobre a rede hídrica, compreendendo as principais sub-bacias e Ugrhis, bem como sua inserção dos territórios municipais em relação ao **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**;
- Disponibilidade hídrica e usos das águas: são mencionadas as vazões e os usos consuntivos e não consuntivos mais relevantes nas respectivas Ugrhis, destacando-se na faixa de 10 km da AII os pontos de captação destinados ao abastecimento público. Especificamente para os usos das águas, cabe destacar os levantamentos realizados no Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – Daee, onde foram obtidos os pontos outorgados destinados ao abastecimento público, às derivações destinadas ao atendimento privado (indústrias, irrigação entre outras atividades rurais) e aos lançamentos de efluentes;
- Classificação das águas: aponta a classe dos corpos d'água inseridos na AII à luz do Decreto Estadual nº 10.755/77 referente ao enquadramento destes no Estado de São Paulo e de acordo com a Resolução Conama nº 357/05, que dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, além de estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes;
- Fontes de poluição: refere-se à avaliação global das cargas poluidoras geradas nas Ugrhis que podem comprometer a qualidade dos corpos d'água;
- Qualidade da água: tem como base a rede de monitoramento da Cetesb inserida nas respectivas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos com foco na faixa de 10 Km da AII, que corresponde à largura de 5 Km de cada lado do traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**.

Para tanto, utilizaram-se os dados mais recentes disponíveis referentes ao ano de 2012 (CETESB, 2013<sup>154</sup>), cujos resultados são expressos por meio dos seguintes indicadores:

- Índice de Qualidade da Água (IQA): é determinado pelo produtório ponderado dos parâmetros temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez. O índice de qualidade da água bruta é classificado nas categorias Ótimo, Bom, Regular, Ruim e Péssimo;
- Índice de Abastecimento Público (IAP): é composto pela ponderação dos resultados do Índice de Qualidade de Água (IQA) sendo também avaliadas as substâncias tóxicas e as variáveis que afetam a qualidade organoléptica da água, que são advindas, principalmente, de fontes difusas. O IAP também é expresso através dos padrões Ótimo, Bom, Regular, Ruim e Péssimo;
- Índice de Estado Trófico (IET): tem por finalidade classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia, considerando as concentrações de fósforo total e de clorofila-a, de acordo com os seguintes padrões: Ultraoligotrófico, Oligotrófico, Mesotrófico, Eutrófico, Supereutrófico e Hipereutrófico;
- Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática (IVA): utiliza as variáveis do IET (fósforo total e clorofila-a) e também variáveis essenciais para a vida aquática, como oxigênio dissolvido, pH, toxicidade e substâncias tóxicas (cobre dissolvido, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes). É expresso pelos padrões Ótimo, Bom, Regular, Ruim e Péssimo;
- Balneabilidade: nas praias de água doce (reservatórios), o índice de balneabilidade resulta das análises de coliformes fecais (termotolerantes) efetuadas em cinco semanas consecutivas, configurando um ambiente Próprio ou Impróprio para recreação de contato primário, segundo critérios da Resolução Conama nº 274/00. De acordo com a média anual, as praias são qualificadas segundo os padrões Ótimo, Bom, Regular, Ruim e Péssimo.

Em caráter complementar, avaliaram-se também os dados de qualidade dos sedimentos disponibilizados pela Cetesb ou disponíveis em trabalhos conduzidos nas áreas de influência do e do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**. A Cetesb adota como indicador o Critério de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos - CQS, que incorpora como variáveis a concentração de substâncias químicas, a ecotoxicidade, a mutagenicidade e o Índice da Comunidade Bentônica - ICB.

O Desenhos apresentando os pontos de captação para abastecimento público, os pontos de monitoramento da Cetesb com análise de qualidade das águas estão apresentados no **Volume 7 – Desenhos**.

### **ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA - AID**

A Área de Influência Direta – AID do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** compreende uma faixa de 1 km para cada lado do traçado da dutovia, abrangendo as águas interiores que compõem as bacias pertencentes à Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari, Jundiá, à Ugrhi 06 – Alto Tietê e a Ugrhi 07 – Baixada Santista.

Para a avaliação dos recursos hídricos da AID foram utilizados dados secundários disponíveis na bibliografia especializada, além das observações de vistorias técnicas realizadas nessa área nos meses de junho, julho e dezembro de 2013, com apoio de cartas de hidrografia geradas na escala 1:10.000. Também foram utilizadas as informações das inspeções realizadas nos meses de março, abril, julho, novembro e dezembro de 2009, bem como de janeiro, fevereiro e maio de 2010, desenvolvidas no âmbito do Projeto Uniduto.

<sup>154</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.



Essas informações foram consolidadas nos quadros de Caracterização dos Recursos Hídricos da AID, apresentados no **item 10.1.8.3**, nos quais constam os aspectos abaixo listados, permitindo identificar, através da leitura das colunas, as características ao longo do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**.

- Ugrhi/Sub-bacia: corresponde à unidade hidrográfica estadual e à respectiva sub-bacia de drenagem onde se insere o corpo d'água a ser transposto pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**;
- Município: indica os territórios municipais que são atravessados pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**;
- Marcos de quilometragem da dutovia (km): corresponde à subdivisão do traçado em intervalos de 10 km.
- Rede de drenagem: indica os principais cursos d'água que drenam a faixa da AID em toda a extensão do empreendimento;
- Usos das águas: abrange os usos das águas mais relevantes, destacando-se na faixa de 2 km da AID (1 km para cada lado da dutovia), os pontos de captação destinados ao abastecimento público, entre outros usos outorgados pelo Daee;
- Classificação das águas: aponta a classe dos corpos d'água inseridos na AID à luz do Decreto Estadual nº10.755/77 referente ao enquadramento dos corpos hídricos de São Paulo e de acordo com a Resolução Conama nº 357/05, que dispõe sobre a classificação desses recursos além de fixar diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes;
- Fontes de poluição: são consideradas na AID as principais cargas poluidoras de origem pontual (esgotos sanitários, industriais) e difusa (uso do solo urbano e rural);
- Qualidade da água: são feitas inferências com base nas fontes de poluição identificadas, nos dados de inspeção de campo e, quando disponíveis, nos resultados de monitoramento da Cetesb;
- Sistema Aquático: considera-se nessa avaliação o regime hidrológico predominante (lótico e lético), além dos resultados da rede de monitoramento da Cetesb disponíveis na AID.
- O Desenhos apresentando os pontos de outorgas emitidas pelo Daee, os pontos de monitoramento da Cetesb estão apresentados no **Volume 7 – Desenhos**.

#### **ÁREA DIRETAMENTE AFETADA - ADA**

A Área Diretamente Afetada - ADA do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** corresponde à área de intervenção direta das obras do empreendimento e compreende uma faixa de largura variável definida pela faixa existente de dutos e por faixa de largura de 20 m em faixas dominiais de rodovias e em terras privadas. Nesse percurso são consideradas, portanto, todas as travessias de corpos d'água que perfazem um montante de 393 intercepções.

A avaliação dos recursos hídricos na ADA apoia-se fundamentalmente nas observações de campo realizadas nos meses de junho, julho e dezembro de 2013, além de pontos vistoriados durante o desenvolvimento do Projeto Uniduto, tendo como subsídios cartas hidrográficas.

Esses levantamentos são consolidados nos quadros de Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA, constantes no **item 10.1.8.3**, que apresentam, além das informações sobre a Ugrhi, municípios, marcos de quilometragem, já citados na AID, os seguintes registros de campo:

- Intercepções/Travessias de drenagem: compreendem os cruzamentos dos corpos d'água previstos em todo trajeto, identificados pela quilometragem do traçado e pela identificação do

curso d'água. A lista de travessias de drenagens e corpos d'água com seus respectivos métodos construtivos está apresentada no **Volume 1 - Capítulo 8** deste EIA.

- Pontos de inspeção: referem-se à denominação sequencial dos cruzamentos de drenagens analisados nesta etapa do projeto. Além dos pontos pré-determinados para vistoria, foram também observadas algumas drenagens de interesse situadas ao longo do traçado, que receberam a mesma numeração da drenagem mais próxima, acrescida de uma letra. Foram vistoriados, no total, 72 pontos de drenagem;
- Coordenadas: compreende o registro das coordenadas UTM (SAD 69) obtidas em campo em cada travessia (GPS), permitindo identificar sua localização geográfica, segundo o mapa correspondente;
- Data: consta o registro da data de inspeção em campo;
- Condições Climáticas: no momento dos levantamentos de campo, foram anotadas as condições predominantes do tempo, permitindo estabelecer uma correlação entre o estado da qualidade da água e a ocorrência de chuvas no período;
- Características da drenagem: compreendem as anotações referentes ao curso d'água inspecionado, incluindo regime hidráulico, largura aproximada, velocidade de corrente, influência de marés, entre outras;
- Intervenções na drenagem: aponta eventuais intervenções observadas no local de travessia, tais como retificações, dragagem do leito, barragens, obras de arte, como pontes, bueiros, entre outras;
- Mata ciliar: são verificadas as condições da vegetação (preservada, alterada ou inexistente) do entorno das drenagens, incluindo manguezais, com o intuito de avaliar o potencial de assoreamento dos rios, manutenção da fauna aquática e alterações na qualidade da água, especialmente relacionada ao aporte de sólidos;
- Ocupação do entorno: são anotadas as características predominantes de uso do solo nas imediações do curso d'água avaliado, de forma a identificar eventuais fontes pontuais e difusas de poluição das águas;
- Fontes de poluição: em cada ponto de inspeção, são registrados eventuais lançamentos de esgotos domésticos, industriais, presença de resíduos sólidos nas margens, ou outra fonte poluidora ou contaminante que possa causar interferências nos aspectos qualitativos dos recursos hídricos;
- Qualidade das águas: reflete o conjunto de informações obtidas, dando ênfase aos aspectos associados à turbidez, coloração das águas, eventual presença de óleos e graxas, resíduos diversos e sinais de assoreamento;
- Sistema Aquático: é observada eventual proliferação de algas e de macrófitas aquáticas e o predomínio de ambientes lóticos ou lênticos, que têm influência direta no estabelecimento desses organismos;
- Registro Fotográfico: em todos os pontos visitados, são feitos registros fotográficos para documentar as condições predominantes do curso d'água e seu entorno imediato na fase anterior à implantação do empreendimento.

Particularmente, para as sub-bacias dos rios Atibaia, Piracicaba, Capivari e Jundiá da Ugrhi 05, sub-bacias Juqueri – Cantareira, Pinheiros – Pirapora, Cotia – Guarapiranga e Billings – Tamanduateí da Ugrhi 06 e alguns trechos da Ugrhi 07, foram feitas vistorias técnicas nos meses de junho e julho de 2013, no período seco, e em dezembro de 2013, no período chuvoso, sobretudo em trechos que acompanham rodovias. Foram também utilizados pontos vistoriados no desenvolvimento do Projeto Uniduto nos meses de março, abril, julho, novembro, dezembro de

2009 e janeiro, fevereiro e maio de 2010, com apoio de cartas de hidrografia geradas na escala 1:10.000. A avaliação desses dados foi consolidada no **item 10.1.8.3**.

As informações das diferentes áreas de influência são de grande relevância para compor um panorama da qualidade da água, servindo como elemento de referência para avaliação da futura inserção do empreendimento sob o ponto de vista dos recursos hídricos.

O Desenhos apresentando os pontos de outorgas emitidas pelo Daee, os pontos de monitoramento da Cetesb estão apresentados no **Volume 7 – Desenhos**.

A seguir, são descritas informações da AII, AID e da ADA relativas à Ugrhi 5 – Piracicaba, Capivari e Jundiá, Ugrhi 6 – Alto Tietê e Ugrhi 7 – Baixada Santista, compreendendo aspectos hidrográficos, usos das águas, classificação das águas, principais fontes de poluição e qualidade das águas.

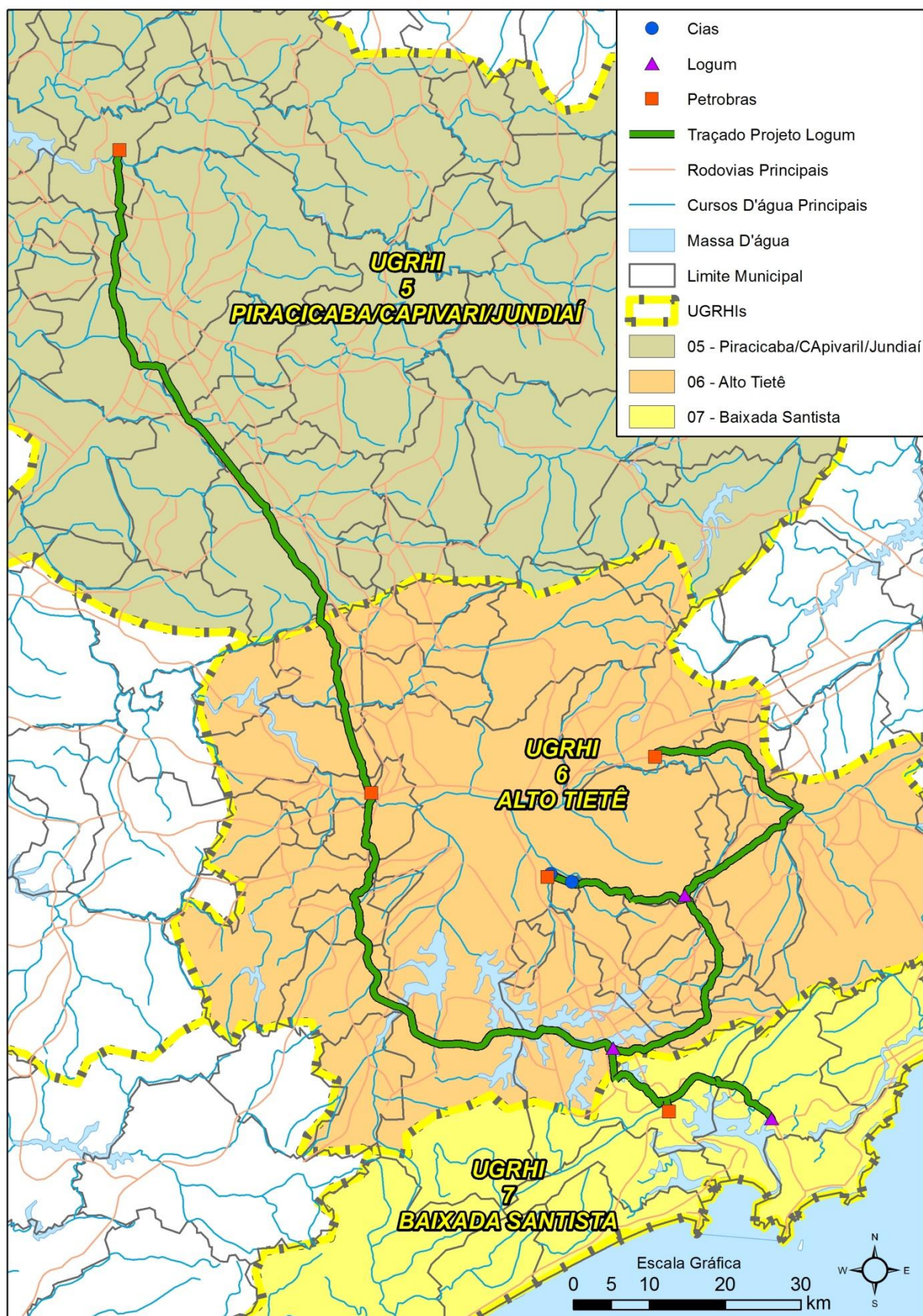
### **10.1.8.2    *ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA (AII)***

De acordo com a subdivisão de bacias do território brasileiro estabelecida pela Resolução CNRH nº 32/2003, a Área de Influência Indireta (AII) definida para o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, objeto do presente estudo, está inserida nas Regiões Hidrográficas das Bacias do Paraná e do Atlântico Sudeste.

Segundo a Lei Estadual nº 9.034/94, que dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos em São Paulo, essas bacias integram respectivamente as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiá, Ugrhi 06 – Alto Tietê e Ugrhi 07 – Baixada Santista, cujas características são descritas, na sequência, nos **itens 10.1.8.2.1, 10.1.8.2.2, e 10.1.8.2.3**.

Na **Figura 10.1.8.2-1**, a seguir, é apresentado o traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** no âmbito das distintas Ugrhis do Estado de São Paulo.





**FIGURA 10.1.8.2-1: Traçado da Dutovia no Âmbito das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos - Ugrhis do Estado de São Paulo**



#### 10.1.8.2.1 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiá

A Ugrhi 05, localizada na porção sudeste do estado de São Paulo, abarca as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá - PCJ, desde a divisa com Minas Gerais, até o reservatório de Barra Bonita, à margem direita do rio Tietê, ocupando uma área de 14.137,79 km<sup>2</sup>. Em território mineiro, as bacias PCJ abrangem 1.165,88 km<sup>2</sup>, equivalente a 7,6% da sua área total (15.303,67 km<sup>2</sup>). Assim, a Ugrhi 5, que representa a porção paulista, compreende 92,4% das bacias PCJ, sendo 11.402,84 km<sup>2</sup> correspondentes à bacia do rio Piracicaba, 1.620,92 km<sup>2</sup> à bacia do rio Capivari e 1.114,03 km<sup>2</sup> à bacia do rio Jundiá (COBRAPE, 2009).

A bacia do rio Piracicaba apresenta um desnível topográfico de cerca de 1.400 m em uma extensão da ordem de 370 km, desde suas cabeceiras na Serra da Mantiqueira (MG) até sua foz no rio Tietê (SP). Na bacia do rio Capivari, o desnível topográfico é pequeno, não ultrapassando 250 m em um percurso de 180 km, desde as suas nascentes na Serra do Jardim. O rio Jundiá, com suas nascentes a 1.000 m de altitude na serra da Pedra Vermelha (Mairiporã), apresenta desnível topográfico total em torno de 500 m, em uma extensão aproximada de 110 km (CETEC, 2000<sup>155</sup>).

A Ugrhi 05 é composta por três bacias principais que conferem o nome a essa unidade hidrográfica (PCJ). Por sua vez, a bacia do Piracicaba é dividida em cinco sub-bacias, que ocupam as seguintes áreas no estado de São Paulo: Piracicaba (3.700,79 km<sup>2</sup>), Corumbataí (1.679,19 km<sup>2</sup>), Atibaia (2.828,76 km<sup>2</sup>), Jaguari (2.323,42 km<sup>2</sup>) e Camanducaia (870,68 km<sup>2</sup>), como apresentado na **Figura 10.1.8.2.1-1**. Essas três últimas sub-bacias se estendem até o estado de Minas Gerais, no qual drenam áreas de 39,98 km<sup>2</sup>, 966,58 km<sup>2</sup> e 159,32 km<sup>2</sup>, respectivamente (COBRAPE, 2009).

Essa região é cruzada por um denso complexo viário formado pelas rodovias Anhanguera (SP-330), Bandeirantes (SP-348), D. Pedro I (SP-65), Santos Dumont (SP-75), Luiz de Queiroz (SP-304), Adhemar Pereira de Barros (SP-340) e Fernão Dias (BR-381), além do complexo viário das Ferrovias Bandeirantes - Ferrobán e do aeroporto de Viracopos, no município de Campinas.

A navegação comercial restringe-se a um trecho do rio Piracicaba desde o compartimento de entrada do reservatório de Barra Bonita até o terminal portuário em Santa Maria da Serra. Hoje, o rio Piracicaba é navegável desde a sua foz até o entroncamento com a rodovia SP-191, em uma extensão de 50 km. Este trecho interliga-se à hidrovía Tietê-Paraná, a qual possui aproximadamente 2.400 km de vias navegáveis (COBRAPE, 2009).

Com pouco mais de cinco milhões de habitantes (IBGE, 2012<sup>156</sup>), a Ugrhi 05 abrange 57 municípios, destacando-se nesse contexto a Região Metropolitana de Campinas, parte integrante da Macrometrópole Paulista (CETESB, 2013<sup>157</sup> e SMA, 2012). A infraestrutura disponível estimulou a conurbação das cidades e a diversificação da base produtiva, transformando esse eixo no centro de atividades agroindustriais mais importantes do Estado de São Paulo, com importantes indústrias alimentícias e sucoalcooleiras.

Na Ugrhi 05, a precipitação média anual oscila entre 1.200 a 1.800 mm, com período chuvoso compreendido entre os meses de outubro a março. Em 2012, o índice pluviométrico atingiu 1.464 mm (CETESB, 2013).

<sup>155</sup> CENTRO TECNOLÓGICO DA FUNDAÇÃO PAULISTA - CETEC. Relatório de Situação dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá - Lins. 2000.

<sup>156</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico. 2012.

<sup>157</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

A vazão média é de 172 m<sup>3</sup>/s e a mínima de 43 m<sup>3</sup>/s, conforme o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH 2004-2007<sup>158</sup>). Esse volume é parcialmente revertido para a bacia do Alto Tietê através do Sistema Cantareira. De acordo com a Portaria Dae n°. 1213/04, a Região Metropolitana de São Paulo conta com uma vazão mínima de 24,8 m<sup>3</sup>/s, que corresponde a 80% da vazão total revertida, que será de 31 m<sup>3</sup>/s; à região das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí caberá uma vazão mínima de 3 m<sup>3</sup>/s. Nesse contexto, a disponibilidade hídrica frente às demandas na Ugrhi 05 assume condição mais crítica na bacia do rio Jundiaí.

As bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí encontram-se interligadas, em relação ao uso de seus recursos hídricos, devido às seguintes reversões existentes para abastecimento público.

- Município de Jundiaí: reverte até 1,2 m<sup>3</sup>/s do rio Atibaia para o reservatório existente no rio Jundiaí – Mirim;
- Município de Campinas: capta aproximadamente 4 m<sup>3</sup>/s no rio Atibaia, sendo que aproximadamente 1,05 m<sup>3</sup>/s são revertidos, na forma de esgoto, para a bacia do rio Capivari e aproximadamente 0,25 m<sup>3</sup>/s para a bacia do Piracicaba, através da sub-bacia do ribeirão do Quilombo;
- Municípios de Paulínia, Hortolândia e Monte Mor: através do sistema integrado de abastecimento destes municípios, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Sabesp reverte do rio Jaguari aproximadamente 0,9 m<sup>3</sup>/s para as bacias dos rios Atibaia e Capivari;
- Interestadual: as nascentes do rio Jaguari e um pequeno ribeirão afluente do rio Atibaia encontram-se no estado de Minas Gerais e escoam para o estado de São Paulo.

De acordo com o Relatório de Qualidade Ambiental do estado de São Paulo (SMA, 2012), a Ugrhi 05, juntamente com a Ugrhi 06 Alto Tietê, apresentam as maiores demandas entre todas as bacias, totalizando mais de 42% de toda a água consumida no estado.

Segundo o Plano das Bacias PCJ 2010-2020 (COBRAPE, 2009, *op. cit.*), foi realizado um balanço hídrico com base nos dados de 2008 que apontam para a região uma disponibilidade estimada em 37,98 m<sup>3</sup>/s. As captações somam 34,55 m<sup>3</sup>/s, o que representa 91% da oferta hídrica, mostrando que a quase totalidade das vazões é captada. Levando-se em conta o total de lançamentos, o saldo para as bacias PCJ passará de 22,31 m<sup>3</sup>/s (2008) para 21,67 m<sup>3</sup>/s e 20,55 m<sup>3</sup>/s nas projeções de 2014 e 2020, respectivamente.

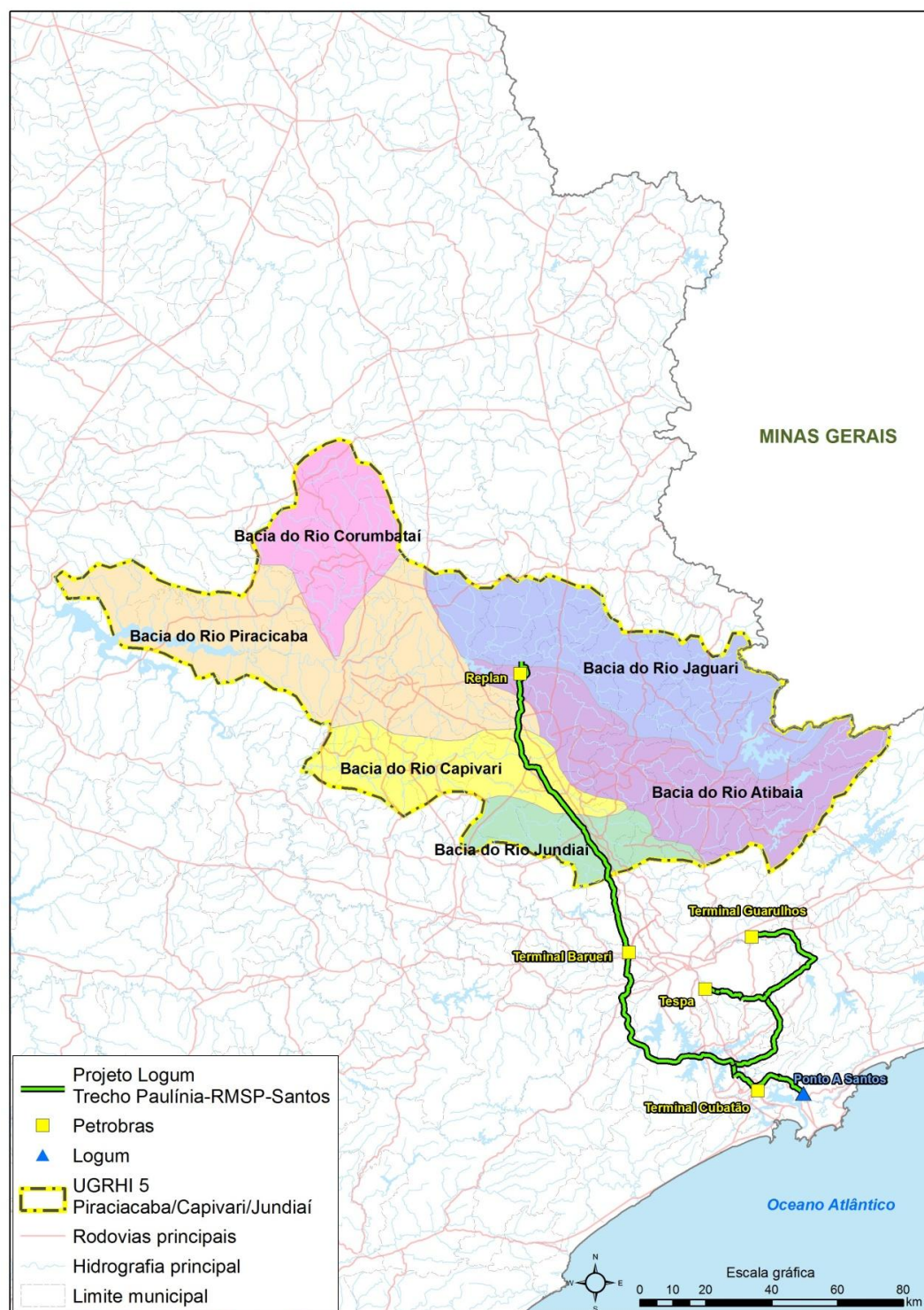
Informações da Cetesb<sup>159</sup> (2013) apontam que são coletados aproximadamente 88% dos esgotos produzidos na Ugrhi 05, com índice de tratamento da ordem de 60% dos esgotos coletados. A carga poluidora remanescente é da ordem de 132.151 kg DBO/dia. O Índice de Coleta e Tratabilidade de Esgotos da População Urbana de Municípios – ICTEM desta unidade hidrográfica atingiu no ano de 2012, em uma escala de 0 a 10, a nota 5,89, que corresponde a uma classificação Regular.

O Relatório de Qualidade Ambiental do estado de São Paulo (SMA, 2012) revela que as Ugrhis 05 (Piracicaba, Capivari, Jundiaí) e 06 (Alto Tietê) apresentaram, em 2011, as piores condições da qualidade da água para a proteção da vida aquática, seguidas da Ugrhi 07 (Baixada Santista). Nesse sentido, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** irá cruzar uma das regiões mais urbanizadas e industrializadas do estado e do país, com qualidade das águas, em parte, comprometida pela introdução de cargas poluidoras.

<sup>158</sup> SÃO PAULO. LEI ESTADUAL n° 9.034, de 27 de dezembro de 1994: dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH, a ser implantado no período 1994 e 1995, em conformidade com a Lei n° 7.663, de 30 de dezembro de 1991, que instituiu normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos. São Paulo. 1994.

<sup>159</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

Especificamente na Ugrhi 05, o percurso do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** irá cruzar as bacias dos rios Piracicaba (sub-bacias dos rios Atibaia e Piracicaba), Capivari e Jundiá, interceptando os municípios de Paulínia, Campinas, Valinhos, Vinhedo, Itupeva, Louveira e Jundiá, antes de adentrar na Ugrhi 06 – Alto Tietê. Nesse trecho, o traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** acompanhará o trajeto do oleoduto da Petrobras que se encontra em operação desde 1972, desde a estaca 0, na REPLAN. O percurso do empreendimento na Ugrhi 05 finaliza na estaca 75.



**FIGURA 10.1.8.2.1-1: Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos na Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari, Jundiá e suas Respectivas Bacias e Sub-Bacias**



## **Bacia do Rio Piracicaba**

### **ASPECTOS HIDROGRÁFICOS**

O rio Piracicaba forma-se a partir da junção de seus principais contribuintes Jaguari e Atibaia, cujas nascentes são encontradas respectivamente nos estados de Minas Gerais e São Paulo. Segundo anteriormente citado, em território paulista, o rio Piracicaba desenvolve-se no sentido leste-oeste, desaguando na margem direita do rio Tietê, no reservatório de Barra Bonita (Ugrhi 10), configurando uma bacia de drenagem de 11.402,84 km<sup>2</sup>.

O rio Jaguari é responsável por cerca de 35% da disponibilidade hídrica da bacia do Piracicaba. Nasce em território mineiro, recebe pela margem direita seu principal afluente, o rio Camanducaia, à altura do município de Jaguariúna no estado de São Paulo. Pela sua margem esquerda, tem como contribuinte mais relevante o rio Jacareí, que nasce em áreas do município de Joanópolis (SP) e desemboca a montante do município de Bragança Paulista, próximo à Vargem Grande, onde se encontra um dos reservatórios do Sistema Cantareira.

O rio Atibaia percorre os municípios de Nazaré Paulista, Atibaia e Paulínia. É formado pela confluência dos rios Cachoeira e Atibainha, nos quais foram construídas as barragens de outros dois reservatórios que se integram ao Sistema Cantareira. Antes de sua foz no rio Piracicaba, o Atibaia tem suas águas represadas no reservatório de Salto Grande.

Na bacia do Piracicaba, o segmento do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** interceptará as sub-bacias dos rios Atibaia e Piracicaba desde a estaca 0 em Paulínia (REPLAN) até a estaca 17 em Campinas, quando adentrará na bacia do rio Capivari. Entre as estacas 0 e 1, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** interceptará o rio Atibaia, um dos principais cursos d'água da AII, nas proximidades da Refinaria do Planalto Paulista - REPLAN.

### **DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USO DAS ÁGUAS**

A bacia do rio Piracicaba configura-se como espaço de interiorização industrial, iniciado na década de 70. Esta característica traz como consequência a ampla e múltipla utilização dos recursos hídricos superficiais.

A população encontra-se predominantemente estabelecida na zona urbana e concentrada nas sub-bacias dos rios Piracicaba e Atibaia, cada qual com 40% da população total da bacia. As sub-bacias dos rios Jaguari e Corumbataí perfazem, respectivamente, 13% e 6% do restante da população. Não obstante a intensidade da atividade produtiva e a concentração populacional existente na área de influência da bacia, esta ainda suporta a transposição de suas águas pelo sistema Cantareira para abastecer a Região Metropolitana de São Paulo, à vazão de 31 m<sup>3</sup>/s, captação que se concentra nas sub-bacias dos rios Atibaia e Jaguari. O sistema Cantareira é formado pela captação dos rios Jaguari, Cachoeira e Atibainha, formadores dos rios Piracicaba e Jaguari, em território além dos limites da bacia.

Na bacia do rio Piracicaba, as precipitações anuais médias diminuem progressivamente das nascentes para jusante, oscilando entre 1.200 e 1.800 mm anuais à altura de sua afluência ao rio Tietê. As vazões médias naturais nos exutórios das bacias dos rios Jaguari, Atibaia e Piracicaba são estimadas em 60,9 m<sup>3</sup>/s, 46,6 m<sup>3</sup>/s e 171,9 m<sup>3</sup>/s, respectivamente, o que corresponde a uma alta disponibilidade hídrica superficial. Porém, durante as épocas de estiagem, estima-se que haja uma redução das vazões da ordem de 80%, o que leva a um quadro de escassez e de competição pela água nesses períodos (SABESP, 2000).

A vazão natural média da bacia do rio Piracicaba sustenta um volume de captação da ordem de 25 m<sup>3</sup>/s, além da transposição de águas pelo sistema Cantareira. Estas intervenções fazem com que nas estiagens severas a disponibilidade hídrica média resulte em 40 m<sup>3</sup>/s, com vazões mínimas médias mensais de até 34 m<sup>3</sup>/s. As tendências do crescimento da demanda de água na bacia indicam a estabilização dos volumes de captação industrial, o crescimento do consumo urbano em



percentuais que sinalizam para o aumento da demanda total de aproximadamente 0,35 m<sup>3</sup>/s a.a (UNESP; CENTRO DE ESTUDOS AMBIENTAIS, 2004).

A sub-bacia do rio Jaguari é a que apresenta as menores vazões médias disponíveis (23,4 m<sup>3</sup>/s) no âmbito da bacia PCJ. Em 13% do ano, essa sub-bacia não dispõe de vazão para atender a demanda prevista, considerando-se a necessidade de uma contribuição para manter a vazão de 40 m<sup>3</sup>/s no rio Piracicaba (UNESP; CENTRO DE ESTUDOS AMBIENTAIS, 2004).

Ao longo da AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, na bacia do rio Piracicaba, são constatadas duas captações de água para abastecimento público, no rio Jaguari, concentradas, no município de Paulínia, conforme apresentado na **Tabela 10.1.8.2.1-1**.

**TABELA 10.1.8.2.1-1: Pontos de Captação Para Abastecimento Público na AII do Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos, Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari, Jundiá**

Corpo Hídrico	Coordenada N*	Coordenada L*	Município
Rio Jaguari	7.488.100	278.650	Paulínia
Rio Jaguari	7.488.100	278.650	Paulínia

\* Fuso 23 K – datum horizontal SAD 69.

Fonte: Daee – 2013

### **ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA**

De acordo com a legislação estadual referente ao enquadramento dos cursos d'água no estado de São Paulo (Decreto Estadual nº10.755/77), na bacia do rio Piracicaba, são considerados:

- Classe 1 - o rio Atibainha e todos os seus afluentes até a barragem da Sabesp, no município de Nazaré Paulista; o rio Cachoeira e todos os seus afluentes até a barragem da Sabesp, no município de Piracaia; o rio Jaguari e todos os seus afluentes até a confluência com o Rio Jacaré, no município de Bragança Paulista;
- Classe 3 - o ribeirão Claro a jusante da captação de água de abastecimento para o Rio Claro, até a confluência com o córrego Santa Gertrudes, no município de Rio Claro; o ribeirão Pinheiros, afluente do rio Atibaia, no município de Valinhos; o ribeirão Quilombo até a confluência com o rio Piracicaba, no município de Americana; o ribeirão Tijuco Preto até a confluência com o rio Piracicaba, no município de Piracicaba; o ribeirão dos Toledos, a jusante da captação de água de abastecimento para Santa Bárbara d'Oeste, até a confluência com o rio Piracicaba, no município de Santa Bárbara d'Oeste;
- Classe 4 - o córrego da Servidão, até a confluência com o rio Corumbataí, no município de Rio Claro; o ribeirão Anhumas, afluente do rio Atibaia, no município de Campinas; o ribeirão Lava-Pés, afluente do rio Jaguari, no município de Bragança Paulista; o ribeirão Tatu, afluente do rio Piracicaba, no trecho do município de Limeira.

Os corpos d'água não elencados acima enquadram-se na Classe 2.

### **PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO**

Ao longo de seus percursos, os rios que compõem a bacia do Piracicaba recebem efluentes domésticos provenientes de 40 municípios dos quais apenas 13 recebem algum tipo de tratamento. As cargas orgânicas remanescentes dos efluentes domésticos estão estimadas em 118 t DBO/dia.

Por abrigar importante parque industrial, essa bacia recebe efluentes de estabelecimentos dos ramos de papel, celulose, alimentício, têxtil, couros, metalúrgico, químico e petroquímico (descarga estimada de 42 t DBO/dia), além das indústrias de açúcar e álcool que contribuem com cerca de 72 kg DBO/dia.

A bacia do Piracicaba apresenta suas maiores extensões recobertas por pastagens, cultura de cítricos, cana-de-açúcar, café e milho, atividades estas que se relacionam a fontes difusas de poluição.

### **QUALIDADE DA ÁGUA**

O monitoramento da qualidade da água da Cetesb na bacia do rio Piracicaba abrange uma extensa rede de amostragem, compreendendo os programas da Rede Básica (RB), de Controle de Sedimentos (SED) e de Monitoramento Automático (MAT).

Especificamente, na AII, são encontrados seis pontos de monitoramento da rede básica (RB) e de sedimento (SED) da Cetesb<sup>160</sup> (2013): um no ribeirão Anhumas (NUMA04900), três no rio Atibaia (ATIB02300, ATIB02800 e ATIB02605), além de um no ribeirão Tijuco Preto e no rio Jaguari (TIJU02900 e JAGR02500). Visando uma caracterização mais ampla da qualidade das águas, foram considerados adicionalmente três pontos de coleta situados nas proximidades da faixa dos 10 km da AII do empreendimento, no ribeirão Pinheiros (PINO02100 e PINO03900) e no rio Atibaia (ATIB02065), conforme relacionado na **Tabela 10.1.8.2.1-2**.

**TABELA 10.1.8.2.1-2: Pontos de Monitoramento da Cetesb na Bacia do Rio Piracicaba**

<b>Código Cetesb</b>	<b>Coordenada N*</b>	<b>Coordenada L*</b>	<b>Corpo hídrico</b>	<b>Programa</b>	<b>Local</b>	<b>Município</b>
NUMA04900**	7.480.894	284.384	Ribeirão Anhumas	RB	Próximo à foz do rio Atibaia, antes da entrada da Rhodia	Paulínia
PINO02100***	7.453.929	296.902	Ribeirão Pinheiros	RB	Ponte a montante da ETE de Vinhedo	Vinhedo
PINO03900***	7.464.571	298.896	Ribeirão Pinheiros	RB	Ponte na marginal à rodovia Dom Pedro, alt. Km 122,5, próx. à foz do rio Atibaia	Valinhos
ATIB02065***	7.481.090	278.731	Rio Atibaia	RB	Na captação de Campinas, na divisa entre os municípios de Campinas e Valinhos.	Campinas
ATIB02300**	7.481.832	283.257	Rio Atibaia	RB	No canal de captação da Rhodia, em Paulínia.	Paulínia
ATIB02800**	7.481.247	276.845	Rio Atibaia	RB/ Sed	Em frente à captação de Sumaré, antes do minipantanal de Paulínia	Paulínia
ATIB02605**	7.481.090	278.731	Rio Atibaia	RB	Ponte da Rod. SP-332 que liga Campinas a Cosmópolis	Paulínia
TIJU02900**	7.475.771	276.925	Ribeirão Tijuco Preto	RB	Próximo à foz	Sumare
JAGR02500**	7.488.201	278.941	Rio Jaguari	RB	Na ponte da rodovia SP-332, próximo às captações de Paulínia e Hortolândia.	Paulínia

Fuso 23 K – datum horizontal SAD 69. Legenda: RB (Rede Básica); SED (Sedimento). \*\* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII. \*\*\*Ponto de Monitoramento Cetesb nas proximidades da faixa da AII.

Fonte: Cetesb – 2013.

<sup>160</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

Na **Tabela 10.1.8.2.1-3** constam os resultados médios para os indicadores, Índice de Qualidade da Água - IQA, Índice de Abastecimento Público - IAP e Índice de Estado Trófico - IET, disponibilizados pela Cetesb (2013), com dados gerados em 2012, retratando, de modo geral, a qualidade das águas na bacia do rio Piracicaba.

**TABELA 10.1.8.2.1-3: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia do Rio Piracicaba, Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiá – Valores Médios (2012)**

Código Cetesb	Corpo hídrico	IQA		IAP		IET	
		Média	Classificação	Média	Classificação	Média	Classificação
NUMA04900**	Ribeirão Anhumas	43	Regular	-	-	-	-
PINO02100***	Ribeirão Pinheiros	41	Regular	-	-	-	-
PINO03900***	Ribeirão Pinheiros	41	Regular	-	-	-	-
ATIB02065***	Rio Atibaia	61	Bom	49	Regular	43	Ultraoligotrófico
ATIB02300**	Rio Atibaia	64	Bom	-	-	-	-
ATIB02800**	Rio Atibaia	48	Regular	38	Regular	52	Oligotrófico
ATIB02605**	Rio Atibaia	54	Bom	-	-	53	Mesotrófico
TIJU02900**	Ribeirão Tijuco Preto	21	Ruim	-	-	-	-
JAGR02500**	Rio Jaguari	65	Bom	60	Bom	45	Ultraoligotrófico

Legenda : \*\* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII. \*\*\*Ponto de Monitoramento Cetesb nas proximidades da faixa da AII. IQA (Índice de Qualidade da Água); IAP (Índice da Qualidade da Água para Abastecimento Público); IET (Índice de Estado Trófico).  
- Dados não disponibilizados no relatório.

Fonte: Cetesb (2013).

A análise da qualidade da água nos ribeirões Pinheiros e Anhumas, contribuintes da margem esquerda dos rios Piracicaba e Atibaia, respectivamente, evidencia IQA médio Regular ao longo do ano de 2012, enquanto que no rio Atibaia este índice variou de Bom a Regular nos pontos monitorados, com IET Ultraoligotrófico (ATIB02065) a Mesotrófico (ATIB02605).

Na bacia do rio Piracicaba, na AII, os valores de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e OD (Oxigênio Dissolvido) mantiveram-se em desconformidade com a Resolução Conama nº 357/05 no ribeirão Pinheiros (PINO03900), com 4,7 mg/L de OD e 13 mg/L de DBO, bem como no ribeirão Tijuco Preto (TIJU02900), com 1,6 de OD e 50 mg/L de DBO, em 2012. As concentrações de matéria orgânica, expressa em DBO, foram elevadas também (> 7 mg/L), nos pontos PINO02100 e NUMA04900.

Ainda no rio Atibaia, o IAP médio em 2012 foi enquadrado na categoria Regular, enquanto que o IVA, no mesmo ano, variou em média entre Regular (ATIB02605 – 4,2 e ATIB02800 – 3,7) e Ótimo (ATIB02065).

Dados disponibilizados no relatório da Cetesb (2013) evidenciam uma sensível melhoria gradativa na qualidade da água no rio Atibaia a partir de 2009 até 2012. Dentre os motivos apontados para esse resultado destaca-se a ampliação dos sistemas de tratamento de esgoto em Itatiba e Campinas, o que contribuiu para a redução das cargas poluidoras.

No rio Jaguari e no ribeirão Tijuco Preto, a qualidade da água aferida pelo IQA foi considerada em média Boa e Ruim, respectivamente, nos pontos JAGR02500 e TIJU02900. O nível de trofia no rio Jaguari é relativamente baixo, sendo o IET médio classificado em 2012 como Ultraoligotrófico.

Na rede de monitoramento de sedimentos da Cetesb (2013), o ponto ATIB02800, no município de Paulínia, manteve em 2012 classificação Boa para os Critérios de Avaliação dos Sedimentos - CQS, o que indica baixa probabilidade de efeitos adversos à biota aquática.

## **Bacia do Rio Capivari**

### **ASPECTOS HIDROGRÁFICOS**

A bacia do rio Capivari, com área de 1.620,92 km<sup>2</sup>, compreende os municípios de Jundiaí (porção norte), Louveira, Vinhedo, Valinhos, Campinas (porção sul), Itupeva, Monte Mor, Capivari, Elias Fausto, Rafard, Hortolândia, Indaiatuba, Itatiba, Mombuca, Rio das Pedras e Santa Bárbara d'Oeste.

O rio Capivari tem suas cabeceiras na divisa dos municípios de Louveira e Jundiaí (Ugrhi 05), na fazenda Bela Vista (Serra do Jardim), entre mata nativa e área de cultivo. Deságua no rio Tietê (afluente norte), nas proximidades de Laranjal Paulista (Ugrhi 06), após percorrer cerca de 200 km de extensão, não ultrapassando um desnível de 250 metros. Destaca-se como tributário da margem esquerda o ribeirão do Moinho ou do Tico.

O percurso do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** nessa bacia, na AII, estende-se desde a estaca 18 em Campinas até a estaca 51, próximo à divisa municipal de Louveira e Jundiaí, englobando parte dos territórios municipais de Campinas, Valinhos, Vinhedo, Itupeva e Louveira. Dentre os cursos da água de maior relevância na AII destaca-se o rio Capivari, que será interceptado pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** na altura da estaca 41, e o ribeirão do Piçarrão ou do Castelo, contribuinte da margem direita do rio Capivari, na estaca 19.

### **DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USO DAS ÁGUAS**

A bacia do rio Capivari abrange municípios da Região Metropolitana de Campinas. Esta região caracteriza-se por ser altamente industrializada, configurando-se ainda como um espaço de descentralização econômica da Região Metropolitana de São Paulo.

Tais características trazem como consequência a ampla utilização dos mananciais superficiais, contribuindo para aumentar a pressão sobre a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos disponíveis.

Reproduzindo a condição observada na bacia do rio Jundiaí, as precipitações médias na bacia do Capivari são elevadas, chegando a 1.800 mm anuais, porém, com variações acentuadas entre os meses mais secos (julho e agosto) e os mais chuvosos (dezembro a janeiro), o que se reflete na disponibilidade hídrica ao longo do ano. A vazão média total da bacia é de 11,41 m<sup>3</sup>/s, chegando a 2,38 m<sup>3</sup>/s nos períodos críticos de estiagem (Q<sub>7,10</sub>).

Os usos consuntivos das águas são direcionados prioritariamente à indústria (44%), sobretudo do ramo sucroalcooleiro, ao abastecimento urbano (38%), às atividades rurais (17%) e à mineração (1%). As captações totalizam aproximadamente 2,79 m<sup>3</sup>/s com lançamentos da ordem de 1,84 m<sup>3</sup>/s, o que gera um saldo de 1,46 m<sup>3</sup>/s. Portanto, o índice de utilização dos recursos hídricos na bacia do rio Capivari atinge 39% da disponibilidade superficial, situação considerada confortável, sobretudo se comparada ao déficit hídrico registrado na bacia do rio Jundiaí.

Em relação ao abastecimento urbano, as águas do rio Capivari suprem as cidades de Vinhedo, Indaiatuba e Campinas.



São constatados 16 pontos de captação ao longo da AII, conforme apresentado a seguir na **Tabela 10.1.8.2.1-4**.

**TABELA 10.1.8.2.1-4: Pontos de Captação para Abastecimento Público na AII do Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos – Bacia do Rio Capivari, Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari, Jundiá**

Corpo Hídrico	Coordenada N*	Coordenada L*	Município
SNA1 Ribeirão Piçarrão ou do Castelo **(3)	7.462.320	278.800	Campinas
SNA2 Ribeirão Piçarrão ou do Castelo **(4)	7.462.070	279.410	Campinas
Córrego São Vicente **(5)	7.459.350	289.240	Campinas
Rio Capivari (6)	7.454.500	284.800	Campinas
Ribeirão do Moinho ou do Tico (7)	7.448.700	291.320	Itupeva
Ribeirão do Moinho ou do Tico (8)	7.448.700	291.320	Itupeva
Ribeirão do Moinho ou do Tico (9)	7.448.700	291.320	Itupeva
Rio Capivari **(10)	7.448.740	291.760	Vinhedo
Rio Capivari (11)	7.447.950	296.150	Vinhedo
Rio Capivari (12)	7.447.950	296.150	Vinhedo
Rio Capivari **(13)	7.448.300	296.600	Vinhedo
SNA1 Rio Capivari - Córrego Xoxó (14)	7.447.930	296.670	Vinhedo
SNA1 Rio Capivari - Córrego Xoxó (15)	7.447.930	296.670	Vinhedo
Rio Capivari (16)	7.447.300	297.900	Louveira
Rio Capivari (17)	7.447.300	297.900	Louveira
Córrego Sapezal **(18)	7.447.000	297.720	Louveira

Legenda: \* Fuso 23 K– datum horizontal SAD 69. \*\*Ponto de captação para abastecimento público.

Fonte: Daee – 2013.

### **ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA**

Conforme Decreto Estadual nº 10.755/77, na bacia do rio Capivari, apenas o ribeirão do Piçarrão (Campinas) é enquadrado na classe 4, sendo os demais corpos d'água considerados classe 2.

### **PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO**

O rio Capivari drena zonas industrializadas, adensadas do ponto de vista populacional, além de áreas de cultivos agrícolas, especialmente de cana-de-açúcar e pastagem, recebendo cargas poluidoras de origens diversas que comprometem a qualidade de suas águas.

De acordo com a Cetesb<sup>161</sup> (2013), o expressivo aporte de esgoto doméstico sem tratamento no rio Capivari afeta de forma significativa os recursos hídricos sob o aspecto qualitativo, situação que vem se mantendo nos últimos anos. Alguns municípios como Louveira não contam com sistemas de tratamento de esgotos, em contraste com Valinhos e Vinhedo que tratam praticamente a totalidade dos efluentes domésticos coletados.

Como resultado, o rio Capivari concentra cerca de 40% da carga remanescente originada em Campinas (19.049 kg DBO/dia), principal fonte poluidora da bacia, além das cargas geradas nas cidades de Valinhos, Vinhedo, Louveira e Itupeva, que totalizam aproximadamente 4.433 kg DBO/dia. Outros afluentes, tais como ribeirões Samambaia, Anhumas, Quilombo e Pinheiros, e córrego Santo Antônio, recebem, em menor proporção, esgotos domésticos sem tratamento.

<sup>161</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

O município de Vinhedo é responsável por 67% dos lançamentos da carga de origem industrial na bacia do rio Capivari, seguido de Louveira, que, juntos, contribuem com cerca de 20% do total estimado nessa unidade hidrográfica.

### QUALIDADE DA ÁGUA

Ao longo da AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, existe apenas um ponto de monitoramento da qualidade da água a cargo da Cetesb (2013), denominado CPIV02130, integrante do programa Rede Básica (RB) da Cetesb. No presente estudo, foram considerados adicionalmente os dados de quatro pontos, localizados na bacia do rio Capivari, nas proximidades da faixa da AII, os quais estão relacionados na **Tabela 10.1.8.2.1-5**.

**TABELA 10.1.8.2.1-5: Pontos de Monitoramento da Cetesb na Bacia do Rio Capivari**

Código Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
CPIV02130**	7.454.252	284.764	Rio Capivari	RB	Na captação de Campinas-ETA Capivari na Rod. dos Bandeirantes	Campinas
CPIV02160***	7.459.695	269.953	Rio Capivari	RB	Na estrada de terra que liga Campinas a Monte Mor	Campinas
CPIV02100***	7.456.657	315.124	Rio Capivari	RB	No condomínio São Joaquim	Vinhedo
CPIV02060***	7.443.920	303.129	Rio Capivari	RB	Próximo à granja Dina	Louveira
CPIV02030***	7.442.536	310.290	Rio Capivari	RB	Ponte na estrada SP-360 Jundiaí/Itatiba	Jundiaí

Legenda: \* Fuso 23 K– datum horizontal SAD 69. \*\* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII. \*\*\*Ponto de Monitoramento Cetesb nas proximidades da faixa da AII. Legenda: RB (Rede Básica).

Fonte: Cetesb – 2013.

Os resultados médios do IQA, IAP e IET relativos ao ano de 2012 são relacionados na **Tabela 10.1.8.2.1-6**.

**TABELA 10.1.8.2.1-6: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia do Rio Capivari, Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí – Valores Médios (2012).**

Código Cetesb	Corpo hídrico	IQA		IAP		IET	
		Média	Classificação	Média	Classificação	Média	Classificação
CPIV02030***	Rio Capivari	60	Bom	-	-	-	-
CPIV02060***	Rio Capivari	55	Bom	-	-	-	-
CPIV02100***	Rio Capivari	22	Ruim	-	-	-	-
CPIV02130**	Rio Capivari	52	Bom	34	Ruim	62	Eutrófico
CPIV02160***	Rio Capivari	26	Ruim	-	-	69	Hipereutrófico

Legenda: \*\* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII. \*\*\*Ponto de Monitoramento Cetesb nas proximidades da faixa da AII. IQA (Índice de Qualidade da Água); IAP (Índice da Qualidade da Água para Abastecimento Público); IET (Índice de Estado Trófico). - Dados não disponibilizados no relatório.

Fonte: Cetesb – 2013.

Na região de cabeceiras do rio Capivari, em Jundiaí e Louveira, observa-se um maior nível de preservação do ecossistema aquático e menor influência do lançamento de esgotos domésticos, refletindo no IQA que foi considerado em média Bom, em 2012, nos pontos CPIV02030 e CPIV02060.

Em Vinhedo (CPIV02100), registrou-se um recrudescimento na qualidade das águas no rio Capivari. Neste trecho o IQA médio em 2012 decaiu para Ruim, mantendo essa mesma condição a jusante, em um dos pontos monitorados no município de Campinas (CPIV02160). Em ambos os pontos foram detectadas elevadas concentrações de DBO, nitrogênio, fósforo, coliformes termotolerantes, e baixos índices de oxigênio dissolvido.

De acordo com o relatório da Cetesb<sup>162</sup> (2013), a maior parte dos pontos monitorados no rio Capivari apresentou uma melhora do IQA em 2012, provavelmente associada à entrada em operação de novas Estações de Tratamento de Esgotos - ETE ao longo dos últimos anos, ampliando a porcentagem de disposição adequada de efluentes sanitários nessa bacia.

Na maioria dos pontos monitorados pela Cetesb no rio Capivari, os valores de fósforo total mantiveram-se acima do limite da Resolução Conama nº 357/05 (0,10 mg/L), em 2012, indicando ambiente com elevado grau de eutrofização, o que resultou em IET variando da categoria Eutrófica a Hipereutrófica, nos pontos CPIV02130 e CPIV02160, respectivamente.

O IAP foi monitorado apenas no ponto CPIV02130, apresentando classificação média Ruim em 2012, condição que prevalece no local de captação de água para abastecimento público de Campinas. Esse resultado é atribuído às elevadas concentrações de coliformes termotolerantes neste ponto, além de metais pesados como chumbo e mercúrio, que ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução Conama nº 357/05 em algumas amostras.

O Índice de Vida Aquática - IVA variou em média entre Ruim (CPIV02130 - 5,4) e Péssimo (CPIV02160 - 9,9) em 2012, mostrando o comprometimento do rio Capivari no que tange à proteção das comunidades aquáticas.

### **Bacia do Rio Jundiáí**

#### **ASPECTOS HIDROGRÁFICOS**

O rio Jundiáí nasce no município de Mairiporã, em altitudes de 1.000 a 1.200 m, passando a seguir por Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Jundiáí, Itupeva, Indaiatuba e Salto. Após percorrer cerca de 110 km, deságua na margem direita do rio Tietê na represa de Porto de Góes, município de Salto, em altitude de 550 m, conformando uma bacia de 1.114,65 km<sup>2</sup>.

Esse curso d'água tem como principais tributários o rio Jundiáí-Mirim à direita, e à esquerda os córregos Taipas, Castanho, da Lagoa, da Fonte e Terra Nova, ribeirões Caxambu e do Ingá e rio São José (ou Furnas), além do ribeirão Piraí, considerado o mais importante contribuinte nessa margem, constituindo também em importante manancial de abastecimento utilizado pelos distritos de Jacaré - Cabreúva e pelas cidades de Salto e Indaiatuba.

O percurso do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** nessa bacia se estende desde a estaca 51, próximo à divisa municipal de Jundiáí e Louveira, até a estaca 75, adjacente aos limites de Jundiáí e Cajamar, na Área de Proteção Ambiental (APA) Jundiáí. O rio Jundiáí é interceptado na AII pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** à altura da estaca 57+500m.

#### **DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USO DAS ÁGUAS**

A bacia do rio Jundiáí, por estar situada no eixo das regiões metropolitanas de São Paulo e Campinas, apresenta alta concentração urbano-industrial, resultando em uma ampla utilização dos recursos hídricos superficiais, o que colabora para seu comprometimento do ponto de vista quantitativo e qualitativo.

<sup>162</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

O nível de urbanização na bacia está em torno de 95% (IBGE, 2012<sup>163</sup>, *apud* CETESB, 2013). Este panorama aponta demandas hídricas elevadas para o abastecimento público e, em menor proporção, para suprimento industrial e atividades agropecuárias.

As precipitações médias nessa bacia situam-se na faixa de 1.200 a 1.800 mm anuais, com marcante variação das médias pluviométricas entre os meses mais secos (julho e agosto), entre 25 e 40 mm, e os meses mais chuvosos (dezembro a janeiro), nos quais atingem 190 e 215 mm.

O consumo de água na bacia do Jundiá, estimado em 3,86 m<sup>3</sup>/s, é muito superior à vazão mínima de estiagem (Q<sub>7,10</sub> igual a 2,3 m<sup>3</sup>/s), o que revela o comprometimento das águas superficiais sob o aspecto quantitativo (CERH, 2004<sup>164</sup>). Mesmo contando em períodos de estiagem com a reversão das águas do Atibaia (até 1,2 m<sup>3</sup>/s), o balanço entre a oferta e a demanda de água para abastecimento é considerado crítico. Somente nas cabeceiras dessa bacia há disponibilidade de água aproveitável após tratamento convencional.

Especificamente no município de Jundiá, o abastecimento de água, a cargo da DAE S/A, é realizado por meio da ETA Anhangabaú que recebe a contribuição do rio Jundiá-Mirim reforçada pela reversão do rio Atibaia, além da contribuição dos córregos Moisés e do Padre Simplício. São constatados três pontos de captação na AII, conforme apresentado a seguir na **Tabela 10.1.8.2.1-7**, a seguir.

**TABELA 10.1.8.2.1-7: Pontos de Captação para Abastecimento Público na AII do Projeto Logum – na Bacia do Rio Jundiá, Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari, Jundiá**

Corpo Hídrico	Coordenada N*	Coordenada L*	Município
Rio Jundiá-Mirim	7.437.700	304.450	Jundiá
Córrego Walquíria	7.433670	304.580	Jundiá
Córrego Ribeirãozinho	7.427.420	312.160	Jundiá

\* Fuso 23 S – datum horizontal SAD 69.

Fonte: Dae – 2013.

### ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA

Segundo Decreto Estadual nº10.755/77, referente ao enquadramento dos cursos d'água no estado de São Paulo, o rio Jundiá-Mirim e todos os seus afluentes, até o ponto de captação para abastecimento público em Jundiá, estão enquadrados na classe 1.

O curso do rio Jundiá, a partir da confluência com o córrego Pinheirinho até sua foz no rio Tietê, em Salto, enquadra-se na classe 4. Nesta categoria encontra-se também o córrego Castanho, desde a confluência com o córrego Japiguaçu até sua foz no rio Jundiá. Os demais corpos d'água da bacia são considerados classe 2.

### PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO

As principais fontes de poluição de origem difusa na região são provenientes de pastagem, de cana-de-açúcar, bem como de cultivos agrícolas, de uva, de morango, de pêssego e de café, desenvolvidos nas cidades de Jundiá e Itupeva. Destacam-se ainda as atividades de extração de argila e caolim em Jundiá.

A maior parte da cobertura vegetal na região é composta por reflorestamento (eucaliptos e pinus), registrando-se também remanescentes de Mata Atlântica na Serra do Japy e na Serra dos Cristais, em área protegida por leis específicas no âmbito federal, estadual e municipal.

<sup>163</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico. 2012.

<sup>164</sup> CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CERH). Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004 / 2007 - Resumo, São Paulo DAE, 2006. Disponível em CD-ROM.



De acordo com o Plano de Bacias PCJ do período 2004 a 2007 (Consulta Pública - CBH, 2006), a carga de origem doméstica na bacia do rio Jundiaí está estimada em 38.364 kg DBO/dia, com remanescente da ordem de 26.485 kg DBO/dia, tendo como receptor final o rio Jundiaí. Esse curso d'água recebe também uma expressiva quantidade de carga orgânica proveniente da atividade industrial, sendo o município de Salto, situado fora dos limites da AII, responsável por 99% destes lançamentos.

Em Jundiaí, o sistema de esgotamento sanitário é abrangente em termos de coleta, ocorrendo tratamento de quase a totalidade do esgoto coletado, o que influencia favoravelmente na remoção das cargas poluidoras orgânicas geradas nessa bacia.

### **QUALIDADE DA ÁGUA**

Ao longo da faixa da AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, constam três pontos de monitoramento da qualidade da água avaliados pela Cetesb em 2012 (CETESB, 2013). Como subsídio adicional para a caracterização da qualidade da água, foram também utilizados os resultados de cinco pontos localizados na bacia do rio Jundiaí mais próximos da faixa da AII, contemplados no programa da Rede Básica (RB), os quais estão relacionados na **Tabela 10.1.8.2.1-8**, a seguir.

**TABELA 10.1.8.2.1-8: Pontos de Monitoramento da Cetesb na Bacia do Rio Jundiaí**

Código Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
IRIS02100***	7.425.980	289.492	Ribeirão Piraí	RB	Na captação de Cabreúva, bairro Jacaré	Cabreúva
IRIS02200***	7.427.526	287.878	Ribeirão Piraí	RB	Ponte na Rod. Marechal Rondon em gente à indústria Crow Cork	Cabreúva
IRIS02250***	7.428.373	286.814	Ribeirão Piraí	RB	Estada de terra antes da indústria Bic	Cabreúva
IRIS02600***	7.426.419	277.374	Ribeirão Piraí	RB	Rod. Marechal Rondon, km 91, na altura da Olaria Tijolar	Cabreúva
JUMI00800**	7.437.662	304.520	Ribeirão Jundiaí Mirim	RB	Na captação de Jundiaí	Jundiaí
JUMI00500***	7.439.185	310.475	Ribeirão Jundiaí Mirim	RB	Ponte a jusante da Cereser	Jundiaí
JUNA04190**	7.438.767	292.897	Rio Jundiaí	RB	Ponte de acesso à Akso Nobel	Itupeva
JUNA04150**	7.433.351	308.985	Rio Jundiaí	RB	Passarela em frente à Vulcabrás – Av. Antonio Frederico Ozana 1440	Várzea Paulista

Legenda: \* Fuso 23 K – datum horizontal SAD 69. \*\* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII. \*\*\*Ponto de Monitoramento Cetesb nas proximidades da faixa da AII. RB (Rede Básica).

Fonte: Cetesb – 2013.

Os resultados médios obtidos dos indicadores IQA, IET e IAP nos pontos selecionados na bacia do rio Jundiaí constam na **Tabela 10.1.8.2.1-9**.

**TABELA 10.1.8.2.1-9: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia do Rio Jundiaí, Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí – Valores Médios (2012)**

Código Cetesb	Corpo hídrico	IQA		IAP		IET	
		Média	Classificação	Média	Classificação	Média	Classificação
IRIS02100***	Ribeirão Pirai	71	Bom	67	Bom	44	Ultraoligotrófico
IRIS02200***	Ribeirão Pirai	55	Bom	-	-	-	-
IRIS02250***	Ribeirão Pirai	53	Bom	-	-	-	-
IRIS02600***	Ribeirão Pirai	63	Bom	-	-	-	-
JUMI00800**	Ribeirão Jundiaí Mirim	81	Ótimo	73	Bom	46	Ultraoligotrófico
JUMI00500***	Ribeirão Jundiaí Mirim	55	Bom	-	-	-	-
JUNA04190**	Rio Jundiaí	30	Ruim	-	-	-	-
JUNA04150**	Rio Jundiaí	23	Ruim	-	-	-	-

Legenda: \*\* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII. \*\*\*Ponto de Monitoramento Cetesb nas proximidades da faixa da AII. IQA (Índice de Qualidade da Água); IAP (Índice da Qualidade da Água para Abastecimento Público); IET (Índice de Estado Trófico).

- Dados não disponibilizados no relatório.

Fonte: Cetesb – 2013.

Os resultados de 2012 apontam uma variação do IQA médio entre Bom, no ribeirão Pirai, e Ótimo, no ribeirão Jundiaí-Mirim. Os dados médios de IET neste ano mostram nível Ultraoligotrófico para os pontos IRIS02100 e JUMI00800, situados no ribeirão Pirai e no ribeirão Jundiaí Mirim, respectivamente.

Por sua vez, o rio Jundiaí apresentou em média IQA Ruim em 2012, nos dois pontos indicados, o que sugere que o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento é o principal fator de degradação de suas águas. Os resultados médios de IVA para o rio Pirai (IRIS02100) mantiveram-se no nível Regular em 2012, enquanto que no ribeirão Jundiaí-Mirim (JUMI00800) apresentaram média Ótima.

#### 10.1.8.2.2 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 06 – Alto Tietê

Disposta em uma área de 5.985 km<sup>2</sup>, a Ugrhi 06 - bacia do Alto Tietê - localiza-se inteiramente no Estado de São Paulo, no Planalto Atlântico, a uma altitude média de 750 m acima do nível do mar. Essa bacia é definida pela área de drenagem do rio Tietê e de seus afluentes, desde sua nascente até a barragem de Pirapora, no município de Pirapora do Bom Jesus, onde percorre aproximadamente 133 km de extensão.

A precipitação atmosférica é a principal responsável pela reposição dos recursos hídricos, garantindo o escoamento superficial e a recarga de aquíferos subterrâneos (COMGÁS, 2011<sup>165</sup>). A precipitação média anual no Alto Tietê é de 1.410 mm, com período chuvoso compreendido entre outubro e março (CETESB/HICSAN – ETEP, 1993<sup>166</sup>). Os índices pluviométricos médios anuais são mais elevados na região da Billings e Tamanduateí (2.151 mm) decrescendo para 1.333 mm nos cursos do rio Pinheiros (VALLENCE CONSULTORIA, 2013).

<sup>165</sup> SÃO PAULO. COMPANHIA DE GÁS DE SÃO PAULO (COMGÁS). Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do projeto de Reforço da Rede Tubular de Alta Pressão – RETAP. São Paulo: Comgás, 2011.

<sup>166</sup> CONSÓRCIO HICSAN-ETEP; COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Plano diretor de resíduos sólidos da Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo, Cetesb, 1993.

Embora a maioria dos mananciais esteja localizada em zonas de alta pluviosidade, as condições de armazenamento de águas nessa bacia são desfavoráveis, em virtude da ocorrência de solos cristalinos, predominantemente argilosos, que condicionam um regime de vazões fortemente associado aos índices pluviométricos. Esta situação foi agravada pela intensa urbanização ocorrida na Ugrhi 06 a partir da década de 1970, aumentando consideravelmente o processo de impermeabilização dos solos na RMSP.

Este conjunto de fatores resultou em uma baixa disponibilidade hídrica nessa unidade hidrográfica, de apenas 200 m<sup>3</sup>/hab/ano, quando o índice crítico, segundo a Organização Mundial da Saúde, é de 1.500 m<sup>3</sup>/hab/ano (PROCAM, 2009<sup>167</sup>).

Os cursos d'água da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) foram perdendo gradualmente, desde o início do intenso processo de urbanização da região, suas características naturais. A construção do sistema Tietê-Billings, implementado a partir do início do século XX, o progressivo recobrimento do solo permeável, as reversões de água de bacias circunvizinhas e o lançamento de enormes quantidades de esgotos diretamente nos cursos d'água, aprofundaram a descaracterização dos processos naturais do escoamento superficial nessa porção da Bacia do Alto Tietê.

De acordo com o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT) para o ano 2010, estimou-se na Ugrhi 06 uma vazão média disponível de 102,40 m<sup>3</sup>/s, que embute, em parte, as reversões de 33,00 m<sup>3</sup>/s de outras bacias hidrográficas (VALLENCE CONSULTORIA, 2013). Esse estudo indica um total outorgado para captações superficiais da ordem de 96,19 m<sup>3</sup>/s e para lançamento de esgoto igual a 36,76 m<sup>3</sup>/s.

Considerando a disponibilidade média de toda a bacia do Alto Tietê, as demandas outorgadas para captação já atingiriam o índice médio de 93,9%. Se for incluída a parcela de lançamento de esgotos no cálculo da oferta hídrica, o comprometimento se reduz a um percentual de 58,1%, mostrando que, para viabilizar a disponibilidade hídrica na BHAT, é indispensável o reuso das águas que passam pelas calhas dos rios, apesar de prováveis alterações qualitativas. Ambos os resultados mostram que a relação entre a disponibilidade e a demanda na BHAT é crítica.

Com superfície em grande parte urbanizada, a delimitação física da Ugrhi 06 praticamente coincide com a Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, abrangendo a maioria dos 29 municípios. Essa unidade hidrográfica reúne uma população urbana de aproximadamente 19.566.728 habitantes (IBGE, 2012<sup>168</sup>, *apud* CETESB, 2013<sup>169</sup>).

O abastecimento da metrópole é feito prioritariamente pelo Sistema Integrado Metropolitano - SIM, operado pela Sabesp, contando com oito mananciais superficiais: Cantareira, Alto Tietê, Rio Claro, Rio Grande (Billings), Guarapiranga, Alto Cotia, Baixo Cotia e Ribeirão Estiva. Os reservatórios Billings e Guarapiranga estão inseridos na Área de Proteção e Recuperação de Mananciais - APRMs, definidas e regulamentadas pelas leis 13.579/2009 e 12.233/2006, respectivamente. As demais áreas de proteção aos mananciais ainda não dispõem de regulamentação específica, sendo válidos os princípios definidos pela Lei nº 9.866/1997.

Cerca de 88% do esgoto produzido na Ugrhi 06 é coletado, com índice de tratamento da ordem de 54%, gerando uma carga remanescente da ordem de 643.802 kg DBO/dia. O Índice de Coleta e Tratabilidade de Esgotos da População Urbana de Municípios – ICTEM desta unidade hidrográfica, alcançou no ano de 2012, em uma escala de 0 a 10, a nota 5,00, sendo considerado Regular (CETESB, 2013).

<sup>167</sup> GRUPO DE PESQUISA GOVÁGUA - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA AMBIENTAL – PROCAM – USP. [on-line] Disponível em: < <http://www.usp.br/procam/govagua/altotiete.php> >. Acesso em 14/03/09.

<sup>168</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico. 2012.

<sup>169</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

Na última década, detectou-se uma redução das fontes de poluição lançadas no ambiente e uma melhoria na qualidade da água em alguns trechos dos rios Tietê e Pinheiros, refletindo a implantação de projetos que proporcionaram aumento nos índices de coleta, afastamento e tratamento dos esgotos sanitários na metrópole.

O Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo (CETESB, 2011<sup>170</sup>, *apud* SMA, 2012) aponta que a Ugrhi 6 é uma das unidades que mostraram tendência de melhoria na qualidade da água no período 2005-2010. Neste último ano, 21% dos pontos situados na Ugrhi 06 apresentaram IQA Bom, 25% Ruim, 13% Regular e apenas 13% foram enquadrados na categoria Ótima. No entanto, essa foi a única Ugrhi que manteve, em 2012, pontos da rede hidrográfica estadual enquadrados na categoria Péssima (28%).

Para efeito de gerenciamento da bacia do Alto Tietê, a Ugrhi 06 é subdividida em cinco unidades hidrográficas distintas: (i) Alto Tietê-Cabeceiras, (ii) Juqueri – Cantareira, (iii) Pinheiros – Pirapora que, por sua vez, inclui as bacias Penha-Pinheiros e Jusante Pinheiros-Pirapora, (iv) Cotia – Guarapiranga e (v) Billings – Tamanduateí.

Conforme evidenciado na **Figura 10.1.8.2.2-1**, a seguir, o traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** se insere nas cinco unidades hidrográficas acima mencionadas, tendo início na estaca 75, entre o limite dos municípios de Cajamar e Jundiaí, na bacia Juqueri – Cantareira, e se desenvolve, a partir da estaca 90, na bacia do Pinheiros-Pirapora, se estendendo até a estaca 112.

O percurso do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** na bacia do rio Cotia-Guarapiranga está previsto desde a estaca 112 até a estaca 146, atravessando os municípios de Cotia, Embu, Itapeverica da Serra, Embu-Guaçu e São Paulo, sucessivamente.

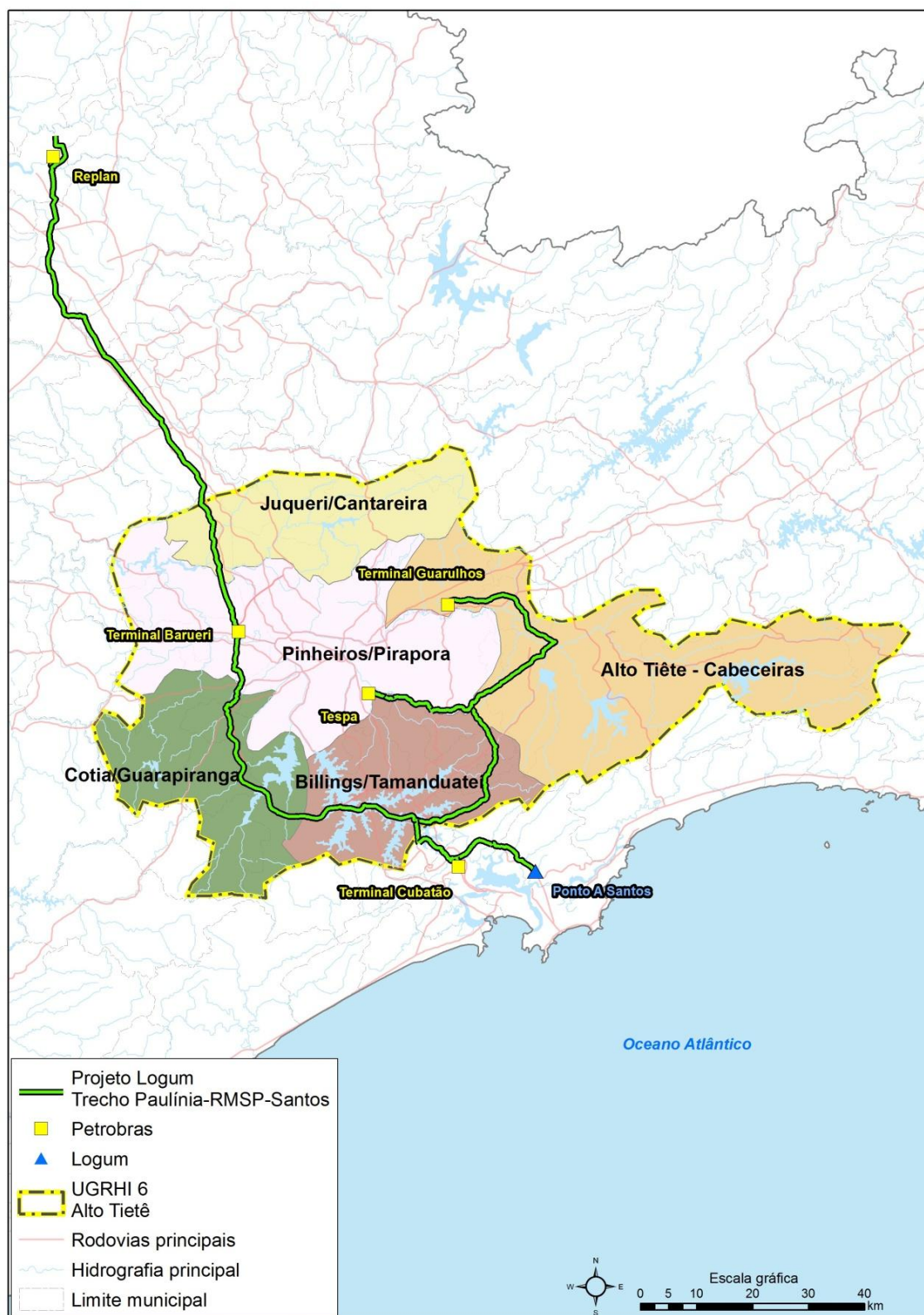
A bacia da Billings-Tamanduateí será transposta pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** à altura da estaca 146, e a partir deste o empreendimento se desenvolverá em direção a São Bernardo do Campo, na estaca 171. Ainda neste município, à altura da estaca 201, encontra-se um ponto de derivação do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, e a dutovia passará a percorrer novamente a bacia Billings-Tamanduateí, no compartimento Rio Pequeno, e se projetará em direção ao município de Santo André, até a estaca 237.

Na Estação Intermediária de Bombeamento com Tancagem (EIBT), à altura da estaca 234, encontra-se outro ponto de derivação da dutovia e, a partir deste, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** seguirá paralelo à divisa das bacias Pinheiros-Pirapora e Billings-Tamanduateí até a estaca 300+155m, e passará pelo terminal da Raízen Combustíveis (antiga Shell) até o terminal de São Paulo da Petrobras – TESP, atravessando os territórios municipais de São Paulo, Mauá, Santo André e São Caetano do Sul.

A seguir, são descritas as principais características das cinco bacias hidrográficas da Ugrhi 06, de acordo com o percurso da dutovia, a partir do limite da Ugrhi 05 (Piracicaba, Capivari e Jundiaí) até sua interligação com a Ugrhi 07 (Baixada Santista).

<sup>170</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2010, São Paulo, 2011. 298 p.





**FIGURA 10.1.8.2.2-1: Traçado da Dutovia na Ugrhi 06 – Alto Tietê e suas Respectivas Bacias**

## **Bacia do Juqueri – Cantareira**

### **ASPECTOS HIDROGRÁFICOS**

O rio Juqueri, principal manancial dessa bacia, nasce no município de Nazaré Paulista e segue pelos territórios municipais de Mairiporã, Francisco Morato, Franco da Rocha, Caieiras, São Paulo (bairro de Perus), Cajamar, Santana de Parnaíba e Pirapora do Bom Jesus, onde deságua na margem direita do rio Tietê.

Esse curso d'água tem como contribuinte mais importante, pela margem direita, o ribeirão dos Cristais, que drena o município de Cajamar, entre outros afluentes, como o ribeirão Euzébio e os córregos Itaim, Moendas e Ajuá.

O curso do rio Juqueri forma, no município de Mairiporã, o reservatório Paiva Castro, que compõe o Sistema Produtor Cantareira. Após percorrer cerca de 90 km de extensão, o rio Juqueri deságua na margem direita do rio Tietê, formando a represa de Pirapora, localizada no limite municipal entre Santana de Parnaíba e Pirapora do Bom Jesus.

A AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos** na bacia do Juqueri-Cantareira se estende desde a estaca 75 até a estaca 90, aproximadamente, paralela à rodovia Anhanguera (SP-330). Nesse trecho, interceptará o município de Cajamar, desenvolvendo-se entre os reservatórios de Paiva Castro e de Pirapora, situados a montante e a jusante do traçado, respectivamente, fora dos limites da AII da dutovia. O rio Juqueri será atravessado pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos** na altura da estaca 88.

### **DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USO DAS ÁGUAS**

A disponibilidade hídrica da bacia do rio Juqueri é diretamente influenciada pelo Sistema Produtor Cantareira. Tal complexo, inaugurado na década de 70, é composto por uma sequência de cinco reservatórios implantados em cotas decrescentes: Jaguari-Jacaré, que são interligados, Cachoeira e Atibainha, integrantes da bacia do rio Piracicaba, e Juquery (ou Paiva Castro), localizado na bacia do Juqueri-Cantareira (Alto Tietê), no município de Mairiporã.

Esse sistema é conectado por meio de túneis e canais que revertem as águas da bacia do rio Piracicaba por gravidade até o reservatório de Paiva Castro, onde se encontra a estação elevatória de Santa Inês. Neste local, as águas são recalçadas para o alto da Serra da Cantareira, vencendo um desnível de 120 m até o reservatório de Águas Claras, que tem a função de regularizar e encaminhar as vazões para a ETA de Guaraú. Após tratamento, as águas seguem por gravidade ao sistema adutor metropolitano.

No total, o Sistema Cantareira produz cerca de 33 m<sup>3</sup>/s, abastecendo um contingente superior a oito milhões de habitantes da RMSP, o que corresponde a quase metade da água consumida pela população da metrópole. Apenas 2 m<sup>3</sup>/s desta vazão é produzida no Alto Tietê pela bacia do rio Juqueri, sendo o restante proveniente da bacia do rio Piracicaba (31 m<sup>3</sup>/s), principalmente dos reservatórios do Jaguari-Jacaré (22 m<sup>3</sup>/s), cujas áreas de contribuição estão inseridas majoritariamente no estado de Minas Gerais. O território mineiro na bacia do rio Piracicaba contribui com aproximadamente 70% da vazão derivada para o Sistema Produtor Cantareira.

No trecho a jusante de Paiva Castro, as águas do rio Juqueri são utilizadas por indústrias instaladas na região, recebendo também ao longo de seu curso, esgotos domésticos “in natura”.

O ribeirão dos Cristais, contribuinte da margem direita do rio Juqueri, é manancial produtor que abastece a cidade de Cajamar. Os dois pontos de captação desse sistema estão localizados na AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos**, na altura da estaca 81, conforme localização apresentada na **Tabela 10.1.8.2.2-1**.

**TABELA 10.1.8.2.2-1: Pontos de Captação para Abastecimento Público na AII do Projeto Logum, Ugrhi 06 – Alto Tietê - Bacia do Juqueri – Cantareira**

Corpo Hídrico	Coordenada N*	Coordenada L*	Município
Ribeirão dos Cristais	7.418.560	313.420	Cajamar
SNA1 Ribeirão dos Cristais	7.416.240	313.410	Cajamar

Legenda: \* Fuso 23 K – datum horizontal SAD 69.

Fonte: Daee – 2013.

### **ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA**

Conforme Decreto Estadual nº10.755/77, verificam-se as seguintes classes de enquadramento dos corpos d'água na bacia do rio Juqueri:

- Classe 1 – rio Juqueri e todos os seus afluentes até a barragem da Sabesp (Paiva Castro), no município de Franco da Rocha.
- Classe 3 – o rio Juqueri e todos os seus afluentes desde a barragem da Sabesp até a entrada no reservatório de Pirapora, com exceção do ribeirão Borda da Mata ou Botucaia, até a confluência com o ribeirão Euzébio, no município de Franco da Rocha;
- Classe 4 – rio Juqueri e todos os seus afluentes, com exceção do rio Juqueri-Mirim, no seu trecho integrante do reservatório de Pirapora, nos municípios de Santana de Parnaíba e Pirapora do Bom Jesus.

Os demais cursos d'água são considerados classe 2.

### **PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO**

A bacia do rio Juqueri, apesar de produzir apenas 6% da vazão total gerada pelo Sistema Produtor Cantareira, assume papel estratégico na manutenção da qualidade das águas desse complexo, pois o reservatório de Paiva Castro armazena as águas provenientes de todos os reservatórios situados a montante na bacia do rio Piracicaba, antes de serem enviadas para tratamento na ETA de Guaraú.

Nessa perspectiva, o município de Mairiporã exerce fundamental importância na proteção das nascentes na bacia do Juqueri e do reservatório de Paiva Castro. Na sua área subsistem ainda manchas remanescentes de vegetação natural, integradas com capoeira, pastagens naturais e cultivadas, além de atividades hortifrutigranjeiras, que representam uma das fontes de poluição do rio Juqueri. No trecho a jusante da barragem, a atividade industrial ganha expressão, com destaque para os ramos de cosmético e de papel e celulose, mantidos por extensas zonas de reflorestamento que se estendem também na sub-bacia do ribeirão dos Cristais.

A área a montante do reservatório de Paiva Castro se insere nos limites da Lei de Proteção aos Mananciais nº 9.866/1997. Várias unidades de conservação incidem nesta bacia, como o Parque Estadual do Juqueri, favorecendo a manutenção da qualidade dos recursos hídricos. De acordo com Vallenge Consultoria (2013, *op. cit.*), esta é uma das porções da Ugrhi 06 que contém um dos maiores percentuais de área recoberta por vegetação (23%).

Contudo, essa região é marcada por infraestrutura deficiente de saneamento básico, especialmente nos municípios de Caieiras, Cajamar, Francisco Morato, Franco da Rocha e Santana de Parnaíba, o que torna o rio Juqueri e seus afluentes poluídos por lançamento de esgotos domésticos e também industriais sem o adequado tratamento, fator este que tem contribuído para a degradação de suas águas. Outro problema detectado nessa bacia diz respeito ao aporte de sólidos, resultante de ocupações irregulares que potencializam os processos erosivos, especialmente em terrenos de alta declividade, implicando no assoreamento das drenagens.

**QUALIDADE DA ÁGUA**

A rede básica (RB) de monitoramento da Cetesb<sup>171</sup> (2013), na bacia do rio Juqueri, utilizada para caracterização da AII, compreende um ponto no ribeirão dos Cristais (CRIS03400) e um ponto localizado no rio Juqueri (JQRI03800), conforme **Tabela 10.1.8.2.2 -2**, a seguir.

**TABELA 10.1.8.2.2-2: Pontos de Monitoramento da Cetesb na Bacia do Juqueri - Cantareira**

Código Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
CRIS03400**	7.418.578	313.437	Ribeirão dos Cristais	RB	Na captação da ETA de Cajamar	Cajamar
JQRI03800**	7.410.719	312.400	Rio Juqueri	RB	Ponte na Rod. Anhanguera (SP-330), no sentido Jundiáí alt. Km 31	Cajamar

Legenda: \* Fuso 23 K – datum horizontal SAD 69. \*\* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII. RB (Rede Básica).

Fonte: Cetesb – 2013.

Os resultados médios obtidos dos indicadores IQA, IET e IAP nos pontos selecionados na bacia Juqueri-Cantareira constam na **Tabela 10.1.8.2.2-3**.

**TABELA 10.1.8.2.2-3: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na AII, Ugrhi 06 – Alto Tietê – Bacia do Juqueri - Cantareira – Valores Médios (2012)**

Código Cetesb	Corpo hídrico	IQA		IAP		IET	
		Média	Classificação	Média	Classificação	Média	Classificação
CRIS03400**	Ribeirão dos Cristais	62	Bom	58	Bom	45	Ultraoligotrófico
JQRI03800**	Rio Juqueri	23	Ruim	-	-	-	-

\*\* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII.

Legenda: IQA (Índice de Qualidade da Água); IAP (Índice da Qualidade da Água para Abastecimento Público); IET (Índice de Estado Trófico). - Dados não disponibilizados no relatório.

Fonte: Cetesb – 2013.

No ponto de monitoramento CRIS03400, localizado no ribeirão dos Cristais, verificou-se média anual Boa em 2012 para IQA e IAP. Os dados anuais apontam baixo nível de trofia neste manancial, com IET médio classificado como Ultraoligotrófico. Em relação ao IVA, em 2012, os resultados foram enquadrados na categoria Boa (2,7), contudo, foram registrados episódios de toxicidade crônica.

No rio Juqueri (JQRI03800), o monitoramento em 2012 apontou qualidade média anual Ruim em relação ao IQA, em função dos elevados índices de coliformes termotolerantes e das baixas concentrações de oxigênio dissolvido. Embora sem resultados mais recentes para o IET, este índice nesse ponto foi classificado como Supereutrófico em 2009, não tendo apresentado melhora quando comparado aos anos anteriores, em função da concentração acentuada de fósforo total. O IVA foi considerado como Ótimo ao longo do ano de 2008.

<sup>171</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.



## **Bacia do Pinheiros – Pirapora**

### **ASPECTOS HIDROGRÁFICOS**

Com área de drenagem de 1.658 km<sup>2</sup>, a bacia do Pinheiros-Pirapora compreende o trecho do rio Tietê desde a divisa entre São Paulo e Itaquaquecetuba até a barragem de Pirapora, numa extensão de 86 km. Estão inseridos nessa bacia os territórios municipais de Pirapora do Bom Jesus, Santana de Parnaíba, Barueri, Osasco, Carapicuíba, Jandira e São Paulo.

Conforme citado, essa bacia é composta por duas unidades hidrográficas: Penha-Pinheiros (1.019 km<sup>2</sup>) e Jusante Pinheiros-Pirapora (569 km<sup>2</sup>).

O percurso do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos** nessa bacia se estenderá desde a estaca 90 até a estaca 112, cruzando os municípios de Santana de Parnaíba, Barueri, Carapicuíba, Osasco e São Paulo, sucessivamente. Dentre os cursos d'água que serão interceptados pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos** na AII, destaca-se o rio Tietê, que será transposto pelo empreendimento à altura da estaca 101+700m, a jusante do ponto de interligação do Terminal Barueri. Entre as estacas 102 e 103 encontra-se a lagoa de Carapicuíba, formada pelo transbordamento das águas do rio Tietê que inundaram uma antiga cava de mineração de areia situada na divisa dos municípios de Barueri e Carapicuíba, na Grande São Paulo. A partir da estaca 103 até a estaca 111, o traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos** seguirá na faixa de domínio da rodovia SP-021 (Rodoanel Mário Covas).

Na Estação Intermediária de Bombeamento com Tancagem - EIBT, à altura da estaca 279, haverá um ponto de derivação do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos** e, a partir deste, o empreendimento seguirá paralelo à divisa das bacias Pinheiros – Pirapora e Billings – Tamanduateí até a estaca 300+155m, interligando-se ao terminal da Raízen Combustíveis (antiga Shell) e terminal de São Paulo da Petrobras – TESP, adentrando nos territórios municipais de São Paulo, Mauá, Santo André e São Caetano do Sul.

### **DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USO DAS ÁGUAS**

Segundo anteriormente mencionado, a partir do intenso processo de urbanização ocorrido na RMSP, os cursos d'água da região foram perdendo suas características naturais.

A implantação do sistema de canalização dos rios, a reversão de águas de bacias circunvizinhas, a progressiva impermeabilização dos solos que restringe a recarga do lençol freático, e o concomitante lançamento de quantidades consideráveis de esgotos diretamente nos cursos d'água, trouxeram como consequência uma alteração no regime do escoamento superficial nessa porção da bacia do alto Tietê.

Durante a época de chuvas, os cursos d'água são alimentados pelo deflúvio direto oriundo de suas bacias de drenagem, com vazões acima de sua capacidade máxima de escoamento, gerando inundações em suas várzeas, frequentemente ocupadas pela urbanização desordenada da região metropolitana.

Assim, a bacia do Pinheiros-Pirapora, que representa a porção mais a jusante da Ugrhi 6, atua como receptora final dessas ações, de forma que as perturbações ocorridas nos recursos hídricos superficiais a montante, sob os aspectos quantitativos e qualitativos, acentuam-se fortemente nesta região da bacia do Alto Tietê.

Na bacia Pinheiros-Pirapora, na AII do empreendimento em análise, o rio Cotia, o córrego do Barbeiro serve como mananciais de abastecimento público para os municípios de Barueri, Santana de Parnaíba e São Paulo, respectivamente, conforme localização apresentada na **Tabela 10.1.8.2.2-4**.

**TABELA 10.1.8.2.2-4: Pontos de Captação Para Abastecimento Público na AII do Projeto Logum, Ugrhi 06 – Alto Tietê - Bacia do Pinheiros – Pirapora**

Corpo Hídrico	Coordenada N*	Coordenada L*	Município
Córrego do Barbeiro	7.403.040	308.260	Santana de Parnaíba
Rio Cotia	7.395.550	309.890	Barueri

\* Fuso 23 K – datum horizontal SAD 69.

Fonte: Daee – 2013.

### **ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA**

Conforme o Decreto Estadual nº10.755/77, verifica-se que, entre os rios da bacia do rio Pinheiros, são considerados classe 4: o canal do rio Pinheiros e todos os seus afluentes, no município de São Paulo, bem como o rio Tietê e todos os seus afluentes desde a confluência com o rio Itaquera até a Barragem de Pirapora, no município de Pirapora do Bom Jesus, com exceção do rio Juqueri e seus afluentes entre a barragem da Sabesp até a entrada do reservatório de Pirapora, bem como o rio Juqueri-Mirim entre Santana de Parnaíba e Pirapora do Bom Jesus, onde são enquadrados como classe 3. Os demais cursos d'água da bacia são enquadrados na classe 2.

### **PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO**

A faixa que se estende até a barragem Edgard de Souza é caracterizada por uma intensa ocupação das várzeas, e o rio Tietê, canalizado, desenvolve-se confinado entre as vias marginais. Os cursos d'água que cortam a região recebem altíssimas concentrações de poluentes que correspondem, em vários pontos, às verificadas no esgoto doméstico bruto.

Conforme citado, além do aporte dos efluentes provenientes do acelerado crescimento urbano da região, a bacia Pinheiros-Pirapora também é receptora das cargas das demais bacias integrantes da Ugrhi 06 – Alto Tietê, claramente refletidos em índices de qualidade da água comprometidos.

**QUALIDADE DA ÁGUA**

A rede de amostragem adotada pela Cetesb<sup>172</sup> (2013) na bacia do Pinheiros-Pirapora compreende quatro pontos de coleta situados no ribeirão dos Meninos, rio Tamanduateí e nos córregos Ipiranga e São João do Barueri, conforme localização apresentada na **Tabela 10.1.8.2.2-5**, a seguir.

**TABELA 10.1.8.2.2-5: Ponto de Monitoramento da Cetesb na Bacia Pinheiros - Pirapora**

Código Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
NINO04900**	7.389.158	338.789	Ribeirão dos Meninos	RB	Ponte na Av. do Estado, na divisa dos municípios de São Paulo e São Caetano do Sul.	São Paulo
TAMT04600**	7.389.740	338.555	Rio Tamanduateí	RB	Ponte na Av. Francisco Mesquita, 1000, em frente ao Plaza Shopping.	São Paulo
IPIR04900**	7.391.556	335.813	Córrego do Ipiranga	RB	Ponte na Praça do Monumento, em frente à estátua de Dom Pedro.	São Paulo
SJBA04950**	7.399.273	309.992	Córrego São João do Barueri	RB	Na alça de retorno da Av. Boulevard Arnaldo Bittencourt sobre o Córrego São João do Barueri	Barueri

Legenda: \* Fuso 23 K – datum horizontal SAD 69, \*\*Ponto de Monitoramento Cetesb na AII. Legenda: RB (Rede Básica).

Fonte: Cetesb – 2013.

Os resultados médios obtidos dos indicadores IQA, IET e IAP nos pontos selecionados na bacia do Pinheiros-Pirapora constam na **Tabela 10.1.8.2.2-6**.

**TABELA 10.1.8.2.2-6: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na AII, Ugrhi 06 – Alto Tietê – Bacia Pinheiros - Pirapora – Valores Médios (2012)**

Código Cetesb	Corpo hídrico	IQA		IAP		IET	
		Média	Classificação	Média	Classificação	Média	Classificação
NINO04900**	Ribeirão dos Meninos	16	Péssimo	-	-	-	-
TAMT04600**	Rio Tamanduateí	15	Péssimo	-	-	-	-
IPIR04900**	Córrego do Ipiranga	14	Péssimo	-	-	-	-
SJBA04950**	Córrego São João do Barueri	23	Ruim	-	-	-	-

Legenda: \*\* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII. IQA (Índice de Qualidade da Água); IAP (Índice da Qualidade da Água para Abastecimento Público); IET (Índice de Estado Trófico). - Dados não disponibilizados no relatório.

Fonte: Cetesb – 2013.

Nos cursos d'água contribuintes da margem esquerda do rio Tietê, avaliados na bacia Pinheiros-Pirapora, detectou-se em 2012 IQA médio predominantemente Péssimo no ribeirão dos Meninos, no rio Tamanduateí e no córrego Ipiranga. No córrego São João do Barueri, também contribuinte da margem esquerda do rio Tietê, a qualidade da água foi considerada em média Ruim, de acordo com a classificação do IQA.

<sup>172</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

Dados obtidos no relatório da Cetesb<sup>173</sup> (2013) evidenciam como um padrão geral, nos pontos amostrados, teores acentuados de fósforo, de nitrogênio e de DBO e baixos índices de oxigênio dissolvido, que refletem o aporte de esgotos domésticos.

### **Bacia do Cotia – Guarapiranga**

#### **ASPECTOS HIDROGRÁFICOS**

A bacia do Cotia - Guarapiranga, situada a sudoeste da Região Metropolitana de São Paulo, ocupa uma área de 858,40 km<sup>2</sup>, abrangendo duas unidades hidrográficas distintas: a bacia contribuinte rio Cotia e a do reservatório de Guarapiranga (VALLENCE CONSULTORIA, 2013).

O rio Cotia, afluente da margem esquerda do rio Tietê, drena parcialmente cinco municípios: Barueri, Carapicuíba, Cotia, Embu das Artes e Jandira. Devido às particularidades fisiográficas e de conservação ambiental, este rio pode ser subdividido em dois trechos: o alto Cotia, onde se situam os reservatórios Pedro Beicht e das Graças, na Reserva Florestal do Morro Grande, e o baixo Cotia que percorre a zona urbanizada de Cotia e de Carapicuíba.

A bacia do Guarapiranga se estende por cerca de 631 km<sup>2</sup>, onde se inserem os territórios municipais de São Paulo, Embu das Artes, Itapeverica da Serra e toda a área de Embu-Guaçu, além de pequenas parcelas territoriais de Cotia, São Lourenço da Serra e Juquitiba. Os principais contribuintes deste manancial são os rios Embu-Mirim e Embu-Guaçu, Santa Rita, Vermelho, Ribeirão Itaim, Capivari e Parelheiros.

O percurso do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos** nessa bacia será projetado desde a estaca 112 até a estaca 146, transpondo os municípios de Cotia, Embu, Itapeverica da Serra, São Paulo e Embu-Guaçu. A AII abrange a região do baixo Cotia e o corpo principal do reservatório de Guarapiranga e alguns de seus tributários, tais como o rio Embu- Mirim, antes de entrar na bacia Billings-Tamanduateí. O traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos** interceptará o reservatório Guarapiranga entre as estacas 136 e 137, próximo à divisa municipal de Itapeverica da Serra e São Paulo.

Dentre os cursos d'água de maior relevância nessa bacia que serão interceptados pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos** destaca-se o rio Embu-Mirim (estaca 120), um dos principais contribuintes do reservatório Guarapiranga, pela margem direita.

#### **DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USOS DAS ÁGUAS**

A bacia do Guarapiranga localiza-se em uma zona de transição entre as escarpas da Serra do Mar e o Planalto, sofrendo forte influência do clima serrano, com índices pluviométricos que chegam a atingir 2.000 mm anuais nas proximidades da serra.

O reservatório de Guarapiranga foi construído na década de 1910, face à necessidade de regularização das vazões do rio Tietê, garantindo a operação da usina de Santana de Parnaíba e à necessidade de geração de energia elétrica. Atualmente, integra-se ao sistema operado pela Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A. – Emae.

A utilização de suas águas para abastecimento público teve início na década de 20 do século passado, e hoje integra o Sistema Produtor de Guarapiranga, sob a responsabilidade da Sabesp, contribuindo com 20% da água consumida na Região Metropolitana de São Paulo. É considerado o segundo sistema produtor mais importante da metrópole, após o Cantareira, contribuindo em média com 14,3 m<sup>3</sup>/s, vazão que abastece 3,2 milhões de pessoas da zona sul e sudoeste da capital.

<sup>173</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.



Com área total de 34 km<sup>2</sup>, apresenta um volume de água estimado da ordem de 189,18 hm<sup>3</sup> e profundidade média de 5,7 m. Esse reservatório recebe a contribuição dos rios Embu-Guaçu, Embu-Mirim e Parelheiros, apresentando uma vazão média de longo termo de 12,44 m<sup>3</sup>/s. Para reforçar esse manancial, as águas do rio Capivari, pertencente à Ugrhi 07 (Baixada Santista), são revertidas para o rio Embu-Guaçu, enquanto que o rio Parelheiros recebe águas do braço Taquacetuba do reservatório Billings. Considerando a vazão média de longo termo e as transposições, a vazão total disponível é de 15,5 m<sup>3</sup>/s (VALLENCE CONSULTORIA, 2013).

O Relatório dos Planos Integrados Regionais - PIR (SABESP, 2011<sup>174</sup>, *apud* VALLENCE CONSULTORIA, 2013) prevê um aumento na oferta hídrica pela ampliação em 4,0 m<sup>3</sup>/s na capacidade de reversão do Taquacetuba para o reservatório Guarapiranga, o que resultará em um acréscimo de 1,7 m<sup>3</sup>/s de vazão garantida de 95%, atingindo 16,0 m<sup>3</sup>/s. O reservatório Guarapiranga também é utilizado para fins recreacionais com clubes, marinas e pequenas praias, onde é praticado esporte náutico, além de atividades recreativas diversas e pesca. Embora inserida em área de proteção e recuperação de mananciais, o lançamento de efluentes domésticos ocorre principalmente nas áreas de maior adensamento em São Paulo, havendo também aporte de cargas difusas que interferem na qualidade das águas.

O Alto Cotia é um sistema produtor composto por duas represas interligadas através de um canal de 10 km de extensão (leito do rio Cotia). A represa de montante, Pedro Beicht, regulariza as vazões, enquanto a represa de jusante (das Graças) é operada para sobrelevar o nível d'água visando à captação e ao transporte até a ETA Morro Grande. A produção deste sistema é de 1 m<sup>3</sup>/s, abastecendo cerca de 400 mil habitantes dos municípios de Cotia, Embu, Itapeverica da Serra, Embu-Guaçu e Vargem Grande.

No Sistema Produtor Baixo Cotia, a fonte de abastecimento é proveniente da barragem do rio Cotia, situada no município de Carapicuíba, cuja vazão de 0,9 m<sup>3</sup>/s é destinada ao abastecimento da zona oeste da Região Metropolitana, como Barueri, Jandira e Itapevi. O excedente hídrico do Sistema Cotia encontra-se com o rio Barueri e escoar para o rio Tietê. Cabe destacar que esse sistema não se insere na AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos**.

### **ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA**

Conforme Decreto Estadual 10.755/77 pertencem à classe 1:

- O reservatório de Guarapiranga e todos os seus afluentes, com exceção do rio Embu-Mirim e seus afluentes até a barragem do município de São Paulo;
- Sistema Capivari e Monos e todos os seus afluentes até a barragem da Sabesp no município de São Paulo;
- Rio Cotia e todos os seus afluentes até a barragem das Graças, no município de Cotia.

Na classe 3 estão incluídos o rio Cotia e todos os seus afluentes desde a barragem das Graças, no município de Cotia, até a barragem de Isolina, na divisa dos municípios de Barueri e Carapicuíba.

Os demais corpos hídricos da bacia são enquadrados na classe 2, cujas águas são destinadas principalmente ao abastecimento público após tratamento convencional, à proteção da vida aquática, à recreação de contato primário e à irrigação de hortaliças e frutas.

### **PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO**

A bacia de drenagem do Guarapiranga apresenta, desde a década de 1960, áreas com ocupação desordenada que vêm intensificando o processo de poluição e de contaminação das águas deste reservatório.

<sup>174</sup> SÃO PAULO. COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). Monitoramento de Mananciais. 2011. Disponível em: < <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=43>>.

Para garantir a preservação do reservatório do Guarapiranga e de seus tributários, a Lei 12.233/2007 definiu critérios de uso nas áreas de intervenção, porém, no período entre 2003 a 2010, houve uma redução da vegetação na bacia contribuinte e concomitante aumento do nível de urbanização.

Essa lei define também metas de qualidade da água com o objetivo de obter, progressivamente, a melhoria da qualidade desse manancial, visando o abastecimento público. Essa meta é traduzida em termos da carga de fósforo total afluente ao reservatório, de 147 kg/dia, que deve ser atingida até o ano 2015, visando limitar o processo de eutrofização e o controle do crescimento de algas (VALLENGE CONSULTORIA, 2013).

De maneira geral, verificam-se altas concentrações de fósforo total tanto nos rios contribuintes como no reservatório do Guarapiranga, conforme traduzem os índices de qualidade da água e de estado trófico (IQA e IET), apresentados no item subsequente. Quando confrontado com os limites definidos pela Resolução Conama nº 357/05, o rio Embu-Guaçu foi o que mostrou o menor nível de não conformidades para fósforo no período analisado, condição que se manteve no monitoramento realizado no ano de 2012.

Segundo Vallenge Consultoria (2013), a análise histórica do monitoramento realizado pela Cetesb entre 2006 e 2011 mostra picos de fósforo predominantemente no período seco (abril a setembro) devido à concentração de poluentes nos corpos hídricos. Essa tendência é observada também nos pontos de monitoramento situados na AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP-Santos**, exceto por uma elevação extrema ocorrida em março de 2006, em época chuvosa, quando a concentração de fósforo superou 3,0 mg/L nesse reservatório.

As ações de saneamento básico na bacia do Guarapiranga compreendem coleta dos esgotos sanitários de parcela dos municípios de São Paulo e de Embu das Artes, assim como de Itapeverica da Serra, com vistas a sua exportação para a bacia do rio Pinheiros, tendo como destino a ETE Barueri. Desde 2007, aproximadamente 4.100 m<sup>3</sup> de resíduos foram retirados do reservatório de Guarapiranga, trabalho que começa também a ser implantado no reservatório Billings (VALLENGE CONSULTORIA, 2013).

Inserido em uma reserva florestal, o Sistema Produtor Alto Cotia produz águas de boa qualidade, porém, esse panorama vem apresentando mudanças em função de atividades antrópicas desenvolvidas nessa área. Na região do Baixo Cotia, o intenso processo de urbanização passou a comprometer a sua capacidade de produção e a qualidade das águas desse reservatório, que são receptoras de esgotos domésticos e industriais.

### **QUALIDADE DA ÁGUA**

O monitoramento da qualidade da água conduzido pela Cetesb<sup>175</sup> (2013) na bacia Cotia-Guarapiranga é representado por uma ampla rede de amostragem que compreende os programas da rede básica (RB), do monitoramento automático (MAT), de balneabilidade (BAL) e da análise de sedimento (SED). Especificamente na AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP-Santos**, estão compreendidos oito pontos de monitoramento da Cetesb. Dois desses pontos situam-se no rio Cotia, três deles encontram-se no reservatório de Guarapiranga, além de três pontos posicionados nos rios Embu-Mirim, Embu-Guaçu e Moinho, conforme exposto na **Tabela 10.1.8.2.2-7**, a seguir.

Cabe mencionar que o monitoramento no ponto GUAR00100, no braço do rio Parelheiros, permite avaliar a qualidade das águas revertidas através do reservatório Billings, além da contribuição dos rios Itaim e Parelheiros. Na análise da qualidade da água, no presente estudo, consideraram-se

<sup>175</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

também três pontos situados mais próximos à faixa da AII, no ribeirão das Pedras, no reservatório das Graças e no reservatório Guarapiranga.

**TABELA 10.1.8.2.2-7: Pontos de Monitoramento da Cetesb na AII do Projeto Logum, Ugrhi 06 – Alto Tietê – Bacia do Cotia – Guarapiranga**

Código Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
COTI03900**	7.395.442	309.872	Rio Cotia	MAT	No canal de captação de águas para a ETA	Carapicuíba
COTI03800**	7.388.909	308.029	Rio Cotia	RB	Ponte da Rod. Raposo Tavares, km 28,5	Cotia
PEDA03900***	7.391.334	307.543	Ribeirão das Pedras	RB	A jusante da ponte da Rod. Fernando Nobre	Cotia
MOVE03500**	7.389.174	310.521	Rio Moinho	RB	No Ribeirão Moinho Velho, dentro da indústria Firminich	Cotia
COGR00900***	7.382.761	299.323	Reservatório das Graças	RB	Na barragem, junto à captação do Alto Cotia	Cotia
EMMI02900**	7.375.578	318.006	Rio Embu-Mirim	RB	Ponte na estrada do Boi Mirim (SP-214)	São Paulo
GUAR00051**	7.371.291	319.618	Reservatório Guarapiranga	BAL	Na praia do Bairro do Crispim	Itapeverica da Serra
GUAR00071**	7.372.891	319.683	Reservatório Guarapiranga	BAL	Praia na Associação dos Funcionários Públicos do Est. São Paulo	São Paulo
GUAR00100**	7.371.929	323.999	Reservatório Guarapiranga	RB	No meio do Braço do Rio Parelheiros, no bairro do Balneário São José	São Paulo
GUAR00900***	7.380.771	323.807	Reservatório Guarapiranga	RB/SED/RB	Na captação da Sabesp junto à casa de bombas	São Paulo
EMGU00800**	7.638.841	315.748	Rio Embu-Guaçu	RB	Ponte na estrada que liga Embu-Guaçu à fazenda da Ilha	Embu-Guaçu

Legenda: \* Fuso 23 K – datum horizontal SAD 69. \*\* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII. \*\*\*Ponto de Monitoramento Cetesb nas proximidades da faixa da AII. RB (Rede Básica); BAL (Balneabilidade de Reservatórios); SED (Sedimento); MAT (Monitoramento Automático)..

Fonte: Cetesb – 2013.

Os resultados médios de IQA, IET e IAP relativos ao ano de 2012 são relacionados na **Tabela 10.1.8.2.2-8.**

**TABELA 10.1.8.2.2-8: Resultados do Monitoramento da Qualidade da Água na AII, Ugrhi 06 – Alto Tietê – Bacia do Cotia – Guarapiranga – Valores Médios (2012)**

Código Cetesb	Corpo hídrico	IQA		IAP		IET		Balneabilidade Reservatórios
		Média	Classificação	Média	Classificação	Média	Classificação	
COTI03900**	Rio Cotia	40	Regular	14	Péssimo	58	Mesotrófico	-
COTI03800**	Rio Cotia	38	Regular	-	-	-	-	-
PEDA03900***	Ribeirão das Pedras	27	Ruim	-	-	-	-	-
MOVE03500**	Rio Moinho	40	Regular	-	-	-	-	-
COGR00900***	Reservatório das Graças	79	Boa	62	Bom	52	Oligotrófico	-
EMMI02900**	Rio Embu-Mirim	47	Regular	-	-	53	Mesotrófico	-
GUAR00051**	Reservatório Guarapiranga	-	-	-	-	-	-	Regular
GUAR00071**	Reservatório Guarapiranga	-	-	-	-	-	-	Regular
GUAR00100**	Reservatório Guarapiranga	65	Boa	-	-	58	Mesotrófico	-
GUAR00900***	Reservatório Guarapiranga	76	Boa	55	Bom	57	Mesotrófico	-
EMGU00800**	Rio Embu-Guaçu	62	Boa	-	-	46	Ultraoligotrófico	-

Legenda: \*\* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII. \*\*\*Ponto de Monitoramento Cetesb nas proximidades da faixa da AII. IQA (Índice de Qualidade da Água); IAP (Índice da Qualidade da Água para Abastecimento Público); IET (Índice de Estado Trófico) - Dados não disponibilizados no relatório.

Fonte: Cetesb – 2013.



A qualidade das águas do reservatório de Guarapiranga, aferida pelo IQA, foi considerada Boa pelos dados médios do ano de 2012 no braço do rio Parelheiros (GUAR00100) e na captação da Sabesp (GUAR00900), conforme disponibilizado pela Cetesb<sup>176</sup> (2013). Nesses ambientes, detectaram-se concentrações de oxigênio dissolvido, de turbidez, de nitrogênio e de fósforo compatíveis com a Resolução Conama nº 357/05, o que influenciou positivamente no IQA. Contudo, a qualidade da água nesse mesmo período tendeu a decair para as classes Regular, nos rios Cotia (COTI03900 e COTI03800), Moinho (MOVE03500) e Embu-Mirim (EMMI02900), e Ruim no ribeirão das Pedras (PEDA03900).

Em média, o Índice de Abastecimento Público (IAP) no ponto monitorado no rio Cotia (COTI03900) foi considerado Péssimo, em 2012, enquanto que no reservatório de Guarapiranga este indicador foi enquadrado na categoria Boa (GUAR00900). Quanto ao nível de eutrofização, merecem destaque os rios Cotia (COTI03900), Embu-Mirim (EMMI03900) e o manancial Guarapiranga (GUAR00100 e GUAR00900), com classificação final do IET neste período tida como Mesotrófica. De acordo com informações da Cetesb (2013), na bacia de contribuição do reservatório de Guarapiranga, o rio Embu-Mirim requer maior nível de atenção devido às elevadas cargas de fósforo total transportadas por este contribuinte ao reservatório.

Os resultados de coliformes termotolerantes nos rios Embu-Mirim (EMMI02900) e Embu-Guaçu (EMGU00800) e no ponto GUAR00100 (braço do Parelheiros) estiveram nesse ano acima do limite estabelecido pela Resolução Conama nº 357/05, em função do aporte de esgoto doméstico nesses cursos d'água.

A avaliação de balneabilidade, no reservatório de Guarapiranga (GUAR00051 e GUAR00071), resultou na classificação Regular nas duas praias monitoradas em 2012, tendo condições próprias para o banho na maior parte do tempo.

Os dados de monitoramento para o Critério de Qualidade dos Sedimentos - CQS resultaram, nesse período, na classificação Péssima para o ponto GUAR00900, na captação da Sabesp no município de São Paulo. Esse resultado deve-se principalmente à concentração de cobre, que apresentou alta probabilidade de ocorrência de efeitos adversos à biota aquática, além dos ensaios de Microtox (toxicidade aguda com *Vibrio fischeri*) terem sido considerados Muito Tóxicos. Cabe destacar ainda a classificação dos ensaios microbiológicos de coliformes e *Clostridium*, que resultaram nas categorias Ótima e Regular, respectivamente.

A Sabesp também realiza, desde 2000, o monitoramento da qualidade da água do reservatório Guarapiranga, em pontos distribuídos no braço do rio Parelheiros (GU107), no corpo central do reservatório (GU104) e na captação Guarapiranga (GU101), através de medições locais, com uso de sondas que determinam os parâmetros pH, temperatura da água, condutividade, potencial redox, turbidez e oxigênio dissolvido. Nesses pontos, também é realizada a coleta para análise de parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de microcistinas, com frequência variável conforme o parâmetro, entre duas vezes por semana a mensal.

Os dados mais recentes disponibilizados pela Sabesp (2014), referentes ao mês de dezembro de 2013, constam nas **Tabelas 10.1.8.2.2-9 e 10.1.8.2.2-10**, a seguir.

Nos pontos monitorados, a condutividade variou entre 134 e 147  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A turbidez manteve-se baixa, exceto no braço do rio Parelheiros (GU107), onde foi detectado um nível elevado de turbidez, com 646,8 UNT, valor bem acima do padrão permitido pela Resolução Conama nº 357/05 para águas classe 1 (40 UNT). O pH oscilou de 6,73 a 9,16, ultrapassando a faixa limite da legislação no braço do rio Parelheiros (GU107). Os valores determinados de potencial redox mostram um meio predominantemente oxidante, favorável ao desenvolvimento de organismos aquáticos aeróbios, nos pontos GU101 e GU104.

<sup>176</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

Do ponto de vista ecológico, os níveis de oxigênio dissolvido foram compatíveis com o padrão de qualidade estabelecido pela Resolução Conama nº 357/05 (> 6 mg/L) para a manutenção da fauna aquática, exceto no braço do rio Parelheiros (GU107). Esse resultado possivelmente está associado à presença de matéria orgânica oriunda da contribuição de esgotos domésticos.

**TABELA 10.1.8.2.2-9: Resultados do Monitoramento Realizado pela Sabesp no Reservatório Guarapiranga (Dezembro de 2013)**

Parâmetro	Unidade	VMP	GU101	GU104	GU107
Condutividade	µS/cm	*	134,0	140,0	147,0
Oxigênio Dissolvido	mg/L	≥6	8,3	6,4	2,08
pH	pH	6,0 a 9,0	9,16	7,65	6,73
Potencial Redox	mV	*	207,3	176,2	-132,6
Temperatura da Água	°C	*	24,2	23,4	22,5
Turbidez	UNT	40	2,0	2,7	646,8

Legenda: VMP = Valor Máximo Permitido pela Resolução Conama nº 357/05 para águas classe 1. \* A legislação não contempla VMP para estes parâmetros.

Fonte: Sabesp – 2014.

Os teores dos metais monitorados no reservatório Guarapiranga pela Sabesp (2014) encontram-se em conformidade com a Resolução Conama nº 357/05 para águas classe 1, exceto em relação ao cobre e ao manganês. Do conjunto de parâmetros amostrados, merecem maior atenção os níveis elevados de fósforo total nos três pontos amostrados no reservatório Guarapiranga, que ultrapassaram o limite determinado pela Resolução Conama nº 357/05 para ambientes lênticos (0,020 mg/L). As cianobactérias, organismos potencialmente tóxicos, foram identificadas em menor número no ponto de captação desse manancial (GU101), com 10.244,3 cél./mL, em relação aos demais pontos, sendo o máximo (15.809,5 cél./mL) obtido no ponto GU107, situado no braço do rio Parelheiros.

De acordo com a Cobrape (2012), a Sabesp utiliza sulfato de cobre como algicida no reservatório Guarapiranga, o que possivelmente influenciou na redução de cianobactérias, no ponto de captação de água (GU101), e também se refletiu na análise de cobre dissolvido, resultando em teores mais acentuados nos pontos GU101 e GU104. Conforme consta na **Tabela 10.1.8.2.2-10**, a maior parte dos parâmetros monitorados manteve-se compatível com o padrão de qualidade estabelecido pela Resolução Conama nº 357/05 para águas classe 1.

**TABELA 10.1.8.2.2-10: Resultados do Monitoramento Realizado pela Sabesp no Reservatório Guarapiranga em Dezembro de 2013**

Parâmetros	Unidade	VMP	GU 101	GU 104	GU 107
Antimônio	mg/L	0,005	<0,001	<0,001	<0,001
Arsênio Total	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001
Bário Total	mg/L	0,7	< 0,05	<0,05	<0,05
Cádmio Total	mg/L	0,001	0,0008	0,0005	0,0006
Chumbo Total	mg/L	0,01	0,009	<0,005	<0,005
Cobre	mg/L	0,009	0,05	0,05	<0,02
Cromo Total	mg/L	0,05	<0,003	<0,003	<0,003
Fenóis Totais	mg/L	0,003	<2	-	-
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	0,03	0,03	0,03
Ferro Total	mg/L	*	0,07	0,13	0,23

**TABELA 10.1.8.2.2-10: Resultados do Monitoramento Realizado pela Sabesp no Reservatório Guarapiranga em Dezembro de 2013**

Parâmetros	Unidade	VMP	GU 101	GU 104	GU 107
Fósforo Total	mg/L	0,020	0,05	0,13	0,03
Manganês Dissolvido	mg/L	*	<0,02	<0,02	<0,02
Manganês Total	mg/L	0,1	0,04	0,04	0,16
Mercúrio Total	mg/L	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Níquel Total	mg/L	0,025	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Nitrato	mg/L	10	<0,0412	<0,0412	0,5548
Nitrito	mg/L	1	0,7457	0,8285	0,494
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,5	0,032	0,0595	0,0954
Prata Total	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001
Selênio	mg/L	0,01	<0,002	<0,001	<0,001
Zinco	mg/L	0,18	<0,05	<0,05	<0,05
<b>Microbiológicos e Microcistina</b>					
Cianobactérias	cél/mL	20.000	10.244,3	12.539,0	15.809,5
Coliformes Totais	NMP/100mL	*	-	-	-
Microcistina	µg/L	*	-	15,2	250,2

Legenda: VMP = Valor Máximo Permitido pela Resolução Conama nº 357/05 para águas classe 1. \* A legislação não contempla VMP para estes parâmetros.

Fonte: Sabesp – 2014.

### **Bacia da Billings-Tamanduateí**

#### **ASPECTOS HIDROGRÁFICOS**

A bacia da Billings-Tamanduateí abrange no total 1.025 km<sup>2</sup>, onde se encontram os municípios de São Bernardo do Campo, Santo André, São Caetano do Sul, Mauá, Rio Grande da Serra, Ribeirão Pires, Diadema e São Paulo. A bacia de drenagem contribuinte para o reservatório Billings compõe uma área de 560 km<sup>2</sup> e tem como afluentes mais significativos os rios Grande, Pequeno, Bororé e Taquacetuba.

O reservatório Billings foi implantado na década de 30 no século passado com o objetivo de estabelecer o aproveitamento hidroelétrico da bacia do rio Tietê por meio de uma usina geradora em Cubatão, no sopé da escarpa da Serra do Mar. Assim, foram construídas várias obras hidráulicas que permitem a transferência de água do rio Tietê para a bacia do rio Cubatão, realizada pela estação de recalque Pedreira, localizada no rio Pinheiros. Do reservatório, a água é transferida para o reservatório rio das Pedras, de onde é conduzida para a Usina Henry Borden, em Cubatão. Esse reservatório apresenta uma bacia de drenagem de 560 km<sup>2</sup> e área inundada de aproximadamente 125 km<sup>2</sup>. As águas são utilizadas ainda para fins recreacionais, esportes e pesca amadora, que também é praticada em área indígena ao sul do reservatório, junto ao vale do rio Taquacetuba, um de seus contribuintes.

Conforme citado, a Área de Proteção e Recuperação de Mananciais – APRMs da Billings foi criada pela lei 13.579/2009, sendo regulamentada pelo Decreto Estadual nº 55.342/2010, e o Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental - PDPA atualizado recentemente, em 2011. Essa lei divide a sub-bacia Billings em cinco compartimentos ambientais: Corpo Central I; Corpo Central II; Taquacetuba-Bororé; Rio Grande e Rio Pequeno; e Capivari-Pedra Branca (VALLENCE CONSULTORIA, 2013).

O percurso da dutovia na bacia Billings-Tamanduateí se estenderá desde a estaca 146 até a estaca 237, aproximadamente, cruzando os municípios de São Paulo, São Bernardo do Campo, Santo André, Rio Grande da Serra, Ribeirão Pires e Mauá. A AII abrange uma parte da bacia de drenagem do reservatório Billings, incluindo os compartimentos Taquacetuba-Bororé, Capivari-Pedra Branca, Rio Grande e Rio Pequeno, além do Corpo Central I e II deste reservatório.

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos** nessa bacia se desenvolverá paralelo ao trecho sul do Rodoanel Mário Covas, até a estaca 153, e atravessará o eixo central do reservatório Billings, a partir da estaca 148, na APMR da Billings, cruzando à altura da estaca 158 a rodovia SP 160 (Interligação Anchieta-Imigrantes) e da estaca 169 a rodovia SP 51 (Via Anchieta). Esse trecho do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos** terá ainda como característica relevante o traçado percorrer o trecho sul do Rodoanel Mário Covas (SP-021). Em seguida, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos** adentrará na Ugrhi 07 – Baixada Santista, nas proximidades do reservatório Rio das Pedras (estaca 172).

Nas imediações da estaca 201 encontra-se um ponto de derivação do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos**, que passará a percorrer novamente o reservatório Billings, na bacia Billings-Tamanduateí, no compartimento Rio Pequeno, e se desenvolverá em direção ao município de Santo André, finalizando o percurso na estaca 237.

Cabe destacar que na estaca 279 haverá outro ponto de derivação da dutovia e a partir deste o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos** seguirá paralelo à divisa das bacias Pinheiros – Pirapora e Billings – Tamanduateí até a estaca 300+155m, passando pelo terminal da Raízen Combustíveis (antiga Shell) até o terminal de São Paulo da Petrobras – TESP, atravessando os territórios municipais de São Paulo, Mauá, Santo André e São Caetano do Sul.

### **DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USOS DAS ÁGUAS**

Operado pela Empresa Metropolitana de Águas e Energia S/A - Emae, o reservatório Billings foi implantado visando o aproveitamento hidrelétrico da bacia do Tietê, por meio da Usina Henry Borden, situada em Cubatão, no sopé da escarpa da Serra do Mar.

Informações da Fundunesp<sup>177</sup> (2001) indicam que os limites da disponibilidade hídrica natural da Billings alcançam aproximadamente 30 m<sup>3</sup>/s. A esta vazão natural, deve ser somado o volume revertido pela Estação Elevatória de Pedreira, segundo definido pela legislação vigente que trata sobre o controle de cheias na metrópole. Este sistema operou no ano de 2011 em média com uma vazão afluente de 27,54 m<sup>3</sup>/s, vazão natural de 17,59 m<sup>3</sup>/s, retirada da Sabesp de 4,68 m<sup>3</sup>/s (Sistema Rio Grande) e transferência do Taquacetuba de 0,65 m<sup>3</sup>/s (EMAE, 2012, *apud*. VALLENGE CONSULTORIA, 2013).

O reservatório Billings armazena, aproximadamente, um bilhão de metros cúbicos de água, com tempo de residência variável em torno de 664 dias (CETESB, 2009<sup>178</sup>) e exerce importante papel no controle de cheias na metrópole e, secundariamente, na geração elétrica da Usina Henry Borden, atuando ainda na complementação das necessidades hídricas da população da Baixada Santista e do polo petroquímico de Cubatão. Quando o armazenamento do reservatório Billings supera o nível de água considerado de segurança para o controle de cheias na RMSP, aumentam-se as descargas para a Usina Henry Borden e controla-se o nível de água do rio Cubatão, mantendo o reservatório de Rio das Pedras dentro de sua faixa operativa normal.

Segundo citado, nessa bacia, há dois importantes mananciais que abastecem a Região Metropolitana de São Paulo: o braço do Taquacetuba, cujas águas são revertidas para o reservatório de Guarapiranga, e o braço do Rio Grande, que foi isolado do restante do corpo

<sup>177</sup> FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA UNESP (FUNDUNESP). Elaboração de diretrizes para a proposta de Lei Específica da APRM Billings-Tamanduateí e PDPA- Relatório Final. São Paulo, 2001.

<sup>178</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2009, São Paulo, 2010.



principal visando o suprimento dos municípios de São Bernardo do Campo, São Caetano e Santo André. Este sistema opera com capacidade de 4,8 mil l/s, e abastece 1,6 milhão de pessoas na região do ABC Paulista.

Nas margens do denominado Compartimento Rio Grande, encontra-se implantada uma elevatória de água bruta que alimenta a ETA do Rio Grande para abastecimento dos municípios de Diadema, São Bernardo do Campo e parte de Santo André. Estão previstas obras de ampliação desse sistema, de 5,0 para 7,0 m<sup>3</sup>/s, com obras programadas para o horizonte de 2020 (VALLENCE CONSULTORIA, 2013).

Conforme **Tabela 10.1.8.2.2 -11**, a seguir, constam três pontos de captação para abastecimento público na AII do empreendimento na bacia Billings-Tamanduateí, dois deles situados no reservatório Billings e um no ribeirão da Estiva.

**TABELA 10.1.8.2.2 -11: Pontos de Captação para Abastecimento Público na AII do Projeto Logum, Ugrhi 06 – Alto Tietê - Bacia da Billings -Tamanduateí.**

Corpo Hídrico	Coordenada N*	Coordenada L*	Município
Reservatório Billings - Rio Grande	7.362.150	331.450	São Paulo
Reservatório Billings	7.370.470	343.800	São Bernardo
Ribeirão Estiva	7.374.160	359.230	Rio Grande da Serra

\* Fuso 23 K – datum horizontal SAD 69.

Fonte: Daee – 2013.

### **ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA**

De acordo com o Decreto Estadual nº10.755/77, verifica-se que os rios que drenam para o reservatório Billings e que pertencem à classe 1 são:

“(i) Braço dos rios Bororé, Taquacetuba, Pedra Branca e Capivari e todos os afluentes a montante do primeiro cruzamento com a linha de alta tensão da Light, nos municípios de São Paulo e São Bernardo do Campo; (ii) Braço do rio Pequeno e todos os afluentes a montante do cruzamento com a via Anchieta, no município de São Bernardo”.

O rio Tamanduateí e todos os seus afluentes, com exceção do rio Guarará, até a confluência com o rio Tietê, no município de São Paulo, são enquadrados na classe 4.

O restante da bacia é enquadrado na classe 2, cujas águas são destinadas principalmente ao abastecimento público após tratamento convencional, à proteção da vida aquática, à recreação de contato primário e à irrigação de hortaliças e frutas.

### **PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO**

Conforme anteriormente descrito na apresentação da Ugrhi 06 – Alto Tietê, as cargas poluidoras que atingem os corpos d'água da bacia da Billings-Tamanduateí resultam dos efluentes domésticos e industriais gerados na Região Metropolitana da Grande São Paulo, que são lançados no ambiente sem o adequado tratamento.

A bacia Billings-Tamanduateí apresenta a segunda maior densidade demográfica desta Ugrhi (3.090 hab/km<sup>2</sup>), seguida apenas da bacia Penha-Pinheiros (6.828 hab/km<sup>2</sup>). Embora a dinâmica de ocupação urbana nas áreas de mananciais, observa-se um contínuo comprometimento dos reservatórios de abastecimento de água pela ocupação de áreas frágeis, sejam em relevos acidentados ou na proximidade da superfície dos corpos hídricos (VALLENCE CONSULTORIA, 2013).

## QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade das águas do reservatório Billings é fortemente influenciada pelo sistema de reversão das águas do canal de Pinheiros e do rio Tietê, através da Estação Elevatória de Pedreira, cujas águas apresentam concentrações elevadas de materiais orgânicos, nutrientes minerais, coliformes termotolerantes e contaminantes químicos.

O monitoramento da qualidade da água da Cetesb<sup>179</sup> (2013) na bacia Billings-Tamanduateí abrange uma extensa rede de amostragem, compreendendo os programas da Rede Básica (RB), de Controle de Sedimentos (SED), de Balneabilidade de Reservatórios (BAL), além de Monitoramento Automático (MAT).

Especificamente na AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos**, são encontrados 16 pontos de coleta, sendo oito deles situados no reservatório Billings, cinco no reservatório Rio Grande e três pontos distribuídos nos rios Grande e Tamanduateí e no ribeirão dos Couros. Visando ampliar a caracterização da qualidade da água nessa bacia considerou-se adicionalmente o ponto BILL02030, localizado próximo ao limite da AII, conforme consta a seguir na **Tabela 10.1.8.2.2-12**, a seguir. Os resultados médios de IQA, IAP e IET relativos ao ano de 2012 são apresentados na **Tabela 10.1.8.2.2-13**.

<sup>179</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

**TABELA 10.1.8.2.2-12: Pontos de Monitoramento da Cetesb na Ugrhi 06 – Alto Tietê – Bacia da Billings-Tamanduateí**

<b>Código Cetesb</b>	<b>Coordenada N*</b>	<b>Coordenada L*</b>	<b>Corpo hídrico</b>	<b>Programa</b>	<b>Local</b>	<b>Município</b>
BILL02500**	7.368.022	337.155	Reservatório Billings	RB	No meio do corpo central, sob a ponte da rodovia dos Imigrantes.	São Bernardo do Campo
BILL02521**	7.367.293	338.012	Reservatório Billings	BAL	Praia Parque Imigrantes	São Bernardo do Campo
BILL02801**	7.369.633	343.733	Reservatório Billings	BAL	Em frente à ETE, próximo à barragem do Rio Grande.	São Bernardo do Campo
BILL02900**	7.364.751	344.663	Reservatório Billings	RB	Próximo à barragem reguladora Billings-Pedras (Summit Control).	São Bernardo do Campo
BILL02900**	7.365.122	344.857	Reservatório Billings	MAT	Próximo à barragem reguladora Billings-Pedras no Summit Control. (EF-11-Summit Control)	São Bernardo do Campo
BILL02030***	7.376.018	330.351	Reservatório Billings	RB	No meio do corpo central, cerca de 1,5 km da Barragem de Pedreira	São Paulo
BITQ00100**	7.361.987	331.393	Braço Taquacetuba-Reservatório Billings	RB	Na baía situada no final da rua Tomekichi Inouye (captação da Sabesp)	São Paulo
BITQ00100**	7.362.445	331.076	Braço Taquacetuba-Reservatório Billings	MAT	Na captação da Sabesp de Taquacetuba, estrada Santa Rita, nº1000, no bairro Herplin. (EF-10-Taquacetuba)	São Paulo
BILL02100**	7.371.998	332.409	Reservatório Billings	RB/SED	No meio do corpo central, na direção do braço do Bororé.	São Paulo
RGDE02701**	7.370.595	347.460	Reservatório Rio Grande	BAL	Clube de Campo Sindicato dos Metalúrgicos do ABC	São Bernardo do Campo
RGDE02851**	7.370.239	345.737	Reservatório Rio Grande	BAL	Praia do Parque Municipal Estoril	São Bernardo do Campo
RGDE02900**	7.369.564	345.971	Reservatório Rio Grande	RB/SED	Próximo à rodovia Anchieta, junto à captação da Sabesp	São Bernardo do Campo
RGDE02900**	7.369.564	345.971	Reservatório Rio Grande	MAT	Próximo à rodovia Anchieta, junto à captação da Sabesp. (EF -07-Rio Grande).	São Bernardo do Campo
RGDE02901**	7.370.448	345.140.	Reservatório Rio Grande	BAL	Praia do Parque Municipal do Estoril.	São Bernardo do Campo
GADE02900**	7.373.166	356.863	Rio Grande ou Jurubatuba	RB	Ponte na Av. Santo André (SP-122), na entrada do município de Rio Grande da Serra.	Rio Grande da Serra
CORU04950**	7.383.801	338.423	Ribeirão dos Couros	RB	Ponte na Rua Tocantínia/Rudge Ramos, na divisa de S. B. Campo/ São Paulo.	São Bernardo do Campo
TAMT04500**	7.388.029	342.458	Rio Tamanduateí	RB	Na ponte transversal à Av. do Estado, na altura do número 4.876, divisa dos municípios S. Caetano e Sto. André, próximo ao posto AGIP.	São Caetano do Sul

Legenda: \* Fuso 23 K – datum horizontal SAD 69. \*\* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII. \*\*\* Ponto de Monitoramento Cetesb nas proximidades da faixa da AII. RB (Rede Básica); MAT (Monitoramento Automático); BAL (Balneabilidade de Reservatórios); SED (Sedimento).

Fonte: Cetesb – 2013.

**TABELA 10.1.8.2.2-13: Resultados do Monitoramento das Águas na Ugrhi 06 – Alto Tietê – Bacia Da Billings – Tamanduateí – Valores Médios (2012)**

Código Cetesb	Corpo hídrico	IQA		IAP		IET		Balneabilidade Reservatórios
		Média	Classificação	Média	Classificação	Média	Classificação	
BILL02500**	Reservatório Billings	79	Boa	-	-	61	Eutrófico	-
BILL02521**	Reservatório Billings	-	-	-	-	-	-	Regular
BILL02801**	Reservatório Billings	-	-	-	-	-	-	Ruim
BILL02900**	Reservatório Billings	84	Ótima	-	-	58	Mesotrófico	-
BILL02030***	Reservatório Billings	43	Regular			65	Supereutrófico	
BILL02100**	Reservatório Billings	64	Boa	-	-	62	Eutrófico	-
BITQ00100**	Braço Taquacetuba - Reservatório Billings	81	Ótima	32	Ruim	68	Mesotrófico	-
BITQ00100**	Braço Taquacetuba - Reservatório Billings	-	-	-	-	-	-	Regular
RGDE02701**	Reservatório Rio Grande	-	-	-	-	-	-	Regular
RGDE02851**	Reservatório Rio Grande	-	-	-	-	-	-	Boa
RGDE02900**	Reservatório Rio Grande	81	Ótima	67	Bom	49	Oligotrófico	-
RGDE02901**	Reservatório Rio Grande	-	-	-	-	-	-	Boa
GADE02900**	Rio Grande ou Jurubatuba	53	Bom	-	-	49	Oligotrófico	-
CORU04950**	Ribeirão dos Couros	14	Péssimo	-	-	-	-	-
TAMT04500**	Rio Tamanduateí	15	Péssimo	-	-	-	-	-

Legenda: \*\* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII. \*\*\* Ponto de Monitoramento Cetesb nas proximidades da faixa da AII. IQA (Índice de Qualidade da Água); IAP (Índice da Qualidade da Água para Abastecimento Público); IET (Índice de Estado Trófico); - Dados não disponibilizados no relatório.

Fonte: Cetesb – 2013.



Na rede amostral adotada pela Cetesb, a análise do ponto BILL02030 indica a condição de qualidade da água na entrada do reservatório Billings, enquanto que a do ponto BILL02100 permite monitorar a diluição da água bombeada do rio Pinheiros para o reservatório. Nos pontos BITQ00100 e BILL02900, situados, respectivamente, no braço do rio Taquacetuba e no *Summit Control*, é aferida a qualidade da água na saída do reservatório.

De acordo com a Cetesb (2013), as principais fontes de poluição do reservatório Billings encontram-se em seu trecho inicial e são decorrentes principalmente do bombeamento das águas do rio Pinheiros e da ocupação antrópica das bacias de drenagem dos ribeirões Cocaia e Bororé.

Os valores médios do IQA registrados em 2012 revelam para o reservatório Billings águas de Boa a Ótima qualidade na maioria dos pontos monitorados, decaindo para Regular apenas no corpo central deste manancial (BILL02030).

Os dados obtidos nesse período mostram níveis de turbidez e de compostos nitrogenados compatíveis com a Resolução Conama nº 357/05, na maioria dos pontos avaliados no reservatório Billings. Detectaram-se também concentrações de oxigênio dissolvido acima de 5 mg/L em toda a rede amostral, o que representa um aspecto favorável para os seres aeróbios, indicando também capacidade de autodepuração das cargas poluidoras. Contudo, verificaram-se elevados índices de coliformes termotolerantes, revelando comprometimento sanitário deste ambiente.

Em 2012, foram registrados níveis acentuados de clorofila-a em todas as localidades amostradas, condição que se refletiu no IET médio anual, enquadrado nas categorias Eutrófica a Supereutrófica.

O nível mais elevado de trofia (Supereutrófico) foi aferido no ponto BILL02030, com concentração média de clorofila-a de 316 µg/L, valor bem superior ao limite estipulado pela Resolução Conama nº 357/05 para águas classe 1 (10 µg/L). Cabe ressaltar que a análise temporal de nutriente (fósforo total) e de clorofila-a no reservatório Billings, considerando o período de 2007 a 2012, demonstrou um aumento expressivo desses parâmetros em 2010 e uma tendência de redução nos anos mais recentes, entre 2011 e 2012 (CETESB, 2013<sup>180</sup>).

Os resultados do IVA no reservatório Billings apontam que a qualidade da água para fins de proteção da fauna e flora é considerada Ruim, em todos os pontos. Um padrão similar foi detectado em relação ao IAP, enquadrado na condição Ruim no ponto BITQ00100.

Esse reservatório conta ainda com os dados da rede monitoramento automático da qualidade da água na estação *Summit Control* (BILL02900), situada próximo à saída das águas do reservatório Billings para a geração de energia na Usina Hidrelétrica Henry Borden.

Nessa estação, os teores de oxigênio dissolvido variaram expressivamente, sendo detectadas concentrações abaixo do padrão da Resolução Conama nº 357/05 em algumas medições, bem como índices elevados, atribuídos ao *bloom* de algas, decorrentes do processo de eutrofização. A condutividade permaneceu em torno de 150 µs/cm durante o ano de 2012. Os níveis reduzidos de turbidez medidos em 2012 foram atribuídos ao elevado tempo de residência das águas, processo que favorece a sedimentação da maior parte das partículas (CETESB, 2013).

No ponto BILL02100, situado no corpo central do reservatório Billings, o Critério de Qualidade dos Sedimentos - CQS foi avaliado como Péssimo em 2012, devido à concentração elevada de vários metais (cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel, zinco), além de compostos DDE e HPA (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos) que, em conjunto, apresentam alta probabilidade de ocasionar efeitos adversos à biota aquática. O Índice da Comunidade Bentônica (ICB) e os ensaios de Mutação Reversa (teste de Ames) foram classificados como Ruim, enquanto que os ensaios com *Clostridium* e de coliformes foram considerados Regular e Ótimo, respectivamente.

<sup>180</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

No reservatório Rio Grande, a qualidade da água foi considerada em média Ótima nesse período, no ponto RGDE02900, resultado que reflete os baixos níveis de turbidez, de DBO, de fósforo e os elevados teores de oxigênio dissolvido. O IET foi considerado Oligotrófico. Do ponto de vista de abastecimento público, em 2012, o IAP revela bom estado das águas no ponto RGDE02900 (próximo à rodovia Anchieta, junto à captação da Sabesp). Seguindo esta mesma tendência, o resultado do Índice de Vida Aquática – IVA foi considerado Bom.

Na rede de monitoramento de sedimentos da Cetesb (2013), o ponto RGDE02900, em 2012, manteve classificação média Péssima para o Critério de Qualidade dos Sedimentos - CQS, com alta probabilidade de ocorrência de efeitos adversos à biota aquática em relação aos metais arsênio, cobre e mercúrio. Esta classificação resulta também das análises de toxicidade aguda com a bactéria *Vibrio fischeri* (sistema Microtox), que foi considerada Muito Tóxica neste ponto, e dos ensaios microbiológicos com coliformes (Ótimo) e com *Clostridium* (Regular).

Nos pontos situados nos rios Tamanduateí (TAMT04500), Grande (GADE02900) e ribeirão dos Couros (CORU04950), o IQA médio em 2012 variou entre Bom e Péssimo, enquanto que o IET, avaliado apenas para o rio Grande, foi considerado Oligotrófico.

No âmbito do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do projeto Reforço da Rede Tubular de Alta Pressão – RETAP da Companhia de Gás de São Paulo - Comgás (COMGÁS, 2011<sup>181</sup>), foi avaliada a qualidade da água no reservatório Billings. Nesse estudo, foi realizada a coleta de água superficial e de sedimentos em três pontos de amostragem, distribuídos no reservatório Billings, no mês de novembro de 2010, conforme localização indicada na **Tabela 10.1.8.2.2-14**, a seguir. Dentre as estações amostradas, merecem maior atenção os pontos P02 e P03, pois se inserem na AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP- Santos**.

**TABELA 10.1.8.2.2-14: Pontos de Coletas de Água Superficial e de Sedimentos no Âmbito do Projeto Reforço da Rede Tubular de Alta Pressão – RETAP (2011)**

Ponto	Localização	Município	Coordenadas*	
			N	L
P01***	Corpo central do reservatório Billings, próximo à EMAE	São Bernardo do Campo	7.377.955	330.006
P02**	Corpo central do reservatório Billings, próximo à rodovia dos Imigrantes (SP-160)	São Bernardo do Campo	7.368.345	337.225
P03**	Braço do rio Pequeno do reservatório Billings, a jusante a rodovia Anchieta (SP-150)	São Bernardo do Campo	7.366.464	346.183

Legenda: \* Fuso 23 K – datum horizontal SAD 69.

Fonte: Mineral Engenharia e Meio Ambiente (2011).

Os resultados obtidos em novembro de 2010, ao final do período seco, demonstram no ponto P01 elevada taxa de oxigênio dissolvido (11,8 mg/L) e concentrações expressivas de clorofila-a (340,8 µg/L), superando o valor máximo permitido pela Resolução Conama nº 357/05 para águas doces classe 1 (10 µg/L). Os valores acentuados de clorofila-a refletem a elevada densidade de algas nesse sistema aquático, o que possivelmente influenciou nas altas taxas de OD.

As principais alterações na qualidade da água detectadas nesse ponto relacionam-se ainda com os índices elevados de turbidez, com os teores expressivos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e de fósforo total, indicativos do aporte de esgotos domésticos, além de concentrações acentuadas de alumínio. Cabe destacar também a presença de materiais flutuantes, óleos e graxas

<sup>181</sup> COMPANHIA DE GÁS DE SÃO PAULO – COMGÁS. Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto ao Meio Ambiente – RIMA do Sistema de Distribuição de Gás Natural – Reforço RETAP, para a Região Metropolitana de São Paulo, SP, Fevereiro/2011.

e de resíduos sólidos objetáveis, onde a legislação prevê a ausência destes componentes para águas doces classe 1.

No EIA da Comgás (COMGÁS, 2011), essas interferências na qualidade da água são atribuídas, em parte, ao bombeamento do sistema Tietê/Pinheiros, procedimento que implica lançamento de carga poluidora no reservatório Billings, bem como a remobilização do sedimento (ISA, 2002).

Cabe destacar que o ponto P01 situa-se adjacente ao ponto BILL 02030, integrante da rede básica da Cetesb. Comparando os dados de ambos os pontos é possível observar que no BILL 02030 também foi detectado elevado nível de clorofila (138 µg/L), em 2010, ultrapassando o padrão legal e corroborando os resultados do projeto Retap. Além disso, verificou-se elevado nível de fósforo, indicando alto grau de trofia, e de DBO no ponto BILL 02030 em 2010 (CETESB, 2011<sup>182</sup>). Essa condição persistiu em 2012, sendo mantidos os teores acentuados de clorofila, fósforo e DBO (CETESB, 2013<sup>183</sup>).

Na análise dos sedimentos no reservatório Billings (P01), foram aferidos teores acentuados dos metais cobre (66,9 mg/kg) e zinco (158,6 mg/kg), acima do nível 1 da Resolução Conama nº 454/12 (baixa probabilidade de causar efeitos adversos à biota). Ambos os metais são amplamente distribuídos na natureza, sendo comum seu uso nos mais diversos ramos industriais.

Os resultados detectados nos pontos P02 e P03 serão abordados no **item 10.1.8.15**, referente à AID e ADA.

A Sabesp também realiza, desde 2000, o monitoramento da qualidade da água do reservatório Billings, em cinco pontos localizados na entrada do braço Taquacetuba (BL101), no corpo central, em frente ao braço Bororé (BL102), no meio do braço Taquacetuba (BL103), na captação Taquacetuba (BL105) e na barragem Pedreira (BL106).

Nestes pontos, são realizadas medições locais por meio de sondas que determinam os parâmetros de pH, temperatura da água, condutividade, potencial redox, turbidez e oxigênio dissolvido. Os dados mais recentes, referentes ao mês de dezembro de 2013, são apresentados a seguir na **Tabela 10.1.8.2.2-15**. Cabe destacar que nesse mês não foi realizada a medição de oxigênio dissolvido em função de manutenção realizada no sensor de OD, conforme Sabesp (2014).

Nos pontos monitorados, a condutividade variou entre 107,4 e 190 µS/cm. A turbidez manteve-se baixa, exceto no trecho do reservatório na barragem Pedreira (BL106), com 336,1 UNT, valor bem acima do permitido pela Resolução Conama nº 357/05 para águas classe 1 (40 UNT). O pH manteve-se alcalino em todos os pontos, extrapolando a faixa limite da legislação nos pontos BL101 e BL105, com 9,37 e 9,50, respectivamente. O potencial redox variou entre 270,3 mV (BL101) e 435,6 mV (BL106).

<sup>182</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2010, São Paulo, 2011. 298 p.

<sup>183</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

**TABELA 10.1.8.2.2-15: Resultados das Medições Superficiais do Monitoramento Automático Realizado pela Sabesp no Reservatório Billings (Dezembro de 2013)**

Parâmetros	Unidade	VMP	BL101	BL102	BL103	BL105	BL106
Condutividade	µS/cm	*	107,4	190,0	-	141,0	126,8
pH	-	6,0 a 9,0	9,37	7,17	-	9,52	7,23
Potencial Redox	mV	*	270,3	285,0	-	308,4	435,6
Temperatura da Água	°C	*	24,1	23,0	-	23,8	24,3
Turbidez	UNT	40	25,9	5,5	-	1,8	336,1

Legenda: VMP = Valor Máximo Permitido pela Resolução Conama nº 357/05 para águas classe 1. (-) Não analisado. \* A Resolução Conama nº 357/05 não contempla VMP para estas variáveis. Os valores em vermelho estão em desacordo com VMP.

Fonte: Sabesp – 2014.

Nos pontos BL102, BL103 e BL105 é realizada também a coleta para análise de parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e microcistina. Este monitoramento é realizado por amostragem, com frequência variável conforme parâmetro (duas vezes por semana a mensal). Os dados mais recentes disponibilizados pela Sabesp (2014), referentes ao mês de dezembro de 2013, são apresentados na **Tabela 10.1.8.2.2-16**.

A análise dos resultados apontou que todos os metais, incluindo ferro, níquel, cádmio, chumbo, dentre outros, mantiveram-se neste monitoramento em conformidade com a Resolução Conama nº 357/05 para águas classe 1.

Dentre os parâmetros amostrados chamam a atenção as concentrações elevadas de fenóis, no corpo central do reservatório Billings, em frente ao braço Bororé (BL102), ultrapassando o limite imposto pela legislação. Os compostos fenólicos compreendem uma variedade de substâncias orgânicas, produzidas em diversos processos industriais, como refinarias e indústrias químicas, no processamento de madeira e de carvão, surgindo nas águas naturais através das descargas de efluentes domésticos e industriais. Os fenóis são tóxicos em concentração de 1 a 10 mg/L, afetando principalmente a fauna aquática.

Foram detectados também níveis elevados de fósforo total nos três pontos monitorados, extrapolando o padrão da Resolução Conama nº 357/05, resultados atribuídos principalmente à introdução de esgotos domésticos sem o adequado tratamento. Os demais parâmetros avaliados em dezembro de 2013 mantiveram-se condizentes com o padrão estabelecido pela legislação.

**TABELA 10.1.8.2.2-16: Resultados do Monitoramento Realizado Pela Sabesp no Reservatório Billings (Dezembro de 2013)**

Parâmetros	Unidade	VMP	BL102	BL103	BL105
Antimônio	mg/L	0,005	<0,001	<0,001	<0,001
Arsênio Total	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001
Bário Total	mg/L	0,7	<0,05	<0,05	<0,05
Cádmio Total	mg/L	0,001	0,0008	0,0013	0,0006
Chumbo Total	mg/L	0,01	<0,005	0,005	<0,005
Cobre	mg/L	0,009	<0,02	<0,02	<0,02
Cromo Total	mg/L	0,05	<0,003	<0,003	<0,003
Fenóis Totais	mg/L	0,003	4,61	<2	<2
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	<0,03	<0,03	<0,03
Ferro Total	mg/L	*	0,14	0,07	0,11
Fósforo Total	mg/L	0,002	0,32	0,13	0,04
Manganês Dissolvido	mg/L	*	<0,02	<0,02	<0,02



**TABELA 10.1.8.2.2-16: Resultados do Monitoramento Realizado Pela Sabesp no Reservatório Billings (Dezembro de 2013)**

Parâmetros	Unidade	VMP	BL102	BL103	BL105
Manganês Total	mg/L	0,1	0,02	<0,02	<0,02
Mercúrio Total	mg/L	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Níquel Total	mg/L	0,025	<0,0025	0,0044	<0,0025
Nitrato	mg/L	10	0,32	0,33	0,16
Nitrito	mg/L	1	0,071	0,0216	0,0156
Prata Total	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001
Selênio	mg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001
Zinco	mg/L	0,18	<0,05	<0,05	<0,05
<b>Microbiológicos e Microcistina</b>					
Cianobactéria	Cél./mL	20.000	-	-	15.556
Coliformes Totais	NMP/100mL	*	-	-	1.421
Microcistina	µg/L	*	-	-	5.461,8

Legenda: VMP = Valor Máximo Permitido pela Resolução Conama nº 357/05 para águas classe 1. (-) Não analisado. \* A Resolução Conama nº 357/05 não contempla VMP para estas variáveis. Os valores em vermelho estão em desacordo com VMP.

Fonte: Sabesp – 2014.

Além da avaliação dos dados anteriores, pode-se constatar a contaminação por metais nos sedimentos do reservatório Billings no estudo de Hortellani *et al.*<sup>184</sup> (2013), que relatou um aumento das concentrações de alumínio, cádmio, cromo, cobre, mercúrio, manganês, níquel, chumbo e zinco, possivelmente associado às fontes antropogênicas do entorno.

A avaliação conduzida por Wengrat & Bicudo<sup>185</sup> (2011), nesse manancial, já havia relacionada as alterações da qualidade dos sedimento e da água do reservatório e dos braços formadores aos impactos antrópicos. Nesse trabalho é indicado que houve uma melhoria geral na qualidade da água em 2009, possivelmente associada ao projeto de flotação do rio Pinheiros. Esses autores verificaram variação da qualidade da água no Complexo Billings, formado pelos cinco compartimentos ambientais (corpo central e braços formadores). O nível de trofia foi Mesotrófico, no braço do rio Pequeno, Eutrófico, no braço do Rio Grande, atingindo a categoria Supereutrófica, no corpo Central e no braço do Taquacetuba.

### **Bacia do Alto Tietê – Cabeceiras**

#### **ASPECTOS HIDROGRÁFICOS**

A bacia do Alto Tietê – Cabeceiras, com 2.303 km<sup>2</sup>, abriga a região de nascentes no rio Tietê em Salesópolis até o trecho a montante da confluência do rio Cabuçu de Cima, na divisa dos municípios de Guarulhos e São Paulo, à altura do reservatório da Penha, representando cerca de 29% da Região Metropolitana de São Paulo (EMPLASA, 2002<sup>186</sup>).

Esse setor banha a porção leste da metrópole, e abrange, de montante para jusante, os municípios de Salesópolis, Biritiba Mirim, Mogi das Cruzes, Suzano, Poá, Itaquaquecetuba, Ferraz

<sup>184</sup> HORTELLANI, MARCOS A. et al. Assessment of metal concentration in the Billings Reservoir sediments, São Paulo State, Southeastern Brazil. J. Braz. Chem. Soc. 2013, vol.24, n.1, pp. 58-67.

<sup>185</sup> WENGRAT, S; BICUDO, D. C. Avaliação espacial da qualidade da água em reservatório urbano (Complexo Billings, sudeste do Brasil). Acta Limnol. Bras. 2011, vol.23, n.2, pp. 200-216.

<sup>186</sup> EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO (EMPLASA). Mapa do Uso e Ocupação do Solo da RMSP. São Paulo: Secretaria de Negócios Metropolitanos, 2002.

de Vasconcelos, Arujá, Guarulhos e São Paulo. Compreende ainda, no extremo leste, parte do território de Paraibuna, município não pertencente à RMSP, onde se situam as nascentes do rio Paraitinga. Este rio entra a seguir no território municipal de Salesópolis, onde forma o reservatório homônimo, desaguando na margem direita do rio Tietê, no município de Biritiba Mirim.

Salesópolis abriga também as nascentes do rio Claro, cujo afluente, ribeirão do Campo, compõe o reservatório do Sistema Produtor Rio Claro. Logo a jusante, o rio Claro desemboca na margem esquerda do rio Tietê, contribuindo para a formação do reservatório de Ponte Nova, na divisa municipal entre Salesópolis e Biritiba Mirim. A jusante dessa barragem, o Tietê prossegue no município de Biritiba Mirim, recebendo pela margem esquerda, a jusante da foz do Paraitinga, o rio Biritiba Mirim, onde se encontra o reservatório de mesmo nome.

Continuando seu percurso, o rio Tietê tem como afluentes mais importantes na margem esquerda os rios Jundiá e Taiaçupeba-Açu, que também foram barrados para a formação dos reservatórios de Jundiá e Taiaçupeba, respectivamente. Estes reservatórios estão localizados em Mogi-Guaçu, sendo que o último faz divisa com o município de Suzano.

Ainda pela margem esquerda, destacam-se no trecho final da bacia do Alto Tietê-Cabeceiras o ribeirão da Varginha e o rio Gaió, nos municípios de Poá e Ferraz de Vasconcelos, bem como os rios Itaquera e Jacú, em São Paulo.

O afluente mais importante da margem direita do Tietê é o rio Baquirivu-Guaçu que drena, na porção do seu alto curso, o município de Arujá, passando a seguir por Guarulhos, onde deságua imediatamente a montante da barragem da Penha, próximo ao limite desta bacia.

O trajeto do rio Tietê na porção de cabeceiras é configurado por sucessivos meandros que integram extensas áreas de várzeas, com larguras que chegam a atingir 3 km, nas quais a urbanização mais adensada limita-se ao extremo setor de jusante. A porção norte da bacia Alto Tietê-Cabeceiras é cortada por importantes eixos viários, tais como as rodovias Presidente Dutra e Ayrton Senna e a ferrovia da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos - CPTM.

Dentre as bacias inseridas na Ugrhi 06, a do Alto Tietê-Cabeceiras é a que apresenta a maior extensão de área de proteção aos mananciais, aproximadamente 60% da sua superfície (1.118,03 km<sup>2</sup>), contendo também o maior percentual de cobertura vegetal, em torno de 24% (VALLENGE CONSULTORIA, 2013). De acordo com o Plano da Bacia do Alto Tietê (FUSP, 2009<sup>187</sup>), estão localizados nesta unidade hidrográfica o Sistema Produtor Alto Tietê – SPAT, que conta com cinco reservatórios (Paraitinga, Ponte Nova, Biritiba Mirim, Jundiá e Taiaçupeba), e o Sistema Produtor do Rio Claro, com apenas um reservatório.

A AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** na bacia do Alto Tietê-Cabeceiras, a partir da bacia da Billings-Tamanduateí, se estenderá desde a estaca 237 até a estaca 278. Nessa unidade hidrográfica, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** irá cruzar a porção de jusante da bacia, transpondo alguns contribuintes da margem esquerda do rio Tietê nos municípios de Ferraz de Vasconcelos e Suzano, tangenciando a margem esquerda do reservatório de Taiaçupeba. A seguir, à altura da estaca 253, o traçado irá interceptar o rio Tietê, passando, na sua margem direita, pelos municípios de Itaquaquecetuba e Guarulhos, sucessivamente.

### ***DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USO DAS ÁGUAS***

Os reservatórios que compõem o Sistema Produtor Alto Tietê – SPAT constituem um esquema em cascata, no qual os mananciais são interligados através de túneis e canais, com a finalidade de aumentar a captação de água para o abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo. Nesse sistema, o fluxo de águas é transferido a partir dos reservatórios de Ponte Nova, Paraitinga, Biritiba-Mirim e Jundiá para o reservatório de Taiaçupeba, onde a Sabesp capta águas para tratamento na ETA Taiaçupeba.

<sup>187</sup> FUNDAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (FUSP). Plano da Bacia do Alto Tietê. São Paulo: FUSP, 2009.

O sistema em cascata está em funcionamento desde junho de 1999 e disponibiliza cerca de 15,0 m<sup>3</sup>/s de água para a Região Metropolitana de São Paulo (DAEE, 2013<sup>188</sup>). Esta vazão permite abastecer uma população superior a 4,0 milhões de habitantes, no Subsistema Leste da Sabesp, que inclui os municípios de Suzano, Mogi das Cruzes, Ferraz de Vasconcelos, Poá, Itaquaquecetuba, Arujá, e nos bairros da região leste da Capital, além de uma parcela do município de Guarulhos.

A precipitação média nessa bacia está estimada em 1.411 mm (VALLENCE CONSULTORIA, 2013). De acordo com os dados do Plano de Bacia (FUSP, 2009), os aproveitamentos do Alto Tietê controlam, em conjunto, uma área de drenagem de 919 km<sup>2</sup> com uma vazão média de longo termo de 19,9 m<sup>3</sup>/s, resultando em uma vazão específica de 21,7 l/s.km<sup>2</sup>. O Sistema Produtor do Rio Claro abrange uma área de drenagem de 245 km<sup>2</sup>, com uma vazão média de longo termo de 5,5 m<sup>3</sup>/s, resultando em uma vazão específica de 22,3 l/s.km<sup>2</sup>.

Dentre os reservatórios que compõem o SPAT, Ponte Nova e Taiapuêba apresentam a maior área inundada e vazão regularizada, correspondentes a 28,07 km<sup>2</sup> e 3,4 m<sup>3</sup>/s e 19,36 km<sup>2</sup> e 3,3 m<sup>3</sup>/s, respectivamente (DAEE, 2013). De acordo com o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, para o ano 2010, estimou-se na bacia Tietê-Cabeceiras uma vazão outorgada de 17,85 m<sup>3</sup>/s e de 8,14 m<sup>3</sup>/s para lançamento de esgoto (VALLENCE CONSULTORIA, 2013).

O Sistema Rio Claro representa um dos mais antigos arranjos produtores de São Paulo. Situado em Salesópolis, sua capacidade atual é de 4,0 m<sup>3</sup>/s, podendo abastecer cerca de 1,2 milhões de pessoas. Nos períodos de estiagem, o sistema recebe como complemento as águas do rio Guaratuba, captadas da vertente marítima, em torno de 0,3 m<sup>3</sup>/s (VALLENCE CONSULTORIA, 2013).

Dados fornecidos pelo DAEE (2013) apontam que as águas dessa unidade hidrográfica são destinadas, além de abastecimento público, a outros usos consuntivos, com destaque para irrigação e abastecimento industrial, ocorrendo também lançamentos outorgados de esgotos domésticos e industriais.

De acordo com a **Tabela 10.1.8.2.2-17**, a seguir, são encontrados na faixa de 10 km da AII da dutovia, na bacia do Alto Tietê-Cabeceiras, quatro pontos de captação destinados ao abastecimento público, distribuídos nos rios Taiapuêba-Mirim e Tietê.

**TABELA 10.1.8.2.2-17: Pontos de Captação Para Abastecimento Público na AII do Empreendimento Projeto Logum na Ugrhi 06 – Alto Tietê – Cabeceiras**

Corpo Hídrico	Coordenada N*	Coordenada L*	Município
Rio Taiapuêba-Mirim	7.392.100	368.450	Suzano
Rio Taiapuêba-Mirim	7.392.100	368.450	Suzano
Rio Taiapuêba-Mirim	7.392.100	368.450	Suzano
Rio Tietê (37)	7.397.900	365.380	Suzano

\* Fuso 23 K – datum horizontal SAD 69.

Fonte: Daee – 2013.

<sup>188</sup> SÃO PAULO. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). Sistema Produtor Alto Tietê. 2013. Disponível em: [http://www.daee.sp.gov.br/macrometropole/outubro/relatoriofinal/relatorio\\_final\\_rf\\_vol\\_I.pdf](http://www.daee.sp.gov.br/macrometropole/outubro/relatoriofinal/relatorio_final_rf_vol_I.pdf)

**ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA**

Conforme Decreto Estadual nº 10.755/77, os corpos d'água da bacia do Alto Tietê-Cabeceiras enquadrados na classe 1 são:

- Rio Biritiba-Mirim e todos os seus afluentes até a barragem do reservatório de Biritiba-Mirim, no município de mesmo nome;
- Rio Jundiá e todos os seus afluentes até a barragem do reservatório do Jundiá, no município de Mogi das Cruzes; Rio Paraitinga e todos os seus afluentes até a barragem do reservatório Paraitinga I, no município de Salesópolis;
- Rio Taiaçupeba e todos os seus afluentes até a barragem do reservatório do Taiaçupeba, na divisa dos municípios de Suzano e Mogi das Cruzes;
- Rio Tietê e todos os seus afluentes até a barragem de Ponte Nova, na divisa dos municípios de Salesópolis e Biritiba-Mirim.

Na classe 3, são enquadrados o ribeirão do Botujuru e todos os seus afluentes até a confluência com o rio Tietê, no município de Mogi das Cruzes; o rio Tietê e todos os seus afluentes da margem direita, desde a confluência com o ribeirão Botujuru até a confluência com o rio Itaquera, no município de São Paulo, e a maioria dos afluentes da margem esquerda do rio Tietê desde a confluência com o rio Botujuru até o rio Itaquera.

Na classe 4 encontram-se o ribeirão Itaim e todos os seus afluentes até a confluência com o rio Tietê, no município de São Paulo; o ribeirão do Lajeado e todos os seus afluentes até a confluência com o rio Tietê, no município de São Paulo, e o ribeirão Três Pontes e todos os seus afluentes até a confluência com o Rio Tietê, na divisa dos municípios de São Paulo e Itaquaquetuba.

Os demais corpos hídricos da bacia são enquadrados na classe 2, cujas águas são destinadas principalmente ao abastecimento público após tratamento convencional, à proteção da vida aquática, à recreação de contato primário e à irrigação de hortaliças e frutas.

**PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO**

As fontes mais importantes de poluição na bacia do Alto Tietê-Cabeceiras estão relacionadas ao lançamento de efluentes domésticos e industriais sem o adequado tratamento. A região encontra-se sujeita também à pressão ambiental, decorrente de atividades relacionadas ao setor hortifrutigranjeiro, à indústria de papel-celulose e à exploração minerária. A intensa urbanização nessa bacia reduziu as áreas com formações vegetais nativas, substituídas por pastagens e culturas agrícolas diversas, contribuindo para a deterioração da condição natural dos rios e da vegetação ciliar.

O Plano de Bacia do Alto Tietê (FUSP, 2009<sup>189</sup>) aponta que a carga poluidora orgânica, na bacia do Alto Tietê-Cabeceiras, expressa em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (kg/dia), está estimada em 138.565 kg DBO/dia. Os municípios inseridos nessa bacia tratam em média 16% dos esgotos coletados, restando uma carga remanescente equivalente a 116.020 kg DBO/dia.

Dados mais recentes disponibilizados pela Cetesb<sup>190</sup> (2013) evidenciam uma ampliação nos sistemas de tratamento de esgotos domésticos, atingindo níveis superiores a 50%, na maior parte dos municípios dessa bacia, exceto em Itaquaquetuba, Guarulhos e Mogi das Cruzes, o que reduz o aporte de cargas orgânicas e contribui para uma melhoria nos padrões de qualidade das águas.

<sup>189</sup> FUNDAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (FUSP). Plano da Bacia do Alto Tietê. São Paulo: FUSP, 2009.

<sup>190</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.



Dentre as zonas municipais encontradas no Alto Tietê Cabeceiras, destaca-se Guarulhos, que atua como pólo sub-regional. Neste município, são geradas as maiores cargas poluidoras orgânicas dessa unidade hidrográfica, estimadas em 67.204 kg DBO/dia, decaindo para 49.328 kg DBO/dia mediante adoção de sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários (carga remanescente). O principal corpo hídrico receptor nesse município é o rio Tietê (CETESB, 2013) que, conforme citado, drena zonas altamente adensadas e industrializadas. Esse rio passa também por áreas de cultivos agrícolas, onde recebe cargas poluidoras de origem pontual e difusa, que comprometem a qualidade de suas águas, especialmente nos municípios de Salesópolis e Biritiba Mirim.

Na bacia do Alto Tietê-Cabeceiras, os municípios com os melhores índices de tratamento de esgoto, com atendimento superior a 90%, são Salesópolis, Arujá e Poá. Para a presente bacia, consultou-se também o Índice de Coleta e Tratabilidade de Esgotos da População Urbana de Municípios – ICTEM, calculado pela Cetesb (2013), que leva em conta o percentual de coleta, afastamento e o tratamento de esgotos sanitários, bem como o atendimento à legislação quanto à eficiência de remoção (superior a 80% da carga orgânica) e aos padrões de qualidade do corpo receptor de efluentes (CETESB, 2010<sup>191</sup>). Com base na análise desse indicador, verificou-se que apenas os municípios de Poá e Salesópolis apresentam ICTEM considerado Bom, o que denota melhor nível de infraestrutura de saneamento básico.

### QUALIDADE DA ÁGUA

A rede de monitoramento da Cetesb (2013) na bacia do Alto Tietê-Cabeceiras, utilizada para caracterização da AII, compreende nove pontos da rede básica (RB) situados no reservatório Taiaçupeba e nos rios Taiaçupeba-Açu, Tietê, Jaguari, Baquirivu-Guaçu, bem como nos ribeirões Itaquera e Perová, conforme localização apresentada na **Tabela 10.1.8.2.2-18**.

**TABELA 10.1.8.2.2-18: Pontos de Monitoramento da Cetesb na Ugrhi 06 – Bacia do Alto Tietê – Cabeceiras**

Código Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
PEBA00900**	368.531	7.391.763	Reservatório Taiaçupeba	RB	Na captação da Sabesp	Suzano
TAIA02800**	368.268	7.392.592	Rio Taiaçupeba-Açu	RB	A jusante do vertedouro do reservatório de Taiaçupeba e A montante da indústria de papel e celulose Suzano.	Suzano
TIET03120**	363.491	7.400.146	Rio Tietê	RB	A jusante da ETE de Suzano.	Suzano
JGUA03950**	364.498	7.401.755	Rio Jaguari	RB	Na ponte da Estrada Gov. Mario Covas, Bairro Mandi, em Itaquaquetuba.	Itaquaquetuba
KERA04990**	352.914	7.402.535	Ribeirão Itaquera	RB	Ponte à cerca de 70 metros da sua foz no Rio Tiete.	São Paulo
TIET03130**	362.410	7.403.581	Rio Tietê	RB	Ponte na Estrada de Santa Isabel, na entrada de Itaquaquetuba.	Itaquaquetuba

<sup>191</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2009, São Paulo, 2010.

**TABELA 10.1.8.2.2-18: Pontos de Monitoramento da Cetesb na Ugrhi 06 – Bacia do Alto Tietê – Cabeceiras**

Código Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
BQGU03850**	348.048	7.403.931	Rio Baquirivu-Guaçu	RB	Ponte na Rua José Marques Prata, a jusante da Penitenciária de Guarulhos	Guarulhos
PEOV03900**	362.373	7.404.411	Ribeirão Perová	RB	Na passarela da Rua Nossa Sra. De Lourdes, Bairro Jardim Japão.	Itaquaquecetuba
BQGU03150**	359.851	7.410.016	Rio Baquirivu-Guaçu	RB	Ponte na Estrada dos Veados, próxima ao Nippon Country Club, na divisa municipal Arujá/Guarulhos.	Arujá

Legenda: \* Fuso 23 S – datum horizontal SAD 69. \*\* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII. RB (Rede Básica).

Fonte: Cetesb – 2013.

Os resultados médios de IQA, IAP e IET relativos ao ano de 2012 são apresentados na **Tabela 10.1.8.2.2-19**, a seguir.

**TABELA 10.1.8.2.2-19: Resultados do Monitoramento das Águas na Ugrhi 06 – Bacia do Alto Tietê – Cabeceiras – Valores Médios (2012)**

Código Cetesb	Corpo hídrico	IQA		IAP		IET	
		Média	Classificação	Média	Classificação	Média	Classificação
PEBA00900**	Reservatório Taiapuêba	84	Ótimo	64	Bom	52	Oligotrófico
TAIA02800**	Rio Taiapuêba-Açu	81	Ótimo	-	-	-	-
TIET03120**	Rio Tietê	26	Ruim	-	-	-	-
TIET03130**	Rio Tietê	27	Ruim	-	-	-	-
JGUA03950**	Rio Jaguari	16	Péssimo	-	-	-	-
PEOV03900**	Ribeirão Perová	23	Ruim	-	-	-	-
BQGU03850**	Rio Baquirivu-Guaçu	17	Péssimo	-	-	-	-
BQGU03150**	Rio Baquirivu-Guaçu	37	Regular	-	-	-	-
KERA04990**	Ribeirão Itaquera	18	Péssimo	-	-	-	-

Legenda: \* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII. \*\* Ponto de Monitoramento Cetesb nas proximidades da faixa da AII. IQA (Índice de Qualidade da Água); IAP (Índice da Qualidade da Água para Abastecimento Público); IET (Índice de Estado Trófico).

- Dados não disponibilizados no relatório.

Fonte: Cetesb – 2013.

Os resultados médios obtidos no reservatório Taiapuêba, importante manancial de abastecimento público, apontam que a qualidade das águas na captação da Sabesp (PEBA00900) é considerada Ótima, conforme atestam os valores médios do IQA registrados em 2012. No ponto monitorado, detectaram-se baixos níveis de turbidez (13 UNT), elevadas concentrações de oxigênio dissolvido (7 mg/L) e reduzidos teores de DBO (3 mg/L), fatores que influenciaram positivamente o IQA.

Os resultados médios das principais variáveis analisadas pela Cetesb<sup>192</sup> (2013) evidenciam também concentrações de fósforo total (0,007 mg/L) e de clorofila-a (12 µg/L) compatíveis com a Resolução Conama nº 357/05, no reservatório Taiaçupeba, o que possibilitou a classificação do IET na categoria Oligotrófico. Neste manancial, o IAP foi classificado, na média de 2012, como Bom.

A jusante do reservatório de Taiaçupeba, no rio Taiaçupeba-Açu (TAIA02800), o IQA se manteve na média deste mesmo ano na categoria Ótima, devido aos baixos índices de turbidez (5 UNT), às elevadas concentrações de oxigênio dissolvido (7 mg/L) e aos moderados níveis de DBO (5 mg/L).

A qualidade da água do rio Tietê, nos dois pontos avaliados (TIET03120 e TIET 03130), foi considerada, em média, Ruim em 2012. Esse resultado é atribuído, em parte, às elevadas concentrações de DBO, de fósforo e de nitrogênio amoniacal e ao baixo nível de oxigênio dissolvido, que refletem o aporte de esgotos domésticos.

Os resultados do IQA apontam interferências na qualidade da água nos três contribuintes da margem direita do rio Tietê, monitorados pela Cetesb, correspondentes aos rios Jaguari, Baquirivu-Guaçu e ribeirão Perová. Nesses cursos d'água, o IQA em 2012 variou entre Regular e Péssimo. No ribeirão Itaquera (KERA04990), contribuinte da margem esquerda do rio Tietê, detectou-se um padrão similar de IQA, que foi enquadrado neste mesmo ano na categoria Péssimo.

#### **10.1.8.2.3. Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 07 – Baixada Santista**

A Ughri 07, com cerca de 2.800 km<sup>2</sup>, abrange a porção sudeste do estado de São Paulo, estendendo-se especialmente ao longo da faixa litorânea, abarcando a totalidade dos municípios de Peruíbe, Itanhaém, Mongaguá, Praia Grande, São Vicente, Guarujá, Santos, Cubatão e Bertioga que compõem a Região Metropolitana da Baixada Santista – RMBS, criada pela Lei Complementar nº 815/96. Esta Ughri compreende também parte dos municípios de Biritiba-Mirim, Mogi das Cruzes, Salesópolis, São Bernardo do Campo e São Paulo, pertencentes à Região Metropolitana da Grande São Paulo – RMSP, e uma porção do município de Itariri, situado no Vale do Ribeira (CBHS/DAEE, 2007<sup>193</sup>).

Essa unidade hidrográfica reúne uma população urbana de aproximadamente 1.688.894 habitantes (IBGE, 2012<sup>194</sup>, *apud* CETESB, 2013).

Em geral, a região da Baixada Santista comporta dois grupos básicos de rios: os que nascem na Serra do Mar e aqueles originados na própria planície.

A vertente marítima da Serra do Mar abriga as nascentes dos principais cursos d'água que drenam a Ugrhi 07. Nesta faixa de relevo de alta declividade, os rios encontram-se sob forte influência das precipitações e apresentam regime hidráulico tipicamente torrencial, com sucessivas corredeiras e cachoeiras, proporcionando uma elevada capacidade de transporte de sólidos, sobretudo durante a época de cheia.

Após vencer desníveis de até 1.100 m, esses cursos d'água atingem a planície marítima, de reduzida declividade, onde passam a ter regime hidráulico fluvial. A mudança imposta pela topografia plana acarreta uma redução abrupta na capacidade de transporte de sólidos pela correnteza, favorecendo a deposição de sedimentos. As calhas fluviais passam a ter um alto índice

<sup>192</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

<sup>193</sup> COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DA BAIXADA SANTISTA – CBHS & DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA -DAEE. Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista – V.I. 2007.

<sup>194</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico. 2012.

de meandramento, com dinâmica hidráulica influenciada pelo regime das marés, sobretudo nos trechos próximos aos estuários.

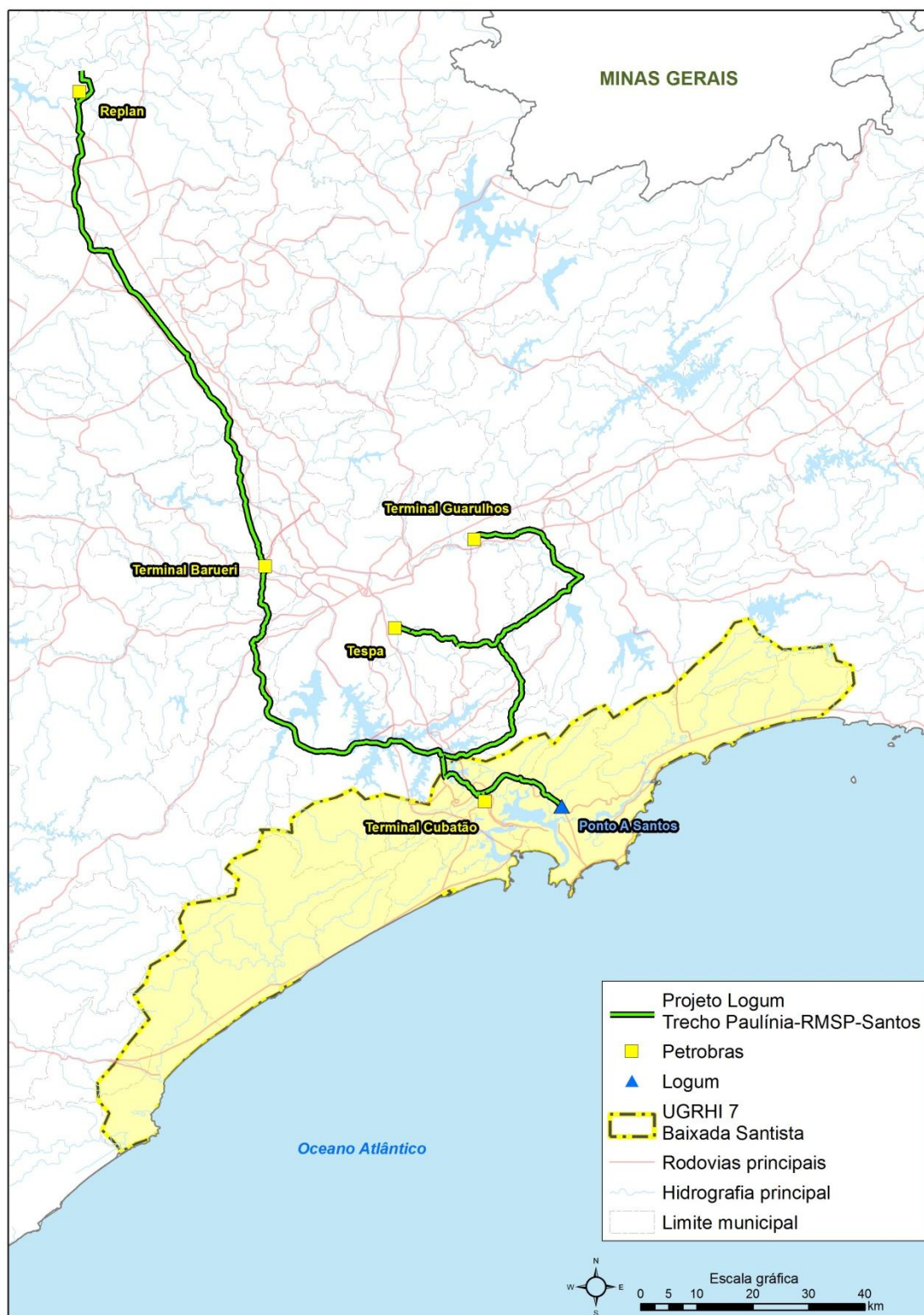
Nesse cenário, as ilhas de São Vicente e Santo Amaro atuam como um verdadeiro anteparo ao fluxo das águas continentais. Ao escoarem em direção ao oceano, as águas passam por dois canais preferenciais – o canal dos Barreiros e o canal de Piaçaguera - que formam, respectivamente, os estuários de São Vicente e de Santos, desaguardo a seguir na baía de Santos.

De acordo com o Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos – CORHI, a Ugrhi 07 integra 21 sub-bacias que comportam águas doces, salobras e salinas. Merece destaque ainda na faixa da AII, o reservatório Rio das Pedras, as sub-bacias 15 (rio Jurubatuba), 16 (rio Quilombo), 12 (rio Moji) e 09 (rio Cubatão), todas com cabeceiras na Serra do Mar, que atingem a planície costeira para desaguardem no estuário santista.

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** nesta unidade de gerenciamento se desenvolve a partir da estaca 171 até a estaca 200+682m, conforme **Figura 10.1.8.2.3-1** a seguir. A dutovia segue paralela à rodovia Anchieta (SP 51) em faixa de duto existente e, posteriormente, transpõe por trecho submerso o reservatório Rio das Pedras à altura da estaca 175 até a estaca 178. Após a estaca 179, a dutovia adentra na área das instalações da Usina Henry Borden e nas proximidades da estaca 182, adjacente à refinaria Presidente Bernardes, encontra-se um ramal até o Terminal de Cubatão. Nesse trecho, por duto aéreo está prevista a interceptação do rio Cubatão.

A partir da estaca 184 o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** desenvolve seu curso transpondo o rio Perequê (estaca 185), e prossegue paralela à rodovia Cônego Domênico Rangoni (SP 55) até a estaca 200, encontrando o Ponto A em Santos (PASTS), imediatamente a montante do rio Diana. Neste segmento do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, dentre os cursos d'água que serão interceptados destacam-se os rios Quilombo (estaca 195) e Jurubatuba (estaca 198).





**FIGURA 10.1.8.2.3-1: Traçado da Dutovia na Ugrhi 07 – Baixada Santista**

### ***DINÂMICA DE CIRCULAÇÃO DE ÁGUAS NA AII***

O sistema aquático da AII na Ugrhi 07 compreende três ambientes distintos: as bacias hidrográficas que fornecem água doce, a zona estuarina (canal de Santos, canal de São Vicente e baía de Santos) e a região costeira que supre este sistema com águas oceânicas.

A maioria dos rios que drenam essa área, tais como Mogi, Piaçaguera, Perequê, Quilombo, Jurubatuba, Diana, Onça e Cubatão, pertence ao lagamar do alto estuário santista, no qual tende a sofrer influência das marés, compondo a região flúvio-marítima.

Na maré baixa, a velocidade do escoamento no sentido do mar aumenta, resultando em fenômenos físicos de transporte comuns, período em que a carga poluente tende a alcançar com maior intensidade a zona costeira. Durante a maré alta, a redução na velocidade de escoamento dos cursos d'água reduz o potencial de autodepuração das águas, de forma que os poluentes passam a se concentrar no trecho inferior dos rios.

A menor densidade da água doce, quando comparada à água do mar, produz uma estratificação que tende a resistir à mistura vertical. As correntes das marés que escoam sobre o fundo relativamente raso do estuário provocam a mistura turbulenta dos deflúvios dos rios com as águas salgadas provenientes da baía.

Os canais do estuário de Santos e de São Vicente são considerados parcialmente misturados (CETESB/IO, 1978<sup>195</sup>). A fração da água doce que chega ao canal de Santos diminui das cabeceiras (63%) para a foz do canal (21%). De modo geral, a vazão média efluente que escoar pela boca do canal do estuário de Santos é de 650 m<sup>3</sup>/s, estimando-se 140 m<sup>3</sup>/s de água doce e 510 m<sup>3</sup>/s de água salgada proveniente do oceano. O tempo médio de renovação das águas varia entre cinco dias na foz do canal e dois dias na região de cabeceiras, sendo necessários dez ciclos de marés de sizígia para compor essa quantidade de água.

Devido às características de circulação das águas na zona estuarina, que propiciam a retenção de nutrientes e de microrganismos, essa região é biologicamente mais produtiva quando comparada à dos rios e oceanos adjacentes (MARTINS, 2005<sup>196</sup>).

A mistura de água doce e salina possibilita também o desenvolvimento de uma extensa zona de manguezais que recobria, originalmente, cerca de 20% de toda a Baixada Santista. Esta faixa de vegetação está hoje concentrada ao longo do rio Itapanhaú, do canal de Bertioxa, nos estuários de Santos e de São Vicente, contendo ainda porções remanescentes às margens dos rios Santo Amaro, do Meio e Icanhema.

### **DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USOS DAS ÁGUAS**

As águas superficiais da Ugrhi 07 são destinadas a uma ampla gama de usos, como abastecimento público, recepção de esgotos de origem doméstica e industrial, pesca de subsistência e recreação, esportes náuticos, geração de energia elétrica, extração de areia, implantação de marinas e zona portuária.

Segundo consta no Plano Estadual de Recursos Hídricos – Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista – Ugrhi 07-BS (2008-2011), a disponibilidade hídrica média regional é calculada em 155 m<sup>3</sup>/s e a mínima (Q<sub>7,10</sub>) em 38 m<sup>3</sup>/s (AGEM/CBHBS, 2009<sup>197</sup>).

A essa vazão natural, acrescenta-se um aporte proveniente do sistema Alto Tietê. Conforme citado, essa transferência de vazão da Ugrhi 06 para a Ugrhi 07 ocorre pelas águas do reservatório Billings para o reservatório Rio das Pedras, já na vertente marítima, onde estão localizadas as

<sup>195</sup> COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. (CETESB). Poluição das Águas no Estuário e Baía de Santos. Relatório Técnico, Volume I, 1978.

<sup>196</sup> MARTINS, C.C. Marcadores orgânicos geoquímicos em testemunhos de sedimento do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, SP: Um Registro Histórico da Introdução de Hidrocarbonetos No Ambiente Marinho. Tese (Doutorado) - Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.

<sup>197</sup> SÃO PAULO. COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DA BAIXADA SANTISTA (CBH-BS). Plano de Bacia Hidrográfica para o quadriênio 2008-2011. São Paulo: CBH-BS/AGEM/VM Engenharia, 2009.4 vol.

tomadas de água da usina hidrelétrica de Henry Borden, localizada na base da Serra do Mar, em Cubatão.

Devido aos problemas gerados pelo fluxo de carga poluidora ao reservatório Billings, determinou-se pela Resolução Conjunta SMA/SES-03, de 04/10/92, atualizada pela Resolução SEE-SMA-SRHSO-01, de 13/03/96, que o bombeamento das águas do rio Pinheiros para esse reservatório é permitido apenas para o controle de cheias. A Resolução Conjunta SEE-SMA-SRHSO nº 1, de 31/01/01, estabelece que as águas do canal do rio Pinheiros, após tratamento adequado, poderão ser bombeadas ao reservatório Billings, para fins de geração de energia elétrica adicional na Usina Henry Borden, excetuando-se os casos previstos na Resolução Conjunta SEE-SMA-SRHSO-01/96.

Atualmente, o sistema de reversão opera com vazão mínima de 6 m<sup>3</sup>/s, necessária para garantir o nível d'água de captação da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp no rio Cubatão, verificando-se aumentos significativos durante o controle de cheias.

Cabe destacar que os rios Capivari e Monos, formadores do rio Branco, que deságua no oceano na cidade de Itanhaém, têm suas cabeceiras no Planalto Paulista e compõem a represa de Capivari-Monos na Ugrhi 07. Desde o ano de 2000, as águas desta represa são revertidas ao reservatório Guarapiranga através do rio Embu-Guaçu (Ugrhi 06), com vazões entre 1 e 1,5 m<sup>3</sup>/s, e utilizadas para abastecimento público (VALLENGE CONSULTORIA, 2013). Também são transpostos cerca de 0,5 m<sup>3</sup>/s derivados das cabeceiras do rio Guaratuba para a bacia do rio Claro, na bacia do Alto Tietê-Cabeceiras (AGEM/CBHBS, 2009).

Na Ugrhi 07, as demandas consuntivas são voltadas essencialmente ao abastecimento doméstico e também industrial, que está concentrado no município de Cubatão. Segundo informações da Cetesb (2009), as demandas globais na Ugrhi 07 destinadas ao suprimento urbano (10,83 m<sup>3</sup>/s) e industrial (12,46 m<sup>3</sup>/s) somam 23,29 m<sup>3</sup>/s, valor que representa aproximadamente 61% do total da vazão mínima (Q<sub>7,10</sub>), estimada em 38 m<sup>3</sup>/s. De acordo com Plano de Bacia Hidrográfica 2008-2011 (AGEM/CBHBS, 2009), a vazão superficial utilizada nessa região é de 31,75 m<sup>3</sup>/s (DAEE, 2008<sup>198</sup>).

De modo geral, há uma situação relativamente satisfatória quanto ao suprimento da população urbana com água tratada em toda a região da Baixada Santista, atingindo índices de 97%. O maior problema nesta região refere-se às elevadas demandas resultantes do atendimento à população flutuante durante a temporada.

No município de Santos, o abastecimento de água, a cargo da Sabesp, é realizado por meio dos rios Cubatão, Pilões e Passareúva, enquanto no Guarujá o abastecimento é feito por meio do sistema produtor Jurubatuba, composto pelos rios Jurubatuba e Jurubatuba Mirim. A captação desse sistema situa-se na parte continental do município de Santos. Atualmente estes sistemas são interligados formando o sistema integrado de abastecimento da Baixada Santista.

De acordo com a **Tabela 10.1.8.2.3-1**, são encontrados na AII da dutovia, na Ugrhi 07, quatro pontos de captação destinados ao abastecimento público.

<sup>198</sup> SÃO PAULO. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). Sistema Produtor Alto Tietê. 2008. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br/cgi-bin/Carrega.exe?arq=/altotiete/index.htm>.

**TABELA 10.1.8.2.3-1: Pontos de Captação para Abastecimento Público na AII do Projeto Logum, Ugrhi 07 – Baixada Santista**

Corpo Hídrico	Coordenada N*	Coordenada L*	Município
Rio Pilões (28)	7.356.930	347.530	São Caetano do Sul
Rio Cubatão (29)	7.357.470	352.080	Cubatão
Rio Cubatão (30)	7.358.190	352.810	Cubatão
Rio Jurubatuba (31)	7.360.900	368.590	Santos

Legenda: \* Fuso 23 K – datum horizontal SAD 69.

Fonte: DAEE (2013).

**ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA**

O Decreto Estadual nº 10.755/77 estabelece como classe 1 na Baixada Santista (Ugrhi 07) vários trechos de rios, sendo de interesse para o presente estudo a definição que inclui nesta categoria “todos os cursos d’água do litoral desde a divisa dos municípios de Santos (hoje Bertioga) com São Sebastião até a divisa de Mongaguá e Itanhaém até a cota 50”. Os cursos d’água não mencionados e abaixo das cotas citadas estão compreendidos na classe 2.

Conforme estabelecido pela Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005 – Capítulo VI – Art. 42 -“Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atual forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente”. O canal do estuário de Santos e as águas costeiras do município de Guarujá até o momento não foram submetidas ao enquadramento, de forma que essa região compreende “águas salobras e salinas – classe 1”.

No **Quadro 10.1.8.2.3-1** abaixo é apresentada a classificação das águas segundo os usos preponderantes, de acordo com a Resolução Conama nº 357/05.

**QUADRO 10.1.7.2.3-1: Classificação das Águas Segundo os Usos Preponderantes**

Usos	Águas Doces Classe 2	Águas Salobras Classe 1	Águas Salinas Classe 1
Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado.	X	X	
À proteção das comunidades aquáticas.	X	X	X
À recreação de contato primário conforme Resolução Conama nº 274 de 2000.	X	X	X
À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.	X		
À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.		X	
À aquicultura e à atividade de pesca.	X	X	X

Fonte: Resolução Conama nº 357/05.

Essa mesma Resolução trata, no Capítulo I – Art. 2º, sobre a classificação dos corpos d’água de acordo com o teor de salinidade: as águas doces apresentam concentração de sais igual ou inferior a 0,5‰, as águas salobras entre 0,5 ‰ a 30 ‰ e as águas salinas igual ou superior a 30‰.



## **PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO**

No ano de 1999, a Cetesb realizou um amplo diagnóstico da região da Baixada Santista, avaliando a contaminação de águas, de sedimentos e das comunidades aquáticas. Verificou-se que o pólo industrial de Cubatão representava o principal foco gerador de produtos contaminantes para a zona do estuário, não apenas pela diversidade de poluentes emitidos, mas também pelo volume lançado, muito superior ao de outras fontes identificadas.

A bacia hidrográfica do rio Cubatão e o canal da Usiminas constituíam os mais importantes contribuintes de efluentes industriais. A deposição atmosférica a partir dos processos de combustão por indústrias também consistiam em importantes fontes geradoras de poluentes para o meio aquático, entre as quais Bifenilas Policloradas (PCBs), Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), dioxinas e furanos.

As cargas poluidoras de origem portuária foram consideradas diversificadas em virtude da ampla pauta de produtos manipulados pelos terminais, especialmente os de granéis líquidos. O tráfego constante de embarcações no canal de Piaçaguera, as operações de limpeza dos tanques e porões, os despejos de embarcações atracadas no porto e a perda de substâncias nas operações de carga e descarga de navios também geravam produtos contaminantes ao sistema hídrico.

Os passivos ambientais existentes no solo pela disposição irregular de resíduos sólidos industriais e por descarte de materiais dragados foram considerados fontes de alto risco para o ambiente estuarino e marinho, devido, sobretudo, à alta toxicidade, persistência e potencial de bioacumulação de alguns compostos. O lançamento de esgotos e resíduos domésticos não tratados na região representava expressiva carga de matéria orgânica, de nutrientes e de matéria fecal para o ambiente aquático.

Na época, verificou-se que os sedimentos apresentavam a maior variedade de contaminantes nas amostras realizadas. Na bacia de evolução da Usiminas (antiga Cosipa), tida como uma das mais críticas, foram computados valores elevados de PCBs, HPAs metais e fenóis.

Especificamente para os organismos aquáticos, detectou-se uma queda nos níveis de contaminação em relação a estudos anteriores efetuados na década de 80 para alguns metais (cádmio, chumbo, mercúrio) e compostos orgânicos (hexaclorobenzeno). Outros grupos de contaminantes que não haviam sido analisados anteriormente (PCBs, HPAs) apresentaram bioacumulação em várias espécies.

## **QUALIDADE DA ÁGUA**

De acordo com o Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo (CETESB, 2013), a avaliação da qualidade da água na Ugrhi 07 abrange águas interiores (doces), litorâneas e também águas salinas, as quais são monitoradas pelo programa de balneabilidade das praias. A Rede Básica de Monitoramento (RB) de águas doces contida na AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** inclui seis pontos de amostragem concentrados no município de Cubatão, conforme **Tabela 10.1.8.2.3-2**.

**TABELA 10.1.8.2.3-2: Pontos de Monitoramento da Cetesb na AII do Projeto Logum, Ugrhi 07 – Baixada Santista**

Código Cetesb	Coordenada N*	Coordenada L*	Corpo hídrico	Programa	Local	Município
CFUG02900**	7.358.677	352.112	Canal de Fuga II	RB	Canal de Fuga II da Usina Hidrelétrica Henry Borden na saída da turbina da Usina Externa.	Cubatão
CUBA02700**	7.357.382	351.843	Rio Cubatão	RB	Na ponte Preta, em frente à antiga Estação de Tratamento de Água do Rio Cubatão.	Cubatão
CUBA03900**	7.358.040	356.079	Rio Cubatão	RB	Ponte da estrada de ferro Santos-Jundiaí cerca de 1,5 Km a jusante da confluência com o Perequê.	Cubatão
MOJI02800**	7.361.364	359.385	Rio Moji	RB	Ponte na Rodovia Piaçaguera-Guarujá, que liga Cubatão a Guarujá.	Cubatão
PERE02900**	7.359.635	355.639	Rio Perequê	RB	No Rio Perequê, junto à captação da Carbocloro.	Cubatão
PIAC02700**	7.360.860	358.201	Rio Piaçaguera	RB	Ponte localizada na Usiminas, continuação da antiga Rua 3, Vila Parisi, 300m jusante Adubos Trevo.	Cubatão

Legenda: \* Fuso 23 K – datum horizontal SAD 69. \*\* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII. RB (Rede Básica).

Fonte: Cetesb – 2013.

Os resultados obtidos, descritos em termos de valores médios anuais de IQA, IAP e IET para o ano 2012, são relacionados a seguir na **Tabela 10.1.8.2.3-3**.

**TABELA 10.1.8.2.3-3: Resultados do Monitoramento das Águas na AII da Ugrhi 07 – Valores Médios (2012)**

Código Cetesb	Corpo hídrico	IQA		IAP		IET	
		Média	Classificação	Média	Classificação	Média	Classificação
CFUG02900**	Canal de Fuga II	82	Ótima	42	Regular	65	Supereutrófico
CUBA02700**	Rio Cubatão	68	Boa	67	Bom	45	Ultraoligotrófico
CUBA03900**	Rio Cubatão	59	Boa	-	-	-	-
MOJI02800**	Rio Moji	53	Boa	-	-	-	-
PERE02900**	Rio Perequê	64	Boa	-	-	42	Ultraoligotrófico
PIAC02700**	Rio Piaçaguera	38	Regular	-	-	61	Eutrófico

Legenda: \*\* Ponto de Monitoramento Cetesb na faixa da AII. IQA (Índice de Qualidade da Água); IAP (Índice da Qualidade da Água para Abastecimento Público); IET (Índice de Estado Trófico).

Fonte: Cetesb – 2013.

A qualidade da água no rio Piaçaguera (PIAC02700) aferida pelo IQA foi considerada, em média, Regular e o IET Eutrófico em 2012, devido ao aporte de esgotos doméstico e industrial. Neste rio, registram-se baixos índices de oxigênio dissolvido e elevadas concentrações de sólidos totais e de coliformes termotolerantes. Vale ressaltar que o rio Piaçaguera, neste ponto, vem apresentando melhora na qualidade das águas em comparação com anos anteriores, mas ainda foi registrada

toxicidade aguda (ensaios ecotoxicológicos com microcrustáceo) neste ambiente, conforme Cetesb<sup>199</sup> (2013).

Obteve-se um padrão de qualidade mais favorável no rio Perequê (PERE02900), bem como nos rios Cubatão (CUBA03900 e CUBA02700) e Mogi (MOJI02800). No Canal de Fuga II (CFUG02900), o IQA foi considerado Ótimo, enquanto que o IET revelou-se Supereutrófico na média obtida em 2012. Nesse mesmo ano, o IET foi considerado Ultraoligotrófico nos rios Cubatão (CUBA02700) e Perequê (PERE02900).

Os resultados do Índice de Vida Aquática – IVA em 2012 mantiveram-se, em média, em nível considerado Bom nos pontos CUBA02700 e PERE0299 e Ruim no Canal de Fuga (CFUG02900) e no rio Piaçaguera (PIAC02700). O IAP médio em 2012 foi enquadrado na categoria Regular no Canal de Fuga II (CFUG02900) e como Bom no rio Cubatão (CUBA02700).

O Desenhos apresentando os pontos de captação para abastecimento público, os pontos de monitoramento da Cetesb com análise de qualidade das águas no âmbito da AII, estão apresentados no **Volume 7 – Desenhos**.

### **10.1.8.3 ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (AID) E ÁREA DIRETAMENTE AFETADA (ADA)**

Neste item é apresentado o diagnóstico dos recursos hídricos superficiais da Área de Influência Direta – AID e da Área Diretamente Afetada - ADA do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**. O **Volume 7 – Desenhos** traz os mapas apresentando o traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos** sobre imagem com a informação dos pontos de monitoramento da Cetesb e pontos outorgados pelo Daee além do resultado da análise de suscetibilidade para os corpos d'água realizada para o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos** apresentada no **Volume 5 – Capítulo 11** deste EIA.

O Desenhos apresentando os pontos outorgados pelo Daee, incluindo de captação para abastecimento público, os pontos de monitoramento da Cetesb no âmbito da AID/ADA, estão apresentados no **Volume 7 – Desenhos**.

#### **10.1.8.3.1 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiá**

##### **Área de Influência Direta – AID**

A AID compreende, na Ugrhi 05 – Piracicaba, Capivari, Jundiá, a passagem pelas bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.

##### ***BACIA DO RIO PIRACICABA***

O percurso do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** na bacia do rio Piracicaba projeta-se inicialmente desde a estaca 0 até a estaca 17, e atravessará sequencialmente os municípios Paulínia e Campinas.

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, a partir do Complexo Petroquímico de Paulínia, especialmente da Refinaria de Paulínia – REPLAN (ligação com instalações existentes da Petrobras), acompanhará a linha de oleoduto OPASA. O empreendimento em análise transporá terrenos nitidamente marcados pela prática agrícola com a presença de chácaras de lazer que intensificam o processo de poluição e de contaminação das águas dessa bacia. Assim, as cargas poluidoras que atingem os corpos d'água da AID resultam dos efluentes domésticos lançados sem o adequado tratamento e das cargas difusas associadas a atividades agrícolas.

<sup>199</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** adentrará na porção periférica de Campinas projetando-se sobre terrenos marcados pela exploração agrícola e minerária, além de núcleos urbanos.

A rede de drenagem, na AID, é formada principalmente pelo rio Atibaia e os tributários de sua margem esquerda, além de contribuintes da margem esquerda do rio Piracicaba.

De acordo com o Decreto Estadual nº 10.755/77, os corpos d'água inseridos na AID dessa bacia são pertencentes, em grande parte, à classe 2, com exceção do ribeirão Quilombo, contribuinte da margem esquerda do rio Piracicaba, enquadrado na classe 3. De acordo com a Resolução Conama nº 357/05, as águas doces classe 2 são destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário e à irrigação. Os usos definidos para águas doces classe 3 são voltados ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, à irrigação de culturas, à pesca amadora, à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais.

No trecho do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** na bacia do rio Piracicaba, os usos das águas são voltados preponderantemente à recepção de efluentes domésticos e industriais, ocorrendo também captações superficiais e pontos de cruzamento de drenagens em rodovias. De acordo com Daee (2013), foi possível identificar nove pontos de outorga de lançamento entre as estacas 0 e 3 da dutovia, dispersos na drenagem do rio Atibaia, e seis pontos situados nas proximidades das estacas 6, 10, 12, 14 e 17. Foram computadas também cinco captações privadas superficiais e um barramento no segmento inicial da AID (km 0 a 3) e cinco captações privadas, à altura das estacas 6, 9, 10 e 17.

Neste segmento, as cargas poluidoras que atingem os corpos d'água relacionam-se à poluição difusa (agricultura), principalmente das chácaras, e de efluentes domésticos lançados sem o adequado tratamento, em função do intenso processo de ocupação urbana e rural, sobretudo no município de Campinas. Os ecossistemas aquáticos na AID são predominantemente lóticos.

A rede de amostragem adotada pela Cetesb (2013) na bacia do Piracicaba, na AID, não contempla pontos de monitoramento. Os locais mais próximos monitorados estão inseridos na AII do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** e correspondem aos pontos ATIB02300, situado no rio Atibaia, no canal de captação da Rhodia, e NUMA04900, no ribeirão Anhumas, próximo à foz do rio Atibaia, ambos no município de Paulínia. Conforme citado anteriormente no **item 10.1.8.2.1**, os dados médios de qualidade da água obtidos no ano de 2012 evidenciam IQA Bom no rio Atibaia (ATIB02300) e Regular, no ribeirão Anhumas (NUMA04900). Em ambos os cursos d'água não foi realizada a análise do IET em 2012.

No **Quadro 10.1.8.3.1-1**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia do rio Piracicaba, que compreende: a indicação da Ugrhi, a sub-bacia, o município, os marcos de quilometragem da dutovia, a rede de drenagem, os usos das águas, a classe de enquadramento das águas, as fontes mais relevantes de poluição, a qualidade da água e o regime hidrológico do sistema aquático.



**QUADRO 10.1.8.3.1-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Piracicaba – Ugrhi 05**

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da dutovia (estaca)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água*	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 05 Bacia do Rio Piracicaba	Paulínia	0 a 10	Rio Atibaia	Recepção de efluentes industriais/domésticos-rodovia	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes industriais/domésticos de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto industrial/doméstico - chácaras, detritos acumulados na rodovia	Lótico
			Tributários da margem esquerda do rio Atibaia	Recepção de efluentes industriais/domésticos-rodovia	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes industriais/domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto industrial/doméstico – aglomerados urbanos, lixo na rodovia	Lótico e lântico
	Campinas	10 a 17	Tributários da margem esquerda do rio Piracicaba	Recepção de efluentes domésticos – rodovia e chácaras e zona urbana	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico – agricultura e cidade	Lótico
			Ribeirão Quilombo (tributário da margem esquerda do rio Piracicaba)	Recepção de efluentes domésticos – rodovia e chácaras e zona urbana	Águas doces classe 3	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico – agricultura e cidade	Lótico
			Córrego Boa Vista (afluente da margem esquerda do ribeirão Quilombo - tributário da margem esquerda do rio Piracicaba)	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - chácaras, lixo na rodovia	Lótico e lântico
			Afluentes da margem esquerda do ribeirão Quilombo	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos- de chácaras) e difusa (efluentes agrícolas)	Influência de esgoto doméstico - chácaras, lixo na rodovia	Lótico e lântico

Legenda: \* Classificação conforme Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977.

**BACIA DO RIO CAPIVARI**

O percurso do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** na bacia do rio Capivari, na AID, está projetado desde a estaca 18 até a estaca 51, atravessando os municípios de Campinas, Valinhos, Vinhedo, Louveira e Itupeva, sucessivamente. A AID é drenada pelo ribeirão do Piçarrão ou do Castelo (estaca 19), pelo rio Capivari (estacas 26, 32 e 41) e pelos tributários de sua margem esquerda, como o ribeirão do Moinho ou do Tico (estacas 42 e 46), além do ribeirão Santo Antônio (estaca 50). Os ecossistemas aquáticos na faixa da AID são predominantemente lóticos.

Nesse trecho, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** tem como característica acompanhar o traçado da rodovia dos Bandeirantes (SP-348), em áreas nitidamente marcadas pela prática agrícola, além da presença de chácaras de lazer. Nas proximidades da estaca 22, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** transpõe o sítio urbano de Campinas até a estaca 32. A partir da estaca 34 até da estaca 51, o traçado se desenvolve em áreas agrícolas.

Na AID, na bacia do rio Capivari, as outorgas destinadas às captações superficiais para abastecimento público estão concentradas entre as estacas 42 e 43, e são destinadas ao abastecimento público nos municípios de Campinas e Vinhedo. São verificadas também 11 captações privadas à altura das estacas 30, 32, 36, 38, 46, 47 e 48. O levantamento no Daee (2013) apontou ainda a existência de dez outorgas para barramento nas proximidades das estacas 31, 33, 38, 46, 47, 48 e 50, além de oito lançamentos superficiais entre as estacas 30, 31, 32, 42 e 47.

De acordo com o Decreto Estadual nº10.755/77, os corpos d'água inseridos nesse trecho da AID são classe 2, à exceção do ribeirão do Piçarrão, que drena a área urbana de Campinas, enquadrado na classe 4, categoria que prevê usos menos exigentes das águas, tais como navegação e harmonia paisagística.

As cargas poluidoras que atingem os corpos d'água da AID podem ser provenientes das áreas de cultivos agrícolas, especialmente de cana-de-açúcar e pastagem, recebendo cargas poluidoras de origem pontual das áreas urbanas.

A rede de amostragem na bacia do Capivari adotada pela Cetesb<sup>200</sup> (2013) não inclui pontos de monitoramento na AID. Contudo, pode-se inferir a qualidade da água nesse trecho por meio de um ponto de monitoramento localizado no rio Capivari (CPIV02130) nas proximidades da AID que evidenciou, ao longo do ano de 2012, IQA médio classificado como Bom, IET Eutrófico e IAP enquadrado na categoria Ruim.

A seguir, no **Quadro 10.1.8.3.1-2**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia do rio Capivari.

<sup>200</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

**QUADRO 10.1.8.3.1-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Capivari – Ugrhi 05**

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da dutovia (estaca)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 5 - Bacia do Rio Capivari	Campinas	18 a 30	Ribeirão do Piçarrão ou do Castelo e afluentes das margens direita e esquerda	Recepção de efluentes domésticos – zona urbana	Águas doces classe 4	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de esgoto doméstico – chácara e zona urbana, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Rio Capivari e tributários das margens direita e esquerda	Recepção de efluentes domésticos – zona urbana	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de esgoto doméstico – zona urbana, detritos gerados na rodovia	Lótico e lântico
	Campinas/ Valinhos	30 a 40	Tributários das margens direita e esquerda do rio Capivari	Recepção de efluentes- rodovia e chácaras	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos) e cargas difusas (culturas temporárias e permanentes)	Influência de esgoto doméstico –chácaras, detritos gerados na rodovia e cargas difusas das zonas rurais	Lótico e lântico
			Rio Capivari	Recepção de efluentes sítios e chácaras, cultivos agrícolas	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos sítios e chácaras) e cargas difusas (culturas temporárias e permanentes)	Influência de esgoto doméstico chácaras, detritos gerados na rodovia, cargas difusas das zonas rurais	Lótico
	Vinhedo/Itupeva	40 a 51	Tributários das margens direita e esquerda do rio Capivari	Recepção de efluentes sítios e chácaras, cultivos agrícolas	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos sítios e chácaras) e cargas difusas (culturas temporárias e permanentes)	Influência de esgoto doméstico – chácaras, detritos gerados na rodovia, cargas difusas das zonas rurais	Lótico e lântico
	Vinhedo/Itupeva Louveira/Jundiáí		Ribeirão do Moinho ou do Tico e tributários de sua margem direita e esquerda	Recepção de efluentes sítios e chácaras, cultivos agrícolas	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos sítios e chácaras) e cargas difusas (culturas temporárias e permanentes)	Influência de esgoto doméstico – chácaras, detritos gerados na rodovia, cargas difusas das zonas rurais	Lótico e lântico
	Vinhedo/Itupeva Louveira/Jundiáí		Ribeirão Santo Antônio e contribuintes das margens direita e esquerda	Recepção de efluentes sítios e chácaras, cultivos agrícolas	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos sítios e chácaras) e cargas difusas (culturas temporárias e permanentes)	Influência de esgoto doméstico – chácaras, detritos gerados na rodovia, cargas difusas das zonas rurais.	Lótico e lântico

Legenda: \* Classificação conforme Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977.

### ***BACIA DO RIO JUNDIAÍ***

O sistema aquático da AID na bacia do Jundiaí inicia-se na estaca 51, passando predominantemente pelo município de Jundiaí, até as proximidades da estaca 75, onde faz divisa com Cajamar. Este trecho compreende principalmente o rio Jundiaí, bem como seus tributários das margens direita e esquerda.

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** nesta bacia segue em trajeto paralelo à rodovia dos Bandeirantes (SP-348) e à rodovia Anhanguera (SP-330), em áreas nitidamente industriais intercaladas por zonas agrícolas, além da presença de chácaras de lazer. À altura da estaca 57 encontra-se o Distrito Industrial de Jundiaí, que abriga grandes empresas dos mais variados segmentos.

Dentre os cursos d'água que drenam essa bacia encontram-se o córrego Chapadão, contribuinte da margem direita do rio Jundiaí, os córregos Terra Nova, Japi-Guaçu e Walquíria e o rio das Pedras, ocorrendo o predomínio de sistemas tipicamente lóticos. A drenagem de maior relevância é o rio Jundiaí que será interceptado pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** na estaca 57. No município de Jundiaí, o percurso do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** passará pela Área de Proteção Ambiental (APA) Jundiaí que se prolonga até Itupeva.

Ao longo do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** foram detectadas captações destinadas à captação superficial privada à altura das estacas 53, 58 e 61, em drenagem tributária da margem esquerda do rio Jundiaí. Na estaca 59 verificou-se uma outorga para lançamento superficial. Cabe destacar também as outorgas para barramento identificadas à altura das estacas 61, 67, 70 e 71. Não foram constatados pontos de captação para abastecimento público na AID.

De acordo com o Decreto Estadual nº 10.755/77, os cursos d'água desta bacia na AID são enquadrados na classe 2. As cargas poluidoras que atingem os corpos d'água da AID resultam dos efluentes domésticos lançados sem o adequado tratamento. Deve-se considerar também a presença das indústrias ao longo do eixo do traçado do empreendimento que interferem na qualidade das águas.

Embora a rede de amostragem adotada pela Cetesb (2013), na bacia do rio Jundiaí, não compreenda pontos de monitoramento na AID do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, devem prevalecer nos recursos hídricos as condições observadas no entorno no ponto JUMI00800, localizado no rio Jundiaí. Neste ponto, em 2012, o IQA médio foi considerado Ótimo, com IET Ultraoligotrófico e IAP classificado como Bom, indicadores que demonstram um bom nível de preservação da qualidade das águas.

A seguir, no **Quadro 10.1.8.3.1-3**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia do rio Jundiaí.



**QUADRO 10.1.8.3.1-3: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Rio Jundiá – Ugrhi 05**

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da dutovia (estaca)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água *	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 5 - Bacia do Rio Jundiá	Jundiá	51 a 60	Tributários da margem direita do rio Jundiá	Recepção de efluentes industriais	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes industriais)	Influência de esgoto industrial, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Córrego Chapadão	Recepção de efluentes industriais	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes industriais e efluentes domésticos de chácaras)	Influência de esgoto industrial e de efluentes domésticos, detritos gerados na rodovia.	Lótico
			Rio Jundiá	Pesca, recreação, recepção de efluentes domésticos e industriais-rodovia	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes industriais e efluentes domésticos de chácaras)	Influência de esgoto industrial e de efluentes domésticos, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Afluentes da margem esquerda do rio Jundiá	Recepção de efluentes industriais	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes industriais)	Influência de esgoto industrial, detritos gerados na rodovia	Lótico
		60 a 75	Córrego Walquíria	Recepção de efluentes industriais	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes industriais e efluentes domésticos de chácaras)	Influência de esgoto industrial e de efluentes domésticos, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Córrego Japi-Guaçu	Recepção de efluentes industriais	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes industriais e efluentes domésticos de chácaras)	Influência de esgoto industrial e de efluentes domésticos, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Rio das Pedras	Recepção de efluentes industriais	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes industriais e efluentes domésticos de chácaras)	Influência de esgoto industrial e de efluentes domésticos, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Córrego Terra Nova	Recepção de efluentes industriais	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes industriais e efluentes domésticos de chácaras)	Influência de esgoto industrial e de efluentes domésticos, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Afluentes da margem esquerda do rio Jundiá	Recepção de efluentes industriais	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes industriais)	Influência de esgoto industrial, detritos gerados na rodovia	Lótico

Legenda: \* Classificação conforme Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977.

## **Área Diretamente Afetada - ADA**

### ***BACIA DO RIO PIRACICABA***

O traçado do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** na ADA abrange desde a estaca 0 até a estaca 17, passando pelos municípios de Paulínia e Campinas até atingir a bacia do rio Capivari. No total, estão previstas 13 intercepções de drenagens na bacia do Piracicaba. No primeiro quilômetro do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** haverá a intercepção do rio Atibaia, seguida pelos seus tributários da margem esquerda. Na sequência, serão cruzados os afluentes da margem esquerda do rio Piracicaba e do rio Quilombo.

Foram inspecionados nessa bacia cinco pontos em diferentes cursos d'água, em julho de 2013, no período seco. Em geral, as drenagens analisadas apresentaram largura variável, com mínimo de 2,0 m (córrego Boa Vista, seu afluente e córrego da Fazenda) e máximo de 50 m (rio Atibaia). A maior parte dos cursos d'água a ser interceptada não possui obras de arte.

A ocupação do entorno é predominantemente rural (pastagens, agricultura, cultivo de eucalipto), porém, notam-se trechos de ocupação urbana em Campinas, destacando algumas indústrias no entorno. De forma geral, a mata ciliar encontra-se alterada em quase todos os cursos d'água, com exceção do rio Atibaia (ponto 2A), que apresentou mata ciliar preservada. Esse padrão de ocupação, associado à presença da rodovia dos Bandeirantes (SP-348), faz com que os corpos d'água a serem interceptados pela dutovia apresentem, geralmente, mata ciliar alterada ou inexistente, o que se reflete na qualidade das águas.

O levantamento de outorgas não apontou a presença de captações, lançamentos superficiais e barramentos na ADA. Contudo, foram observadas dez outorgas para usos de travessia nas proximidades da ADA, nas estacas 1, 14, 15, 16 e 17, além de um ponto de usos diversos na estaca 8. No **Quadro 10.1.8.3.3-2**, são apresentadas as informações obtidas na inspeção dos recursos hídricos superficiais da ADA da bacia do rio Piracicaba.

### ***BACIA DO RIO CAPIVARI***

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** na bacia do Capivari na ADA abrange 33 km (estacas 18 à 51) e passa por Campinas, Valinhos, Vinhedo, Louveira e Itupeva, acompanhando a rodovia dos Bandeirantes (SP-348) em áreas predominantemente agrícolas.

A partir da estaca 17 até a estaca 31, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** interceptará a drenagem tributária da margem direita do rio Capivari, com destaque especial para o ribeirão do Piçarrão ou do Castelo. O principal curso d'água da ADA nessa bacia, o rio Capivari, é interceptado nas estacas 26 (ponto 82), 32 (ponto 99) e 41 (ponto 128). Destacam-se também o ribeirão do Moinho ou do Tico (estaca 42) e o ribeirão Santo Antônio (estaca 51), além dos tributários da margem esquerda do rio Capivari.

No total, estão previstas 34 travessias de drenagens na bacia do Capivari. Conforme **Quadro 10.1.8.3.3-2**, foram inspecionados 17 pontos, em diferentes cursos d'água, incluindo o rio Capivari, nos meses de fevereiro, maio de 2010 e em julho de 2013.

Em geral, as drenagens analisadas apresentaram largura variável, a partir de 0,5 m, no ribeirão do Moinho, com máximo de aproximadamente 500 m, no açude próximo à travessia de drenagem nº 149. A maior parte dos cursos d'água a serem interceptados possui obras de arte, com destaque para as estradas e pontes.

A ocupação do entorno é predominantemente rural, pastagens e agricultura, intercaladas com pequenos núcleos populacionais. Este padrão de ocupação, associado à presença da rodovia dos Bandeirantes, resulta geralmente em mata ciliar alterada ou ausente, refletindo na qualidade das águas com moderado e elevado grau de turbidez, conforme observado na maioria dos cursos d'água inspecionados, incluindo o rio Piracicaba (**Quadro 10.1.8.3.3-2**).

Na ADA, foi observada somente uma outorga à altura da estaca 42, destinada à travessia. Contudo, nas proximidades da faixa da ADA, detectou-se uma outorga de captação privada (estaca 38), três outorgas para usos diversos (estacas 22, 41 e 42), além de sete outorgas para travessias (estacas 19, 22, 24, 15 e 26). Cabe destacar que não foram constatadas outorgas para barramento, lançamento superficial e captação para abastecimento público na ADA.

No **Quadro 10.1.8.3.3-2** constam as drenagens vistoriadas na bacia do rio Capivari, ao fim do presente item.

### ***BACIA DO RIO JUNDIAÍ***

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** nesse trecho da ADA seguirá por 23 km (da estaca 51 à estaca 75), passando por Jundiaí e Cajamar até atingir a Ugrhi 06, nas proximidades dos limites desses municípios.

Entre as estacas 52 e 58, o empreendimento interceptará os tributários da margem direita do rio Jundiaí, com destaque para o córrego Chapadão. O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** também irá sobrepor o rio Jundiaí, principal corpo d'água da ADA nessa bacia, na estaca 57. A partir deste ponto, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** irá cruzar os tributários da margem esquerda do rio Jundiaí, com destaque para os córregos Walquíria, Japi-Guaçu, rio das Pedras e Terra Nova.

No total, estão previstos 26 cruzamentos de drenagens na bacia do Jundiaí. Conforme **Quadro 10.1.8.3.3-2**, foram inspecionados em campo seis cursos d'água, em julho de 2013, no período seco. Em geral, as drenagens analisadas apresentaram largura variável entre 1,0 m e 15 m. A maior parte dos cursos d'água não possui obras de arte, com exceção de retificações no córrego da Walquíria. A ocupação do entorno é variada entre o rural (pastagens, agricultura, cultivo de eucalipto) e o urbano, destacando-se a zona industrial de Jundiaí. A mata ciliar encontra-se preponderantemente alterada ao longo do trajeto inspecionado.

Nas proximidades da ADA, verifica-se um maior número de outorgas relacionadas aos usos diversos e de travessias superficiais, além de autorização para lançamento superficial, à altura da estaca 59. Não há barramentos e captações superficiais nas proximidades da ADA dessa bacia.

No **Quadro 10.1.8.3.3-2**, são indicadas as informações obtidas nos recursos hídricos superficiais da ADA da bacia do rio Jundiaí.

### **10.1.8.3.2. Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 06 – Alto Tietê**

#### ***Área de Influência Direta – AID***

A AID compreende, na Ugrhi 06 – Alto Tietê, o cruzamento das bacias Juqueri-Cantareira, Pinheiros-Pirapora, Cotia-Guarapiranga, Billings-Tamanduateí e Alto Tietê-Cabeceiras.

#### ***BACIA DO JUQUERI - CANTAREIRA***

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** na bacia Juqueri-Cantareira perfaz uma extensão de 15 km, no território municipal de Cajamar, onde alcança os limites da bacia Pinheiros-Pirapora, à altura da estaca 90, em trecho paralelo ao oleoduto da Petrobras. A rede de drenagem na AID tem como arranjo os contribuintes da margem direita do rio Juqueri-Mirim, ribeirão dos Cristais, córrego do Itaim e o rio Juqueri, principal corpo hídrico na AID, que será transposto pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** à altura da estaca 88.

Na AID do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, que representa a porção mais ao norte da Ugrhi 06, a bacia do Juqueri-Cantareira atua como contribuinte da bacia Pinheiros-Pirapora, refletindo nos aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos desta última.

Na AID do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, foram constatadas quatro outorgas para lançamento superficial, distribuídas na altura das estacas 82 e 85. Verificou-se também a ocorrência de uma captação superficial privada na estaca 82 e duas outorgas para barramento, na estaca 75 e nas proximidades do rio Juqueri (estaca 88).

De acordo com o Decreto Estadual nº10.755/77, predomina nesse trecho da AID o enquadramento das drenagens na classe 3, entre as quais o rio Juqueri e seus afluentes desde a barragem da Sabesp em Franco da Rocha até a barragem de Pirapora. As águas dessa bacia são destinadas à recepção de efluentes domésticos e industriais.

Não foram encontrados pontos de monitoramento da Cetesb na AID. Contudo, foram observados dois pontos de monitoramento, nas proximidades da AID (na AII), localizados no rio Juqueri (JQRI03800) e no ribeirão dos Cristais (CRIS03400). A análise da qualidade da água no ribeirão dos Cristais aponta IQA e IAP enquadrados na categoria Boa e baixo nível de trofia neste manancial, com IET médio Ultraoligotrófico. Em contraste, no rio Juqueri, os dados do IQA sugerem interferências na qualidade da água decorrentes do aporte de esgotos domésticos, o que resultou em IQA médio Ruim.

A seguir, no **Quadro 10.1.8.3.2-1**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia do Juqueri-Cantareira.



**QUADRO 10.1.8.3.2-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Juqueri-Cantareira – Ugrhi 06**

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da dutovia (estaca)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água *	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 6 - Bacia do Juqueri-Cantareira	Cajamar	75 a 80 (Folha 15)	Contribuintes da margem direita do rio Juqueri Mirim	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 3	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos - chácara e industriais)	Influência de esgoto doméstico - chácara e industrial, detritos gerados na rodovia	Lótico e lêntico
		80 a 90 (Folhas 15, 16 e 17)	Ribeirão dos Cristais	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 3	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos - chácara e industriais)	Influência de esgoto doméstico - chácara e industrial, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Córrego do Itaim	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 3	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos - chácara)	Influência de esgoto doméstico - chácara, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Contribuintes sem denominação da margem direita do rio Juqueri	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 3	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos - chácara)	Influência de esgoto doméstico - chácara, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Rio Juqueri	Recepção de efluentes domésticos-rodovia	Águas doces classe 3	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos - chácara)	Influência de esgoto doméstico - chácara, detritos gerados na rodovia	Lótico

Legenda: \* Classificação conforme Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977.

**BACIA DO PINHEIROS-PIRAPORA**

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** nessa região se estende desde a estaca 90 até a estaca 112, cruzando os municípios de Santana de Parnaíba, Barueri, Carapicuíba, Osasco e São Paulo, sucessivamente. À altura da estaca 279 encontra-se um ponto de interligação do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** e a partir deste o empreendimento seguirá paralelo à divisa das bacias Pinheiros – Pirapora e Billings – Tamanduateí até a estaca 300+155m, passando pelo terminal da Raízen Combustíveis (antiga Shell) até o terminal de São Paulo da Petrobras – TESP, atravessando os territórios municipais de São Paulo, Mauá, Santo André e São Caetano do Sul.

Na estaca 281 do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** encontra-se a Central de Tratamento de Resíduos Leste (CTL), na área de mata atlântica da Zona Especial de Preservação Ambiental (ZEPAM).

A bacia do Pinheiros-Pirapora, na AID do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, que representa a porção central da Ugrhi 6, atua como receptora final das ações desenvolvidas a montante (bacias Juqueri-Cantareira e Alto Tietê Cabeceiras, dentre outras), tanto sob os aspectos quantitativos como qualitativos.

A rede de drenagem da AID, nessa bacia, compreende os contribuintes da margem esquerda do rio Juqueri, o rio Tietê, o ribeirão Carapicuíba, os córregos Fazenda Velha, Três Irmãos e Itaim e o ribeirão do Oratório, dentre outros. Na estaca 101+700m, ocorrerá a transposição do rio Tietê, nas proximidades da confluência com o córrego Três Irmãos, em sua margem direita. Os ecossistemas aquáticos na AID são predominantemente lóticos.

As outorgas concedidas pelo Daee na faixa da AID são voltadas principalmente aos lançamentos superficiais, compreendendo um total de dez outorgas, distribuídas nas proximidades das estacas 95, 97, 99, 101 (rio Tietê), 102 e 104. Cabe destacar também a presença de captações de uso privado nas estacas 97, 98 e um barramento no ribeirão Carapicuíba, nas proximidades da estaca 105.

Conforme o Decreto Estadual nº10.755/77 verifica-se que a maioria dos cursos d'água da bacia do Pinheiros-Pirapora é enquadrado na classe 4, constituindo exceções os contribuintes do rio Juqueri, considerados classe 3.

A rede de amostragem adotada pela Cetesb (2013) engloba dois pontos na AID, denominados NINO04900 (ribeirão dos Meninos) e TAMT04600 (rio Tamanduateí), ambos apresentando classificação Péssima para o IQA.

A seguir, no **Quadro 10.1.8.3.2-2**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia do Pinheiros – Pirapora.

**QUADRO 10.1.8.3.2-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Pinheiros – Pirapora – Ugrhi 06**

Ugrhi/	Município	Marcos da dutovia (estaca)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água *	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 6 - Bacia do Pinheiros-Pirapora	Santana de Parnaíba/Barueri	90 a 100	Contribuintes da margem esquerda do Rio Juqueri	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 3	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos da cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, detritos gerados na rodovia	Lótico
	Barueri/Osasco/Carapicuíba/ São Paulo	100 a 112	Rio Tietê	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 4	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos da cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Córrego Três Irmãos	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 4	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos da cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Ribeirão Carapicuíba	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 4	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos da cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Tributários das margens direita e esquerda do ribeirão Carapicuíba	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 4	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos da cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Córrego Fazenda Velha	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 4	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos da cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Córrego Itaim	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 4	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos - chácaras)	Influência de esgoto doméstico - chácaras, detritos gerados na rodovia	Lótico
	São Paulo/Mauá /Santo André	279 a 290	Ribeirão do Oratório e córregos canalizados	Recepção de efluentes domésticos e industriais e cargas difusas	Águas doces classe 4	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos da cidade e industriais) e cargas difusas	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial	Lótico

Legenda: \* Classificação conforme Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977.

**BACIA DO RIO COTIA-GUARAPIRANGA**

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** na bacia do rio Cotia-Guarapiranga está previsto desde a estaca 112 até a estaca 146, atravessando os municípios de Cotia, Embu, Itapeverica da Serra, Embu-Guaçu e São Paulo, sucessivamente.

Entre os cursos d'água que serão interceptados pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** destacam-se os tributários das margens direita e esquerda do rio Embu-Mirim (entre as estacas 118 e 119), o rio Embu-Mirim (estaca 120), o ribeirão Tapera (estaca 123), o córrego da Lagoa (estaca 125), os ribeirões Itaquaxira (estaca 130), o reservatório Guarapiranga (entre as estacas 136 e 137) e seus tributários diretos, os ribeirões Itaim (estaca 146) e Caulim (estaca 143), entre outros. Os ecossistemas aquáticos na AID são predominantemente lóticos, tendo destaque também o sistema lântico formado pelo reservatório Guarapiranga.

Na AID na bacia do rio Cotia-Guarapiranga foram identificadas nove captações privadas, sendo três situadas na estaca 125 (duas destas no córrego Valo Velho), duas na estaca 143 (tributários da margem esquerda do ribeirão Caulim), e uma na estaca 125 (rio Embu-Mirim), 130, 137 (reservatório Guarapiranga) e 141. Registraram-se também dez outorgas para barramento, das quais seis encontram-se no córrego do Valo Velho (estaca 125) e quatro na estaca 142. Detectaram-se ainda outorgas destinadas ao lançamento superficial à altura das estacas 111, 116 e 119.

De acordo com o Decreto Estadual nº10.755/77, a maioria dos corpos d'água inseridos na AID dessa bacia é classe 2 e classe 1, com exceção do córrego Carapicuíba e dos seus tributários, enquadrados na classe 4. Conforme citado, as águas classes 1 e 2 são destinadas principalmente ao abastecimento público após tratamento convencional, à proteção da vida aquática, à recreação de contato primário e à irrigação de hortaliças e frutas.

Em todo o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** nessa bacia, localizado em área de proteção aos mananciais, observam-se ocupações desordenadas e chácaras de lazer que intensificam o processo de poluição e de contaminação das águas dessa região. Reforçando esta situação, nesse segmento destaca-se a presença do trecho sul do Rodoanel.

Não foram constatados pontos de monitoramento da Cetesb (2013) na AID. Nesse sentido, a qualidade das águas foi caracterizada por meio dos pontos de monitoramento inseridos nos cursos d'água na AII mais próximos à AID, correspondentes ao rio Embu-Mirim (EMMI02900), reservatório Guarapiranga (GUAR00100) e rio Embu-Guaçu (EMGU00800).

Nestes pontos, o IQA variou em média ao longo do ano de 2012 entre Regular (EMMI02900) e Bom (GUAR00100 e EMGU00800). O IET foi classificado como Mesotrófico nos pontos EMMI02900 e GUAR00100, ocorrendo uma redução no nível de trofia no rio Embu-Guaçu (EMGU00800), classificado como Ultraoligotrófico.

A seguir, no **Quadro 10.1.8.3.2-3**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia do Cotia-Guarapiranga.



**QUADRO 10.1.8.3.2-3: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Cotia – Guarapiranga – Ugrhi 06**

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da dutovia (estaca)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água *	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 6 - Alto Tietê / Bacia do Cotia – Guarapiranga	Cotia	112-120	Córrego Carapicuíba	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 4	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Tributários das margens direita e esquerda do Córrego Carapicuíba	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 4	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico - cidade e industrial, detritos gerados na rodovia	Lótico
	Embu/Cotia		Tributários da margem esquerda do rio Embu-Mirim	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos de chácara).	Influência de esgoto doméstico - chácaras	Lótico
	Embu		Rio Embu-Mirim	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos - cidade e chácaras).	Influência de esgoto doméstico - cidade e chácaras	Lótico
	Embu/Itapecerica da Serra	120 a 130	Ribeirão Tapera	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos de chácara).	Influência de esgoto doméstico - chácaras	Lótico
	Itapecerica da Serra		Rio Embu-Mirim e contribuintes de sua margem direita e esquerda	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos - cidade e chácaras)	Influência de esgoto doméstico - cidade e chácaras	Lótico
	Embu		Córrego Valo Velho	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos - cidade e chácaras)	Influência de esgoto doméstico - cidade e chácaras	Lótico

**QUADRO 10.1.8.3.2-3: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Cotia – Guarapiranga – Ugrhi 06**

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da dutovia (estaca)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água *	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 6 - Alto Tietê / Bacia do Cotia – Guarapiranga	Itapecerica da Serra	130 a 146	Córrego da Lagoa	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos-cidade)	Influência de esgoto doméstico - cidade	Lótico
			Ribeirão Itaquaxira	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos-cidade)	Influência de esgoto doméstico - cidade	Lótico
	Itapecerica da Serra/São Paulo		Tributários do reservatório Guarapiranga	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 1	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos-cidade)	Influência de esgoto doméstico - cidade	Lótico
	Itapecerica da Serra/Embu-Guaçu/São Paulo		Reservatório Guarapiranga	Pesca, atracamento de barcos de pesca, marinas, recreação, recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 1	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos - cidade)	Influência de esgoto doméstico - cidade	Lêntico
	São Paulo		Tributários do reservatório Guarapiranga	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 1	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos-cidade)	Influência de esgoto doméstico - cidade	Lótico
			Ribeirão Caulim	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 1	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos de cidade e chácaras).	Influência de esgoto doméstico - cidade e chácaras	Lótico
			Ribeirão Itaim	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 1	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos - chácaras)	Influência de esgoto doméstico - chácaras	Lótico

Legenda: \* Classificação conforme Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977.

**BACIA DA BILLINGS-TAMANDUATEÍ**

O percurso do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** no sistema aquático na faixa da AID na bacia da Billings-Tamanduateí inicia-se no município de São Paulo à altura da estaca 146 da dutovia e se desenvolve em direção à São Bernardo do Campo onde atinge a estaca 171. Ainda neste município, à altura da estaca 201, encontra-se um ponto de interligação, e o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** passa a percorrer novamente a bacia Billings-Tamanduateí, no compartimento Rio Pequeno, e se desenvolve em direção ao município de Santo André, até a estaca 237.

No Estação Intermediária de Bombeamento com Tancagem, à altura da estaca 279, a partir deste a dutovia seguirá paralelo à divisa das bacias Pinheiros – Pirapora e Billings – Tamanduateí até a estaca 300+155m, e passará pelo terminal da Raízen Combustíveis (antiga Shell) até o terminal de São Paulo da Petrobras – TESP, atravessando os territórios municipais de São Paulo, Mauá, Santo André e São Caetano do Sul.

Esta área tem como aspecto marcante o fato de o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** atravessar longos trechos contínuos de corpos d'água lânticos, representados pelos braços do reservatório Billings, inseridos na Área de Proteção e Recuperação de Mananciais – APRMs da Billings. Transpõe também drenagens tributárias diretas deste reservatório, tais como o córrego Zeulling e o ribeirão da Varginha (estacas 147 a 148). Dos cursos d'água que compõem a rede de drenagem na AID destaca-se também o ribeirão da Estiva (estaca 219), no qual consta uma captação de água, operada pela Sabesp, que abastece a população do município de Rio Grande da Serra.

Esse segmento da dutovia tem ainda como característica relevante o fato de seu traçado percorrer o trecho sul do Rodoanel Mário Covas (SP-021), até a estaca 153, e interceptar as rodovias SP 160 (Interligação Anchieta-Imigrantes), na estaca 158, e SP 51 (Via Anchieta), na estaca 169.

As outorgas concedidas pelo DAEE integrantes da AID evidenciam duas captações privadas na estaca 146, duas na estaca 151, uma na estaca 148 (córrego Zeulling) e outra na estaca 154. Foram observadas ainda duas outorgas para lançamento superficial nas proximidades da estaca 217 e três pontos de barramento (estacas 219 e 224), além de uma outorga de captação para abastecimento público, à altura da estaca 219.

As águas da AID, no contexto da bacia Billings-Tamanduateí, são destinadas principalmente ao abastecimento doméstico, à recreação, proteção da vida aquática, pesca, marinas e, de acordo com o Decreto Estadual nº10.755/77, a maior parte dos cursos águas na AID é enquadrada na classe 1, com exceção do rio Tamanduateí (classe 4) e de alguns cursos d'água indicados no **Quadro 10.1.8.3.2-4**, tais como o córrego Zeulling, enquadrados na classe 2.

As cargas poluidoras que atingem os corpos d'água da AID resultam dos efluentes domésticos lançados na RMSP sem o adequado tratamento. Com exceção do braço do rio Grande, a qualidade das águas desse sistema, no trecho considerado, é fortemente influenciada pelo processo de reversão das águas do canal de Pinheiros e do rio Tietê. O desmatamento no entorno desse manancial tem intensificado o assoreamento e favorecido o crescimento de macrófitas aquáticas.

A qualidade da água na AID é avaliada pela Cetesb através dos pontos BILL02500 (reservatório Billings), situado na estaca 158, e TAMT04500 (rio Tamanduateí). No monitoramento de 2012, no ponto BILL02500, as águas foram consideradas eutróficas, com IQA médio anual Bom, enquanto que no ponto TAMT04500 o IQA foi considerado Péssimo (CETESB, 2013<sup>201</sup>).

No ponto de monitoramento da Cetesb no reservatório Billings (BILL02500), foi observada variabilidade do oxigênio dissolvido. Os valores muito baixos devem-se à quebra da estratificação

<sup>201</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

térmica enquanto as altas concentrações são devidas ao *bloom* de algas e indicam o estado de eutrofização, favorecido pelas cargas poluidoras afluentes ao reservatório Billings por meio do bombeamento das águas do rio Pinheiros para controle de cheias. Também foram constatados valores de pH acima do limite máximo estabelecido pela legislação em diversos momentos neste ponto (CETESB, 2013).

No âmbito do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Comgás (COMGÁS, 2011<sup>202</sup>) foram avaliados dois pontos na AID (Pontos P02 e P03), por meio de uma campanha desenvolvida em novembro de 2010.

Os dados obtidos no corpo central do reservatório Billings, no ponto P02, evidenciam níveis acentuados de oxigênio dissolvido (10,7 mg/L) e de clorofila-a (46,5 µg/L). Merece destaque a elevada concentração de cloro total observada (0,13 mg/L), que ultrapassa, em grande escala, o limite estipulado pela legislação (0,01 mg/L) para águas doces classe 1, devido provavelmente ao lançamento de cloro nas águas do reservatório Billings para conter a proliferação de patógenos e algas. No ponto P02 não foi observada nessa campanha a presença de materiais flutuantes, óleos e graxas e resíduos sólidos objetáveis, estando estas variáveis em conformidade com a Resolução Conama nº 357/05.

A análise da qualidade da água, no braço rio Pequeno do reservatório Billings (ponto P03), apontou como principais interferências os teores expressivos de clorofila-a (17,1 µg/L) e de cloro total (0,13 mg/L), em desconformidade com o valor máximo permitido pela Resolução Conama nº 357/05. Neste ponto, assim como no P02, não foram observados materiais flutuantes, óleos e graxas e resíduos sólidos objetáveis, conforme definido pela legislação vigente.

Na análise dos sedimentos verificou-se que todos os parâmetros considerados, incluindo os metais cobre, zinco, chumbo, cromo e níquel e pesticidas organoclorados, dentre outros, mantiveram-se em conformidade com o limite estipulado pela Resolução Conama nº 454/12, no reservatório Billings (P02). No braço rio Pequeno do reservatório Billings (P03), foi registrado um maior número de parâmetros em desconformidade com a Resolução Conama nº 454/12, observando-se ultrapassagem do nível 1 para os metais chumbo (40,8 mg/kg), cobre (40 mg/kg), cromo (151,8 mg/kg) e níquel (50,5 mg/kg).

Comparando os dados da Comgás (P02) com os resultados do ponto BILL02500, que situa-se nas imediações do ponto P02, é possível observar similaridades entre os resultados. Reproduzindo a mesma condição detectada no P02, os dados da Cetesb evidenciam em 2010 teores acentuados de oxigênio dissolvido (7,4 mg/L), compatíveis com a legislação, e de clorofila (37 µg/L), extrapolando o padrão legal (CETESB, 2011). Os resultados mais recentes da Cetesb (2013) apontam uma elevação nos teores de clorofila (64 µg/L) e de oxigênio dissolvido (8,2 mg/L) em 2012 quando comparado ao ano de 2010. Cabe destacar que a maior parte dos parâmetros monitorados pela Cetesb no ponto BILL02500, em 2012, atendeu aos padrões estabelecidos pela Resolução Conama nº 357/05 (CETESB, 2013).

Dentre as estações monitoradas pela Sabesp (2014), o ponto BL101, posicionado na entrada do braço Taquacetuba (BL101) merece maior atenção, pois está posicionado nas proximidades da faixa da AID. Neste ponto, verificou-se baixo índice de turbidez (25,9 UNT) e de condutividade (107,4 µS/cm) em dezembro de 2013. O pH manteve-se alcalino (9,37) e extrapolou o padrão da Resolução Conama nº 357/05.

No estudo conduzido por Hortellani *et al.*<sup>203</sup> (2013), foram amostrados cinco pontos no reservatório Billings, situados na faixa da AID do projeto em análise. Nesses pontos, detectaram níveis de cádmio, mercúrio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco acima dos limites PEL (*Probable*

<sup>202</sup> COMPANHIA DE GÁS DE SÃO PAULO – COMGÁS. Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto ao Meio Ambiente – RIMA do Sistema de Distribuição de Gás Natural – Reforço RETAP, para a Região Metropolitana de São Paulo, SP, Fevereiro/2011.

<sup>203</sup> HORTELLANI, MARCOS A. et al. Assessment of metal concentration in the Billings Reservoir sediments, São Paulo State, Southeastern Brazil. J. Braz. Chem. Soc. 2013, vol.24, n.1, pp. 58-67.



*Effect Level*) e TEL (*Threshold Effect Level*), que indicam a possibilidade de ocorrência de efeito adverso à comunidade biológica, de acordo com agência ambiental do Canadá (*Environment Canada*, 1995).

A seguir, no **Quadro 10.1.8.3.2-4**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia da Billings-Tamanduateí.

**QUADRO 10.1.8.3.2-4: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia da Billings - Tamanduateí – Ugrhi 06**

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da dutovia (estaca)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água *	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 06 – Alto Tietê/Bacia da Billings – Tamanduateí	São Paulo	146 a 150	Córrego Zeulling	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 2	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos - chácaras)	Influência de esgoto doméstico - chácaras	Lótico
			Ribeirão Varginha/ reservatório Billings	Pesca, atracamento de barcos de pesca, marinas, recreação, recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 2	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos de chácaras e industriais de marinas).	Influência de esgoto doméstico, lixo, e das águas revertidas do rio Pinheiros	Lótico/lêntico
			Reservatório Billings (braço Taquacetuba)	Pesca, atracamento de barcos de pesca, marinas, recreação, recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 1	Área de proteção aos mananciais receptora de cargas de origem pontual (efluentes domésticos de chácaras e industriais de marinas).	Influência de esgoto doméstico – chácaras, e industrial - marinas	Lótico/ lêntico
	São Paulo/São Bernardo do Campo	150 a 160	Reservatório Billings	Pesca, atracamento de barcos de pesca, marinas, recreação, recepção de efluentes domésticos e industriais, geração de energia	Águas doces classe 1	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos de chácaras e industriais de marinas)	Influência de efluentes domésticos. Monitoramento Cetesb Ponto BILL 02500-IQA Bom	Lótico/ lêntico
	São Bernardo do Campo		Tributários do reservatório Billings (braços Capivari, Pedra Branca e rio Grande)	Recepção de efluentes domésticos- rodovia	Águas doces classe 1	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos de chácaras)	Influência de esgoto doméstico – chácaras, detritos gerados na rodovia	Lótico/ lêntico
	São Bernardo do Campo	160 a 171	Tributários (braço Capivari) do Reservatório Billings	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 1	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de esgoto doméstico – chácaras	Lótico/ lêntico
			Tributários (braço Rio Pequeno) do Reservatório Billings	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 1	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de esgoto doméstico – chácaras	Lótico/ lêntico
			Tributários (rio das Pedras) do Reservatório Billings	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 1	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de esgoto doméstico – chácaras	Lótico/ lêntico

**QUADRO 10.1.8.3.2-4: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia da Billings - Tamanduateí – Ugrhi 06**

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da dutovia (estaca)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água *	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 06 – Alto Tietê/Bacia da Billings – Tamanduateí	São Bernardo do Campo/ Santo André	201 a 210	Tributários (braço Rio Pequeno) do Reservatório Billings	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 1	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de esgoto doméstico – chácaras	Lótico/ lêntico
			Contribuintes do Rio Pequeno	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 1	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de esgoto doméstico – chácaras	Lótico
			Tributários (rio das Pedras) do Reservatório Billings	Recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 1	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos)	Influência de esgoto doméstico – chácaras	Lótico/ lêntico
	Santo André/Rio Grande as Serra	210 a 220	Contribuintes do Rio Pequeno (Reservatório Billings)	Pesca, lazer, recepção de efluentes domésticos	Águas doces classe 1	Cargas difusas e pontuais	Influência de esgoto doméstico e de cargas difusas	Lótico/ lêntico
			Contribuintes do Rio Grande	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 2	Cargas difusas e pontuais	Influência de esgoto doméstico e industriais e de cargas difusas	Lótico
			Ribeirão da Estiva	Abastecimento público	Águas doces classe 2	Cargas difusas e pontuais	Influência de esgoto doméstico – chácaras	Lótico
	Rio Grande da Serra/ Ribeirão Pires	220 a 237	Córrego Itaim e Ribeirão Trapoá	Recepção de efluentes domésticos, pesca e lazer	Águas doces classe 2	Cargas difusas e pontuais	Influência de esgoto doméstico e de cargas difusas	Lótico
	Santo André/ São Caetano do Sul	289 a 299	Rio Tamanduateí e contribuintes de sua margem direita e esquerda	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 4	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos e industriais)	Influência de esgoto doméstico e industriais	Lótico

Legenda: \* Classificação conforme Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977.

### ***BACIA DO ALTO TIETÊ-CABECEIRAS***

O percurso do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** na AID na bacia do Alto Tietê-Cabeceiras se projeta desde a estaca 237 até a estaca 278, onde se encontra o Terminal Guarulhos (Transpetro), na faixa de dutos da Petrobras, passando pelos territórios municipais de Ferraz de Vasconcelos, Suzano, Mogi das Cruzes, Itaquaquecetuba e Guarulhos.

Nesse segmento, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** passará por zonas altamente adensadas e industrializadas da região metropolitana de São Paulo e pela APA Várzea do Rio Tietê (estaca 253). Encontram-se também importantes sistemas viários na AID, dentre os quais as rodovias Índio Tibiriçá (SP-31), Henrique Eroles (SP-66) e Governador Carvalho Pinto (SP-70), que serão interceptadas pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** à altura das estacas 248, 252 e 272, respectivamente.

A AID é drenada pelo rio Guaió, tributário da margem esquerda do rio Tietê, pelo rio Jaguari, contribuinte da margem direita do rio Tietê, pelo próprio rio Tietê, além de outros cursos d'água afluentes das margens direita e esquerda do rio Tietê. Cabe destacar que, na faixa da AID, o rio Tietê é interceptado à altura da estaca 253.

Na bacia do Alto Tietê-Cabeceiras, foram computados dez pontos de captação superficial privada outorgados ao longo da AID, distribuídos nas estacas 240, 242, 243, 251, 266 e 278, além de oito pontos outorgados de lançamento superficial, nas estacas 248, 252, 253 e 266. A maioria das outorgas na AID é destinada ao barramento (17), estando concentradas principalmente nas proximidades do km 245, onde foram verificadas 11 outorgas.

De acordo com o Decreto Estadual nº 10.755/77, os corpos d'água inseridos na AID dessa bacia são enquadrados na classe 3.

As cargas poluidoras que atingem os corpos d'água na AID relacionam-se ao lançamento de efluentes domésticos e industriais lançados sem o adequado tratamento, geradas, sobretudo, no município de Guarulhos.

A rede de monitoramento da Cetesb (2013) não contempla pontos de amostragem na faixa de 2 km da AID. Os mais próximos situam-se no rio Jaguari (JGUA03950), no ribeirão Perová (PEOV03900), no rio Tietê (TIET03130) e no rio Taiaçupeba-Açu (TAIA02800). Nesses cursos d'água, os resultados médios do IQA apontam qualidade da água Ótima, no rio Taiaçupeba-Açu, decaindo para Ruim e Péssimo, nos demais pontos mencionados. O rio Tietê é receptor de esgotos domésticos, o que implicou elevadas concentrações de DBO, de fósforo e de nitrogênio amoniacal, além de baixo nível de oxigênio dissolvido, na água em 2012 (CETESB, 2013).

A seguir, no **Quadro 10.1.8.3.2-5**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID na bacia do Alto Tietê-Cabeceiras.



**QUADRO 10.1.8.3.2-5: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Bacia do Alto Tietê - Cabeceiras – Ugrhi 06**

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da dutovia (estaca)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 6 - Bacia do Alto Tietê - Cabeceiras	Suzano/Ferraz de Vasconcelos	237 a 250	Rio Guaió e contribuintes das margens direita e esquerda	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 3	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico – cidade e industrial e cargas difusas	Lótico
			Cursos d'água sem denominação	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 3	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico – cidade e industrial	Lótico
	Suzano/Mogi das Cruzes	250 a 260	Tributários das margens esquerda e direita do rio Tietê	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 3	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico – cidade e industrial	Lótico
			Rio Tietê	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 3	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico – cidade e industrial	Lótico
			Rio Taiaçupeba-Açu	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 3	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico – cidade e industrial	Lótico
	Itaquaquetuba/Suzano	260 a 270	Tributários da margem direita do rio Tietê	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 3	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico – cidade e industrial	Lótico
			Rio Jaguari e contribuintes de sua margem direita e esquerda	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 3	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico – cidade e industrial	Lótico
	Itaquaquetuba/Guarulhos	270 a 278	Tributários da margem direita do rio Tietê	Recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 3	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos cidade e industriais)	Influência de esgoto doméstico – cidade e industrial	Lótico

Legenda: \* Classificação conforme Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977.

## **Área Diretamente Afetada**

### ***BACIA DO JUQUERI - CANTAREIRA***

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** nesse trecho da ADA seguirá por 15 km (da estaca 75 à estaca 90), passando por Cajamar até o limite municipal de Santana de Parnaíba, na bacia do Pinheiros-Pirapora.

Em seu trajeto, na ADA, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** interceptará 19 pontos de drenagem, com destaque para os tributários da margem direita do ribeirão dos Cristais (estacas 80 a 84) e o córrego Itaim (estaca 85). Destaca-se que o rio Juqueri, principal curso d'água desta bacia, que será interceptado na estaca 88 (ponto de interceptação 310). Cabe destacar que não foram inspecionados cursos d'água nessa bacia.

O levantamento de outorgas na ADA apontou a presença de duas outorgas destinadas a usos diversos na estaca 89, bem como outorgas de travessia e de captação subterrânea nas proximidades das estacas 89 e 77, respectivamente. Não se verificou a existência de outorgas de lançamento superficial e de barramentos nesse trecho do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**.

### ***BACIA DO PINHEIROS – PIRAPORA***

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, nessa bacia, na ADA, seguirá por 22 km (da estaca 90 à estaca 112), e atravessará os territórios municipais de Santana de Parnaíba, Barueri, Osasco e Carapicuíba, antes de adentrar na bacia Cotia-Guarapiranga. Na Estação Intermediária de Bombeamento com Tancagem - EIBT, à altura da estaca 234, a partir deste o empreendimento seguirá paralelo à divisa das bacias Pinheiros – Pirapora e Billings – Tamanduateí até a estaca 300+155m, e passará pelo terminal da Raízen Combustíveis (antiga Shell) até o terminal de São Paulo da Petrobras – TESP, adentrando nos territórios municipais de São Paulo, Mauá, Santo André e de São Caetano do Sul.

Entre as estacas 92 e 99, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** irá transpor o córrego Três Irmãos e afluentes, e, posteriormente, o rio Tietê, principal curso d'água da ADA nesse trecho, e alguns dos seus tributários (estaca 101). A seguir, entre as estacas 103 e 106, a dutovia irá interceptar o córrego Carapicuíba e, finalmente, entre as estacas 103 e 112, as drenagens da margem direita e esquerda deste córrego.

No total, estão previstas 53 interceptações de drenagens na bacia do Pinheiros-Pirapora. Foram inspecionados em campo oito cursos d'água, em junho e dezembro de 2013, no período de seco e chuvoso, respectivamente. A maioria das drenagens inspecionada sofreu intervenção relacionada à implantação do Rodoanel Mário Covas. Nesta bacia destaca-se, pelo maior porte, o rio Tietê, com 50 m de largura. As demais drenagens são de pequeno porte, com largura variável entre 0,5 e 7 m.

A ocupação do entorno é predominantemente urbana com cidades, ocupações subnormais, indústrias. Este padrão de ocupação, associado ao trajeto do empreendimento marginal ao Rodoanel, faz com que os corpos d'água interceptados pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** apresentem geralmente mata ciliar alterada ou inexistente. Foram constatados pontos de lançamento de esgotos domésticos e lixo lançado nas margens dos rios, o que contribui para o declínio na qualidade da água, conforme apontam os resultados do IQA na AII, enquadrado como Péssimo em alguns cursos d'água monitorados nessa bacia.

O levantamento de outorgas na ADA apontou a presença de usos diversos na maior parte do traçado da dutovia. Nas proximidades da estaca 101, interceptação com o rio Tietê, além do uso diverso, há a presença de outorga destinada ao lançamento superficial. Não se verificou a existência de barramentos nesse trecho do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**.

No **Quadro 10.1.8.3.3-2**, são indicadas as informações obtidas nos recursos hídricos superficiais na bacia do Pinheiros-Pirapora.

#### ***BACIA DO RIO COTIA – GUARAPIRANGA***

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** na bacia do rio Cotia e Guarapiranga, na ADA, percorrerá cerca de 34 km, da estaca 112 até a estaca 146, atravessando os municípios de Cotia, Embu das Artes, Itapeverica da Serra e São Paulo.

Dentre os cursos d'água que serão interceptados pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** destaca-se o rio Embu-Mirim, importante drenagem dessa bacia, na qual a transposição ocorrerá nas estacas 120 e 125 (travessias 454 e 467), além de afluentes deste rio no trecho entre as estacas 118 e 129. Haverá ainda as interceptações dos ribeirões Itaquaxira e Taquaciara (estacas 129 a 130), do córrego Caulim (estaca 143) e do ribeirão Itaim (estaca 146). Diversos afluentes da margem direita do reservatório Guarapiranga também serão interceptados até a travessia do próprio reservatório de Guarapiranga, principal corpo lântico dessa bacia, que ocorrerá entre as estacas 136 e 137, no município de Itapeverica da Serra.

No total, estão previstas 49 travessias de drenagens na bacia do rio Cotia-Guarapiranga. Foram inspecionados em campo nove cursos d'água, no mês de junho de 2013, situados na faixa de domínio do Rodoanel.

Dentre os cursos d'água vistoriados, predominam drenagens de pequeno porte, com largura variável entre 1,0 e 25 m de largura, atingindo máximo de 200 m no reservatório Guarapiranga, que apresenta regime lântico. A maior parte das drenagens sofreu intervenção de obras de arte, predominantemente pontes, sobretudo das obras do Rodoanel. Em função dessas alterações, a mata ciliar encontra-se alterada ou praticamente suprimida, na maioria dos cursos d'água inspecionados.

A ocupação no entorno dessas drenagens é predominantemente urbana, porém, verificam-se inúmeras chácaras de lazer, além de pesqueiros e habitações irregulares. Especificamente na estaca 96, onde está prevista a travessia do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** no reservatório de Guarapiranga, foi observada grande quantidade de macrófitas nas margens, decorrente provavelmente do acúmulo de nutrientes nessa área.

O levantamento de outorgas, na ADA, apontou a presença de pontos outorgados destinados a usos diversos e travessias superficiais dispersas ao longo do trajeto do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**. Na drenagem do rio Embu-Mirim predominam as travessias superficiais. Verificou-se ainda a existência de captação superficial privada e barramentos nas proximidades das estacas 124 e 125 e das estacas 141 a 143.

As informações obtidas nos recursos hídricos superficiais na bacia do Cotia-Guarapiranga são apresentadas no **Quadro 10.1.8.3.3-2**.

#### ***BACIA DA BILLINGS-TAMANDUATEÍ***

O empreendimento nessa bacia se desenvolve inicialmente entre as estacas 146 e 171, cruzando os municípios de São Paulo e São Bernardo do Campo. À altura da estaca 201, passa a percorrer novamente a bacia Billings-Tamanduateí, no compartimento Rio Pequeno, e se desenvolve em direção ao município de Santo André, até a estaca 237. Na Estação Intermediária de Bombeamento com Tancagem - EIBT, altura da estaca 234, seguirá paralelo à divisa das bacias Pinheiros – Pirapora e Billings – Tamanduateí até a estaca 300+155m.

Na estaca 147, ocorrerá a transposição do córrego Zeulling, tributário direto do reservatório Billings. Por sua vez, o reservatório Billings será interceptado entre as estacas 151 e 152 (braço Bororé). A seguir, o corpo principal do reservatório será transposto entre as estacas 156 e 168, em direção aos contrafortes da Serra do Mar, no braço do Rio Pequeno. Além do reservatório Billings,

considerado de maior porte, serão interceptados pequenos cursos d'água afluentes deste reservatório. Nas estacas 201 a 228, no ponto de interligação nessa bacia, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** interceptará pequenos córregos.

No total, estão previstas 110 interceptações de drenagens na Bacia da Billings-Tamanduateí. Dentre as drenagens que sofrerão interferências do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**, foram inspecionados 11 cursos d'água nos meses de junho e dezembro de 2013, no período seco e chuvoso, situados nas proximidades dos traçados da Interligação Anchieta-Imigrantes (SP-160) e do Rodoanel. Em geral, os cursos d'água inspecionados apresentam largura variável a partir de 1,0 m, atingindo máximo de 1,7 km, aproximadamente, no reservatório Billings, principal corpo lântico dessa bacia. A ocupação no entorno dessas drenagens é predominantemente rural, ocorrendo inúmeras chácaras de lazer, pesqueiros e habitações irregulares desprovidas de sistema de saneamento básico. Verificaram-se ainda trechos de ocupação urbana, que contribuem com aporte de esgotos domésticos.

Destaca-se na ADA a presença de outorgas de usos diversos e travessias superficiais ao longo do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** na bacia. Não são verificadas outorgas de captações, lançamentos superficiais e barramentos nesse trecho do empreendimento.

As informações obtidas dos recursos hídricos superficiais na bacia Billings-Tamanduateí constam no **Quadro 10.1.8.3.3-2**.

#### ***BACIA DO ALTO TIETÊ-CABECEIRAS***

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** na bacia do Alto Tietê-Cabeceiras, na ADA, inicia-se na estaca 237 até a estaca 278, onde se encontra o terminal Guarulhos. O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** atravessará territórios municipais de Ferraz de Vasconcelos, Suzano, Mogi das Cruzes, Itaquaquecetuba e Guarulhos.

Nesse segmento, estão previstos 53 pontos de interceptações de drenagens, dentre os quais merece maior destaque a travessia que ocorrerá no rio Tietê, principal curso d'água nessa bacia, à altura da estaca 253 (travessia 882), além de seus tributários das margens esquerda (estacas 255 e 258) e direita (estacas 252 a 254). A dutovia irá transpor também o rio Jaguari, na estaca 262, e o ribeirão Perová, na estaca 267, afluente da margem direita do rio Tietê, dentre outras drenagens.

Na ADA da bacia em análise foram inspecionados oito drenagens, em dezembro de 2013, no período chuvoso, incluindo o rio Tietê. As drenagens vistoriadas apresentam largura variando entre 1,0 a 250 m. No rio Tietê, no trecho inspecionado, a largura foi de 13 m. Verificou-se a presença de obras de arte nas drenagens inspecionadas, especialmente de galerias e pontes. A ocupação do entorno é predominantemente urbana e industrial, resultando que grande parte das drenagens encontra-se retificada e canalizada. O aporte de esgotos domésticos se reflete na qualidade da água, sendo verificado em alguns trechos inspecionados odor de sulfeto nas águas.

Na ADA, verifica-se a presença de outorgas de travessias ao longo do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos**. Não há lançamentos superficiais ou barramentos na ADA dessa bacia.

As informações obtidas nos recursos hídricos superficiais na bacia Alto Tietê-Cabeceiras constam no **Quadro 10.1.8.3.3-2**.



### 10.1.8.3.3 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Ugrhi 07 – Baixada Santista

#### Área de Influência Direta – AID

Conforme citado, o sistema aquático da Ugrhi 07 compreende três ambientes distintos, as bacias hidrográficas que fornecem água doce, a zona estuarina e a região costeira. Na AID do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** destacam-se predominantemente trechos de água doce.

Inicialmente, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** seguirá em área de planalto, interceptando drenagens do reservatório Rio das Pedras e o próprio reservatório (estacas 174 a 178), em São Bernardo do Campo. Em seguida, adentrará nas escarpas da zona serrana onde se localiza o sistema hidráulico, composto por dutos paralelos, integrantes da Usina Henry Borden, cuja operação está a cargo da Empresa Metropolitana de Águas e Energia S/A - Emae. Na área da planície, margeia os Canais de Fuga I e II, que contribuem para o rio Cubatão, a montante do rio Perequê.

O segmento do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos** para atingir o Ponto A em Santos se desenvolverá transpondo os rios Perequê (estaca 185), Quilombo (estaca 195) e Jurubatuba (estaca 198), em trecho adjacente à rodovia Cônego Domênico Rangoni (SP 55) até a estaca 200+682m, imediatamente a montante do rio Diana.

No município de Cubatão, a AID passa a ter predomínio de águas doces afluentes do reservatório Rio das Pedras e das bacias dos rios Cubatão, Perequê, Mogi e Piaçaguera, caracterizadas por drenarem uma das áreas industriais mais relevantes do país, com complexo petroquímico, siderúrgico, de fertilizantes, dentre outros. Na área continental de Santos, destacam-se as bacias dos rios Onça, Quilombo, Jurubatuba e Diana, inseridas em faixa de extenso manguezal, que se mantém relativamente preservada.

As águas superficiais da AID são destinadas a uma ampla gama de usos, como abastecimento público, recepção de esgotos de origem doméstica e industrial, pesca de subsistência e recreação, esportes náuticos, geração de energia elétrica e extração de areia. As demandas consuntivas são voltadas essencialmente ao abastecimento doméstico, sendo registrados dois pontos de captação da Sabesp no rio Cubatão, a jusante dos Canais de Fuga I e II, além de captações destinadas a uso das indústrias locais.

O Decreto Estadual nº10.755/77 estabelece para a Baixada Santista como classe 1 “ todos os cursos d’água do litoral desde a divisa dos municípios de Santos (hoje Bertioga) com São Sebastião até a divisa de Mongaguá e Itanhaém até a cota 50”. Os cursos de água não mencionados e abaixo das cotas citadas estão compreendidos na classe 2.

De acordo com a Resolução Conama nº 357/05 - Capítulo VI – Art. 42: “Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atual forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente”. Assim, na área de planície, os cursos d’água dessa bacia estão compreendidos na classe 2, à exceção do rio Cubatão, a jusante da captação da Sabesp, pertencente à classe 3.

As principais fontes de poluição na AID da Ugrhi 07 são de origem pontual, associadas ao lançamento de esgotos domésticos sem tratamento gerados nas zonas urbanas, além da relevante contribuição do pólo industrial de Cubatão. Também merece destaque o potencial poluidor representado pelo sistema de reversão das águas da Billings que, embora com melhora da qualidade de suas águas, ainda recebe concentrações de efluentes gerados na Região Metropolitana de São Paulo.

A qualidade das águas na AID é monitorada pela Cetesb em três pontos de amostragem concentrados no município de Cubatão. Os resultados obtidos, descritos em termos de valores médios anuais para 2012 (CETESB, 2013<sup>204</sup>), indicam águas Supereutróficas no Canal de Fuga II (CFUG02900), com IQA Ótimo e IAP considerado Regular.

Na AID, o rio Mogi (Moji) (MOJI02800) apontou IQA Bom em 2012. Em contraste a esta classificação, foram verificadas altas concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo) e acidez pronunciada, especialmente no trecho compreendido entre o viaduto da Usiminas (antiga Cosipa) e o ponto de captação de água desta empresa. Em contrapartida, as águas do rio Perequê (PERE02900) apresentaram baixo grau de trofia, com classificação Ultraoligotrófica e IQA enquadrado como Bom em 2012 (CETESB, 2013).

Em geral o ponto CFUG02900 apresentou uma tendência de melhora do IQA no período compreendido entre 2007 e 2012 em função da qualidade das águas do reservatório Billings e da ampliação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Sabesp nas proximidades do rio Cubatão.

A partir da estaca 180 no Canal de Fuga até a estaca 191, o uso das águas intensifica-se principalmente nas drenagens dos rios Cubatão, Perequê, Piaçaguera e Mogi, com captações privadas para abastecimento industrial e doméstico, lançamentos superficiais, usos diversos, uma vez que se adentra pelo parque industrial e zona urbana de Cubatão. Em particular, na altura da estaca 181, verifica-se dois pontos de abastecimento público no rio Cubatão, de grande importância para o sistema de água que atende a Região Metropolitana da Baixada Santista - RMBS.

Além dos pontos de captação para abastecimento público, listados anteriormente, destacam-se também oito pontos de captação privada, nas proximidades dos km 182, 185, 188, 189 e 197, além de 13 outorgas para barramento das águas. Cabe destacar o grande número de pontos para lançamento superficial nesta bacia, perfazendo um total de 23 outorgas, entre os km 181 e 186, e nos km 188, 189 e 190. Na área relacionada ao reservatório Rio das Pedras não foram constatadas outorgas na AID.

A seguir, no **Quadro 10.1.8.3.3-1**, constam as informações consolidadas dos recursos hídricos superficiais da AID.

O Desenhos apresentando os pontos outorgados pelo Dae, incluindo de captação para abastecimento público e os pontos de monitoramento da Cetesb no âmbito da AID/ADA, estão apresentados no **Volume 7 – Desenhos**.

<sup>204</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

**QUADRO 10.1.8.3.3-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Baixada Santista – Ugrhi 07**

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Dutovia (estaca)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água *	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 07 - Baixada Santista	São Bernardo do Campo/ Cubatão	171 a 180	Contribuintes do Reservatório Rio das Pedras	Pesca	Águas doces classe 1	Cargas de origem difusa	Área de Proteção aos mananciais, influência de efluentes de atividades de pesca, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Reservatório Rio das Pedras	Abastecimento público e geração de energia hidráulica	Águas doces classe 2	Cargas de origem difusa	Área de Proteção aos Mananciais, influência de efluentes de atividades de agricultura e pesca	Lêntico (represamento de águas)
	Cubatão	180 a 190	Canal de Fuga I	Abastecimento público e recepção de efluentes domésticos e industriais	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes domésticos e industriais)	Monitoramento Cetesb Ponto CFUG 02900 – IQA Ótimo	Lótico
			Canal de Fuga II					
			Rio Cubatão	Abastecimento público e recepção de efluentes industriais	Águas doces classe 2 a montante da captação e classe 3 a jusante	Cargas de origem pontual (efluentes industriais)	Influência de efluentes industriais. Monitoramento Cetesb CUBA 03900- IQA Bom	Lótico
			Rio Perequê	Recepção de efluentes industriais	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes industriais)	Influência de efluentes industriais. Monitoramento Cetesb Ponto PERE 02900 - IQA Bom	Lótico
			Rio Piaçaguera	Recepção de efluentes industriais	Águas doces classe 2	Cargas de origem pontual (efluentes industriais)	Influência de efluentes industriais. Monitoramento Cetesb Ponto PIAC 02700- IQA Regular	Lótico
			Rio Mogi	Recepção de efluentes industriais	Águas doces classe 1	Cargas de origem pontual (efluentes industriais)	Influência de efluentes industriais. Monitoramento Cetesb Ponto MOJI 02800- IQA Bom	Lótico

**QUADRO 10.1.8.3.3-1: Caracterização dos Recursos Hídricos da AID – Baixada Santista – Ugrhi 07**

Ugrhi/ Bacia	Município	Marcos da Dutovia (estaca)	Rede de Drenagem	Usos das Águas	Classificação do Corpo d'Água *	Fontes de Poluição	Qualidade da Água	Sistema Aquático
Ugrhi 07 - Baixada Santista	Santos	190 a 200	Rio da Onça	Pesca	Águas doces classe 2	Cargas de origem difusa	Influência de efluentes de atividades de agricultura e pesca	Lótico
			Rio Quilombo	Pesca	Águas doces classe 1	Cargas de origem difusa	Influência de efluentes de atividades de agricultura e pesca, detritos gerados na rodovia	Lótico
			Rio Jurubatuba	Recepção de efluentes industriais (mineração) receptora de efluentes e sedimentos	Águas salobras classe 1	Cargas de origem pontual (efluentes industriais)	Influência de efluentes industriais, detritos gerados na rodovia	Lótico estuarino, em área de manguezal, águas com alta produtividade primária influenciada pelo regime de marés
			Rio Diana	Pesca	Águas salobras classe 1	Cargas de origem difusa	Influência de efluentes de atividades de pesca e de esgoto doméstico, detritos gerados na rodovia	Lótico estuarino, em área de manguezal, águas com alta produtividade primária influenciada pelo regime de marés

Legenda: \* Classificação conforme Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977.



### **Área Diretamente Afetada - ADA**

Sob o aspecto hidrográfico, a passagem do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** na ADA estende-se por cerca de 29 km (estacas 171 a 200+682m), a partir do reservatório Rio das Pedras (São Bernardo do Campo) até as imediações da margem direita do rio Diana.

No planalto paulista, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** apresentará de forma geral traçado paralelo à via Anchieta SP-51, quando interceptará os cursos d'água que drenam em direção ao reservatório Rio das Pedras (estacas 172 a 178). A seguir, transpõe o reservatório já mencionado. A partir da transposição do reservatório, o empreendimento acompanhará os dutos paralelos, integrantes do sistema da Usina Henry Borden (Emae), não transpondo qualquer drenagem natural nesse trecho.

Na área da planície, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** acompanha o Canal de Fuga I da Emae, que contribui para o rio Cubatão, a montante do rio Perequê. A seguir, passa a interceptar drenagens integrantes das bacias dos rios Cubatão, o próprio rio Perequê, pouco antes da estaca 183 (ponto 697), o rio Piaçaguera nas proximidades da estaca 188 (ponto 634) e o rio Mogi, após a estaca 190 (ponto 641), em Cubatão.

A partir da estaca 191, o empreendimento adentra no município de Santos transpondo os rios da Onça (estaca 193 – ponto 650), Quilombo (estaca 194 – ponto 655) e Jurubatuba (estaca 198– ponto 669), acompanhando de forma geral o traçado da SP-55, rodovia Cônego Domênico Rangoni (antiga Piaçaguera-Guarujá).

No total, estão previstas 36 travessias de drenagens na Ugrhi 07, das quais foram inspecionados em campo oito cursos d'água em março de 2010, situados no reservatório Rio das Pedras, nos rios Perequê, Mogi, Quilombo e Jurubatuba. A ocupação no entorno dessas drenagens, à exceção do trecho da Serra do Mar, onde prevalece a Mata Atlântica, é predominantemente industrial e urbana no município de Cubatão.

Esse padrão de ocupação reflete-se no grau de preservação da vegetação existente ao longo dos cursos d'água e, conseqüentemente, na manutenção da qualidade das águas. No trecho serrano e no entorno do reservatório Rio das Pedras, observa-se maior nível de conservação da mata, face à existência do Parque Estadual da Serra do Mar a partir da cota 100. Foram registrados remanescentes significativos de manguezais desde a estaca 194 até a estaca 200+682m. Nesse trajeto, está prevista a travessia da dutovia nos rios Onça, Quilombo, Jurubatuba e no rio Diana. Esses cursos d'água deságuam no largo do Caneú, no município de Santos, fora dos limites da ADA.

Em contraste, as piores condições foram detectadas na rodovia Cônego Domênico Rangoni, em Cubatão, principalmente nos rios Cubatão e Perequê, com nítido comprometimento das águas em termos de turbidez e coloração acentuada, sinais evidentes de assoreamento do leito e proliferação de macrófitas aquáticas e de algas, conforme registro fotográfico do **Quadro 10.1.8.3.3-2**. Este cenário é resultado também do aporte de esgotos domésticos e industriais.

Na ADA na Ugrhi 07, foram verificadas sete outorgas relacionadas à travessia, além de um ponto de lançamento superficial à altura do km 184. Cabe destacar que não foram constatadas outorgas para barramentos e captações na faixa da ADA.

No **Quadro 10.1.8.3.3-2**, a seguir, são apresentadas as informações obtidas nos recursos hídricos superficiais da ADA, englobando todas as Ugrhis.














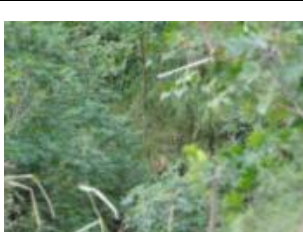




O Desenhos apresentando os pontos outorgados pelo Daee, incluindo de captação para abastecimento público e os pontos de monitoramento da Cetesb no âmbito da AID/ADA, estão apresentados no **Volume 7 – Desenhos**.

**QUADRO 10.1.8.3.3-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA**

UGRHI/ Bacia	Município	Marcos da Dutovia (estaca)	Interceptação/ Travessia de Drenagem (curso d'água)	Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
					N	L											
Ugrhi 05 - Piracicaba	Paulínia	000 - 001	Rio Atibaia	2	7.483.033	280.690	02/07/2013	Ensolarado	Lótico; Aprox. 50m de largura	Estrada (ao lado); Provável canalização de efluente industrial	Preservada	Rural; Industrial	Difusas e origem industrial	Cor Marrom; Inodora			
	Paulínia	006 - 007	Córrego da Fazenda	28	7.477.759	282.086	02/07/2013	Ensolarado	Lótico; Baixo Fluxo de Corrente; Aprox. 2m de largura	Pontes; Estrada (ao lado)	Muito Alterada	Rural; Industrial	Difusas e origem industrial	Alta Turbidez; Forte Odor			
	Campinas	012 - 013	Ribeirão do Quilombo	48	7.471.488	282.226	02/07/2013	Ensolarado	Lótico; Médio Fluxo de Corrente; Aprox. 15m de largura	Ponte (própria rua); Canalização	Muito Alterada	Rural; Urbana	Difusas e origem doméstica	Cor Marrom; Alta Turbidez; Assoreamento			
	Campinas	015 - 016	Afluente do Córrego Boa Vista	62	7.469.606	281.010	02/07/2013	Ensolarado	Lótico; Baixo Fluxo de Corrente; Aprox. 2m de largura	Ponte (própria rua)	Muito Alterada	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Cor Marrom; Forte Odor; Muito Lixo			
	Campinas	016 - 017	Córrego Boa Vista	64	7.469.261	281.066	02/07/2013	Ensolarado	Lótico; Médio Fluxo de Corrente; Aprox. 2m de largura; Muito Raso	Canalização; Estrada (ao lado)	Muito Alterada	Urbana	Origem doméstica	Baixa Turbidez; Lixo			
Ugrhi 05 - Capivari	Campinas	019 - 020	Córrego do Piçarrão ou do Castelo	73	7.465.375	282.391	02/07/2013	Ensolarado	Lótico; Baixo Fluxo de Corrente; Aprox. 10m de largura	Ruas; Inserção de Pedras	Alterada	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Água Escura; Erosão nas Margens; Lixo			

















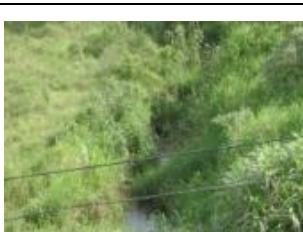



**QUADRO 10.1.8.3.3-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA**

UGRHI/ Bacia	Município	Marcos da Dutovia (estaca)	Interceptação/ Travessia de Drenagem (curso d'água)	Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
					N	L											
Ugrhi 05 - Capivari	Campinas	019 - 020	Córrego do Piçarrão ou do Castelo	73	7.464.293	278.776	11/05/2010	Ensolarado	Lótico. Aprox. 5m de largura	Estrada	Preservada	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Água Pouco Poluída			
	Campinas	022 - 023	Afluente da margem direita do Rio Capivari	77	7.463.404	281.524	11/05/2010	Ensolarado	Lótico apresentando pouca correnteza. Aprox. 0,6m de largura	Estrada	Preservada	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Águas poluídas com coloração esverdeada			
	Campinas	026 - 027	Afluente do Rio Capivari	80	7.460.236	284.662	02/07/2013	Ensolarado	Lótico; Baixo Fluxo de Corrente; Aprox. 2m de largura	Pontes; Ruas; Canalização; Gabiões (contenção das margens com pedras e arames)	Ausente	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Alta Turbidez; Lixo			
	Campinas	032 - 033	Rio Capivari	98	7.458.468	284.632	02/07/2013	Ensolarado com Nuvens	Lótico; Médio Fluxo de Corrente; Aprox. 15m de largura	Ponte	Alterada	Rural	Difusas	Cor Marrom; Alta Turbidez; Erosão nas Margens			
	Campinas	032 - 033	Afluente da margem direita do Rio Capivari	98A	7.461.565	286.039	02/07/2013	Ensolarado com Nuvens	Lótico	Ponte	Alterada	Rural	Difusas	-			
	Campinas	027 - 028	Rio Capivari	80A	7.458.327	283.015	11/05/2010	Ensolarado	Lótico apresentando pouca correnteza. Aprox. 1m de largura	Estrada / Casas	Ausente	Urbana	Origem doméstica	Águas Poluídas			





















QUADRO 10.1.8.3.3-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA

UGRHI/ Bacia	Município	Marcos da Dutovia (estaca)	Interceptação/ Travessia de Drenagem (curso d'água)	Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
					N	L											
Ugrhi 05 - Capivari	Campinas	036 - 037	Córrego Saturnino	112	7.453.155	287.664	02/07/2013	Ensolarado	Lótico; Aprox. 1,5m de largura	Pontes de Madeira; Estrada (ao lado)	Alterada	Rural	Difusas	Baixa Turbidez; Erosão nas Margens			
	Valinhos	040 - 041	Rio Capivari	127	7.449.089	290.124	02/07/2013	Nublado	Lótico; Pequeno Córrego (Área Remansada com 15m de largura)	Rodovia (ao lado); Estrada de Terra (ao lado)	Alterada	Vegetação; Industrial	Difusas e origem industrial	Baixa Turbidez; Presença de macrófitas			
	Valinhos	042 - 043	-	135	7.447.902	291.355	02/07/2013	Nublado	Lótico; Aprox. 1m de largura	Rodovia (ao lado)	Alterada	Vegetação; Industrial	Difusas e origem industrial	Baixa Turbidez; Presença de macrófitas			
	Valinhos	039 - 040	Afluente da margem esquerda do Rio Capivari	125	7.450.185	288.994	11/05/2010	Ensolarado	Coberto por vegetação pequena	Estrada	Parcialmente preservada	Vegetação	Difusas	Coloração marrom; Presença de macrófitas			
	Vinhedo	044 - 045	Ribeirão do Moinho (Provavelmente)	139	7.446.749	292.288	02/07/2013	Nublado	Lótico; Aprox. 0,50m de largura	Rodovia (ao lado)	Ausente	Rural	Difusas	Baixa Turbidez; Presença de macrófitas			
	Vinhedo	044 - 045	Córrego afluente do Ribeirão do Moinho	139A	7.447.743	291.404	02/02/2010	Ensolarado	Lótico. Aprox. 3 m de largura	Córrego retificado a jusante	Ausente	Rural	Difusas	Turbidez moderada a elevada / Assoreamento elevado; Presença de macrófitas			





















**QUADRO 10.1.8.3.3-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA**

UGRHI/ Bacia	Município	Marcos da Dutovia (estaca)	Interceptação/ Travessia de Drenagem (curso d'água)	Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
					N	L											
Ugrhi 05 - Capivari	Vinhedo	047 - 048	Açude próximo à travessia 149	146	7.444.476	293.515	02/07/2013	Nublado	Lêntico; Aprox. 500m de diâmetro	Rodovia (ao lado); Estrada de Terra (ao lado)	Alterada	Rural	Difusas	Água Turva; Presença de macrófitas			
	Vinhedo	048 - 049	Córrego afluente do Ribeirão do Moinho	151	7.446.031	292.591	02/02/2010	Ensolarado	Lótico. Aprox. 3m largura	Córrego retificado a jusante	Ausente	Rural	Difusas	Turbidez moderada a elevada / Assoreamento elevado			
	Vinhedo	050 - 051	Ribeirão Santo Antônio	158	7.442.194	295.742	02/07/2013	Nublado	Cabeceira do Ribeirão	Rodovia (ao lado); Estacionamento (ao lado)	Preservada	Rural; Industrial	Difusas e origem industrial	Não Observado			
	Louveira	050 - 051	Córrego afluente do Ribeirão do Moinho	160	7.442.484	295.180	02/02/2010	Ensolarado	Lótico. Aprox. 1,0m de largura	Não há	Alterada	Rural; Industrial	Difusas e origem industrial	Turbidez moderada a elevada / Assoreamento elevado; Presença de macrófitas			
Ugrhi 05 - Jundiá	Jundiá	052 - 053	Afluente do Rio Jundiá	169	7.440.319	297.354	02/07/2013	Nublado	Lótico; Pequeno Córrego; Aprox. 1m de largura	Rodovia (sobre); Canalização; Calha de Escoamento Pluvial	Ausente	Rural	Difusas	Cor Marrom; Alta Turbidez			
	Jundiá	054 - 055	Afluente da margem direita do Rio Jundiá	176	7.439.417	298.071	02/07/2013	Nublado	-	Rodovia	Alterada, bastante densa	Rural	Difusas	Presença de macrófitas			





















QUADRO 10.1.8.3.3-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA

UGRHI/ Bacia	Município	Marcos da Dutovia (estaca)	Interceptação/ Travessia de Drenagem (curso d'água)	Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
					N	L											
Ugrhi 05 - Jundiáí	Jundiáí	056 - 057	Afluente do Rio Jundiáí (Córrego do Chapado, provavelmente)	189	7.437.783	299.989	02/07/2013	Nublado	-	Rodovia	Alterada	Urbana; Industrial	Difusas e origem doméstica	-			
	Jundiáí	057 - 058	Rio Jundiáí	195	7.437.195	300.604	01/07/2013	Chuvoso	Lótico; Alta Velocidade de Corrente; Aprox. 15m de largura	Ponte (própria Rodovia); Canalização; Estrada (ao lado)	Ausente	Urbana; Industrial	Difusas e origem doméstica	Cor Marrom; Erosão do Solo na M.D.; Sedimento Carreado pelo Escoamento Pluvial			
	Jundiáí	062 - 063	Afluente da margem esquerda do Rio Jundiáí	217	7.433.081	302.682	01/07/2013	Chuvoso	Lótico; Aprox. 1m de largura	Ponte (própria Rodovia)	Alterada	Rural	Difusas	Cor Marrom			
	Jundiáí	063 - 064	Córrego Walkíria (Provavelmente)	219	7.431.939	303.190	01/07/2013	Chuvoso	Lótico; Aprox. 2m de largura	Rodovia; Calhas de Escoamento Pluvial	Alterada	Urbana	Origem doméstica	Cor Marrom; Presença de macrófitas			
Ugrhi 06 - Pinheiros - Pirapora	Santana de Parnaíba	093 - 094	-	324	7.406.274	312.784	29/06/2013	Ensolarado	Lótico; Pequeno Córrego raso; Aprox. 0,5 m de largura	Avenida (ao lado)	Alterada	Vegetação	Difusas	Água clara; Grama na Margem			
	Barueri	101 - 102	Rio Tietê	375	7.398.371	314.512	29/06/2013	Ensolarado	Lótico; Aprox. 50m de largura	Rodovia	Alterada	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Cor Marrom; Lixo nas Margens; Erosão nas Margens			





















QUADRO 10.1.8.3.3-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA

UGRHI/ Bacia	Município	Marcos da Dutovia (estaca)	Interceptação/ Travessia de Drenagem (curso d'água)	Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
					N	L											
Ugrhi 06 - Pinheiros - Pirapora	Osasco	105 - 106	Afluente da margem esquerda do rio Tietê	391	7.395.230	314.332	29/06/2013	Ensolarado	Lótico; Aprox. 5m de largura	Rodovia; Canalização com Barragem	Ausente	Urbana	Origem doméstica	Poluição visual; Lixo nas Margens			
	Carapicuíba	106 - 107	Ribeirão Carapicuíba	401	7.393.954	314.264	29/06/2013	Ensolarado	Lótico; Aprox. 3m de largura	Rodovia	Ausente	Urbana	Origem doméstica	Poluição visual; Lixo nas Margens			
	Osasco	108 - 109	Afluente do Ribeirão Carapicuíba	408	7.392.322	314.881	29/06/2013	Ensolarado	Lótico; Aprox. 2m de largura	Rodovia	Alterada	Urbana	Origem doméstica	Típico Local com Aporte de Esgoto			
	São Paulo	286 - 287	-	1089	7.385.570	349.487	05/12/2013	Ensolarado	Lótico (corredeira); Aprox. 2 m de largura	Sem intervenções	Parcialmente preservada	Urbana	Origem doméstica	Coloração turva; Sem odor; Fundo de pedras/cascalho/l ama/areia; Margens com acentuada erosão; Assoreamento acentuado do leito			
	São Paulo	289-290	-	1113	7.386.617	348.642	05/12/2013	Ensolarado	Lótico (corredeira); Aprox. 4 m de largura	Ponte; Canalização	Parcialmente preservada	Urbana	Origem doméstica	Coloração turva; Sem odor; Fundo de pedras/cascalho/l ama/areia; Margens com acentuada erosão; Assoreamento acentuado do leito			
	Santo André	290-291	-	1.129	7.386.274	346.593	05/12/2013	Ensolarado	Semi-Lêntico; Aprox. 6 m de largura	Ponte; Canalização	Parcialmente preservada	Urbana	Origem doméstica	Coloração turva; Odor de esgoto; Oleosidade abundante da água; Fundo de pedras/cascalho/l ama/areia; Margens com acentuada erosão; Assoreamento moderado do leito			





















**QUADRO 10.1.8.3.3-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA**




UGRHI/ Bacia	Município	Marcos da Dutovia (estaca)	Interceptação/ Travessia de Drenagem (curso d'água)	Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
					N	L											
Ugrhi 06 - Cotia - Guarapiranga	Embu	119 - 120	Afluente da margem esquerda do Rio Embu- Mirim	446	7.384.361	313.013	29/06/2013	Ensolarado	Lótico; Pequeno Córrego; Aprox. 1m de largura; Muito raso	Rodovia; Canalização	Alterada	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Água Clara; Erosão nas Margens			
	Embu	120 - 121	Rio Embu-Mirim	454	7.383.308	313.280	29/06/2013	Ensolarado	Lótico; Correnteza baixa; Aprox. 2m de largura	Rodovia	Ausente	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Água Turva; Grama nas Margens; Erosão nas Margens			
	Itapequerica da Serra	125 - 126	Rio Embu-Mirim	472	7.378.450	314.492	29/06/2013	Ensolarado	Lótico; Correnteza baixa; Aprox. 25m de largura	Rodovia	Alterada	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Baixa Turbidez; Grama nas Margens			
	Itapequerica da Serra	128 - 129	Ribeirão da Lagoa	480	7.376.360	314.881	29/06/2013	Ensolarado	Lótico; Correnteza baixa; Aprox. 1m de largura	Rodovia	Alterada	Urbana	Origem doméstica	Baixa Turbidez; Pouco de Lixo nas Margens			
	Itapequerica da Serra	129 - 130	Afluente do Rio Embu-Mirim	485	7.375.499	315.619	29/06/2013	Ensolarado	Lótico; Médio Fluxo de Corrente; Aprox. 2m de largura	Rodovia	Ausente	Urbana	Origem doméstica	Cor Marrom; Grama nas Margens			
	Itapequerica da Serra	130 - 131	Ribeirão Itaquaxira (Provavelmente)	491	7.374.377	315.514	29/06/2013	Ensolarado	Lótico; Baixo Fluxo de Corrente; 3m de largura	Rodovia	Alterada	Vegetação	Difusas	Baixa Turbidez; Grama nas Margens			



QUADRO 10.1.8.3.3-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA



















UGRHI/ Bacia	Município	Marcos da Dutovia (estaca)	Interceptação/ Travessia de Drenagem (curso d'água)	Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
					N	L											
Ugrhi 06 - Cotia - Guarapiranga	São Paulo	136 - 137	Reservatório Guarapiranga	506	7.370.813	319.483	29/06/2013	Ensolarado	Lêntico; Aprox. 200m de largura	Rodovia	Alterada	Urbana	Origem doméstica	Baixa Turbidez; Gramíneas nas Margens; Presença de macrófitas			
	São Paulo	143 - 144	Ribeirão Caulim	526	7.366.363	323.643	29/06/2013	Ensolarado	Lótico; Médio Fluxo de Corrente; Aprox. 2m de largura	Rodovia	Alterada	Urbana	Origem doméstica	Água Turva			
	São Paulo	147 - 148	Córrego Zeulling	539	7.366.149	327.878	29/06/2013	Ensolarado	Trecho de Brejo	Rodovia	Alterada	Vegetação	Difusas	Presença de macrófitas			
Ugrhi 06 - Billings - Tamanduateí	São Paulo	149 - 150	Braço do Reservatório Billings	544	7.366.429	329.703	29/06/2013	Ensolarado	Lótico; Baixo Fluxo de Corrente	Rodovia	Alterada	Vegetação	Difusas	Presença de macrófitas			
	São Paulo	151 - 152	Braço do Reservatório Billings	547	7.367.332	330.320	29/06/2013	Ensolarado	Lótico; Pequeno Córrego (Área Remansada com 15m de largura, no geral 1m de largura); Baixo Fluxo de Corrente	Rodovia	Alterada	Vegetação	Difusas	Cor Marrom; Alta Turbidez; Presença de macrófitas			
	São Paulo	152 - 153	Reservatório Billings	550	7.367.886	331.372	29/06/2013	Ensolarado	Lêntico; Aprox. 500m de largura	Rodovia	Alterada	Vegetação; Urbana	Origem doméstica e difusas	Baixa Turbidez; Grama nas Margens; Erosão nas Margens			

**QUADRO 10.1.8.3.3-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA**




UGRHI/ Bacia	Município	Marcos da Dutovia (estaca)	Interceptação/ Travessia de Drenagem (curso d'água)	Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
					N	L											
Ugrhi 06 - Billings - Tamanduateí	São Paulo	155 - 156	Reservatório Billings	555	7.368.655	333.974	29/06/2013	Ensolarado	Lêntico; Aprox. 1700m de largura	Rodovia	Alterada	Vegetação; Urbana	Origem doméstica e difusas	Água Clara; Cor Marrom nas Margens Devido a Erosão; Lixo nas Margens; Presença de macrófitas			
	São Bernardo do Campo	158 - 159	Reservatório Billings	557	7.367.334	337.682	29/06/2013	Ensolarado	Lêntico; Aprox. 1000m de largura	Rodovia	Alterada	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Água Clara; Cor Marrom nas Margens Devido a Erosão			
	São Bernardo do Campo	158 - 159	Braço do Reservatório Billings	557A	7.365.488	338.594	29/06/2013	Ensolarado	Lótico; Pequeno Córrego (Área Remansada com 15m de largura, no geral 1m de largura); Baixo Fluxo de Corrente	Rodovia	Alterada	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Alta Turbidez; Cor Marrom; Presença de macrófitas			
	São Bernardo do Campo	158 - 159	Reservatório Billings	557B	7.367.248	337.807	05/12/2013	Ensolarado	Lêntico (represa); Aprox. 1150 m de largura	Rodovia	Parcialmente preservada	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Coloração turva; Sem odor			
	São Bernardo do Campo	158 - 159	Braço do Reservatório Billings	557C	7.363.699	339.084	29/06/2013	Ensolarado	Lótico; Pequeno Córrego; Aprox. 2m de largura; Baixo Fluxo de Corrente; Muito Raso	Rodovia	Alterada	Vegetação; Urbana	Origem doméstica e difusas	Baixa Turbidez; Presença de macrófitas			
	São Bernardo do Campo	169 - 170	Reservatório Billings	557D	7.366.401	346.223	06/12/2013	Nublado	Lêntico (represa); Aprox. 262 m de largura	Rodovia	Preservada	Vegetação	Difusas	Coloração turva; Sem odor			



**QUADRO 10.1.8.3.3-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA**



















UGRHI/ Bacia	Município	Marcos da Dutovia (estaca)	Interceptação/ Travessia de Drenagem (curso d'água)	Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
					N	L											
Ugrhi 06 - Billings - Tamanduateí	Santo André	294 - 295	-	1.149	7.387.545	342.560	05/12/2013	Ensolarado	Lótico (rio); Aprox. 14 m de largura	Não	Parcialmente preservada	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Coloração opaca; Sem odor; Fundo de pedras/cascalho/l ama/areia; Margens com acentuada erosão			
	Rio Grande da Serra	217-218	-	750	7.374.351	353.924	06/12/2013	Nublado	Lêntico (lagoa); Aprox. 320 m de largura	Rodovia	Preservada	Urbana	Origem doméstica	Coloração turva; Sem odor; Presença de macrófitas			
Ugrhi 06 - Alto Tietê - Cabeceiras	Itaim Paulista	272-273	-	1.006	7.404.075	358.162	05/12/2013	Ensolarado	Lêntico (lagoa); Aprox. 2 m de largura	Rodovia	Ausente	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Coloração turva; Sem odor; Oleosidade abundante da água; Fundo de pedras/cascalho/l ama/areia; Margens com acentuada erosão; Assoreamento moderado do leito			
	Itaquaquecetuba	269-270	-	991	7.404.022	360.923	05/12/2013	Ensolarado	Lótico (corredeira); Aprox. 2 m de largura	Rodovia	Parcialmente preservada	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Coloração turva; Sem odor; Fundo de lama/areia; Assoreamento acentuado do leito; Abundância de macrófitas			
	Itaquaquecetuba	266-267	-	967	7.404.648	363.259	05/12/2013	Ensolarado	Lótico (riacho); Aprox. 3 m de largura	Rodovia	Preservada	Urbana	Origem doméstica	Coloração opaca; Sem odor; Fundo de lama/areia			
	Itaquaquecetuba	263 - 264	-	952	7.402.998	364.502	05/12/2013	Ensolarado	Lótico (riacho); Aprox. 1 m de largura	Rodovia	Parcialmente preservada	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Coloração turva; Odor de esgoto; Fundo de pedras/cascalho/l ama/areia; Margens com moderada erosão; Assoreamento moderado do leito			

QUADRO 10.1.8.3.3-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA

UGRHI/ Bacia	Município	Marcos da Dutovia (estaca)	Interceptação/ Travessia de Drenagem (curso d'água)	Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
					N	L											
Ugrhi 06 - Alto Tietê - Cabeceiras	Itaquaquecetuba	262-263	-	943	7.402.601	364.572	05/12/2013	Ensolarado	Semi-Lêntico; Aprox. 4 m de largura	Rodovia	Parcialmente preservada	Vegetação; Urbana	Origem doméstica e difusas	Coloração turva; Odor de esgoto			
	Itaquaquecetuba	261 - 262	-	940	7.401.679	364.433	05/12/2013	Ensolarado	Lêntico (lagoa); Aprox. 250 m de largura	Rodovia	Parcialmente preservada	Urbana	Origem doméstica	Coloração opaca; Odor de esgoto; Fundo de pedras/cascalho/l ama/areia; Margens com acentuada erosão; Abundância de macrófitas			
	Suzano	253 - 254	Rio Tietê	882	7.399.770	364.213	05/12/2013	Ensolarado	Semi-Lêntico; Aprox. 13 m de largura	Rodovia	Parcialmente preservada	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Coloração opaca; Sem odor			
	Suzano	248-249	-	855	7.394.276	367.246	06/12/2013	Nublado	Lótico (riacho); Aprox. 1,5 m de largura	Não	Parcialmente preservada	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Coloração turva; Sem odor; Fundo de pedras/cascalho/l ama/areia; Margens com acentuada erosão			
Ugrhi 07 - Baixada Santista	São Bernardo do Campo	178 - 179	Reservatório Rio das Pedras	579	7.360.763	350.754	26/03/2009	Nublado	Reservatório com regime lêntico	Rodovia	Preservada a jusante da rodovia	Vegetação	Difusas	Coloração esverdeada, Turbidez média, assoreamento incipiente			
	São Bernardo do Campo	178 - 179	Reservatório Rio das Pedras	579A	7.360.016	350.548	26/03/2009	Nublado	Reservatório com regime lêntico. Aprox. 100 m de largura	Barragem	Preservada	Vegetação	Difusas	Coloração esverdeada, Turbidez média, assoreamento incipiente			



QUADRO 10.1.8.3.3-2: Caracterização dos Recursos Hídricos da ADA

UGRHI/ Bacia	Município	Marcos da Dutovia (estaca)	Interceptação/ Travessia de Drenagem (curso d'água)	Ponto de Inspeção	Coordenadas UTM (SAD 69)		Data de Inspeção	Condições Climáticas	Características da Drenagem	Intervenções na Drenagem	Mata Ciliar	Ocupação do Entorno	Fontes de Poluição	Qualidade das Águas	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico	Registro Fotográfico
					N	L											
Ugrhi 07 - Baixada Santista	Cubatão	184- 185	Rio Perequê (Afluente do Rio Cubatão)	622	7.359.763	355.624	26/03/2010	Nublado	Ambiente lótico e correnteza baixa. Aprox. 25m de largura	Rodovia	Alterada	Urbana; Industrial	Origem doméstica e industrial	Coloração esverdeada elevada, assoreamento incipiente; Presença de macrófitas nas margens			
	Cubatão	188 - 189	Canal de Piaçaguera	636	7.361.946	358.412	26/03/2010	Nublado	Ambiente lótico e correnteza moderada. Aprox. 3m de largura	Rodovia	Alterada	Industrial	Origem industrial	Água esverdeada, turbidez média, assoreamento incipiente			
	Cubatão	190 - 191	Rio Moji	641	7.361.953	360.173	26/03/2010	Nublado	Ambiente lótico e correnteza baixa. Aprox. 10m de largura	Rodovia	Alterada	Industrial	Origem industrial	Água esverdeada, turbidez média, assoreamento incipiente			
	Santos	193-194	Rio da Onça	650	7.360.576	362.597	26/03/2010	Nublado	Ambiente lótico e correnteza baixa. Aprox. 12m de largura	Rodovia	Preservada	Vegetação; Industrial	Origem industrial	Água marrom- esverdeada, baixa turbidez, assoreamento não observado			
	Santos	194 - 195	Rio Quilombo	655	7.359.812	363.052	26/03/2010	Nublado	Ambiente lótico com correnteza moderada. Aprox. 70m largura	Rodovia	Preservada	Vegetação	Difusas	Baixa turbidez			
	Santos	198-199	Rio Jurubatuba	669	7.358.020	366.076	26/03/2010	Nublado	Ambiente lótico sob influência da maré e correnteza moderada. Aprox. 80m de largura	Rodovia	Alterada	Vegetação	Difusas	Baixa turbidez			

#### 10.1.8.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP – Santos** prevê a transposição de 393 corpos d'água inseridos nas Ugrhi 05 - Piracicaba, Capivari e Jundiá; Ugrhi 06 - Alto Tietê; e Ugrhi 07 – Baixada Santista.

Na Ugrhi 05 - Piracicaba, Capivari e Jundiá, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** está compreendido em parte na zona rural, cujo uso do solo é voltado às práticas agrícolas, especialmente ao cultivo de extensas áreas de cana-de-açúcar. A mata ciliar encontra-se alterada ou inexistente, o que resulta em assoreamento dos corpos hídricos. Ao passar pelas áreas urbanas, evidencia-se ainda o aporte adicional de esgotos domésticos, resultando em águas eutrofizadas, com níveis acentuados de nutrientes (nitrogênio e fósforo). Nesta Ugrhi estão previstas interceptações em rios de médio e grande porte, em sua maioria de águas doces classes 1 e 2.

A partir da estaca 75, o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** passa a transpor drenagens da Ugrhi 06 - Alto Tietê. Esta unidade abrange a Região Metropolitana de São Paulo, na qual os cursos d'água são em geral canalizados e receptores de cargas muito elevadas de poluição. Na Ugrhi 06, o empreendimento seguirá as bacias Juqueri-Cantareira, Pinheiros-Pirapora, Cotia-Guarapiranga, Billings-Tamanduateí e Alto Tietê-Cabeceiras.

As drenagens interceptadas pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** nessas bacias são, em sua maioria, de águas doces classes 2, 3 e 4, compostas por rios de médio e de grande porte, além de cursos d'água enquadrados na classe 1, tais como o reservatório Guarapiranga.

Dentre os cursos d'água mais relevantes ao longo do e **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** encontram-se os rios Juqueri, Embu-Mirim e Tietê. Dentre esses, o rio Tietê será interceptado na sua passagem pelas bacias Pinheiros-Pirapora e Alto Tietê-Cabeceiras, nos municípios de Barueri e de Suzano, respectivamente.

De acordo com os resultados do monitoramento da Cetesb, a qualidade das águas do rio Tietê, principal corpo d'água da Ugrhi 06, e dos seus afluentes, estão comprometidas devido especialmente aos lançamentos de esgotos domésticos e industriais sem o adequado tratamento. O monitoramento da Cetesb nos rios Juqueri e Embu-Mirim evidenciam também interferências na qualidade da água decorrentes do aporte de esgotos domésticos.

O **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** interceptará o reservatório Guarapiranga entre as estacas 136 e 137, próximo à divisa municipal de Itapeverica da Serra e São Paulo. As águas desse manancial foram consideradas boas, conforme critérios do IQA e do IAP, em 2012. Quanto ao nível de eutrofização, verificou-se condição mesotrófica, influenciada, em partes, pela contribuição de elevadas cargas de fósforo total do rio Embu-Mirim. Na análise de qualidade da água, desenvolvida pela Sabesp<sup>205</sup> (2014), detectaram-se interferências pontuais no pH, nos níveis de oxigênio dissolvido, turbidez, fósforo, cobre e manganês.

No reservatório Billings, um dos principais mananciais de abastecimento público na área de estudo, as principais fontes de poluição encontram-se em seu trecho inicial e são decorrentes principalmente do bombeamento das águas do rio Pinheiros e da ocupação antrópica das bacias de drenagem dos ribeirões Cocaia e Bororé (CETESB, 2013<sup>206</sup>). Os valores médios do IQA registrados em 2012 revelam para o reservatório Billings águas de Boa à Ótima qualidade na

<sup>205</sup> SÃO PAULO. COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). Monitoramento de Mananciais. 2014. Disponível em: < <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=43>>.

<sup>206</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.

maioria dos pontos monitorados, decaindo para Regular apenas no corpo central desse manancial (BILL02030).

No trecho do **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** na bacia do Alto Tietê-Cabeceiras, irá cruzar o rio Tietê, e alguns dos seus tributários das margens esquerda e direita, bem como o rio Jaguari e o ribeirão Perová, em áreas marcadas por ocupação predominantemente urbana. As fontes mais importantes de poluição na bacia do Alto Tietê-Cabeceiras estão relacionadas ao lançamento de efluentes domésticos e industriais sem o adequado tratamento.

Na Ugrhi 07 – Baixada Santista, estão previstas interceptações em rios de grande e pequeno porte, além do reservatório Rio das Pedras, considerados, em sua maioria, como águas doces classe 1 pelo Decreto Estadual nº 10.755/77.

A qualidade das águas na Ugrhi 07 é influenciada pelos lançamentos de esgotos de origem doméstica e industrial. Nesta unidade as alterações ambientais relacionam-se ao Parque Industrial de Cubatão. Os cursos d'água que drenam a área do Parque Estadual da Serra do Mar tendem a apresentar melhor qualidade devido à presença de remanescentes de vegetação preservados.

O Desenhos apresentando os pontos de captação para abastecimento público, os pontos de monitoramento da Cetesb no âmbito da AID/ADA, estão apresentados no **Volume 7 – Desenhos**, bem como os Desenhos apresentando pontos de captação para abastecimento público, os pontos de monitoramento da Cetesb, e resultados de qualidade das águas no Ambito da AII.

### **10.1.9 INVESTIGAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS**

#### **10.1.9.1 INTRODUÇÃO**

Passivo Ambiental representa toda e qualquer obrigação, de curto ou longo prazo, destinada a promover a extinção e/ou a recuperação de um dano causado ao meio ambiente.

De acordo com a Lei Estadual nº 13.577/2009, que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, são considerados responsáveis legais e solidários pela prevenção, identificação e remediação de uma área contaminada aquele que causou a contaminação, aquele que tem o domínio da propriedade contaminada ou qualquer um que se beneficie direta ou indiretamente dessa degradação (vide artigo 13 da referida Lei).

Também conforme o artigo 43 da mesma Lei, em seu parágrafo 1º, responderá por infração ambiental aquele que “por qualquer modo a cometer, concorrer para a sua prática ou dela se beneficiar”.

A identificação de passivos ambientais tornou-se aspecto importante em negociações entre empresas, já que, pela responsabilização solidária, um empreendedor poderá ser responsabilizado pela degradação ambiental causada por terceiros. Identificar passivos ambientais tem sido aspecto importante na tomada de decisões, pois pode implicar investimentos de vulto para a sua remediação.

Para o caso do **Projeto Logum Trecho Paulínia-RMSP-Santos**, objetiva-se diagnosticar a ocorrência de áreas degradadas ou contaminadas que possam gerar passivos ambientais, tanto nas áreas a serem atravessadas pela dutovia como nos locais das instalações associadas, evitando assim eventuais restrições técnicas ao empreendimento.

### 10.1.9.2 ABORDAGEM METODOLÓGICA E PROCEDIMENTOS

A investigação de passivos ambientais foi baseada na metodologia de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da Cetesb, atendendo ao estabelecido no documento “Procedimento para Gerenciamento de Áreas Contaminadas”, aprovado pela Cetesb, em 22/07/2007 e aos critérios definidos no Parecer Técnico nº 248/TACA/10 emitido no âmbito do Projeto Uniduto.

De acordo com o Parecer Técnico nº 248/TACA/10, foi delimitada a área de abrangência do estudo, sendo esta composta por 50 metros de cada lado da dutovia e definida como Área de Interesse (AI). Em seguida, foram analisadas as fotos aéreas em escala 1:10.000 (Desenhos folhas 01 a 52) da área de interesse de todo o trecho de implantação da dutovia e instalações associadas.

A partir disso, foi realizada a consulta ao cadastro de Áreas Contaminadas (ACs) da Cetesb<sup>207</sup> (2013), o qual compõe um banco de dados disponível à consulta pública, que constitui-se em instrumento central de gerenciamento de ACs, no qual são geridas todas as informações adquiridas durante a execução das etapas do gerenciamento de ACs referente às Áreas Contaminadas (ACs) e Áreas com Potencial de Contaminação (APs), a saber:

- AC - Área contaminada: área onde as concentrações de substâncias químicas de interesse estão acima de um valor de referência vigente na região, no país ou, na ausência desses, aquele internacionalmente aceito, que indica a existência de um risco potencial à segurança, à saúde humana ou ao meio ambiente. Para este item foi utilizado o cadastro de áreas contaminadas disponibilizado pela Cetesb;
- AP - Área com potencial de contaminação: área onde estão sendo desenvolvidas atividades com potencial de contaminação que, por suas características, podem acumular quantidades ou concentrações de contaminantes em condições que a tornem contaminadas.

Foram analisados os dados nesta consulta com a atualização das plantas e documentos do **Projeto Logum Trecho Paulínia-RMSP-Santos** com o intuito de identificar todos os cadastros de ACs dos municípios transpostos pelo **Projeto Logum Trecho Paulínia-RMSP-Santos**.

Após a classificação da faixa de estudo quanto às definições supracitadas, foi possível fazer o enquadramento do **Projeto Logum Trecho Paulínia-RMSP-Santos** em trechos, classificando-os segundo as tipologias: Tipo A, B, C, D e E para gerenciamento de risco. Estes trechos foram identificados de acordo com o Parecer Técnico nº 248/TACA/10 (emitido no âmbito do Projeto Uniduto) em função das características locais de sua ocupação e do tipo de obra:

- Tipo A - Trecho em Áreas Contaminadas já inseridas no Cadastro Cetesb;
- Tipo B - Trechos com tubulações existentes em zona insaturada;
- Tipo C - Trechos com tubulações existentes em zona saturada;
- Tipo D - Trechos sem tubulações existentes em regiões sem áreas com potencial de contaminação;
- Tipo E - Trechos sem tubulações existentes em regiões com áreas com potencial de contaminação.

Os trechos onde serão instalados dutos submerso sem a realização de escavação não receberam classificação.

<sup>207</sup> COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo - 2012, São Paulo, 2013. 354 p.



### **10.1.9.3 RESULTADOS**

Os resultados alcançados, a partir da metodologia supracitada, são apresentados a seguir, considerando o sequenciamento de desenhos apresentados no **Volume 7 - Desenhos**.

#### *DESENHO 01: ESTACAS 000 A 006 - REGIÃO DE PAULÍNIA – TIPO B E TIPO A + B:*

1. Replan - Refinaria do Planalto Paulista – UTDI (estaca 000): instalações da Replan - Área Contaminada (AC). Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Shell Química S.A. (entre as estacas 000 e 002 - Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): apesar de não ter sido identificado no cadastro na Cetesb e nem no banco de ACs, a área pertencente à referida empresa pode ser considerada contaminada, pois em 2001 a mesma admitiu publicamente a responsabilidade pela contaminação de solo e água subterrânea de seu terreno e da circunvizinhança;
3. Indústria Ashland – Hércules do Brasil Produtos Químicos Ltda. (entre as estacas 002 e 003 - Tipo B) – Área com Potencial de Contaminação (AP): indústria responsável pela fabricação de preparações químicas auxiliares, sob cadastro Cetesb nº. 513-0000458. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
4. Ferrovia Centro Atlântica (entre as estacas 006 e 007 - Tipo B) – Área com Potencial de Contaminação (AP): responsável pela manutenção ou reparação de veículos ferroviários, sob cadastro Cetesb nº. 513-0005428. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
5. Subestação Paulínia – FEPASA (entre as estacas 006 e 007 - Tipo B) – Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
6. Eucatex - Unidade Agro (entre as estacas 006 e 007 - Tipo B) – Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

#### *DESENHO 02: ESTACAS 006 A 014 - REGIÃO DE PAULÍNIA/CAMPINAS – TIPO B, TIPO A +B, TIPO D E TIPO E:*

1. Galvani Indústria, Comércio e Serviços S. A. (entre as estacas 006 e 008 - Tipo A +B) - Área Contaminada (AC): responsável pela fabricação de adubos e fertilizantes fosfatados, sob cadastro Cetesb nº. 513-0000410. Está presente no cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Cargill Nutrição Animal Ltda. (entre as estacas 007 e 008 – Tipo E) - Área com Potencial de Contaminação (AP): responsável pela fabricação de rações e forragens balanceadas para animais, sob cadastro CETESB nº. 513-0003475. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
3. CIATEC I - Companhia de Desenvolvimento do Polo de Alta Tecnologia de Campinas (entre as estacas 013 e 015 – Tipo B) – Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
4. Air Liquide Brasil Ltda. (entre as estacas 014 e 015 – Tipo B) – Área com Potencial de Contaminação (AP): indústria responsável pela fabricação de gases elementares, sob cadastro CETESB nº. 244-0031102. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
5. Dom Pedro Parking Posto (entre as estacas 014 e 015 – Tipo A+B) - Área Contaminada (AC): responsável pelo comércio de combustíveis para veículos automotores, sob cadastro CETESB nº. 244-0045730. Está presente no cadastro de ACs. Área inserida na AI;
6. Concessionária Volkswagen (entre as estacas 014 e 015 – Tipo B) – Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 03: ESTACAS 015 A 022 - REGIÃO DE CAMPINAS – TIPO B, TIPO D E TIPO E:*

1. Aterro Sanitário Parque Santa Bárbara (entre as estacas 018 e 019 – Tipo E) – Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Shopping Parque das Bandeiras (entre as estacas 022 e 023 – Tipo E) – Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 04: ESTACAS 023 A 030 - REGIÃO DE CAMPINAS – TIPO D;*

*DESENHO 05: ESTACAS 028 A 033 - REGIÃO DE CAMPINAS – TIPO D;*

*DESENHO 06: ESTACAS 034 A 038 - REGIÃO DE CAMPINAS – TIPO B E TIPO D;*

*DESENHO 07: ESTACAS 038 A 043 - REGIÃO DE VALINHOS/VINHEDO/ITUPEVA – TIPO B:*

1. Cablena (entre as estacas 042 e 043 - Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): indústria responsável pela fabricação de fios, cabos e condutores elétricos de cobre, sob cadastro Cetesb nº. 388-0001821. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Magna do Brasil Produtos e Serviços Automotivos Ltda. (entre as estacas 042 e 043 - Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): indústria responsável pela fabricação de peças e acessórios não elétricos para veículos automotores, sob cadastro CETESB nº. 714-0003174. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
3. Omamori Indústria de Alimentos Ltda. (entre as estacas 042 e 043 - Tipo B) – Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
4. Globalpack Indústria e Comércio Ltda. (entre as estacas 042 e 043 - Tipo B) – Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;

*DESENHO 08: ESTACAS 044 A 049 - REGIÃO DE VINHEDO/ITUPEVA/LOUVEIRA – TIPO B:*

1. Hopi Hari (entre as estacas 047 e 048 - Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa formada por um complexo que abriga um parque de diversões, sob cadastro Cetesb nº. 714-0001874. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Estacionamento de Automóveis do Hopi Hari (entre as estacas 047 e 048 - Tipo B) – Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 09: ESTACAS 049 A 055 - REGIÃO DE VINHEDO/LOUVEIRA/JUNDIAÍ – TIPO B;*

*DESENHO 10: ESTACAS 055 A 062 - REGIÃO DE JUNDIAÍ – TIPO B E TIPO A + B:*

1. Aquileia Serviços Industriais Ltda. (entre as estacas 056 e 057 - Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pela gravação de cilindros para rotogravuras e metalização, sob cadastro Cetesb nº. 407-0010553. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Inapel Embalagens Ltda. (entre as estacas 056 e 057 - Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pela fabricação de embalagens de material plástico, sob cadastro Cetesb nº. 407-0010816. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
3. Siemens Ltda. (entre as estacas 056 e 057 - Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): indústria responsável pela fabricação de Transformadores, indutores, conversores, sincronizadores e semelhantes, sob cadastro Cetesb nº. 407-0375349, 407-0004482 e 407-0366340. Presente no Cadastro de ACs. Área inserida na AI.

4. Renault do Brasil Comércio e Participação Ltda. (entre as estacas 058 e 059 - Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pela comercialização de peças e acessórios para veículos, sob cadastro Cetesb nº. 407-0366087. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
5. Sperian Produtos de Segurança Ltda. (entre as estacas 058 e 059 - Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pela fabricação de equipamentos de segurança industrial, sob cadastro CETESB nº. 407-0368576. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
6. Delta Centro Empresarial (entre as estacas 058 e 059 - Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
7. Atmosfera Gestão e Higienização de Têxteis S/A (entre as estacas 058 e 060 - Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável por serviços de lavagem de roupas industriais, sob cadastro CETESB nº. 407-0365563. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
8. Ecofabril Indústria e Comércio Ltda. (entre as estacas 059 e 060 - Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pela fabricação de fibras artificiais, sob cadastro CETESB nº. 407-0007743. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 11: ESTACAS 061 A 066 - REGIÃO DE JUNDIAÍ – TIPO B;*

*DESENHO 12: ESTACAS 067 A 072 - REGIÃO DE JUNDIAÍ – TIPO B;*

1. Usina de Asfalto Jundiaí Ltda. (entre as estacas 072 e 073 - Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pela fabricação de concreto asfáltico, sob cadastro CETESB nº. 407-0004552. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;

*DESENHO 13: ESTACAS 074 A 082 - REGIÃO DE JUNDIAÍ/ CAJAMAR – TIPO B;*

*DESENHO 14: ESTACAS 083 A 090 - REGIÃO DE CAJAMAR – TIPO B;*

1. Condomínio Hines Distribution Park (entre as estacas 082 e 083 - Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;

*DESENHO 15: ESTACAS 091 A 098 - REGIÃO DE CAJAMAR/SANTANA DE PARNAÍBA – TIPO B;*

1. Antilhas Embalagens Editora e Gráfica S/A (entre as estacas 095 e 096 - Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pela fabricação de embalagens de cartão, sob cadastro CETESB nº. 623-0013655. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Sonda IT (entre as estacas 095 e 096 - Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 16: ESTACAS 098 A 105 - REGIÃO DE SANTANA DE PARNAÍBA/ BARUERI/ OSASCO/CARAPICUÍBA – TIPO B, TIPO D E TIPO E;*

1. Cidade Industrial Maria Elisa (entre as estacas 099 e 101 - Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Gráfica Editora Aquarela S/A (entre as estacas 099 e 100 - Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável por edição de impressão de jornais, sob cadastro Cetesb nº. 206-0010765. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;

3. Companhia Ultragaz S/A (entre as estacas 100 e 101 - Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pelo depósito e/ou comércio de produtos inflamáveis, sob cadastro Cetesb nº. 206-0000941. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
4. Petrobras Transporte S/A – Transpetro - Terminal Barueri (entre as estacas 101 e 102): Área Contaminada (AC). Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
5. Polimix Concreto Ltda. (entre as estacas 101 e 102 – Tipo E) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pela fabricação de massa de concreto preparada para construção, sob cadastro CETESB nº. 206-0003812. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
6. Ar Frio S/A - Armazéns Gerais Frigoríficos (entre as estacas 101 e 102 – Tipo E) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável por armazenar modulados em chapas metálicas pré fabricados para frigoríficos, sob cadastro CETESB nº. 206-0040101. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
7. Estação General Miguel Costa (entre as estacas 102 e 103 – Tipo E) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
8. Posto de Gasolina do Gopiúva (entre as estacas 105 e 106 – Tipo E) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 17: ESTACAS 106 A 105 - REGIÃO DE OSASCO/CARAPICUÍBA/COTIA – TIPO D E TIPO E:*

1. Parque Industrial Jandaia (entre as estacas 107 e 108 – Tipo E) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Tecnocell Agroflorestal Ltda. (entre as estacas 107 e 108 – Tipo E) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pela fabricação de inseticidas para uso domissanitário direto, sob cadastro CETESB nº. 255-0003884. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
3. Liberty Fragrâncias Ltda. (entre as estacas 107 e 108 – Tipo E) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pela fabricação de aditivos de uso industrial, sob cadastro CETESB nº. 255-0007298. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
4. Freios Farj Indústria e Comércio Ltda. (entre as estacas 107 e 108 – Tipo E) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pela fundição de metais não ferrosos, sob cadastro CETESB nº. 255-0007391. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
5. Engretécnica Indústria e Comércio Ltda. (entre as estacas 107 e 108 – Tipo E) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pela fabricação de engrenagens para transmissão industrial, sob cadastro CETESB nº. 255-0003719. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
6. Emplal Embalagens Plásticas Ltda. (entre as estacas 107 e 108 – Tipo E) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pela fabricação de embalagens de plástico para produtos alimentícios, sob cadastro CETESB nº. 255-0003653. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
7. Grumont Equipamentos Ltda. (entre as estacas 107 e 108 – Tipo E) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pela locação e venda de Gruas, sob cadastro CETESB nº. 255-0006401. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.



*DESENHO 18: ESTACAS 115 A 124 - REGIÃO DE COTIA/EMBU – TIPO D E TIPO E:*

1. Chevrolet Aba Motors (entre as estacas 118 e 119 – Tipo E) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 19: ESTACAS 125 A 132 - REGIÃO DE EMBU/ ITAPECERICA DA SERRA – TIPO D E TIPO E:*

1. Itamasa Itapecerica Máquinas S/A (entre as estacas 125 e 126 – Tipo E) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 20: ESTACAS 130 A 135 - REGIÃO DE ITAPECERICA DA SERRA/SÃO PAULO – TIPO D*

*DESENHO 21: ESTACAS 136 A 142 - REGIÃO DE SÃO PAULO – TIPO D;*

*DESENHO 22: ESTACAS 143 A 146 - REGIÃO DE SÃO PAULO – TIPO D;*

*DESENHO 23: ESTACAS 147 A 151 - REGIÃO DE SÃO PAULO – TIPO D;*

*DESENHO 24: ESTACAS 152 A 156 - REGIÃO DE SÃO PAULO – TIPO C:*

Entre as estacas 154 e 157 encontra-se a Represa Billings, onde serão instalados dutos submerso sem a realização de escavação. Sem classificação.

*DESENHO 25: ESTACAS 157 A 160 - ENCONTRA-SE A REPRESA BILLINGS, ONDE SERÃO INSTALADOS DUTOS SUBMERSO SEM A REALIZAÇÃO DE ESCAVAÇÃO. SEM CLASSIFICAÇÃO.*

- Entre as estacas 156 e 161 encontra-se a Represa Billings, onde serão instalados dutos submerso sem a realização de escavação. Sem classificação.

*DESENHO 27: ESTACAS 166 A 171 E ESTACAS 201 A 202 - REGIÃO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO - TIPO B, TIPO C E TIPO D:*

Entre as estacas 166 e 169 (Tipo C) encontra-se a Represa Billings, onde serão instalados dutos submerso sem a realização de escavação. Sem classificação.

Na estaca 201 está localizada a Estação de Válvula – EVLI, uma área de 6.348,05 m<sup>2</sup>. Classificada como Tipo D devido ao entorno imediato apresentar área sem potencial de contaminação (apesar da faixa de dutos existente lindeira).

*DESENHO 28: ESTACAS 172 A 175 - REGIÃO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO – TIPO B, TIPO C E TIPO D:*

Entre as estacas 174 e 176 encontra-se o Reservatório Rio das Pedras, onde serão instalados dutos submerso sem a realização de escavação. Sem classificação.

*DESENHO 29: ESTACAS 176 A 182 - REGIÃO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO/CUBATÃO TIPO C, TIPO D E TIPO E:*

Entre as estacas 175 e 178 encontra-se o Reservatório Rio das Pedras, onde serão instalados dutos submerso sem a realização de escavação. Sem classificação.

1. UHE - Usina Henry Borden - Usina externa (entre as estacas 179 e 181 – Tipo E) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Casa de Máquina da Usina Henry Borden (entre as estacas 179 e 180 Tipo E) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;

3. Subestação Eletropaulo (entre as estacas 181 e 182 – Tipo E) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 30: ESTACAS 182 A 187 - REGIÃO DE CUBATÃO – TIPO B E TIPO A + B:*

1. Refinaria Presidente Bernardes - RPBC (entre as estacas 182 e 185): Área Contaminada (AC). Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Ultrafertil S/A (entre as estacas 182 e 183 – trecho aéreo que faz ligação com PACBT entre as estacas 01 e 04 – Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): responsável pela fabricação de fertilizantes, sob cadastro CETESB nº. 283-0000316. Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
3. Petrobras S/A - IERB (entre as estacas 182 e 183 – trecho aéreo que faz ligação com PACBT entre as estacas 12 e 15): Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
4. Petrobras Distribuidora S/A – TECUB e Consórcio da CACUB (PACBT entre as estacas 15 e 17 + 52,7m): Área Contaminada (AC). Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
5. Estacionamento de Caminhões (entre as estacas 182 e 183 – trecho aéreo que faz ligação com PACBT entre as estacas 17 e 17 + 52,7m – Tipo B): - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
6. Petrocoque S/A Indústria e Comércio (entre as estacas 184 e 185 – trecho que faz ligação com PACBT entre as estacas 01 e 04 – Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): responsável pela fabricação de coque de petróleo calcinado, sob cadastro CETESB nº. 283-0000547. Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
7. Standard Logística (entre as estacas 185 e 186 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
8. CSC Participações Ltda. (entre as estacas 185 e 187 – Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): responsável por disposição de resíduos, sob cadastro CETESB nº. 283-0003742. Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 31: ESTACAS 188 A 191 - REGIÃO DE CUBATÃO – TIPO B E TIPO A + B:*

1. Copebrás Ltda. (entre as estacas 187 e 189 – Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): Apesar de não ter sido identificado seu cadastro na CETESB, ela está presente no cadastro de ACs e dentro da AI;
2. Mosaic Fertilizantes do Brasil Ltda. (entre as estacas 188 e 190 – Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): responsável por fabricação de fertilizantes, sob cadastro CETESB nº. 283-0006473, 283-0005521, 283-0005146 e 283-0005362. Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
3. Posto Paulínia (entre as estacas 189 e 190 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
4. Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S/A – USIMINAS (entre as estacas 190 e 192 – Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): responsável por fabricação de laminados planos de aço, caldeiras pesadas para as indústrias mecânica e de peças e acessórios para máquinas e equipamentos de uso geral, sob cadastro CETESB nº. 283-0000763, 283-0003230 e 283-0003225. Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 32: ESTACAS 192 A 198 - REGIÃO DE CUBATÃO/SANTOS – TIPO B;*

*DESENHO 33: ESTACAS 198 A 200+682,7M - REGIÃO DE SANTOS – TIPO D;*

*DESENHO 34: ESTACAS 203 A 207- REGIÃO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO – TIPO B;*

*DESENHO 35: ESTACAS 207 A 211- REGIÃO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO/SANTO ANDRÉ – TIPO B;*

*DESENHO 36: ESTACAS 212 A 219- REGIÃO DE SANTO ANDRÉ/RIO GRANDE DA SERRA – TIPO B E TIPO A + B:*

1. Indústria do Grupo Solvay (entre as estacas 215 e 217 – Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): responsável por fabricação de polietileno de alta densidade, policloreto de vinila e produtos químicos, sob cadastro CETESB nº. 626-0086957, 626-0002237, 626-0089442 e 626-0088454. Está presente no cadastro de ACs e dentro da AI.

*DESENHO 37: ESTACAS 219 A 227 - REGIÃO DE RIBEIRÃO PIRES/ RIO GRANDE DA SERRA – TIPO B*

*DESENHO 39: ESTACAS 232 A 233 E ESTACAS 277 A 283 - REGIÃO DE MAUÁ/SÃO PAULO – TIPO B*

*DESENHO 40: ESTACAS 236 A 239 - REGIÃO DE SÃO PAULO/FERRAZ DE VASCONCELOS/SUZANO – TIPO B*

Entre as estacas 234 e 235 (0+34,9m) está localizada a Estação Intermediária de Bombeamento com Tancagem, área de 45.386,00 m². Classificada como Tipo D devido ao entorno imediato apresentar área sem potencial de contaminação (apesar de faixas de dutos existentes lindeira e ECGM – Estação de Controle de Gás de Mauá).

*DESENHO 41: ESTACAS 240 A 244 - REGIÃO DE SUZANO – TIPO B;*

*DESENHO 42: ESTACAS 246 A 250 - REGIÃO DE SUZANO – TIPO B;*

*DESENHO 43: ESTACAS 250 A 257 - REGIÃO DE SUZANO/MOGI DAS CRUZES – TIPO B:*

1. Suzano Papel e Celulose S/A (entre as estacas 251e 252 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pela fabricação de celulose, sob cadastro CETESB nº. 672-0000496. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Petrobras - Gasoduto Ponto de Entrega de Suzano – (entre as estacas 252e 253 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 44: ESTACAS 258 A 265 - REGIÃO DE SUZANO/ITAQUAQUECETUBA – TIPO B;*

*DESENHO 45: ESTACAS 261 A 268 - REGIÃO DE MOGI DAS CRUZES/ITAQUAQUECETUBA – TIPO B:*

1. Cla do Brasil - Indústria e Comércio de Materiais Isolantes Ltda. (entre as estacas 265 e 266 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pela fabricação de material isolante, sob cadastro CETESB nº. 379-0016386. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Marfinite Produtos Sintéticos Ltda. (entre as estacas 266 e 267 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável pela fabricação de artefatos plásticos, sob cadastro CETESB nº. 379-0002716. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 46: ESTACAS 268 A 272 - REGIÃO DE ITAQUAQUECETUBA – TIPO B:*

1. Banderart Indústria Têxtil Ltda. (entre as estacas 270 e 271 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável por estamparia e texturização em fios, tecidos e artigos têxteis, sob cadastro CETESB nº. 379-0000392. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Sanrisil S/A Indústria e Comércio (entre as estacas 270 e 271 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável por fabricação de produtos farmoquímicos, sob cadastro CETESB nº. 379-0003901. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 47: ESTACAS 272 A 276 - REGIÃO DE ITAQUAQUECETUBA/GUARULHOS – TIPO B:*

1. Multi Cabo (entre as estacas 274 e 275 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. V.G. Auto Peças (entre as estacas 274 e 275 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
3. Marmoraria Prosperidade (entre as estacas 274 e 275 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
4. Johnnny Auto Peças (entre as estacas 274 e 275 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 48: ESTACAS 276 A 278+853,3M - REGIÃO DE GUARULHOS - TIPO B:*

1. Menedin Indústria e Comércio de Vidros de Segurança e Temperados Ltda. (entre as estacas 277 e 278 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável por fabricação de vidros planos e de segurança, sob cadastro CETESB nº. 336-0028896 e 336-0069951. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Petrobras Transporte S/A – Transpetro - TTGRU (entre as estacas 278 e 278+853,3m): Área Contaminada (AC). Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 39: ESTACAS 278 A 283 - REGIÃO DE SÃO PAULO/MAUÁ – TIPO B E TIPO A + B:*

1. Ecourbis Ambiental S/A - Aterro Sanitário Sítio São João (entre as estacas 279 e 281 – Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): aterro sanitário doméstico, sob cadastro CETESB nº. 100-0725837. Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Centro de Tratamento de Resíduos Leste – CTL (entre as estacas 280 e 282 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): responsável pela gestão de aterros sanitários, sob cadastro CETESB nº. 100-0892546. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 49: ESTACAS 283 A 288 - REGIÃO DE SÃO PAULO/MAUÁ – TIPO B E TIPO A + B:*

1. Petróleo Brasileiro – RECAP (entre as estacas 286 e 287 – Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): responsável por refino de petróleo, sob cadastro CETESB nº. 442-0001840. Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Petroquímica União S/A - Braskem e Quattor (entre as estacas 286 e 288 – Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): responsável por fabricação de resina termoplástica, sob cadastro CETESB nº. 442-0001906. Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;



3. Quattor Participações S/A – Braskem QPAR S/A (entre as estacas 287 e 288 – Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): responsável por fabricação de produtos petroquímicos básicos, sob cadastro CETESB nº. 442-0002420. Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 50: ESTACAS 288 A 292 - REGIÃO DE SÃO PAULO/SANTO ANDRÉ TIPO B:*

1. Motel Corpo a Corpo Ltda. EPP (entre as estacas 288 e 289 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): sob cadastro CETESB nº. 626-0107585. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Transportes e Comercio WSE Mazuco (entre as estacas 289 e 290 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
3. Madeireira Oratório (entre as estacas 290 e 291 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
4. Indústria de Móveis Bartira Ltda. (entre as estacas 292 e 293 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): responsável pela fabricação de móveis, sob cadastro CETESB nº. 626-0019100. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 51: ESTACAS 293 A 297 - REGIÃO DE SÃO PAULO/SANTO ANDRÉ/ SÃO CAETANO DO SUL – TIPO B, TIPO A + B E TIPO A + D:*

1. Depósito - Tumkus Materiais de Construção (entre as estacas 293 e 294 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
2. Novelis do Brasil Ltda. (entre as estacas 295 e 296 – Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): empresa responsável por produção de folhas de alumínio relaminada para embalagem, sob cadastro Cetesb nº. 626-0000265. Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
3. Alcoa Alumínio S.A. (entre as estacas 295 e 296 – Tipo A + B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): empresa responsável por metalurgia de alumínio e suas ligas, sob cadastro Cetesb nº. 626-0018625. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
4. Petrobras Transporte S/A - Transpetro Terminal de São Caetano do Sul (entre as estacas 296 e 297): Área com Potencial de Contaminação (AP): instalações do Terminal de São Caetano do Sul. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
5. Ipiranga Produtos de Petróleo S/A (entre as estacas 296 e 297– trecho que faz ligação com CIAS-IPIR entre as estacas 01 e 01+73,6m): Área Contaminada (AC). Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI ;
6. Engenharia - General Motors do Brasil (entre as estacas 296 e 297 – Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): empresa responsável por fabricação de peças e acessórios não elétricos para veículos automotores, sob cadastro Cetesb nº. 636-0002468. Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
7. General Motors do Brasil (entre as estacas 296 e 298 – Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): empresa responsável por fabricação de veículos e autopeças e montagem de automóveis, sob cadastro Cetesb nº. 636-0002453 e 636-0033184. Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

*DESENHO 52: ESTACAS 297 A 300+155,3M - REGIÃO DE SÃO PAULO/SÃO CAETANO DO SUL – TIPO D, TIPO A + D E TIPO E:*

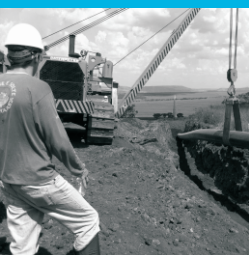
1. Carrefour Comercio e Indústria Ltda. (entre as estacas 297 e 298 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): comércio varejista, sob cadastro Cetesb nº. 636-0033894. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;

2. Richard Saigh Indústria e Comércio S/A (entre as estacas 297 e 298 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): responsável pela fabricação de farinha de trigo, sob cadastro Cetesb nº. 636-0005663. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
3. Chevron Brasil Ltda. (entre as estacas 297 e 298 – Tipo B) - Área com Potencial de Contaminação (AP): comércio varejista de combustíveis, sob cadastro Cetesb nº. 636-0035777. Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
4. Estação São Caetano (CPTM) (entre as estacas 297 e 298 – Tipo B) – Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
5. Terminal Rodoviário Nicolau Delic (CPTM) (entre as estacas 298 e 299 – Tipo B) – Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
6. Maria Pia Esmeralda Matarazzo e Sunset Do Brasil Participações Ltda. (entre as estacas 298 e 299 – Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): empresa responsável por administração de imóveis, sob cadastro Cetesb nº. 636-636-0038667. Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
7. Antigas instalações das Indústrias Reunidas Francisco Matarazzo - IRFM (entre as estacas 299 e 300 – Tipo B) – Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
8. Braskem S/A (entre as estacas 299 e 300 – Tipo A + B) - Área Contaminada (AC): indústria responsável por fabricação de resina termoplástica, sob cadastro CETESB nº. 100-0035809. Consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
9. Raízen Combustíveis S.A (entre as estacas 299 e 300 – trecho que faz ligação com CIAS-RAIZ entre as estacas 00 e 0+38,7m): instalações da Raízen: Área com Potencial de Contaminação (AP). Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
10. Pátio do DETRAN (entre as estacas 299 e 300 - Tipo E) – Área com Potencial de Contaminação (AP): Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI;
11. Petrobras Distribuidora S.A - TESP (entre estaca 300 e estaca 300+155,3m (trecho que faz ligação com PASCS)): Área com Potencial de Contaminação (AP). Não consta do cadastro de ACs. Área inserida na AI.

#### **10.1.9.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Para o **Projeto Logum Trecho Paulínia – RMSP - Santos** foram identificadas, na Área de Interesse, diversas áreas contaminadas e potencialmente contaminadas, que podem gerar passivos ambientais, tanto nas áreas a serem atravessadas pela dutovia como em suas instalações associadas.

Considerando tal cenário, foi elaborado o Plano de Intervenção, apresentado no **Capítulo 13** do presente estudo, onde são definidas as diretrizes para gerenciamento dos riscos associados à exposição dos trabalhadores durante a instalação do **Projeto Logum Trecho Paulínia-RMSP-Santos**, considerando a contaminação dos solos e das águas subterrâneas.



# lōgum

Av. República do Chile, 330 - 34º andar  
Edifício Ventura - Torre Oeste  
Centro - Rio de Janeiro - RJ - Brasil  
CEP. 20031-170

[logum.com.br](http://logum.com.br)

