



CAPÍTULO 7

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

7.2 – MEIO FÍSICO



ÍNDICE

7	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	1
7.2	DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO.....	1
7.2.1	CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS	1
7.2.2	QUALIDADE DO AR.....	7
7.2.2.1	Principais Poluentes Atmosféricos.....	9
7.2.2.2	Monitoramento da Qualidade do Ar em Americana	11
7.2.2.3	Monitoramento da Qualidade do Ar em Paulínia.....	15
7.2.2.4	Considerações Finais.....	21
7.2.3	RUÍDOS E ODORES	24
7.2.4	ASPECTOS GEOLÓGICOS, GEOTÉCNICOS E HIDROGEOLÓGICOS	29
7.2.4.1	Geologia Regional.....	29
7.2.4.1.1.	Estruturas.....	36
7.2.4.2	Geologia Local	42
7.2.4.3	Aspectos Geotécnicos	47
7.2.4.3.1	Ensaio Geotécnicos.....	54
7.2.4.4	Hidrogeologia.....	56
7.2.4.5	Hidrogeologia Local.....	65
7.2.5	GEOMORFOLOGIA.....	68
7.2.5.1	Aspectos Regionais	68
7.2.5.2	Características Morfo Dinâmicas	73
7.2.5.3	Geomorfologia Local e da Área de Influência	74
7.2.5.3.1	Descrição dos Padrões de Forma e Processos Geomórficos da Área do Entorno.....	83
7.2.4.1.2.	Dinamização de Processos Erosivos e Assoreamento	89
7.2.6	SOLO.....	90
7.2.7	RECURSOS HÍDRICOS E QUALIDADE DAS ÁGUAS	94
7.2.7.1	Recursos Hídricos Superficiais	94
7.2.7.2	Regime Pluviométrico.....	98
7.2.7.3	Regime Térmico.....	100
7.2.7.4	Regime de Evapotranspiração	101
7.2.7.5	Balanço Hídrico	101
7.2.7.6	Recursos Hídricos Subterrâneos.....	104



7.2.7.7	Qualidade das águas	107
7.2.7.8	Considerações Finais.....	111

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 7.2.1 - Rosa dos ventos (Verão 1999-2000) Paulínia.</i>	2
<i>Figura 7.2.2 - Rosa dos ventos (Outono 1999-2000) Paulínia.</i>	3
<i>Figura 7.2.3 - Rosa dos ventos (Inverno 1999-2000) Paulínia.</i>	3
<i>Figura 7.2.4 - Rosa dos ventos (Primavera 1999-2000) Paulínia.</i>	4
<i>Figura 7.2.5 - Rosa do vento (Anual) Paulínia.</i>	4
<i>Figura 7.2.6 - Rosa dos ventos – 24 horas (08/03/02 a 18/12/03).</i>	5
<i>Figura 7.2.7 – Direção predominante do vento durante todo o ano na região do empreendimento.</i>	6
<i>Figura 7.2.8 – Evolução das concentrações médias de fumaça.</i>	13
<i>Figura 7.2.9 – Concentrações máximas de fumaça.</i>	14
<i>Figura 7.2.10 – Concentrações médias de fumaça por mês (1993 a 2002).</i>	14
<i>Figura 7.2.11 – Número de passagens de sistemas frontais pelo Estado de São Paulo.</i>	16
<i>Figura 7.2.12 – Médias aritméticas anuais para Partículas Inaláveis.</i>	16
<i>Figura 7.2.13 – Evolução de MP_{10} em Paulínia.</i>	17
<i>Figura 7.2.14 – Fumaça (FMC) média aritmética anual.</i>	17
<i>Figura 7.2.15 – Evolução do parâmetro Fumaça.</i>	18
<i>Figura 7.2.16 – Número de dias em que as concentrações horárias de O_3 ultrapassaram o padrão e o nível de atenção no ano de 2004.</i>	18
<i>Figura 7.2.17 – Número de ultrapassagem dos padrões de O_3 deste o início das medições em 2000.</i>	19
<i>Figura 7.2.18 – Evolução do parâmetro CO.</i>	19
<i>Figura 7.2.19 – Média aritmética anual de 2004 para o padrão SO_2.</i>	20
<i>Figura 7.2.20 – Níveis de pressão sonora de diversos equipamentos.</i>	25
<i>Figura 7.2.21 – Propagação das ondas sonoras e atenuação.</i>	27
<i>Figura 7.2.22 – Mapa geológico regional.</i>	31
<i>Figura 7.2.23 - Coluna estratigráfica simplificada da bacia do Paraná, na região de São Paulo.</i>	32
<i>Figura 7.2.24 – Afloramento de rocha sedimentar com estratificação plano paralela, região a sul da Represa de Salto Grande.</i>	37
<i>Figura 7.2.25 – Mapa de densidade de fraturamentos obtido a partir da fotointerpretação da imagem de satélite Landsat TM e do mapa planimétrico, na escala 1:50.000.</i>	38
<i>Figura 7.2.26 - Aspecto de estruturas alinhadas segundo NE-SW, NW-SE, NS, na região de influência da área. A rocha é composta por diametitos com intercalações de siltito e material arenoso fino, a coloração é amarela - rósea.</i>	39
<i>Figura 7.2.27 - Afloramento da Formação Itararé a sudeste da área de intervenção com fraturas sub-verticais paralelas entre si. A rocha é um siltito de coloração amarelada e estratificação sub-horizontal.</i>	41



<i>Figura 7.2.28– Solo superficial com coloração marrom avermelhado, a sudeste da área de intervenção.</i>	44
<i>Figura 7.2.29 - Afloramento de argila de cor marrom variegada, maciça. Piso de estrada secundária no entorno da área de intervenção.</i>	45
<i>Figura 7.2.30 – Afloramento de argilito maciço com níveis de arenitos, com películas de óxido nos planos de fraturas. Área de entorno a oeste.</i>	46
<i>Figura 7.2.31 – Mapa litológico – geomorfológico do local de intervenção.</i>	49
<i>Figura 7.2.32 – Seção transversal B B´.</i>	50
<i>Figura 7.2.33 – Seção transversal C – C´.</i>	51
<i>Figura 7.2.35 – Seção Transversal F – F´.</i>	53
<i>Figura 7.2.36- Mapa morfoestrutural e de condicionantes hidrogeológicos e fluxo esquemático da água subterrânea da área do empreendimento e região de influência.</i>	63
<i>Figura 7.2.37 – Mapa das áreas de nível de base.</i>	64
<i>Figura 7.2.38 – Mapa potenciométrico da área do empreendimento.</i>	66
<i>Figura 7.2.39 – Imagem do TM composição colorida, onde se tem uma visão sinótica de elementos de relevo, ocupação do solo, rede de drenagem em relação à área do empreendimento.</i>	70
<i>Figura 7.2.40 – Mapa Geomorfológico Regional.</i>	71
<i>Figura 7.2.41 – Fotografia aérea colorida, da área do empreendimento e região de influência, onde se pode visualizar o aspecto das formas de relevo e usos do solo.</i>	72
<i>Figura 7.2.42 – Vista do vale de fundo chato do rio Atibaia, onde se instalou a represa de Salto Grande a sul da área do empreendimento.</i>	77
<i>Figura 7.2.43– Mapa de unidades de relevo na área de influência do aterro.</i>	79
<i>Figura 7.2.44 – A foto mostra o vale aberto de córrego a sudeste da área utilizado para formação de lagos. É característica a forma da vertente com inclinações suaves e declividades na ordem de 4% a 10%.</i>	82
<i>Figura 7.2.45 – Na foto mostra a vertente da área de intervenção, do revelo de Colinas Amplas. Em primeiro plano a esquerda aparece a estrada secundaria que contorna ao centro e ao fundo aspecto geral das colinas amplas.</i>	82
<i>Figura 7.2.46 - Relevo de colinas médias as margens da represa de Salto Grande.</i>	83
<i>Figura 7.2.47 – Aspecto do relevo, vertente suave com perfil retilíneo preconizada para desenvolver o aterro sanitário a Nordeste da cidade de Americana.</i>	85
<i>Figura 7.2.48– Foto de perfil do solo residual, argilo arenoso, com 4 metros de espessura em vertente convexa de colina ampla a nordeste da área. A sudeste da área de intervenção.</i>	87
<i>Figura 7.2.49 - Aspecto de solo residual em orgânico marrom escuro a preto. Em áreas de transição de baixa vertente para fundo de vale. Adjacências a oeste da área de intervenção.</i>	89
<i>Figura 7.2.50 – Situação atual da Represa Salto Grande.</i>	94



<i>Figura 7.2.51 – Recursos hídricos superficiais principais na região do empreendimento. No centro, a represa de Salto Grande.</i>	95
<i>Figura 7.2.52 – UGRHI 5 – Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.</i>	96
<i>Figura 7.2.53 – Principais recursos hídricos locais.</i>	97
<i>Figura 7.2.54 – Gráfico de precipitação para Americana.</i>	99
<i>Figura 7.2.55 – Localização dos pontos de monitoramento da CETESB.</i>	107
<i>Figura 7.2.56 – Índice de Qualidade de Água Bruta. (Vermelho = Ruim, Amarelo = Regular).</i>	108
<i>Figura 7.2.57 – Índice de Qualidade de Proteção a Vida Aquática. (Vermelho = Ruim, Amarelo = Regular, Verde = Boa).</i>	109
<i>Figura 7.2.58 – Qualidade dos Sedimentos.</i>	110



INDICE DE TABELAS

<i>Tabela 1– Tipos de relevo da região de influência</i>	76
<i>Tabela 2 - Precipitação Pluvial (Em mm)</i>	98
<i>Tabela 3 - Temperatura Média</i>	100
<i>Tabela 4 - Dados do Balanço Hídrico para o Aterro de Americana.</i>	103



INDICE DE MAPAS

<i>Mapa 7.2.1 – Localização do empreendimento e expectativa níveis de ruído (1:10.000)</i>	28
<i>Mapa 7.2.2 – Características e Distribuição dos Solos na AID (1:250.000)</i>	93
<i>Mapa 7.2.3 – Mapa Potenciométrico (1:2.000)</i>	106



7 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

7.2 DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO

7.2.1 Caracterização Climática e Condições Meteorológicas

A caracterização climática apresentada neste estudo tem por objetivo subsidiar a análise de alteração de qualidade do ar devido ao aterro de resíduos, assim como fornecer elementos para o cálculo da produção de líquidos percolados.

Americana está situada no centro leste do Estado de São Paulo, próximo aos limites da Zona Temperada e o seu clima é mesotérmico; a temperatura anual oscila em torno de 20,5° centígrados e não há grande variação ao longo do ano. A ocorrência de geada é rara; o clima é úmido.

Segundo classificação feita por Koppen o clima é Cwa (tropical com temperaturas moderadas com verões quentes e chuvosos e invernos secos)

Para caracterizar a circulação atmosférica, foram utilizados dados de ventos referentes ao período de um ano (1999/2000) das estações meteorológicas de Paulínia e de um ano (2002/2003) de Americana. Da Figura 7.2.1 a Figura 7.2.4 mostra-se as rosas dos ventos sazonais e a Figura 7.2.5 a rosa do vento anual para o município de Paulínia, enquanto a Figura 7.2.6 refere-se a rosa do vento anual para o município de Americana.

Observa-se nas rosas de ventos sazonais (verão, outono, inverno e primavera), que os ventos predominantes são de E (leste) a SE (sudeste), com uma componente mais forte na direção ESE (leste-sudeste) e uma direção secundária de ventos provenientes de NNW (norte-noroeste). A rosa de vento anual corrobora esta observação. Já a rosa de ventos anual de Americana mostra

uma forte componente predominante na direção SSE e SE, que indica uma semelhança com o município vizinho.

É importante esclarecer que quando se diz que o vento é de uma direção, por exemplo, vento norte, significa que o mesmo provém dessa direção.

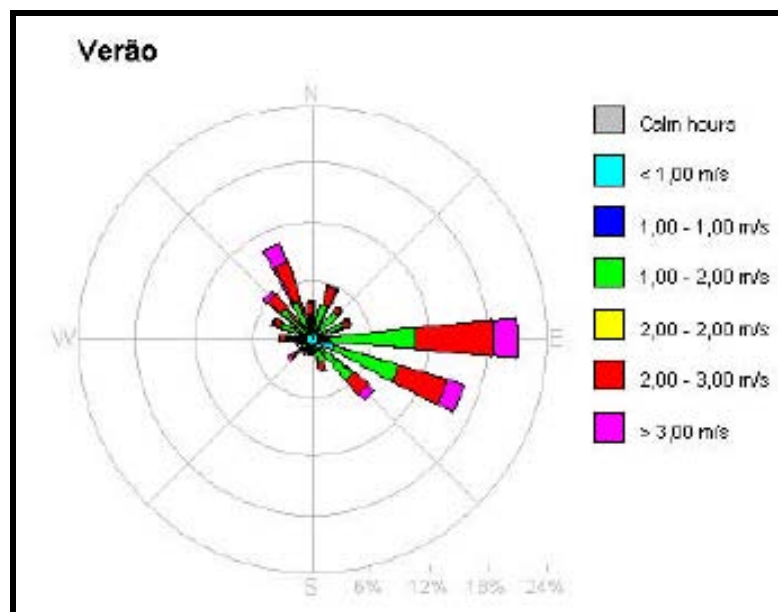


Figura 7.2.1 - Rosa dos ventos (Verão 1999-2000) Paulínia.

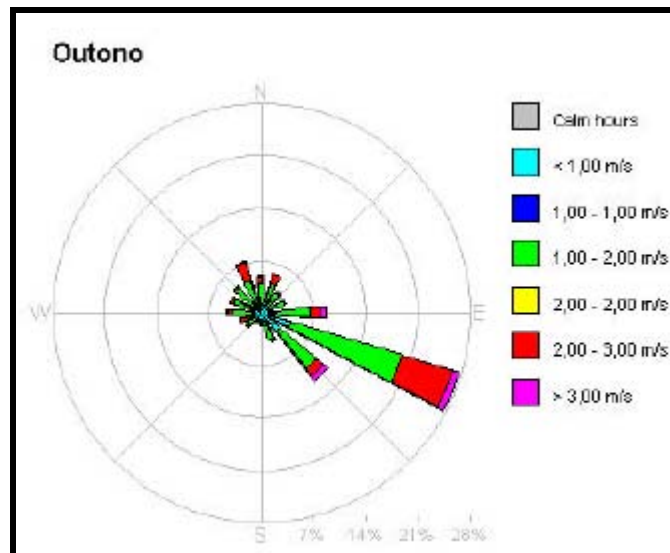


Figura 7.2.2 - Rosa dos ventos (Outono 1999-2000) Paulínia.

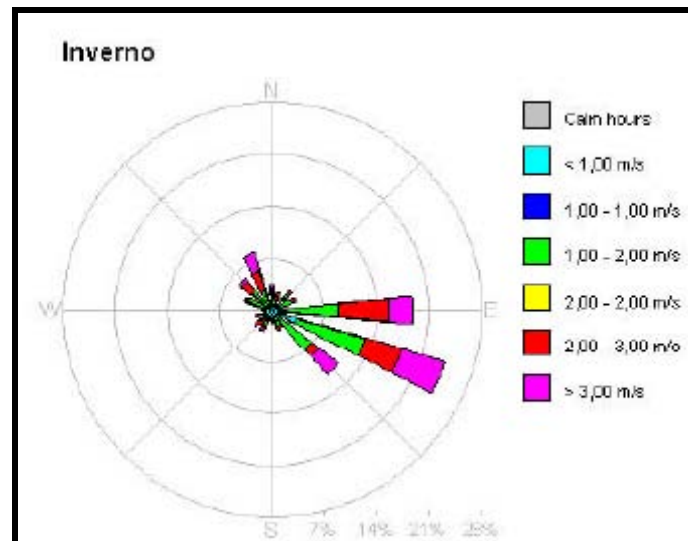


Figura 7.2.3 - Rosa dos ventos (Inverno 1999-2000) Paulínia.

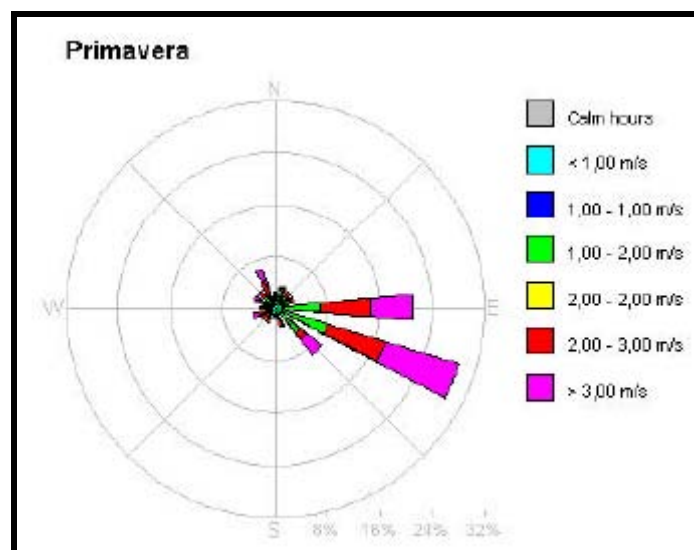


Figura 7.2.4 - Rosa dos ventos (Primavera 1999-2000) Paulínia.

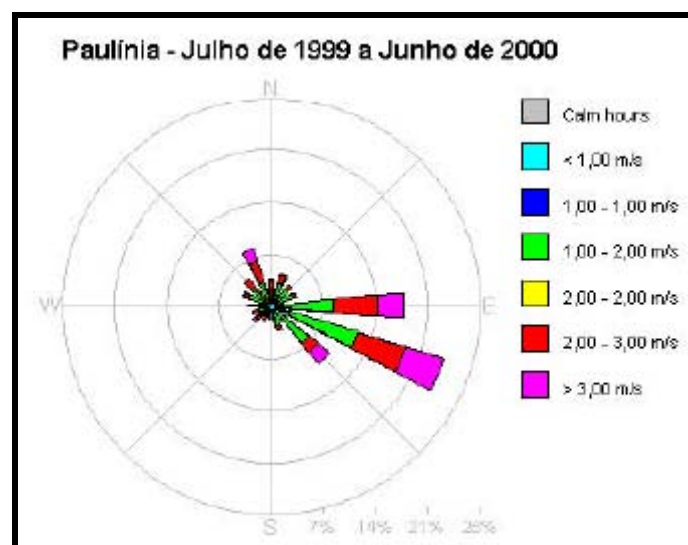


Figura 7.2.5 - Rosa do vento (Anual) Paulínia.

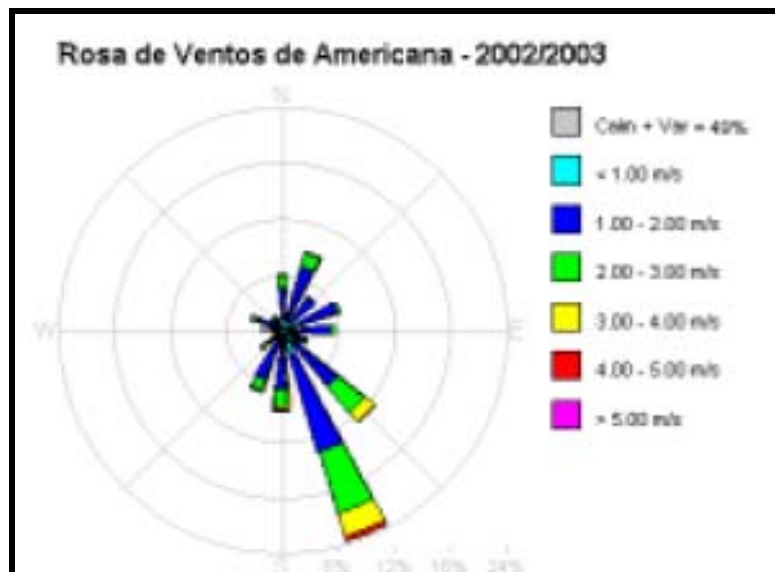


Figura 7.2.6 - Rosa dos ventos – 24 horas (08/03/02 a 18/12/03).

Para melhor ilustrar a direção dos ventos predominantes, segue a Figura 7.2.7 com a planta da área e locação da direção dos ventos.

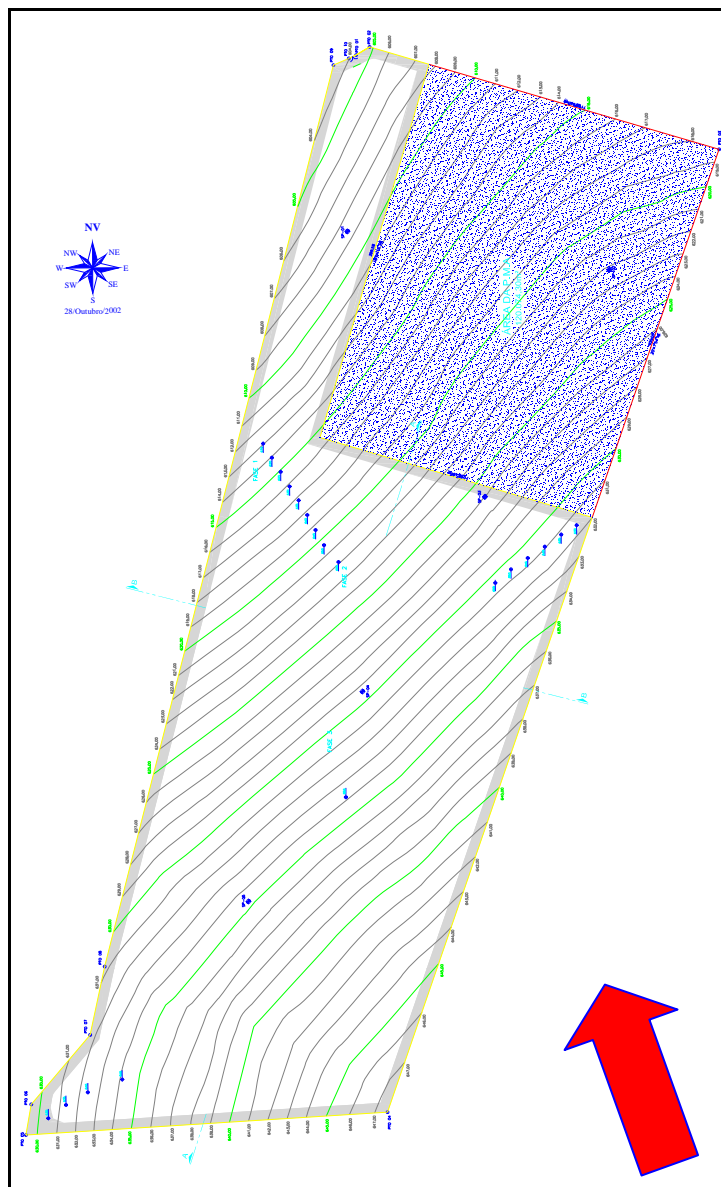


Figura 7.2.7 – Direção predominante do vento durante todo o ano na região do empreendimento.

Devido a localização/proximidade e características topográficas da região, os dados climatológicos são mais bem representados pela estação de monitoramento do município de Paulínia, que está localizada a menos de sete quilômetros da área do empreendimento.

Os dados aqui apresentados são referentes aos estudos realizados pela CETESB na região de Paulínia desde 1999, com estação de monitoramento



móvel e fixa (a partir de 2001), e em Americana de oito de março de 2002 a 18 de dezembro 2003.

7.2.2 Qualidade do Ar

A concentração de grandes quantidades de poluentes na atmosfera pode gerar desconforto e malefícios para os seres vivos em particular, e provocar a degradação do meio ambiente em geral.

Os fatores determinantes da dispersão de poluentes na atmosfera estão relacionados com características físicas do local, como: relevo, cobertura vegetal, construções e feições superficiais (interfaces solo/espelho d'água); e com os aspectos meteorológicos presentes, como: direção e intensidade do vento, insolação, precipitação e nebulosidade, que definem a condição de estabilidade da atmosfera.

No que tange a topografia, dependendo da localização da fonte emissora, a distribuição da concentração de poluentes pode ser afetada pela trajetória da pluma em torno ou sobre os obstáculos, vegetação e construções. A presença de interfaces vale/montanha ou solo/lâminas de água por sua vez, podem induzir regimes locais de circulação atmosférica e em alguns casos, alterações na altura da camada de mistura.

Quanto aos fenômenos meteorológicos, os fatores dominantes são direção e intensidade do vento e as condições de estabilidade da atmosfera. Com relação a esta última, quando a temperatura do ar decresce com a altura a uma taxa maior que 1 °C por 100 metros, indica que a atmosfera está em equilíbrio instável, e os movimentos verticais de massas de ar tendem a se intensificar provocando maior mistura do ar, facilitando o processo de dispersão. Por outro lado, quando a temperatura decresce a uma taxa menor que esta, ou aumenta com a altura (inversão térmica), os movimentos verticais das massas de ar tendem a diminuir



ou eventualmente desaparecer. Dessa forma o transporte vertical de “momentum” na atmosfera está intimamente relacionado com a condição de estabilidade da mesma.

Assim, normalmente durante o dia a atmosfera fica instável devido ao aquecimento provocado pela incidência da radiação solar. Em contrapartida, ela tende a condições de estabilidade no período noturno.

A ocorrência de precipitação por sua vez tem um efeito benéfico no caso de poluição atmosférica, pois promove um efeito denominado “washout”, que consiste de uma “lavagem” da atmosfera, através da qual são removidos gases e material particulado em suspensão presentes na atmosfera. Além disso, umedece o solo inibindo o processo de ressuspensão de material particulado.

Os poluentes sofrem ainda transformações físico-químicas que os levam a se combinar com outros elementos presentes na atmosfera e por vezes à sua deposição natural.



7.2.2.1 Principais Poluentes Atmosféricos

Os poluentes monitorados pela CETESB em Americana estão basicamente descritos a seguir:

Partículas Inaláveis (MP_{10})

Um modo simples de definir as partículas inaláveis é classificar todas aquelas com tamanho menor que $10\mu m$. Essas partículas caracterizam-se por penetrar nas vias respiratórias (quanto menor, mais profundamente penetram) e, quando instaladas nos pulmões, diminuem a capacidade respiratória. Em uma atmosfera urbana, parte destas partículas são emitidas por veículos automotores, parte por processos de queima de biomassa e parte durante a operação de processos industriais. São ainda fontes importantes dessas partículas os aerossóis secundários e a ressuspensão de poeira do solo (CETESB, 2004).

Dióxido de Enxofre (SO_2)

O dióxido de enxofre é emitido basicamente pela queima de óleo combustível e diesel, que contém enxofre em sua composição. O SO_2 , em altas concentrações, produz irritação no sistema respiratório e problemas cardiovasculares, além de contribuir para a formação da chuva ácida (CETESB, 2004).

Monóxido de Carbono (CO)

Origina-se da queima incompleta de qualquer combustível carbonáceo (biomassa, fósseis, etc.) e é geralmente encontrado em maiores concentrações nas cidades, onde os veículos têm grande parcela de responsabilidade nas concentrações. Em decorrência da grande facilidade em se combinar com a hemoglobina do sangue, o CO, em altas concentrações, prejudica a oxigenação do organismo, causando a diminuição dos reflexos e da acuidade visual (CETESB, 2004).



Óxidos de Nitrogênio (NO e NO₂)

São formados durante as combustões. Em cidades, os veículos geralmente são os principais responsáveis pela emissão dos óxidos de nitrogênio. O NO, sob a ação da luz solar se transforma em NO₂ e tem papel importante na formação dos oxidantes fotoquímicos como o ozônio. O NO₂ penetra profundamente no sistema respiratório, e dá origem a substâncias cancerígenas como as nitrosaminas. Causa irritação, podendo conduzir a sintomas que lembram os do enfisema (CETESB, 2004).

Ozônio (O₃)

O ozônio não é um poluente emitido diretamente por qualquer fonte, mas sim formado na atmosfera, através da reação entre compostos orgânicos voláteis, denominados precursores do ozônio, em presença da luz solar. Por não ser emitido diretamente pelas fontes, é denominado poluente secundário. No caso do ozônio, a literatura especializada descreve a presença de altas concentrações em distâncias significativas das fontes de emissão de seus precursores. A presença de O₃ na atmosfera está associada à redução da capacidade pulmonar, irritação dos olhos e envelhecimento precoce. Pessoas com asma estão entre as mais suscetíveis ao efeito do O₃ (CETESB, 2004).

Compostos de Enxofre Reduzido

Os compostos de enxofre reduzido podem ocorrer naturalmente no ambiente como resultado da degradação microbiológica de sulfatos, sob condições anaeróbias, e como resultado da decomposição bacteriológica de proteínas. Assim, a combinação de um ambiente anaeróbio com matéria orgânica contendo sulfato, resultará na produção de compostos reduzidos de enxofre. A soma das concentrações destes compostos é denominada Enxofre Total Reduzido (ETR), dentre os quais os mais comuns e abundantes são: sulfeto de hidrogênio (H₂S), metilmercaptana (CH₃SH), dimetil sulfeto ((CH₃)₂S) e dimetil dissulfeto (CH₃SSCH₃). Estes compostos possuem baixo limite de percepção de odor, e, do ponto de vista toxicológico, indivíduos expostos a ETR relatam sintomas similares



àqueles relatados por exposição ao H_2S , isoladamente. Tais sintomas incluem: irritação dos olhos, nariz e sistema respiratório, e dor de cabeça (CETESB, 2004).

7.2.2.2 Monitoramento da Qualidade do Ar em Americana

A CETESB mantém, desde a década de 70, redes de monitoramento da qualidade do ar que têm permitido a avaliação das concentrações dos principais poluentes do ar ambiente em diversos municípios no Estado de São Paulo. Basicamente, este monitoramento é realizado por uma rede automática, e por redes manuais de material particulado (Fumaça, Partículas Totais em Suspensão – PTS, Partículas Inaláveis – MP_{10} , e Partículas Inaláveis Finas – $MP_{2,5}$), e dióxido de enxofre (SO_2).

Foi realizado em Americana no período de 08/03/2002 a 18/12/2003 o monitoramento de O_3 , MP_{10} , SO_2 , CO e NO_2 (Por uma estação móvel que permaneceu à Rua China nº 233 . Parque das Nações (EMEI Baeti) . UTM: 23K0258992, 7485136. altitude de 604m) e comparados com os padrões de qualidade do ar conforme Decreto Estadual no 8468/76 e Resolução CONAMA no 3/90, que definem os limites legais máximos para a concentração de cada poluente atmosférico de modo que seja garantida a proteção da saúde e do bem-estar da população.

Neste período de amostragem o município teve a qualidade do ar classificada como “má” por 12 dias em 2002 e classificada como “inadequada” por 13 dias em 2003, devido ao excesso de O_3 . Este excesso pode ser devido a emissões atmosféricas de outras regiões do país, e não exclusivamente um efeito das emissões geradas no município.



Os parâmetros MP_{10} , SO_2 , CO e NO_2 , se mantiveram abaixo dos padrões legais de qualidade do ar, não apresentando comprometimento significativo para o município.

Quanto ao composto não regulamentado “Compostos de Enxofre Reduzido” houve diversas reclamações por parte da população, sendo que quase metade das reclamações partiram da região noroeste, quanto a odor. Este fato deve-se a geração dos compostos H_2S , metil mercaptana, dimetil mercaptana e dimetil dissulfeto gerados pelas indústrias estabelecidas na região. O período de amostragem para estas substâncias foi de 20/05/2003 a 18/09/2003. (CETESB, 2004).

Já as características do material particulado em suspensão na atmosfera variam muito em função de sua composição química e física, das fontes de emissão e do tamanho da partícula.

O parâmetro fumaça está associado ao material particulado suspenso na atmosfera proveniente de processos de combustão, como queima de combustíveis em fontes estacionárias, exaustão de veículos automotores, sobretudo a diesel, queimas ao ar livre (no caso de Americana a queimada de palha de cana-de-açúcar), etc.. Esta determinação está baseada na medida de refletância da poeira, o que confere a este parâmetro a característica de estar diretamente relacionada ao teor de fuligem na atmosfera.

A CETESB mantém na cidade de Americana uma estação de monitoramento de dióxido de enxofre e fumaça (Rede Manual), sendo que as amostragens de fumaça são realizadas por um período de 24 horas a cada seis dias e o SO_2 por um período contínuo de 30 dias.

As coordenadas UTM da estação são 23K026703 – 7483451 e a altitude é de 553 metros. A estação manual Americana está localizada na região central do

município, na Praça Comendador Müller, s/nº. Esta estação opera desde 1986, mas as análises foram feitas a partir de 1993, com exceção de 1996, 1999, 2000 e 2003 que não tiveram dados representativos ou foram invalidados por problemas na operação.

As médias aritméticas anuais de fumaça obtidas foram inferiores ao padrão anual de qualidade do ar ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$). Em 1997 observou-se uma queda significativa nos níveis de fumaça em relação a 1995, provavelmente, devido à intensificação no Programa de Fiscalização de Fumaça Preta em todo o Estado de São Paulo. A partir de 2001, observou-se um aumento nas concentrações de fumaça, no entanto, como não houve representatividade dos dados em 1999, 2000 e 2003 não é possível afirmar qual a tendência dos níveis de fumaça atualmente.

Para melhor representar os dados apresentamos abaixo gráficos 7.2.8, 7.2.9 e 7.2.10 com os resultados obtidos quanto à fumaça.

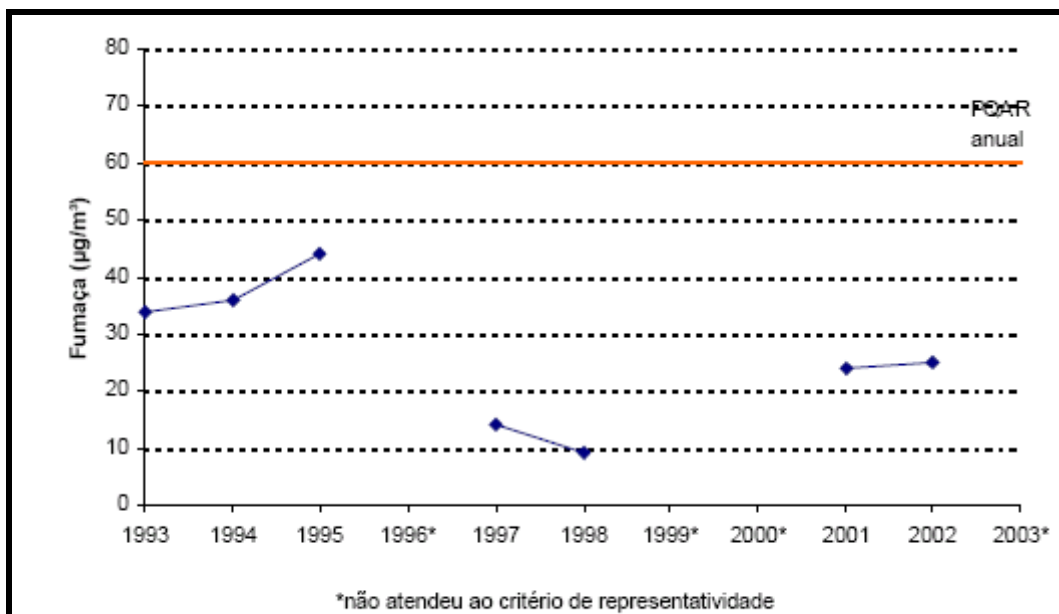


Figura 7.2.8 – Evolução das concentrações médias de fumaça.

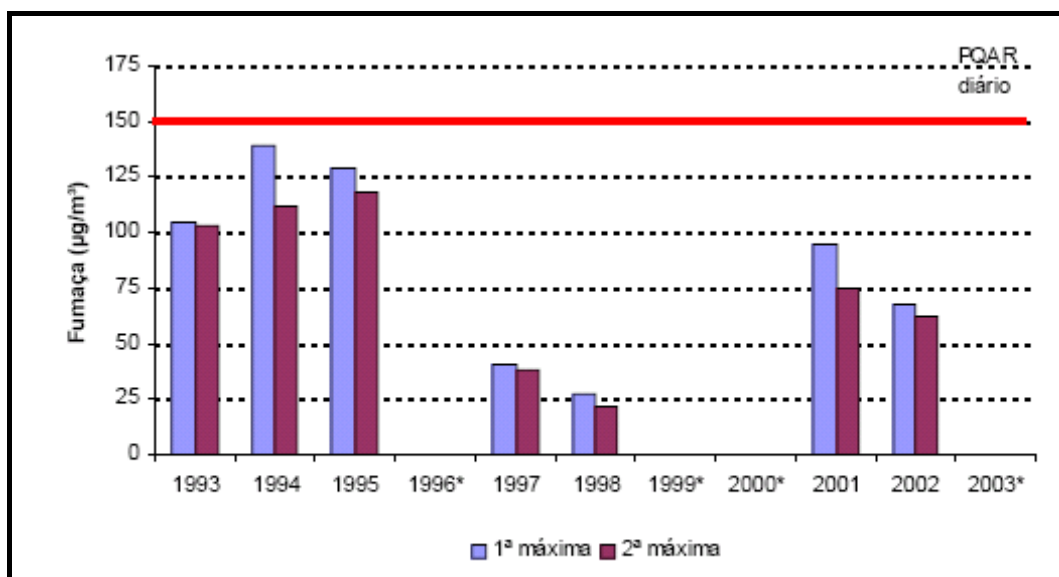


Figura 7.2.9 – Concentrações máximas de fumaça.

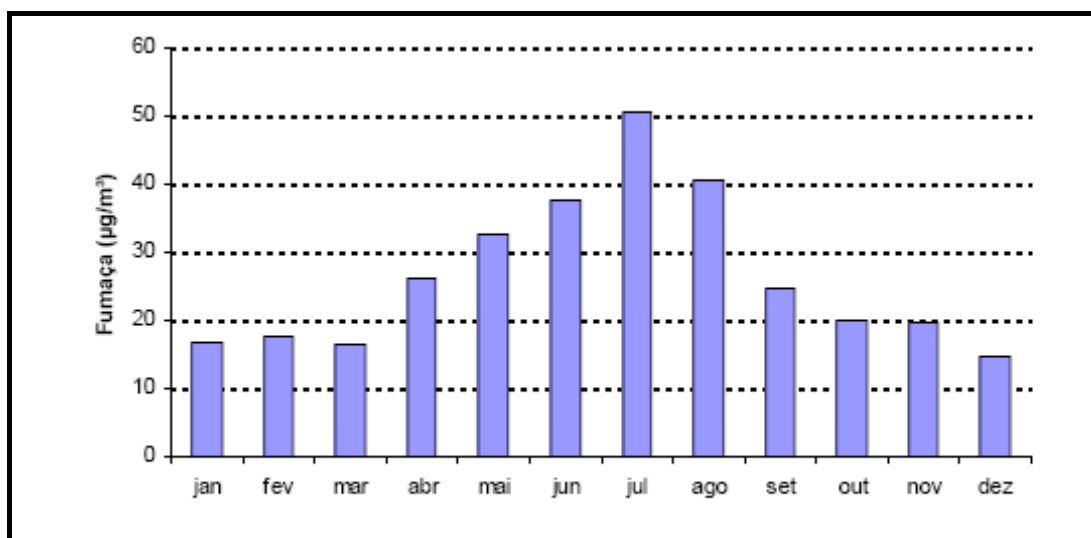


Figura 7.2.10 – Concentrações médias de fumaça por mês (1993 a 2002).

Pode-se observar que as concentrações observadas ficaram abaixo do padrão de qualidade do ar, tanto o de 24h ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$), quanto o anual ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$).



7.2.2.3 Monitoramento da Qualidade do Ar em Paulínia

A Estação Automática de Paulínia situada a Praça Oadil Pietrobon s/nº - V. Bressani monitora os seguintes parâmetros:

- MP_{10} - Partículas Inaláveis
- CO - Monóxido de Carbono
- DV - Direção dos Ventos
- SO_2 - Dióxido de Enxofre
- O_3 – Ozônio
- P - Pressão Atmosférica
- NO - Óxido de Nitrogênio
- UR - Umidade Relativa
- RAD - Radiação Total e Ultra-Violeta
- NO_2 - Dióxido de Nitrogênio
- TM – Temperatura
- NO_x - Óxidos de Nitrogênio
- VV - Velocidade dos Ventos

Paulínia possui também duas estações manuais situadas a Av. Paris, 3.218 - Bairro Cascata e Rua Angelo Pigatto Ferro - Bairro Stª. Terezinha que medem o parâmetro SO_2 – Dióxido de Enxofre.

Conforme o Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo de 2004, a passagem de sistemas frontais pelo Estado melhoram as condições de dispersão de poluentes atmosféricos, sendo que para o período de 1995 a 2004 o número de ocorrências é mostrada na Figura 7.2.11:

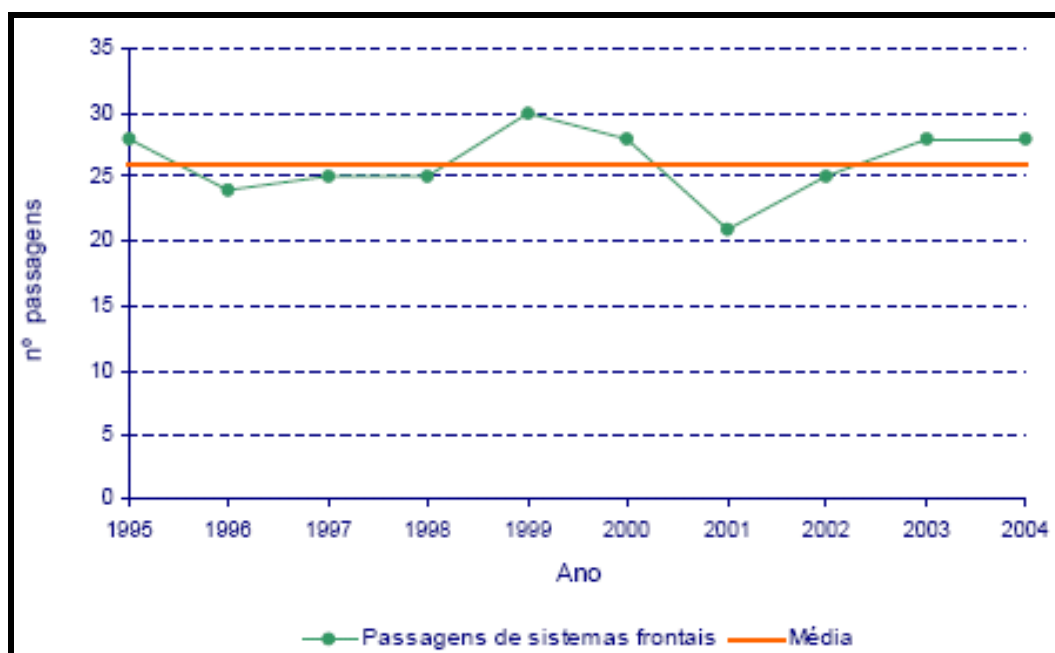


Figura 7.2.11 – Número de passagens de sistemas frontais pelo Estado de São Paulo.

Quanto aos parâmetros de qualidade do Ar, o município apresentou concentrações de poluentes de acordo com as Figuras 7.2.12 a 7.2.19:

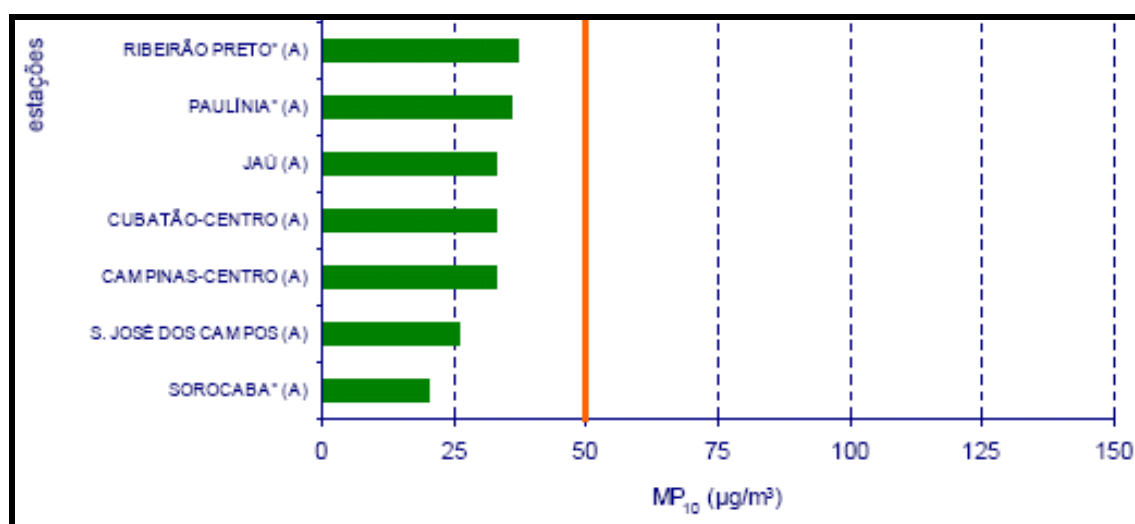


Figura 7.2.12 – Médias aritméticas anuais para Partículas Inaláveis.

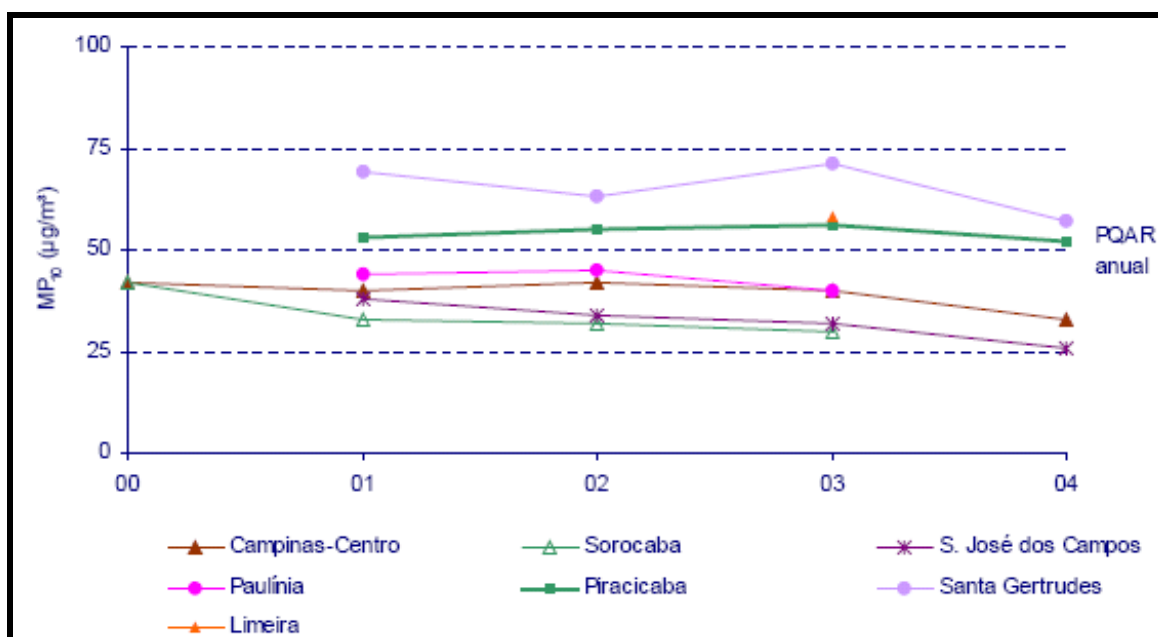


Figura 7.2.13 – Evolução de MP_{10} em Paulínia.

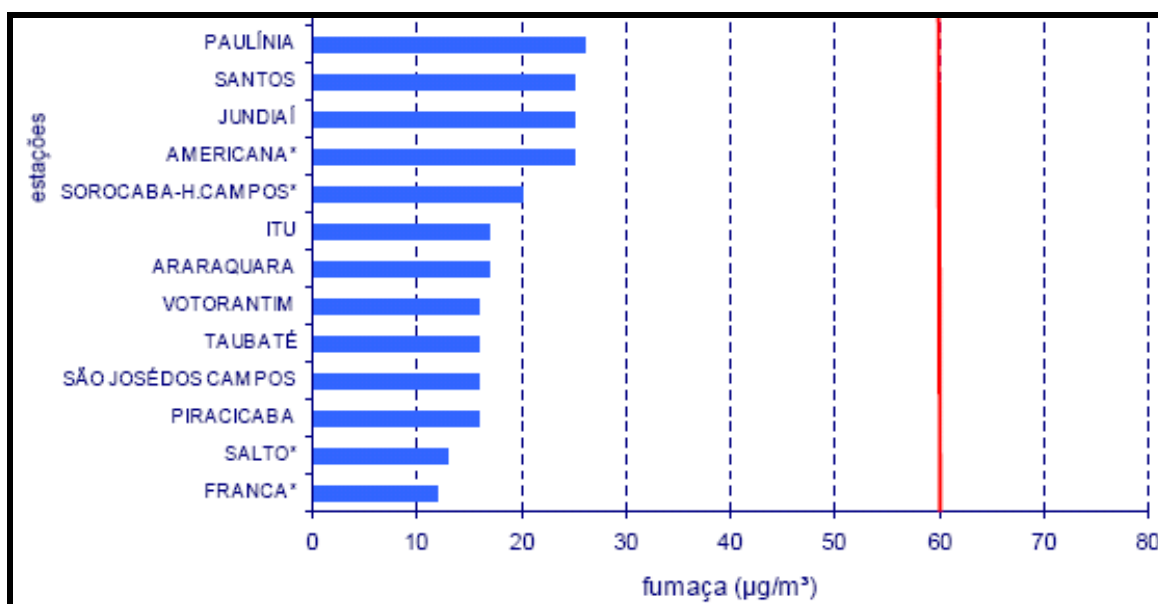


Figura 7.2.14 – Fumaça (FMC) média aritmética anual.

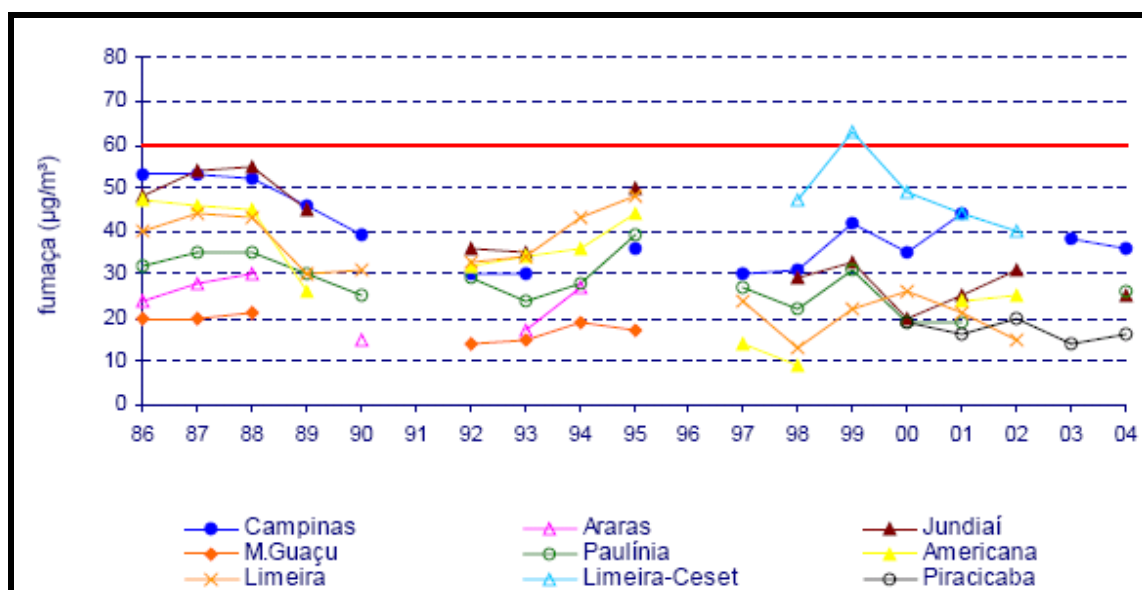


Figura 7.2.15 – Evolução do parâmetro Fumaça.

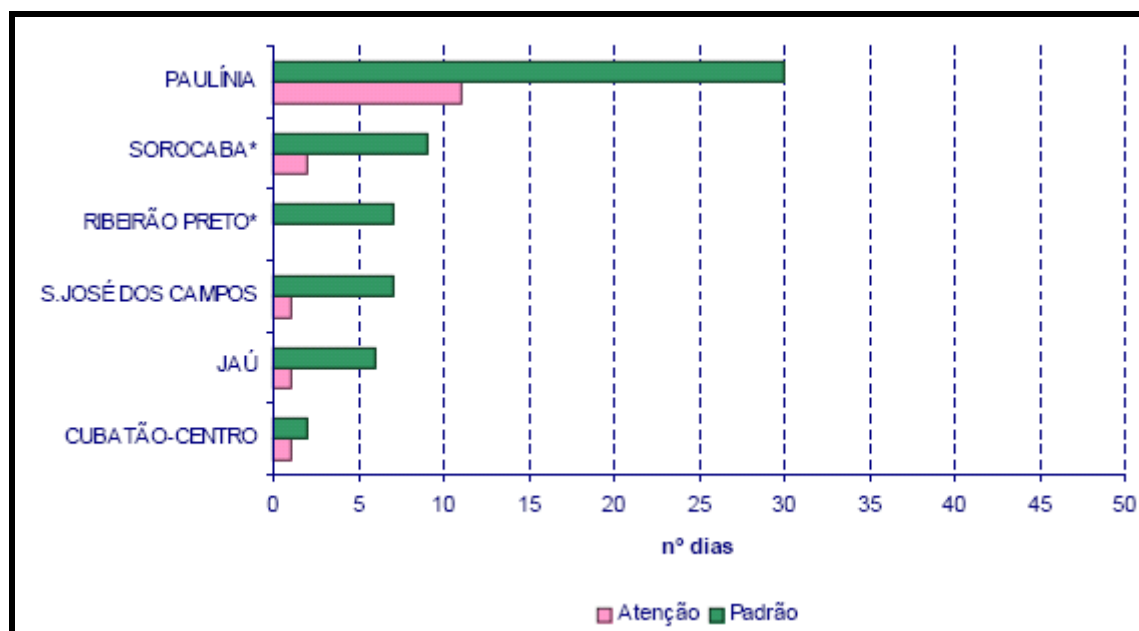


Figura 7.2.16 – Número de dias em que as concentrações horárias de O_3 ultrapassaram o padrão e o nível de atenção no ano de 2004.

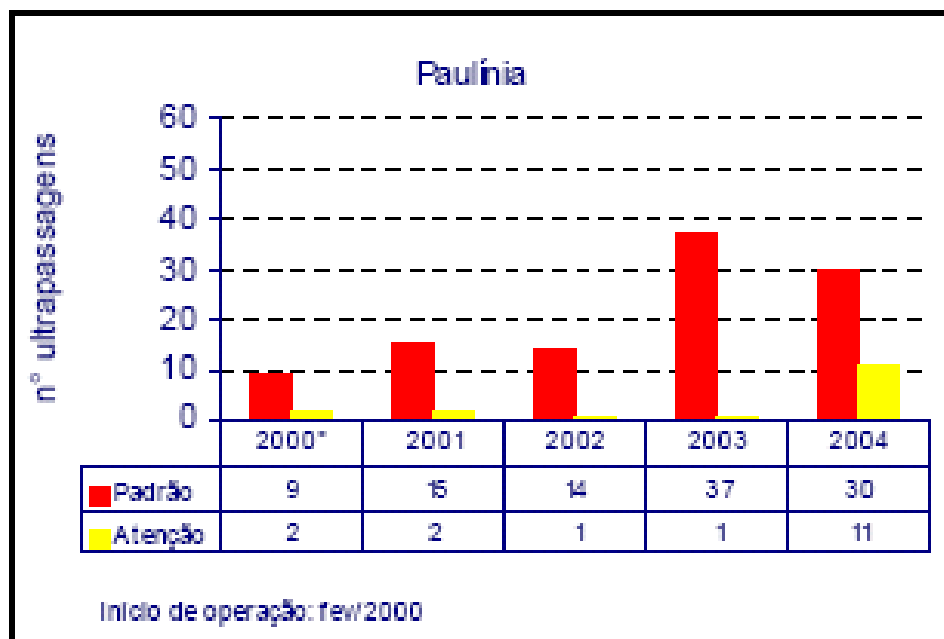


Figura 7.2.17 – Número de ultrapassagem dos padrões de O₃ deste o início das medições em 2000.

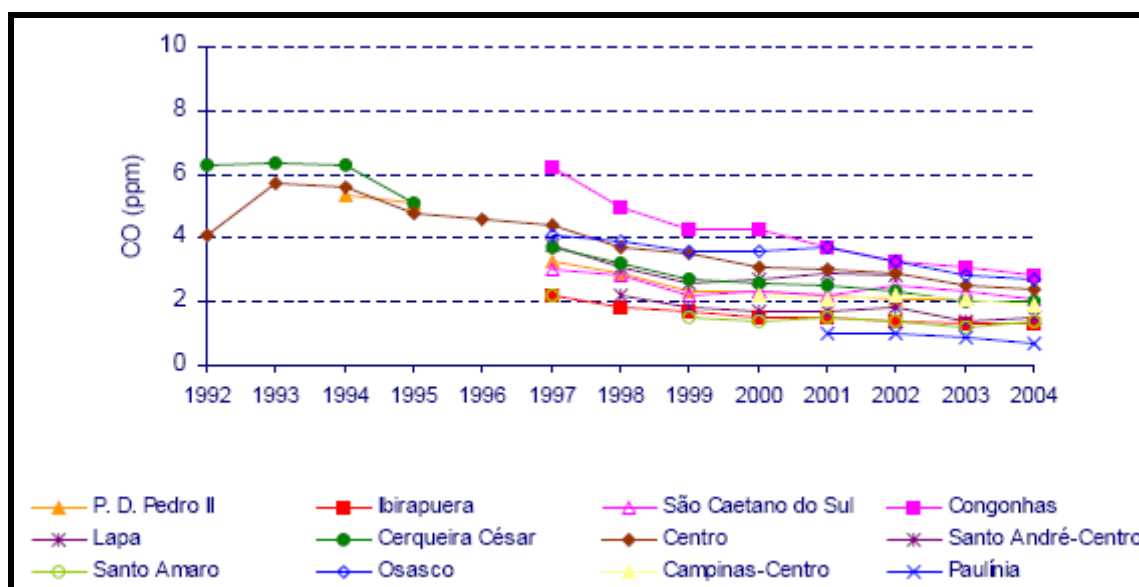


Figura 7.2.18 – Evolução do parâmetro CO.

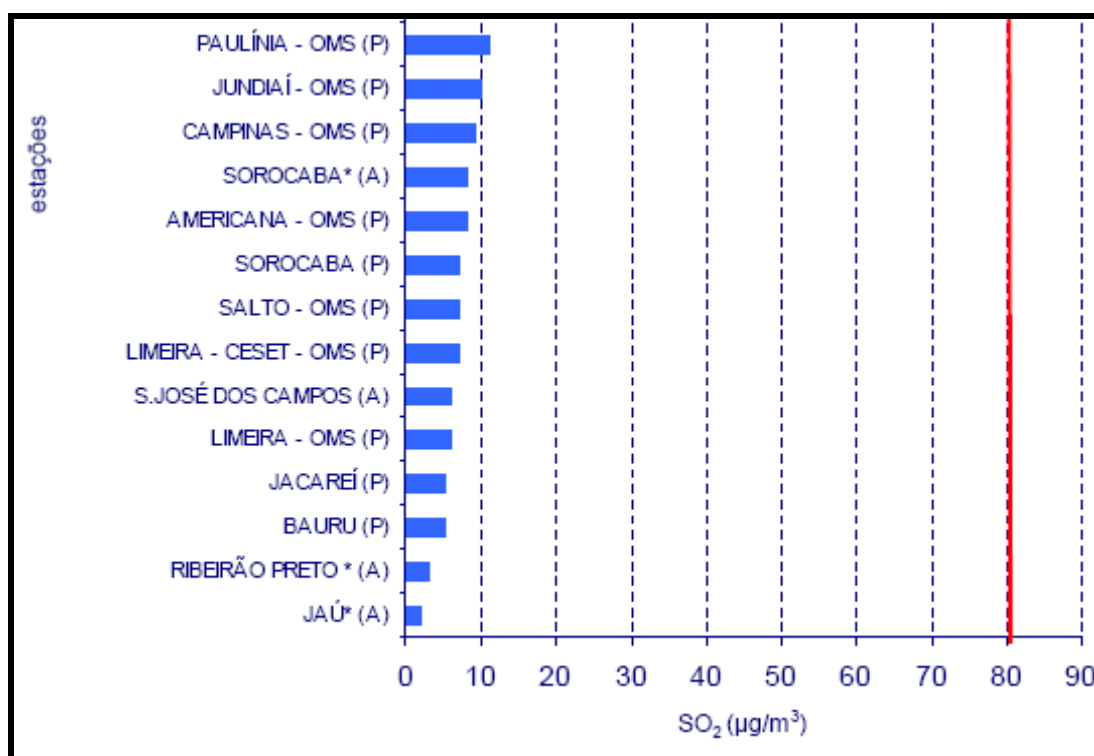


Figura 7.2.19 – Média aritmética anual de 2004 para o padrão SO₂.

A partir dos gráficos acima apresentados pode-se verificar que com exceção do parâmetro O₃, todos os parâmetros ficaram dentro do padrão de qualidade do ar (inclusive o padrão NO_x não apresentado graficamente).

Como mostrado para o município de Americana, o parâmetro O₃ apresenta-se bastante elevado, sendo que Paulínia teve as maiores concentrações do Estado.



7.2.2.4 Considerações Finais

As alterações na qualidade do ar durante a fase de implantação do empreendimento ocorrerão principalmente devido ao funcionamento de veículos e da movimentação e transporte de terra. O funcionamento de máquinas e caminhões deverá gerar gases e material particulado, enquanto a movimentação e transporte de terra deverá gerar principalmente material particulado.

No que se refere à geração de efluentes gasosos e material particulado por máquinas e caminhões, pode-se a título de comparação, analisar um estudo desenvolvido por Silva e Oliveira (1998) para a região de São José dos Campos - SP. Nele foi avaliada a contribuição de concentrações de material particulado e Dióxido de Enxofre, gerados por veículos movidos a óleo diesel, em medidas feitas por uma estação automática da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental - CETESB. As análises foram feitas utilizando dados coletados do fluxo diário de cerca de 169 caminhões, 1015 ônibus e 801 veículos diesel de pequeno porte que circularam por uma avenida específica da cidade de São José dos Campos.

Os cálculos realizados utilizando estas informações geraram uma concentração média de $2,6 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ de material particulado e $2,47 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ de Dióxido de Enxofre para a categoria A de estabilidade atmosférica. Estes valores contribuíram para medidas diárias feitas pela CETESB no período de janeiro a setembro de 1998 onde as médias diárias observadas foram de $29 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ de material particulado e $12 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ de Dióxido de Enxofre. Observa-se que mesmo se tratando de uma frota bastante grande de veículos movidos a óleo diesel, as concentrações calculadas pela modelagem e medidas pela CETESB estão bem abaixo dos padrões estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.



Tendo em vista a pequena quantidade de máquinas e caminhões utilizados no período de instalação do Empreendimento, mesmo que estes operem de forma ininterrupta, não deverão produzir índices de concentrações maiores do que aqueles produzidos pela frota citada anteriormente. Portanto não deverão induzir alterações significativas na qualidade do ar tanto do sítio quanto em áreas vizinhas. O único constituinte que devido às características do empreendimento pode aparecer em maior quantidade é o material particulado. Entretanto, conforme observado na análise físico climatológica, as condições topográficas e orientação do vento predominante favorecem a dispersão dos efluentes.

No caso particular do material particulado, a quantidade resultante da queima incompleta de combustíveis fósseis e de seus aditivos é muito pequena, mas a movimentação e transporte de terra dentro da área pode gerar quantidades significativas do mesmo. Uma medida simples, mas eficaz para minimizar este tipo de ocorrência dentro da área, principalmente em períodos de estiagem prolongada, é fazer com que as áreas que tendam a gerar poeira em excesso sejam molhadas regularmente ao longo do dia.

Considerando-se a período de operação do Empreendimento, os principais componentes do gás gerado em aterros sanitários são o Metano (CH_4), e o Dióxido de Carbono (CO_2), que são produzidos por microorganismos no interior dos aterros sob condições anaeróbias. Carboidratos provenientes de papel, papelão, etc., que formam a maioria dos detritos são decompostos inicialmente em açúcares, depois em ácido acético e finalmente em CH_4 e CO_2 . Estes elementos já fazem parte dos gases constituintes da atmosfera normalmente, ou seja, são produzidos por processos e fenômenos naturais.

O Metano tem como principal fonte natural as regiões pantanosas, e como fontes antropogênicas as áreas utilizadas na rizicultura e nos grandes reservatórios de água criados artificialmente. Segundo Moran e outros (1994), a sua concentração no início da década de 90 era da ordem de 1,74 ppm (1,14



mg/m³) na atmosfera, com uma tendência de aumento de 0,009 ppm por ano. Já o Dióxido de Carbono tem como fontes naturais os mecanismos de respiração celular dos organismos vivos, a ocorrência de incêndios em florestas e pastagens e as atividades vulcânicas; e como fonte antropogênica a queima de combustível fóssil, principalmente. No caso do CO₂, 55% do que é emitido permanece na atmosfera, o que tem provocado o seu aumento contínuo ao longo do tempo, e faz com que se tenha em média 350 ppm (630 mg/m³) na atmosfera, com uma tendência de aumento de cerca de 12 ppm por década (Moran e outros, 1994).

A geração de gás no aterro, aí incluída taxa e composição, ocorre através de quatro fases características da vida útil de um aterro. A primeira fase é a aeróbia (com Oxigênio – O₂ disponível) e o gás produzido é o CO₂. A segunda fase é caracterizada pelo esgotamento de O₂, resultando em um ambiente anaeróbio com grandes quantidades de CO₂ e um pouco de Hidrogênio (H₂) produzido. Na terceira fase, anaeróbia, começa a produção de CH₄, com uma redução na quantidade de CO₂ produzido.

O conteúdo de Nitrogênio (N₂) é inicialmente alto no gás do aterro na primeira fase aeróbia e declina bruscamente à medida que o aterro passa através da segunda e terceira fases anaeróbias. Na quarta fase a produção de gás de CH₄, CO₂ e N₂ torna-se quase estável.

A duração das fases e o tempo de geração do gás variam com as condições do aterro (composição do resíduo, material de cobertura, projeto e estado anaeróbio) e pode variar ainda com as condições climáticas como taxa de precipitação, umidade e temperatura.

Para o presente estudo é considerado apenas os gases fugitivos de NH₄, CO₂ e Gás Sulfídrico (H₂S) que podem ser eliminados de aterros sanitários para o ar. Com a utilização dos sistemas de exaustão de gases instalados, aproximadamente 60% do biogás produzido é drenado e queimado nos “flaires”.



Cerca de 20% do biogás gerado permanece no interior do aterro, e os 20% restantes são eliminados para a atmosfera na forma de gases fugitivos.

Considerando-se a quantidade de gases que poderão ser emitidos pelo aterro e a direção e intensidade dos ventos predominantes na região, que está diretamente ligada a capacidade de dispersão de poluentes, acredita-se que não haverá impacto significativo nesta questão. No entanto deverão ser tomadas medidas para evitar a emissão dos gases diretamente na atmosfera, através da adequada construção dos drenos de gás para queima nos “flaires”.

7.2.3 Ruídos e Odores

O uso e ocupação do solo da área diretamente afetada são caracterizados pela presença de cultivos de cana-de-açúcar e de laranja, em menor escala, e de pequenas propriedades rurais isoladas.

Assim, as atividades relacionadas à implantação e operação do empreendimento em questão, não deverão ocasionar incômodos relacionados à elevação dos níveis de ruído, conforme pode se constatar pela Figura 7.2.20.

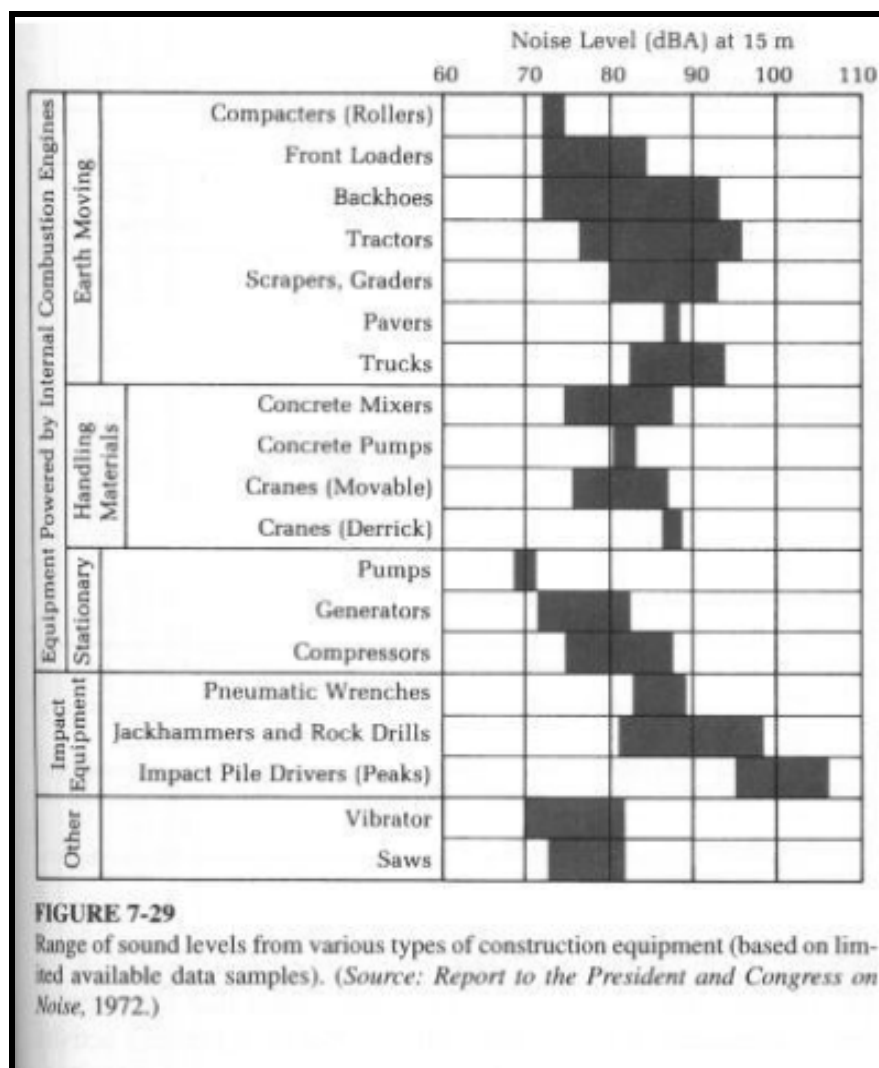


Figura 7.2.20 – Níveis de pressão sonora de diversos equipamentos.

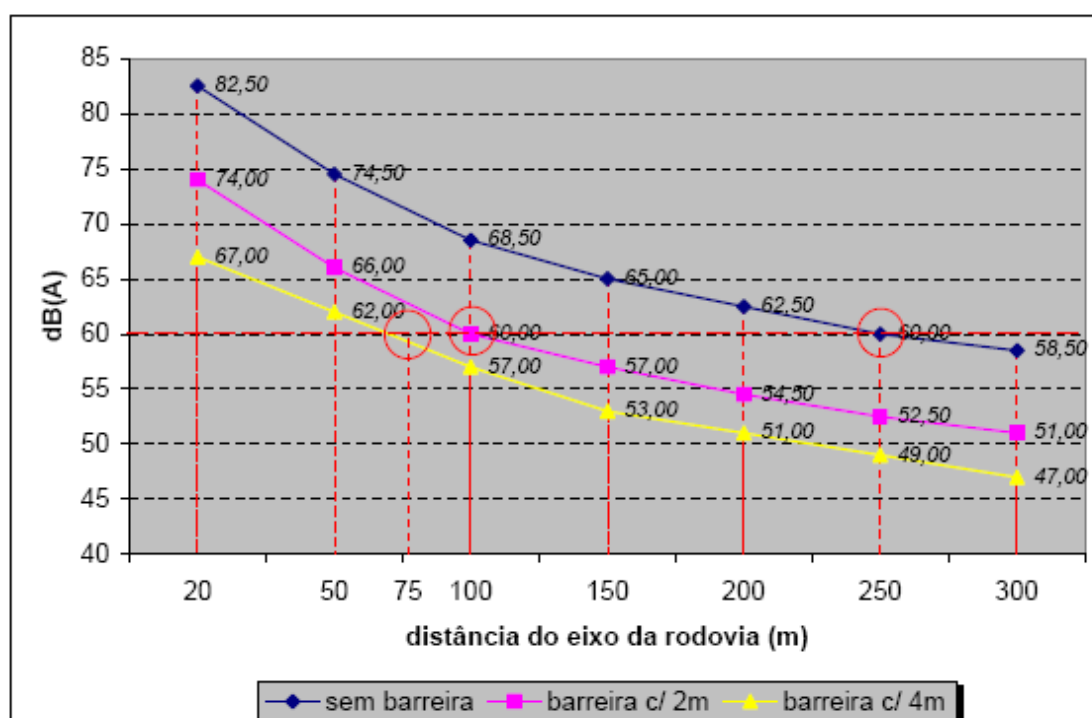
A Figura 7.2.20 apresenta um nível de pressão sonora de 95 dBA a 15 metros de um trator, e considerando-se que a residência isolada mais próxima está a mais de 400 metros e considerando uma atenuação de 5 dBA com o dobro da distância e a densa barreira vegetal formada pelas lavouras de cana, além do cinturão verde a ser implantado, entende-se como desnecessária a medição dos níveis de ruídos na área de intervenção e região de influência direta do empreendimento para a elaboração deste diagnóstico.

No entanto, a medição de pressão sonora deverá ser feita para efeitos de proteção dos trabalhadores, podendo-se utilizar medidas de proteção coletiva e uso de equipamentos menos ruidosos, e visando confirmar as expectativas, poderá ser realizada medições nas imediações do empreendimento durante a sua implantação e operação.

Visando corroborar com o exposto acima, apresentamos a Figura 7.2.21 com cópia do Anexo A da Norma DNIT-076.2006, como exemplo de exposições sem barreira e com barreira vegetal.

Nível de ruído estimado nas vizinhanças de rodovias hipotéticas

Poluição Sonora	20	50	100	150	200	250	300
Sem Barreira	82,50	74,50	68,50	65,00	62,50	60,00	58,50
Com Barreira de 2,0m Altura	74,00	66,00	60,00	57,00	54,50	52,50	51,00
Com Barreira de 4,0m Altura	67,00	62,00	57,00	53,00	51,00	49,00	47,00



Conforme apresentado acima, somente um cinturão verde simples implantado proporciona uma atenuação de 8,5 dBA, o plantio previsto contará com árvores com mais de 4 metros, promovendo uma atenuação de 15,5 dBA ou mais, o qual também poderá ser adensado para promover melhor desempenho acústico. A Figura 7.2.21 ilustra a forma de atenuação das ondas sonoras pelo cinturão verde.

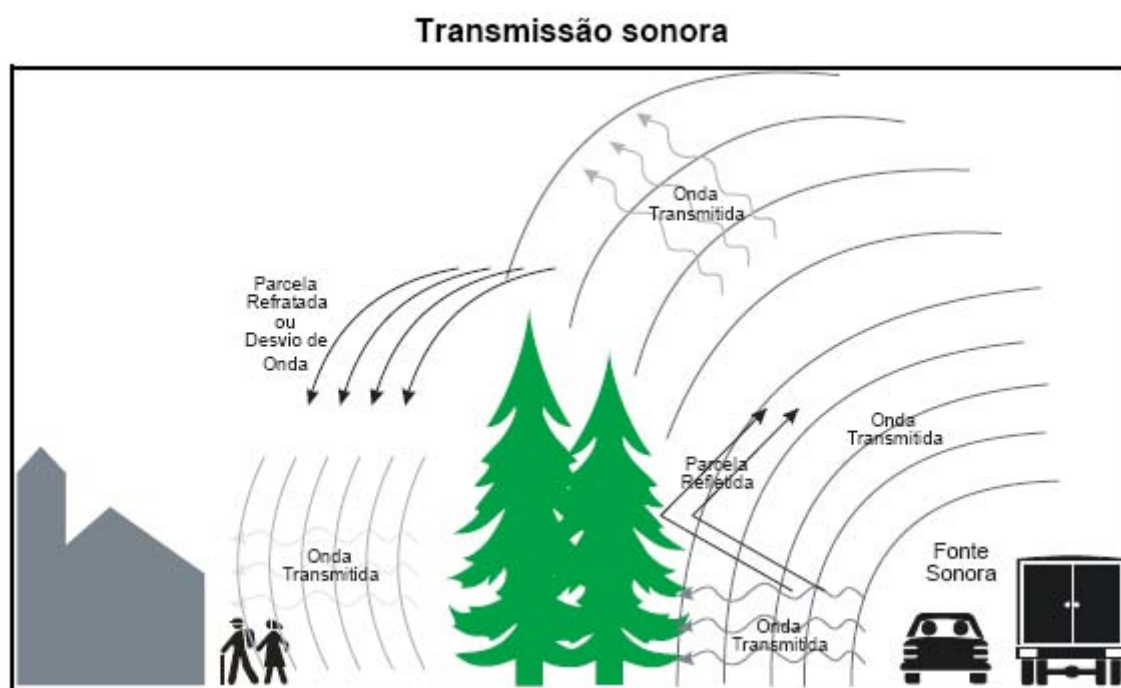


Figura 7.2.21– Propagação das ondas sonoras e atenuação.

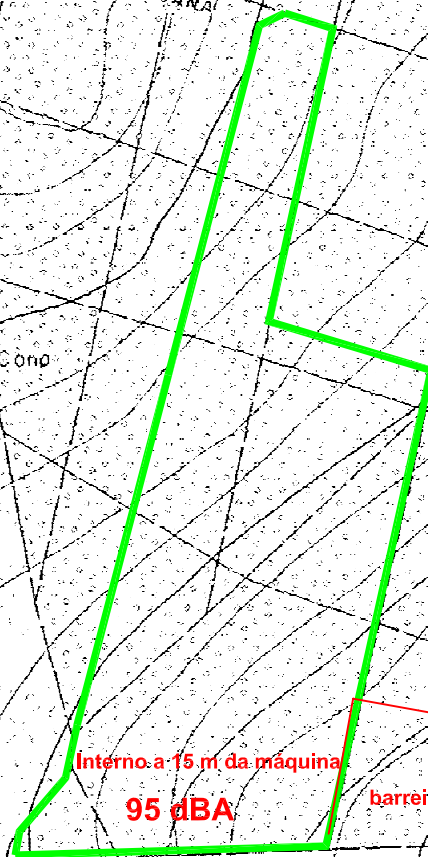


Mapa 7.2.1 – Localização do empreendimento e expectativa níveis de ruído (1:10.000)



RESITEC

Cinturão verde a ser implantado em toda a área



Interno a 15 m da máquina
95 dBA
Após Cinturão Verde
79,5 a 86,5 dBA

406.3680
barreira natural - plantação de cana (400 metros)
50 dBA

Residência isolada mais próxima



RESITEC

Tecnologia em Resíduos Ltda.



CLIENTE: ENGE ENGENHARIA E PAVIMENTAÇÕES LTDA.

TÍTULO: ÁREA AFETADA POR RUÍDO

MUNICÍPIO: AMERICANA – SÃO PAULO

BASE: IGC SF-23-Y-A-V-2-SO-C e SF-23-Y-A-V-2-SO-E

ESCALA:
1:10.000



7.2.4 ASPECTOS GEOLÓGICOS, GEOTÉCNICOS E HIDROGEOLÓGICOS

7.2.4.1 Geologia Regional

A área do Estado de São Paulo faz parte da Plataforma Sul Americana (Almeida et alli, 1976) e o seu registro geocronológico é bastante extenso, cobrindo o intervalo do Arqueano ao Holoceno. As unidades geotectônicas em termos estruturais regionais que circundam a área em questão datam do Paleozóico, Mesozóico, e Cenozóico, representado pelas rochas sedimentares que compõe a Bacia do Paraná, a oeste, na qual afloram as rochas da Formação Itararé, do Grupo Tubarão, e as rochas intrusivas básicas, e restos de coberturas terciária da Formação Rio Claro conforme Figura 7.2.22.

A Figura 7.2.23 apresenta uma coluna estratigráfica simplificada para a área de São Paulo. Sehbrenhaus Filho (1981)

- Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná teve seu desenvolvimento estrutural influenciado por duas direções predominantes: NNE-NE e NW. Elas determinam a orientação positiva ou negativa, e aparentemente refletem feições muito antigas do embasamento, nem sempre manifestadas na superfície (Rocha Campos, 1967).

A litoestratigrafia da bacia foi dividida em cinco grandes Grupos: Grupo Paraná, Grupo Tubarão, Grupo Passa Dois, Grupo São Bento e Grupo Bauru, além das rochas intrusivas básicas. Na região de influência do empreendimento ocorrem as rochas do Grupo Tubarão - Formação Itararé - (Fúlfaro *et al* 1980), o qual se sobrepõe às rochas cristalinas no estado de São Paulo em contato discordante e erosivo. Apresentam com mergulhos regionais, suaves para oeste.

- Grupo Tubarão



- Formação Itararé (CPI)

Esta unidade litoestratigráfica repousa sobre uma superfície de erosão entalhada em rochas cristalinas pré-silurianas e mais ao sul do Estado sobre sedimentos da Formação Furnas.

A Formação Itararé é caracterizada, em São Paulo, por possuir uma complexa associação de variadas litofácies que se sucedem vertical e horizontalmente, de maneira mais ou menos rápida. Constituem desde camadas delgadas a bancos, cujas espessuras podem alcançar várias dezenas de metros. Suas maiores espessuras podem alcançar 1.100 metros no sul do estado. Estes valores reduzem-se para nordeste, exatamente na região de influência do empreendimento, ao se aproximar da borda da bacia.

Os ambientes de sedimentação representados pelas diversas litofácies da formação foram variados, no tempo e espaço, durante a sua deposição passando por um período glacial bastante extenso. A glaciação continental e marinha está registrada nas rochas tilíticas, com seixos e blocos caracteristicamente trabalhados pela abrasão glacial, presença de ritmitos com caráter de varvitos, formas lineares, de *eskers* fósseis, formas topográficas lineares compostas de sedimentos, alongados por fluxos de gelos (Rocha-Campos *et al.*, 1968). A seqüência de sedimentos pode ser assim entendida, IG (1999):

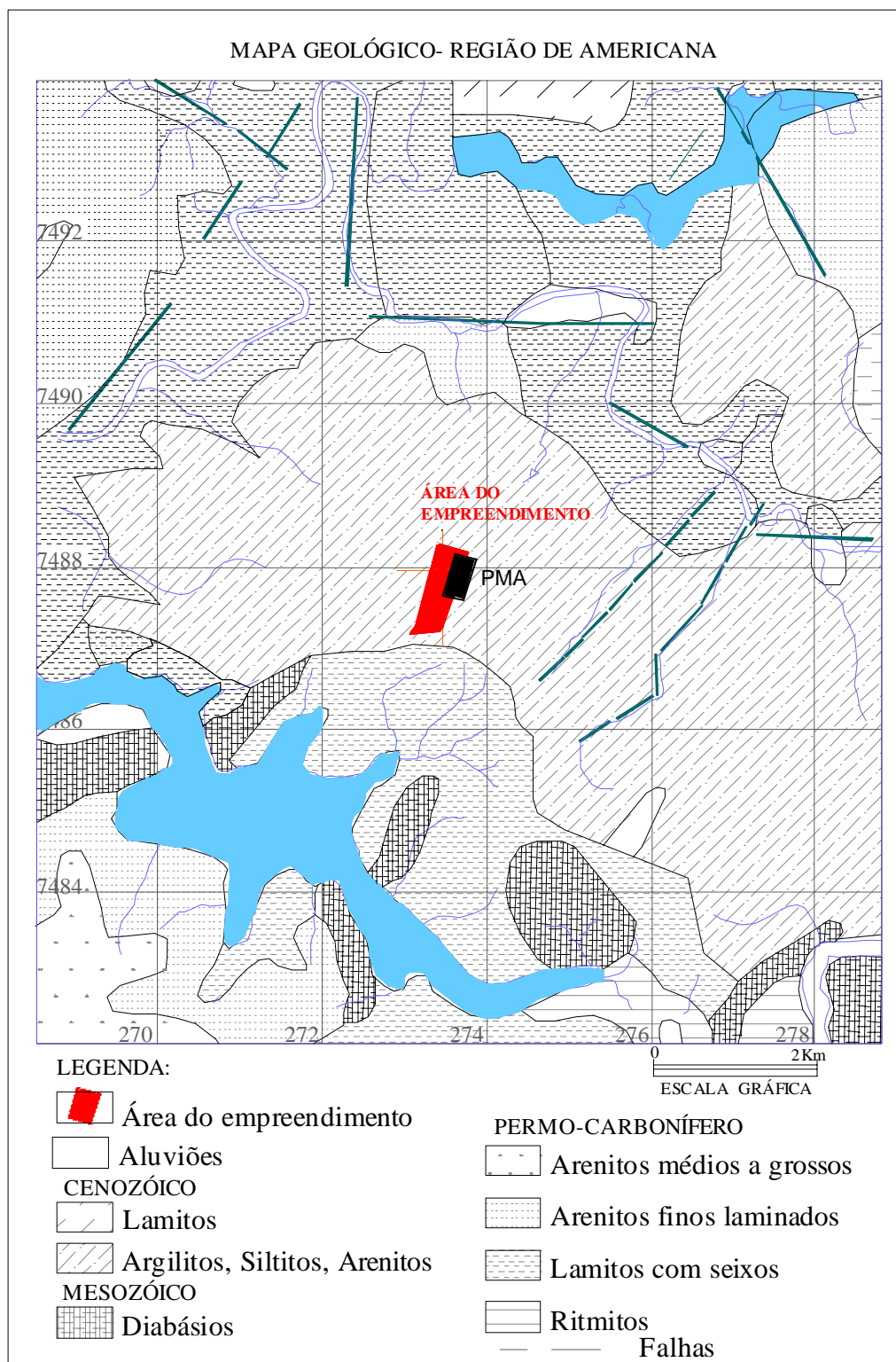


Figura 7.2.22– Mapa geológico regional.

Fonte: Modificado do IG (1999).

IDADE			UNIDADES LITOLÓGICAS E ESTRATIGRÁFICAS MAIORES			
Cenozóico	Quaternário	Holoceno	Formação Cananéia		Depósitos continentais aluviais, coluviais e de tálus depósitos costeiros praias, de dunas e de mangues.	Intervalo A (e unidade superior da Bacia de Campos)
		Pleistoceno	Formações Pariquera-Açu, Volta Redonda, Floriano, Macacu e Rio Claro.			
		Terciário	Plioceno	Formações Caçapava, São Paulo, Resende e correlatas.		
	Mioceno inferior		Formação Tremembé			
	Oligoceno				? — ?	
	Eoceno médio		Suítes alcalinas mais jovens	Depósito da Bacia de Itaboraí	Intervalo C	
	Eoceno inferior					
	Paleoceno					
	Mesozóico					Cretáceo
		inferior	Suítes alcalinas mais antigas		Intervalo E	
Jurássico		médio	Grupo São Bento	Formação Serra Geral corpos básicos e ultrabásicos sob a forma de sils e diques		
Triássico			Formação Pirambóia			
Paleozóico	Permiano	superior	Grupo Passa Dois	Formação Carumbataí (ou estrada Nova)		Sedimentos da Bacia de Santos
				Formação Irati		
		médio	Grupo Tubarão	Formação Tatuí		
	Carbonífero superior	Subgrupo Itararé				
	Cambro-Ordoviciano		Formações Eleutério e Pouso Alegre, Suítes Graníticas e Suítes Cataclásticas			
Proterozóico	superior		Suítes Granitóides Grupos Açungui (Complexos Embu e Pilar), São Roque, São João Del Rei, Andrelândia e Bambui			
	médio		Grupo Itacolomi e Araxá			
	Inferior		Supergrupo Minas e Suítes Blastomiloníticas		Complexo Paraíba do Sul e Amparo	
Arqueano			Complexos Lavras, Bação, Campos Gerais, Juiz de Fora, Costeiro, Barbacena e Gináissico-Granítico, Supergrupo Rio das Velhas e Formação Lafaiete			Complexo Varginha

Figura 7.2.23 - Coluna estratigráfica simplificada da bacia do Paraná, na região de São Paulo.

Fonte: IPT (1981).



Ritmitos turbidíticos (Irt)

Estes ritmitos ocorrem em seqüências onde as camadas de argilitos e siltitos predominam para o topo da formação em relação a camadas de arenitos finos a muito finos. São representados pela alternância de laminas centimétricas até milimétricas de arenitos finos de cor cinza clara, passando para o topo a laminas milimétricas de argilitos e siltitos de cor cinza escura. Seu contato com a unidade subjacente de lamitos com seixos;

Lamitos com seixos

Unidade composta de lamitos (50% a 75% de argilas + silte) mais (25 % a 50%) de areia desde fina até grossa e subordinamente de arenitos pelíticos (25% a 50% de argila + silte e 50% a 75% de areia), ambos maciços e contendo seixos e grânulos esparsos alguns blocos e raros matacões.

São comuns estruturas glaciais (blocos e seixos facetas, estrias etc), arenitos finos em corpos esparsos, irregulares, lentes de arenitos finos selecionados maciços ou laminados em sua porção superior.

Estas lentes de arenitos junto com lamitos apresentam mergulhos entre 15 e 40 ° para SW, S e W.

Ritmitos e arenitos finos (Ira)

Esta unidade ocupa uma posição estratigráfica acima dos lamitos e abaixo dos arenitos finos laminados, é descrito na porção sudoeste da bacia do rio Piracicaba constituindo as seguintes fácies:

A – Ritmitos em pacotes métricos intercalações de argilitos e arenitos muito finos em espessuras milimétricas até centimétrica;



B – Arenitos muito finos argilosos, micáceos e maciços em camadas de 30 a 40 cm.

C – Argilitos laminados em camadas desde decimétricas até centimétricas

D – Arenitos muito finos com laminação plano paralela, onduladas truncadas e do tipo *climbing*.;

E - Argilitos / siltitos com laminação incipiente em camadas de espessura métrica. Podem ser cortados por diques de arenitos conglomeráticos.

F – Ocasionais e raros lamitos com grânulos e seixos esparsos, maciços e com intraclastos abundante de argilitos, contendo camadas de arenitos finos laminados.

Arenitos finos laminados

Esta unidade é composta no geral por arenitos finos ou muito finos silto argilosos e cor esbranquiçada a bege. Constitui intercalações de: arenitos finos a muito finos sericíticos em pacotes decimétricos até decamétricos; ritmitos em camadas decimétricas de até 1,5 m de arenitos finos maciços; arenitos muito finos maciços em camadas desde centimétricas até decimétricas; ritmitos turbidíticos com camadas com espessura de 10 a 25 cm, eventualmente com intraclastos silto argilosos; arenitos finos / médios bem ou mal selecionados com grânulos ou seixos subarcoseanos a arcoseano; lamitos maciços com grânulos em camadas decimétricas.

Arenitos médios a grossos

Esta unidade associa-se a fácies de arenitos médios a grosso de espessura métrica bem selecionado com estratificação cruzada tabular de médio grande porte ou plano paralela laminas de arenitos finos centimétrico; arenitos finos a médios bem selecionados; arenitos grossos a médios maciços moderada a pobremente selecionados; arenitos grossos conglomeráticos ou conglomerado



polimíticos estratificado; conglomerado polimitico maciço com grande quantidade de seixos e alguns blocos de gnaiss.

- Intrusivas Básicas Associadas (JKβ)

As rochas eruptivas da Formação Serra Geral (White, 1908) compreendem um conjunto de derrames de basaltos toleíticos. Estes corpos intrusivos quando constituídos de diques e *sills* caracterizam o padrão de rochas básicas existentes na região do empreendimento. Intercalam arenitos finos com características semelhantes aos arenitos de Botucatu.

Na área de influência do empreendimento as basálticas ocorrem distribuídas em corpos descontínuos e irregulares, fazendo contato com sedimentos da Formação Itacaré, e com rochas cristalinas na Borda da Bacia.

Estas rochas formam soleiras de diabásio, diques básicos em geral incluindo diabásios, dioritos pórfiros, microdioritos pórfiros, lampróiros, andesitos, monzonitos pórfiros e traquiandesitos. Constituem corpos alongados pequenos, (km), que tendem a se orientar segundo as direções NE preferencialmente.

Depósitos Cenozóicos

Ocorrem em áreas expressivas na região, recobrendo sedimentos da Formação Itararé e diabásios nele intrudidos, IG - Instituto Geológico (1999). São depósitos fluviais constituídos de arenitos grossos em meio a siltitos /arenitos laminados e argilitos siltosos, com algumas intercalações de lamitos, depósitos coluvionares (lamitos maciços com seixos).

Depositados predominantemente no topo das colinas e meias encostas são correlacionadas a Formação Rio Claro. Os depósitos coluvionares são



caracterizados por um pavimento de clastos, que tendem a se espessar em direção as drenagens atuais.

São também descritos sedimentos aluvionares quaternários relacionados à drenagem atual, formados de areias finas até grossas; as coberturas arenosas, as quais compreendem arenitos médios a grossos com cascalheiras e ocupam pedimentos e terraços antigos do rio Piracicaba, comuns no Município de Americana.

Sua ocorrência associa-se a abundância de sill de diabásio que favorece o aparecimento de soleiras litológicas a montante dos quais acumulam-se depósitos aluvionares.

7.2.4.1.1. Estruturas

Nas rochas sedimentares são características as estruturas primárias, tais como: estratificações planas paralelas conforme Figura 7.2.24 cruzadas e marcas de ondas, com atitudes subhorizontais, onduladas e flexuradas. São deformadas tectonicamente por fraturamentos, falhas normais e dobras flexurais da estratificação, atribuíveis aos processos de reativação tectônica da plataforma durante o Mesozóico.



Figura 7.2.24 – Afloramento de rocha sedimentar com estratificação plano paralela, região a sul da Represa de Salto Grande.

- **Fraturas**

Os fraturamentos são estruturas rúpteis, formando feições lineares, simples ou compostas, que refletem um fenômeno de sub-superfície e podem ser refletida e mapeada sobre a superfície resultante de processos de reativação tectônica da plataforma durante o Mesozóico. O mapa de densidade de fraturamentos conforme Figura 7.2.25 foi obtido por meio da interpretação da rede de drenagem e fotointerpretação da imagem do satélite Landsat TM (*Thematic Mapper*).

Estas estruturas foram mapeadas sobre imagens TM Landsat e cartas planialtimétricas, propiciando a análise e confecção de um mapa de densidade de fraturamento, que condizem com a caracterização estrutural da área.

Análise de fraturas para a área de Americana, realizadas pelo IG (1999), mostra que as principais estruturas estão alinhadas segundo NE-SW, NW-SE, NS. O empreendimento ocupa área onde predomina uma concentração baixa de

fraturas. A norte e nordeste da área de influência direta do empreendimento predominam altas densidades e a sul/sudoeste as baixas densidades. Estas fraturas e falhas normais são observados no campo como mostrado na Figura 7.2.26.

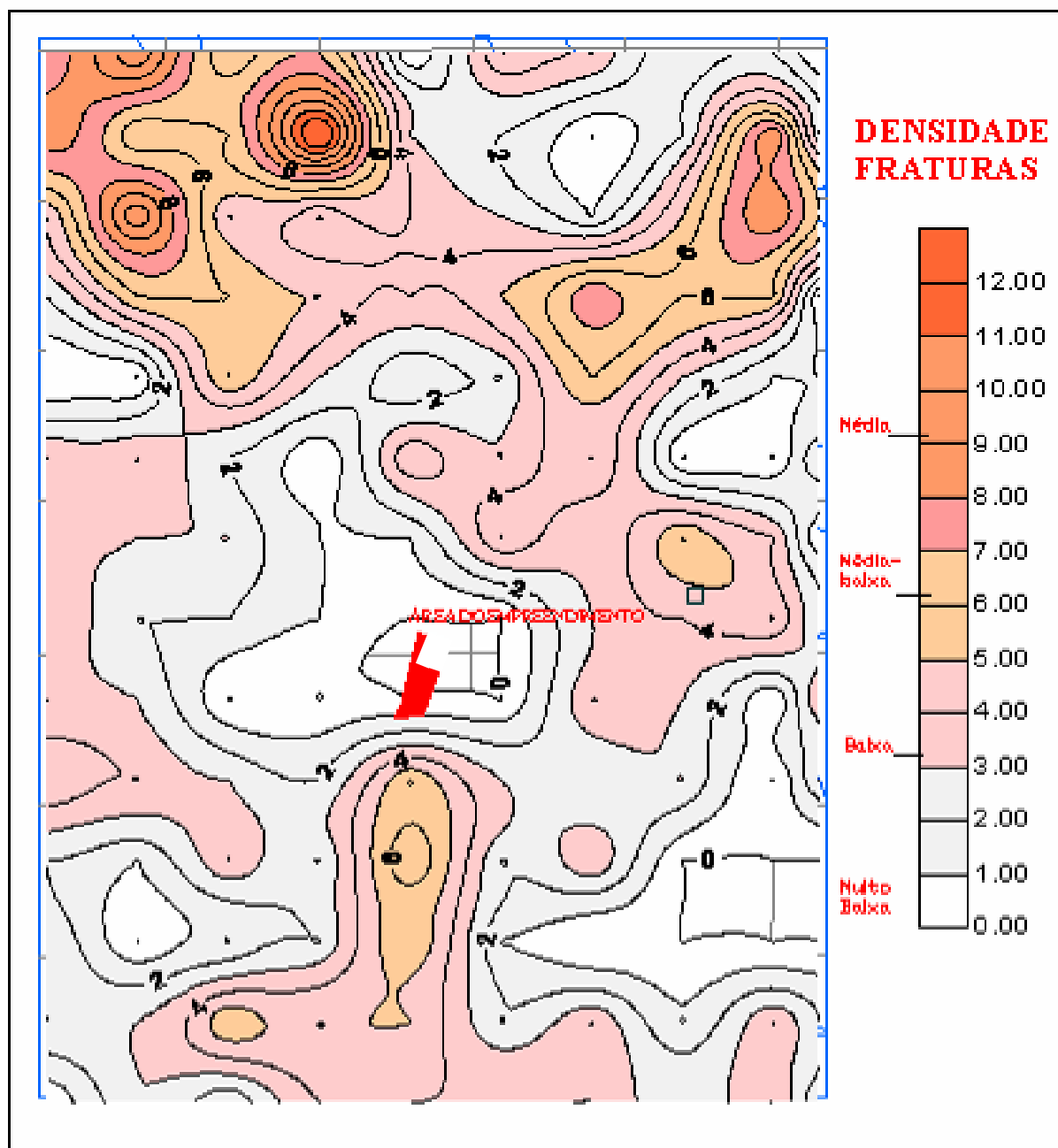


Figura 7.2.25 – Mapa de densidade de fraturamentos obtido a partir da fotointerpretação da imagem de satélite Landsat TM e do mapa planimétrico, na escala 1:50.000.



Figura 7.2.26 - Aspecto de estruturas alinhadas segundo NE-SW, NW-SE, NS, na região de influência da área. A rocha é composta por diamectitos com intercalações de siltito e material arenoso fino, a coloração é amarela -rósea.

As formações sedimentares são cortadas por fraturas no sentido sub-vertical e sub-horizontal conforme Figura 7.2.27. Foi observado pelo menos duas famílias de fraturas verticais e sub-ortogonais entre si, com direções principais segundo N40-50W e N35-50E. Estas fraturas estão abertas e preenchidas com hidróxido de ferro e óxido de manganês devido à alteração da sua parede do plano de fraturas dissolução e transporte mineral pela percolação de águas pluviais.

As fraturas sub-horizontais estão associadas ao alívio de carga quando em superfície e encontram-se paralelas ao acamamento das rochas sedimentares. Também se encontram total ou parcialmente preenchidas com hidróxido de ferro e óxido de manganês.



Estas estruturas e seus reflexos sobre a litologia da área de influência do empreendimento foram fotointerpretadas e analisadas e os resultados apresentados nos mapas geológicos, mapa de densidade de fraturas e mapa morfoestrutural.

Algumas características desta estruturação são discutidas abaixo:

- a) Foi adotada uma divisão em cinco classes relativas de isodensidade de fraturamento; alta, média, meio-baixo, e muito baixa densidade.
- b) Os principais sistemas de fraturamento são NNE, NS, NW EW e WNW.
- c) De uma maneira geral a área apresenta baixas densidades de fraturamento principalmente na sua porção central.
- d) As maiores concentrações de fraturamentos (média e alta) concentram-se a nordeste – noroeste, definindo áreas com configurações alongadas nas direções NE, NW. As áreas de densidade médias a média-baixa apresentam contornos alongados com orientações principais NS, NE, WNW e EW.
- e) A área de intervenção localiza-se sobre uma zona de muito baixa densidade de fraturamento.

Estas áreas alongadas de concentração de fraturas definem eixos de máximo de fraturamento e apresentam orientações similares as principais direções estruturais mapeadas sobre as rochas cristalinas do embasamento. Sobre o mapa pode-se observar uma maior densidade de fraturamento na metade norte da área de influência.

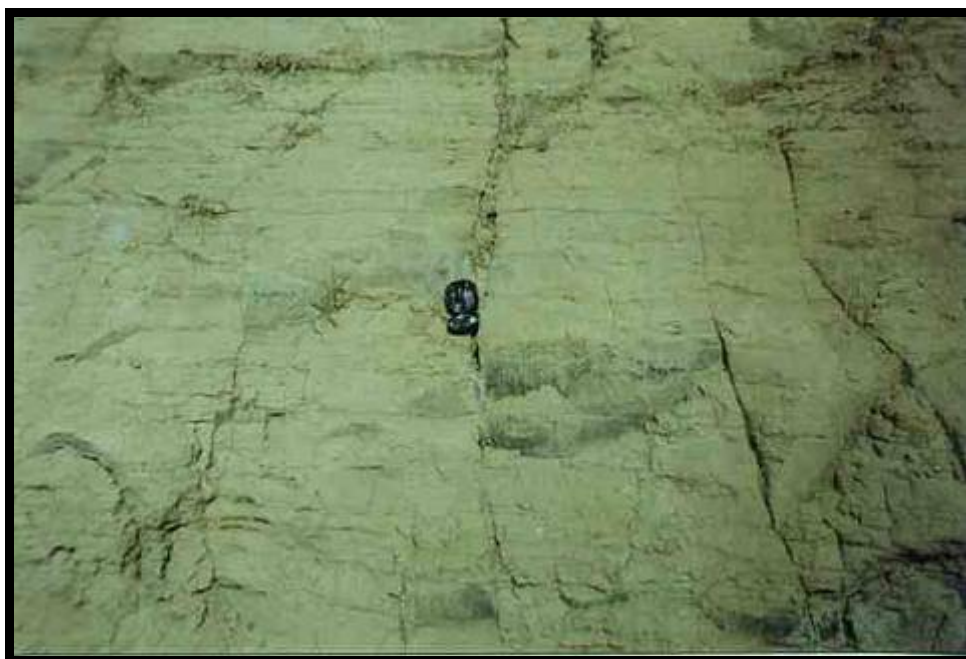


Figura 7.2.27 - Afloramento da Formação Itararé a sudeste da área de intervenção com fraturas sub-verticais paralelas entre si. A rocha é um siltito de coloração amarelada e estratificação sub-horizontal.



7.2.4.2 Geologia Local

A geologia local é caracterizada pela ocorrência predominante de rochas de natureza sedimentar pertencente à Formação Itararé caracteristicamente glacial, com fácies lacustre terrestre e deltáicas marinho raso. A composição dos sedimentos é predominantemente de arenitos finos e grosseiros, siltitos e lamitos, diamictitos e ritmitos (ABGE, 1980, 1998 e IG, 1999), e sedimentos lamíticos cenozóicos da Formação Rio Claro.

A principal litologia aflorante na área de intervenção consiste de argilitos arenosos e arenitos finos e siltitos com coloração marrom avermelhado, vermelhos, amarelos, marrons e esbranquiçados.

Complementarmente foram realizados, sondagens a percussão com ensaios de SPT (Standard Penetration Test), para melhor caracterizar o substrato rochoso e seu empilhamento estratigráfico. Os perfis litológicos descritos apresentam profundidades da ordem de 15 a 27,10 metros.

As identificação e descrição dos tipos de rocha e solos basearam-se na descrição destes perfis, relações de campo, nos resultados das amostras ensaiadas geotécnicamente, em laboratório, ensaios táteis, - visuais e observações diretas do solo e descrição mesoscópica de sedimentos e estrutura dos afloramentos na área.

Na área de intervenção foram realizadas treze sondagens a percussão, com profundidade de até 27,10 metros.

Litologia

Os perfis apresentados nestas sondagens ensejaram a descrição e o empilhamento dos seguintes termos litológicos:



Solo - solo argiloso a arenoso fino, com coloração marrom escuro, fofo a mole, este solo é encontrado a profundidades de 0 a 3,0 metros.

Areia fina a média muito argilosa, pouco siltosa fofa a pouco compacta marrom avermelhada - esta camada pode aflorar na superfície, e apresenta-se com espessuras locais variáveis entre 6,0 e 10 metros. (SPB 5)

Areia fina média, pouco siltosa argilosa, medianamente compacta marrom avermelhada com veios e manchas amareladas – camada comum a toda a área, com espessuras variando em torno de 10 metros. Solo residual. Na base associa camadas descontínuas de 1-2 metros de areias média com seixos. Compacta a pouco compacta (SPB-7, SPB-12)

Areia média fina siltosa compacta alaranjada – amarela variegada, dura, esta camada apresenta espessuras de 6 metros até o limite da perfuração.

Silte argiloso com muita areia fina, consistência média a rija, vermelho, amarelo, róseo - ocorre na porção inferior do perfil, descrita como solos de alteração de siltito (SPB-9, SPB-11) sobre os quais se depositaram sedimentos cenozóicos da Formação Rio Claro.

A descrição de afloramentos e relações de campo identificam na superfície um solo residual marrom acinzentado a marrom avermelhado, presente em toda a área, constituído de argilas silto arenosas, matéria orgânica e restos vegetais. Os valores de ensaios de resistência a penetração são baixos.

Solo Residual

Os solos de cobertura são representados do topo para a base por solos de natureza argilo arenosa de cor marrom avermelhado a amarelado, com espessura média de 12-14 metros nas baixas vertentes e até 24 no topo das colinas conforme Figura 7.2.28.



Figura 7.2.28– Solo superficial com coloração marrom avermelhado, a sudeste da área de intervenção.

Solo de alteração de rocha, ou solos saprolíticos de espessura variada que se caracterizam por apresentar melictos de estruturas originais da rocha matriz, mas com consistência de solo. Geralmente apresentam textura argilosa a argilo - siltosa pouco arenosas. Os valores de resistência à penetração destes solos de alteração nos perfis de sondagem mostram valores de SPT equivalentes a mais de 20 golpes até o impenetrável.

Sedimentos

Argilito siltoso de cor amarelo ocre, intercalado com níveis milimétricos de arenitos finos de coloração creme conforme Figura 7.2.29, Rocha maciça sem estratificação aparente, pouco fraturada conforme Figura 7.2.30. Os planos de fraturas se apresentam com a presença de oxido de ferro e manganês formando películas pretas sobre as superfícies, resultantes de processos de percolação de água nestes planos.

O fraturamento ocorre com espaçamentos decimétricos a métricos, nas direções principais: N30W vertical, N10e vertical, N40 W vertical e NS 45 W.



Figura 7.2.29 - Afloramento de argila de cor marrom variegada, maciça. Piso de estrada secundária no entorno da área de intervenção.



Figura 7.2.30 – Afloramento de argilito maciço com níveis de arenitos, com películas de óxido nos planos de fraturas. Área de entorno a oeste.

No mapa litológico local encontra-se a localização dos pontos de sondagem a percussão, posição das seções, bem como a identificação das formas de relevo associadas na área de intervenção.

As sondagens à percussão, cujo relatório completo e mapa de localização encontra-se em anexo, realizadas na área de intervenção apresentam as seguintes características gerais:

Nº da sondagem	Profundidade	Nível freático
SPb-01	27,10 metros	Não encontrado;
SPb-02	15,03 metros	Não encontrado;



SPb-03	16,05 metros	Não encontrado;
SPb-04	19,05 metros	Não encontrado;
SPb-05	16,08 metros	Não encontrado;
SPb-06	14,08 metros	Não encontrado;
SPb-07	14,20 metros	Não encontrado
SPb-08	18,23 metros	Não encontrado;
SPb-09	16,40 metros	Não encontrado.
SPb-10	26,06 metros	24,10 metros;
SPb-11	14,10 metros	Não encontrado;
SPb-12	20,02 metros	16,70 metros;
SPb-13	17,10 metros	14,40 metros.

As seções geológicas, realizadas a partir dos perfis de sondagem a percussão mostram a relação e a continuidade lateral das camadas sedimentares conforme Figuras 7.2.32 a 7.2.35.

A Figura 7.2.31 apresenta o mapa litológico local, onde se encontra a localização dos pontos de sondagem a percussão, posição das seções, bem como a identificação das formas de relevo associadas à área de intervenção.

7.2.4.3 Aspectos Geotécnicos

A área do empreendimento ocupa a vertente oeste de uma colina com encosta suavizada com amplitude de cerca de 30 metros.

Os processos erosivos originados pela ocupação antrópica (estradas, áreas desmatadas, etc.) são aros ao longo de todo o sistema viário que circunda a área e em setores restritos das vertentes mais abruptas. Nestes processos são movimentados pequenos volumes de solo e rocha alterada, gerando pequenos



depósitos nas margens das estradas. A erosão do caráter laminar associa-se as áreas que ficam desprotegidas do impacto direto da chuva, (arruamentos), gerando enxurradas que carregam pequenas quantidades de materiais para o fundo dos vales.

O principal fator restritivo aos processos de erosão na área é a baixa declividade, a cobertura vegetal remanescente e as características texturais argilo arenosa do solo.

A declividade média da encosta de cinco a 10% é estável não estando sujeita a movimentos de massa ou queda de blocos.

A composição do solo superficial corresponde a solos residuais de alteração, constituída predominantemente por argilas, siltes e areias com bom grau de coesão. Registram-se espessuras de solo pedogenético de até 20 metros.

Os ensaios de resistência à penetração (SPT) nestas seqüências sedimentares revelam o substrato com índices de resistência a penetração baixa na porção superior do perfil, registrando a presença de camadas de argilas moles apenas nos níveis superficiais do solo, tornando-se bastante elevada à profundidades entre 10 e 17 metros. Esta característica permite definir a área como sendo um sítio geotecnicaamente estável e propício à instalação do aterro sanitário.

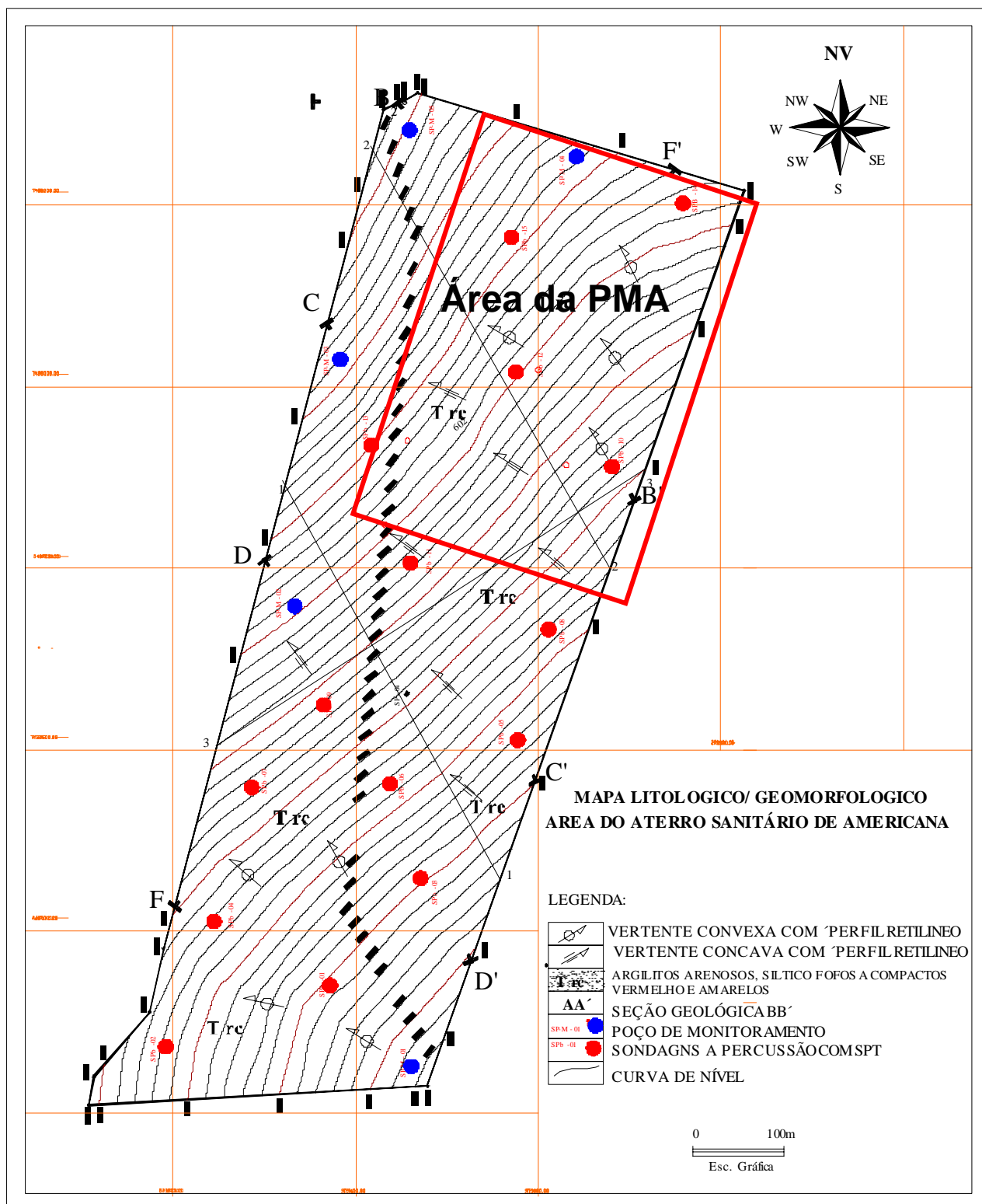


Figura 7.2.31 – Mapa litológico – geomorfológico do local de intervenção.

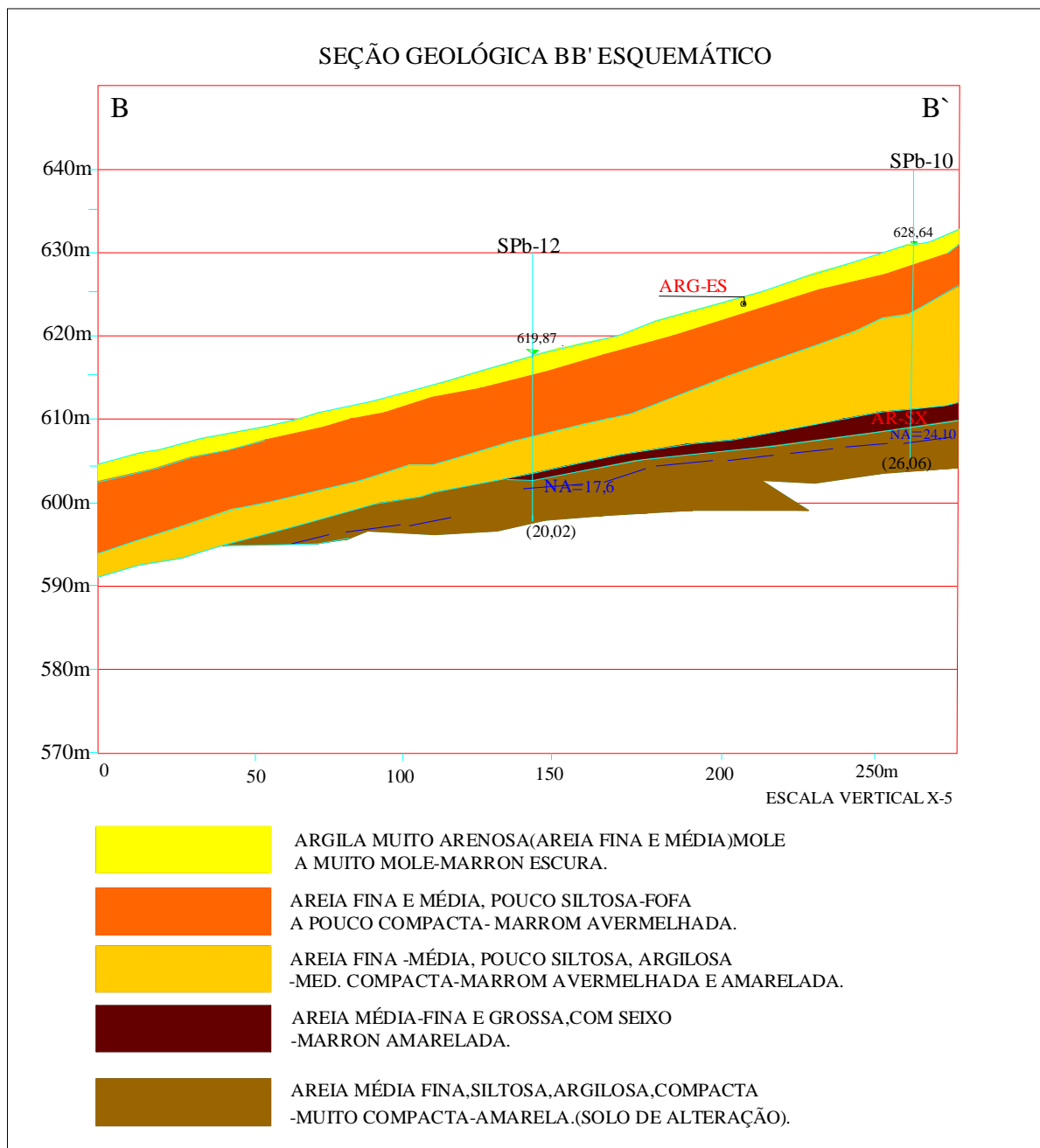


Figura 7.2.32 – Seção transversal B B´.

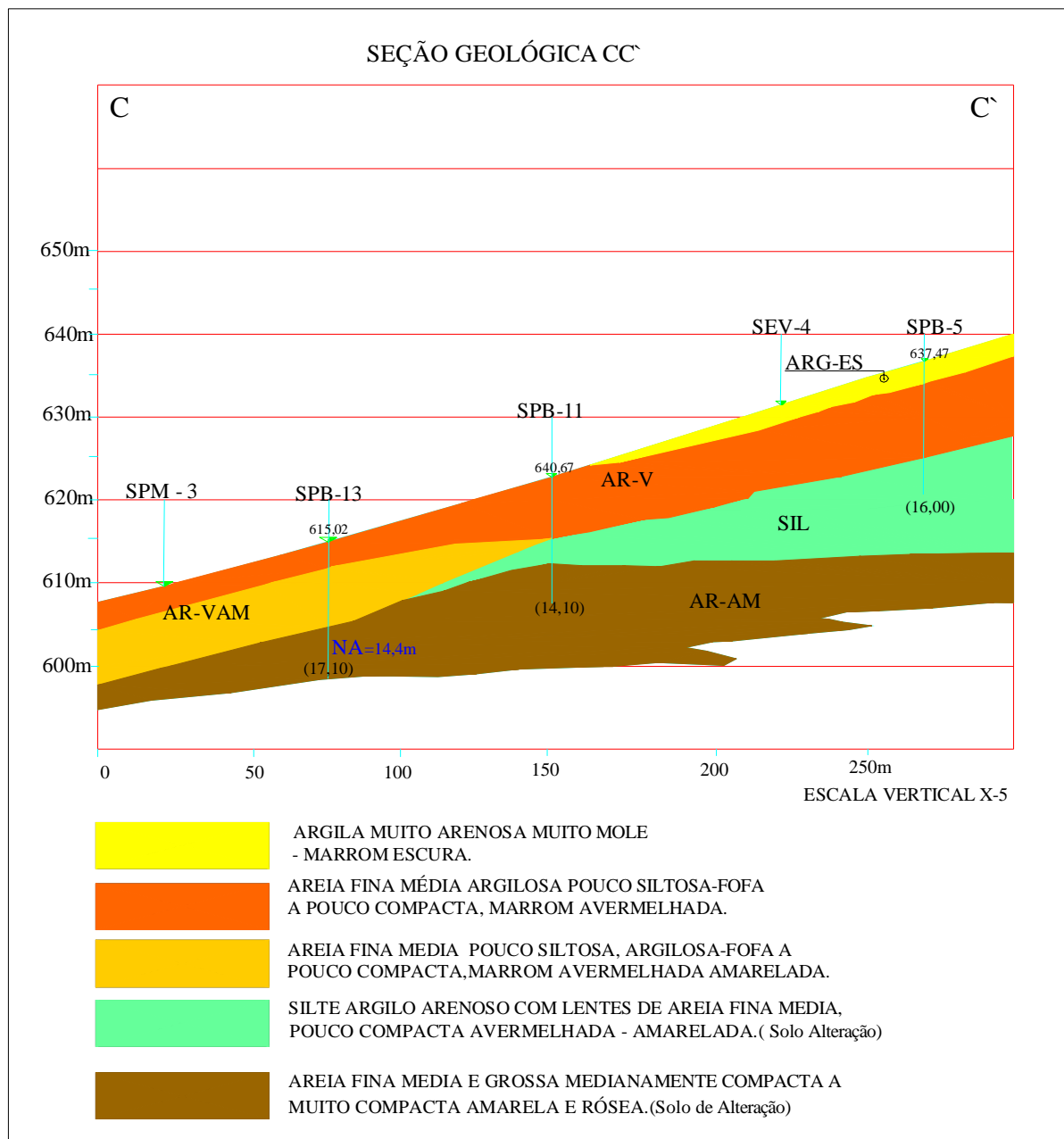


Figura 7.2.33 – Seção transversal C – C'.

SEÇÃO GEOLÓGICA ESQUEMÁTICA DD'

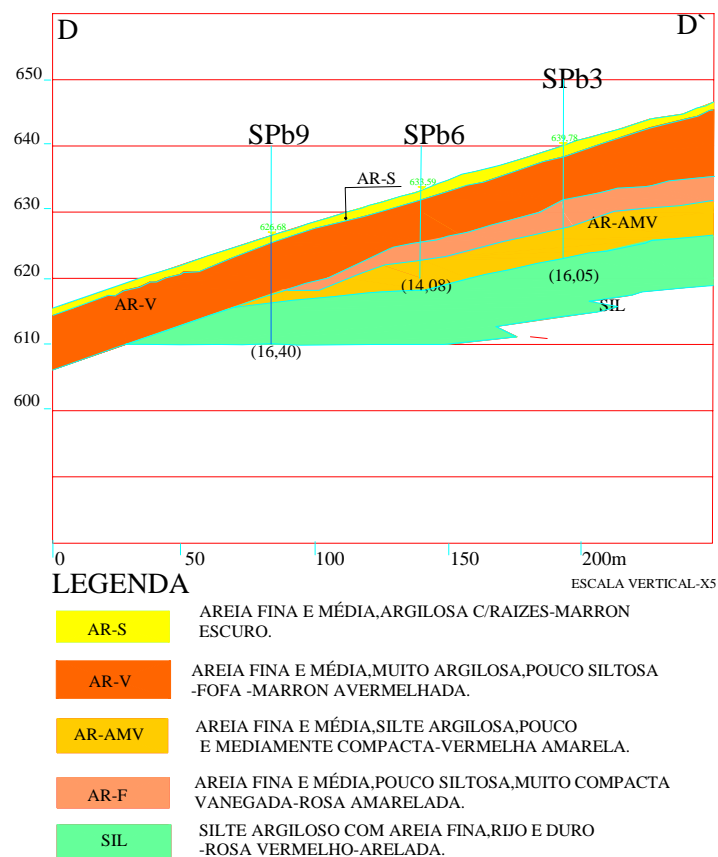


Figura 7.2.34 – Seção transversal D – D'.

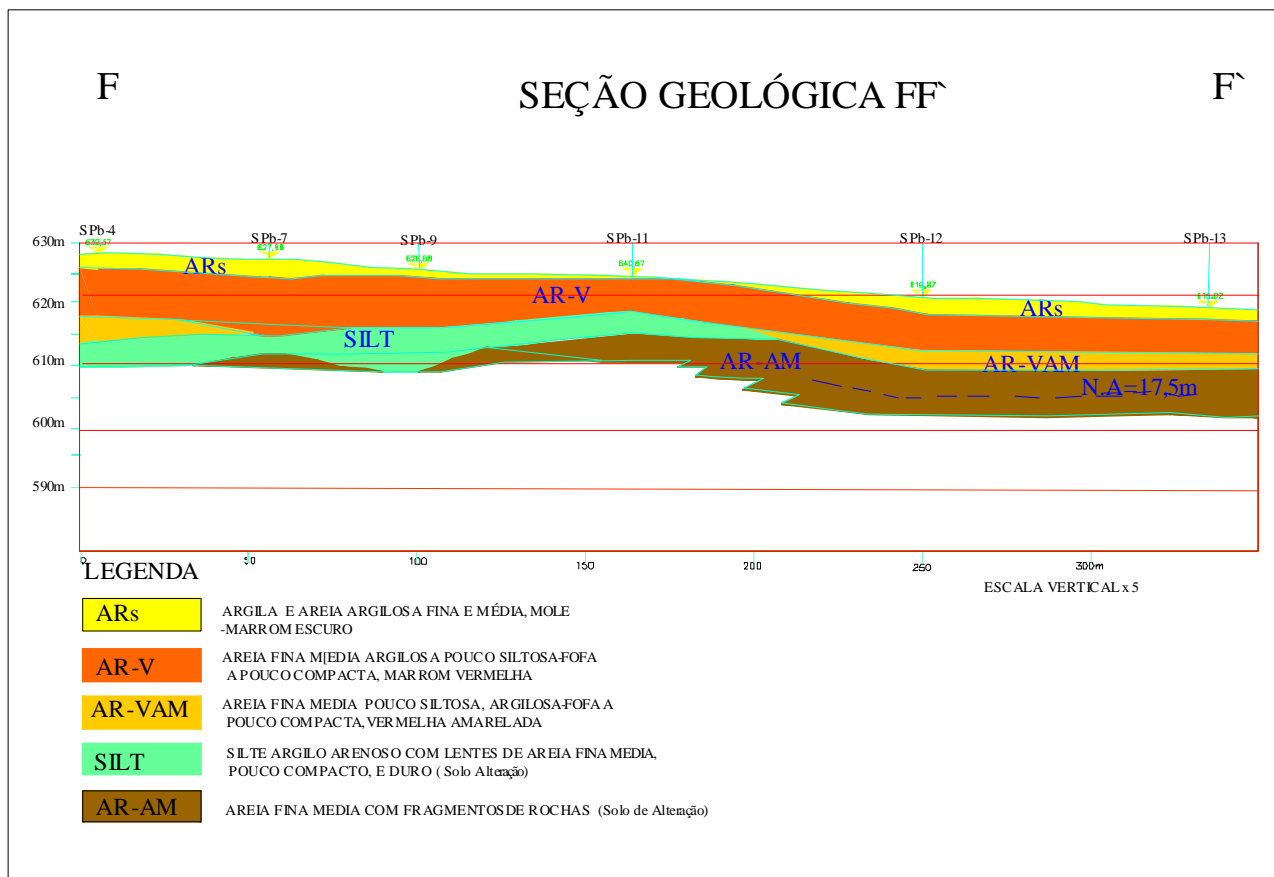


Figura 7.2.35 – Seção Transversal F – F’.

O fraturamento das rochas da área de intervenção apresenta uma densidade média a baixa com três a quatro fraturas / metro podendo ser classificada como sendo de um grau “medianamente fraturada a pouco fraturada”, segundo a tabela do grau de fraturamento de Guidicini *et al.* (1970 in IPT, 1981).

Quanto a escavabilidade, o solo de alteração pode ser classificado como sendo de primeira categoria. Os siltitos, argilitos e diamectitos incoerentes necessitam de escarificador para a sua remoção. Estes mesmos termos quando coerentes exigem o emprego de explosivos para a sua remoção.



As camadas de argilitos arenosos e siltosos que ocorrem no solo de alteração na área de intervenção apresentam características físicas favoráveis, necessárias para a sua utilização como material de empréstimo para o aterramento e impermeabilização das células. Sua espessura da ordem de 10 - 24 metros, aponta a priori, para a existência de volume necessário e suficiente para a operação do empreendimento.

A posição do nível freático a grandes e médias profundidades, (entre 14 > 27 m) sob camadas de solo areno argiloso fino siltoso, mostra a existência de uma proteção natural do lençol freático e sugere uma condição de mínima vulnerabilidade do lençol freático à infiltração de percolato concluindo-se pela viabilidade da área para a instalação do aterro.

A área ocupa a vertente de uma colina com declividade baixa e uniforme em torno de cinco a 10%, que pode ser utilizada para a instalação do projeto em toda a sua extensão.

7.2.4.3.1 Ensaios Geotécnicos

Uma série de ensaios geotécnicos de campo e laboratório, para a tipificação dos materiais constituintes do solo da área de intervenção foram realizados dados bibliográficos da área de entorno, cujos resultados a seguir.

Estes ensaios trazem informações sobre as propriedades mecânicas dos solos, sendo, portanto importantes para a avaliação dos índices de estabilidade, infiltrações e recalques.

Os ensaios de resistência a penetração (SPT), foram realizados durante a execução das sondagens e, revelam para a área uma camada de solo superficial



sobre um solo residual com valores crescentes de resistência a penetração entre 2 e 8 golpes para profundidades em torno de 10 metros revelando neste intervalo um material fofo a medianamente compacto.

Para profundidades maiores a resistência à penetração alcança valores entre 10 golpes e o impenetrável, identificando um material muito compacto a duro neste intervalo.

Ensaio de Compactação – Índice de Suporte Califórnia

Foram realizados em amostras coletadas nos pontos de sondagem SPb-3, SPb – 11, SPb, onde se obteve um valor médio massa específica seca (g/cm^3) de 1,8.

Ensaio de Granulometria – foram realizadas em amostras dos pontos de sondagem SPb-3, SPb-11 e SPb-15, com um intervalo de 1 a 5 metros.

Os resultados mostram a predominância de finos com argila (34 – 35%), silte (20%), 22% de areia fina e 22% de areia média.

Testes de infiltração

Foram realizados ensaios de permeabilidade “*in situ*” nas sondagens: SPb-03, SPb-11 e SPb-15 sobre a área de intervenção (mapa de localização em anexo), nas sondagens acima referidas em cotas distintas e foram obtidos os seguintes coeficientes de permeabilidade como apresentado abaixo:

Furo SPb – 03 profundidade 1,20 metros	$1,04 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$
Furo SPb – 03 profundidade 3,20 metros	$1,54 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$
Furo SPb – 03 profundidade 6,20 metros	$4,01 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$
Furo SPb – 11 profundidade 1,20 metros	$2,03 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$
Furo SPb – 11 profundidade 3,20 metros	$3,27 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$



Furo SPb – 11 profundidade 6,20 metros	$2,14 \times 10^{-4}$ cm/s
Furo SPb – 15 profundidade 1,20 metros	$1,13 \times 10^{-4}$ cm/s
Furo SPb – 15 profundidade 3,20 metros	$1,39 \times 10^{-4}$ cm/s
Furo SPb – 15 profundidade 6,20 metros	$5,52 \times 10^{-4}$ cm/s

Os resultados completos com índices, métodos utilizados encontram-se no relatório constante do anexo.

Os resultados dos ensaios acima revelam um maciço constituinte de material relativamente homogêneo, de granulação fina com índices de permeabilidade bastante baixos em um pacote de espessura expressiva. São características recomendáveis para uma área onde se preconiza a instalação do Aterro Industrial e Sanitário para Resíduos Classe II em Regime de Codisposição com Resíduos Sólidos Domiciliares de Americana. Os resultados completos dos ensaios geotécnicos realizados e perfis de sondagem encontram-se no anexo.

Quanto à estabilidade do maciço de resíduos, o estudo completo encontra-se em anexo.

7.2.4.4 Hidrogeologia

Os reservatórios de água subterrânea que ocorrem na região apresentam peculiaridades quanto às características de armazenamento e circulação, podendo ser classificados segundo suas características litológicas em: aquíferos com porosidade predominante granular (formação Itararé) e aquíferos de porosidade por fissuras (cristalino e basaltos).

Além destes dois aquíferos, destaca-se como de importância fundamental aos objetivos do trabalho, o aquífero livre, que se constitui na zona saturada do



solo de alteração e que apresenta uma grande influência na recarga do aquífero cativo e da rede de drenagem superficial.

O sistema aquífero das rochas basálticas será aqui tratado como o cristalino por não apresentarem continuidade lateral e apresentam características de “sistemas aquíferos”.

Avaliação dos parâmetros hidráulicos deste aquífero obtidos pelo DAEE (1977) estima valores de transmissividade variando entre 0,3 a 196 m²/dia.

Nesta avaliação, foi considerado pelo DAEE, poço associado e não associados a lineamentos de drenagem com uma mediana de 0.22 m³/h/m e para os poços situados fora dos lineamentos, uma mediana de 0,038m³/h/m.

A região de influência do empreendimento pode ser dividida do ponto de vista do potencial hidrogeológico, em dois compartimentos principais. O primeiro e mais importante, é constituído pelas rochas sedimentares (Grupo Tubarão) o segundo é formado pelos aquíferos fraturados, desenvolvidos sobre os derrames basálticos da Formação Serra Geral.

Os três compartimentos encontram-se individualizados sobre o mapa geológico regional conforme Figura 7.2.22, o qual mostra a distribuição das rochas associadas aos referidos aquíferos.

O mapa de isofrequência de fraturamento conforme Figura 7.2.25, analisado em conjunto com dados morfoestruturais, estruturais e litológicos, contribui na localização das zonas de recarga e acumulação de água subterrânea.



Os aquíferos subterrâneos na região de interesse foram caracterizados como pertencentes à unidade aquífera sedimentar e o aquífero livre. O primeiro sistema aquífero é desenvolvido essencialmente pela porosidade intergranular dos sedimentos clásticos arenosos, siltsos e argilosos da Formação Itararé, da Formação Rio Claro e por sistemas de fraturas, descontinuidades, e o segundo no manto de alteração destas rochas.

Aquífero Sedimentar

O aquífero Tubarão ocupa a região de influência do empreendimento e é cortado a sul e a norte por rochas intrusivas de diabásio, que regional e localmente interrompem a sua continuidade. É recoberto por camadas Cenozóicas em grande parte localizados da área.

As rochas deste aquífero foram depositadas discordantemente sobre o embasamento cristalino, o qual se encontra exposto a leste, fora da região estudada, região de menor espessura do pacote sedimentar, a qual aumenta em direção ao centro da bacia. A espessura saturada da camada aquífera tende a aumentar em direção ao oeste. É um aquífero do tipo livre passando a ser confinado a nordeste pela seqüência deposicional do Grupo Passa Dois. O Grupo Tubarão apresenta vazões, medidas nos poços, que variam de 5 m³/h a 20 m³/h, e tem os melhores aquíferos localizados nas camadas de areia e conglomerados (DAEE, 1981).

No aquífero sedimentar do Grupo Tubarão o armazenamento e a circulação de água ocorre principalmente através dos interstícios dos sedimentos clásticos grosseiros (arenitos, conglomerados, diamictitos). Intercalações com camadas de



sedimentos finos (lamitos, argilitos, folhelhos), dificultam a circulação vertical na infiltração e a percolação da água, provocando uma situação de anisotropia com permeabilidade vertical, inferior a horizontal. A interdigitação das camadas de granulometria diferente acentua a heterogeneidade do aquífero. Nas rochas sedimentares finas (folhelhos, siltitos, argilitos e arenitos finos), a presença de sistemas de fraturamentos atuam como um diferencial na capacidade de acumulação e circulação de água (Barbosa e Almeida, 1949).

O DAEE (1977) avaliou as características hidráulicas do aquífero Tubarão, baseado em testes de vazão e ensaios de bombeamento de dezenas de poços.

Estes testes revelaram valores de capacidade específica com uma mediana de $0,1\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ com 70% das amostras com valores compreendidos entre 1 e $10\text{m}^2/\text{dia}$. Valores muito altos de transmissividade, da ordem de $150\text{m}^2/\text{dia}$, foram obtidos nas proximidades da cidade de Tatuí e outros refletindo um alto grau de heterogeneidade litológica existentes no aquífero e que condiciona grande variação em suas propriedades hidráulicas.

Intervalos de valores de 0,001 a $0,005\text{m}/\text{dia}$ e 0,01 e $1\text{m}/\text{dia}$ foram obtidos para a permeabilidade. Os valores menores são relativos a poços sobre a formação Itararé.

A avaliação hidrogeológica regional foi elaborada através da confecção do Mapa Morfoestrutural, o qual considera as inter-relações existentes entre as estruturas geológicas e a morfologia. A metodologia foi empregada por Anjos (1986) e Roccio (1993), na qual são consideradas a simetria e assimetria das feições de drenagem (em relação ao comprimento dos canais de um e outro lado de canais de drenagem de ordem superior, geralmente associadas aos principais



eixos de deformação) e do relevo. Esta análise identifica linhas de contorno estrutural não cotadas, regiões de altos e baixos estruturais e correlações com grandes descontinuidades representadas por lineamentos (falhas e juntas).

A área foi compartimentada em blocos estruturais condicionados por lineamentos estruturais (falhas e fraturas) de direções NE, NW, NS e EW. Nestes blocos identificou-se altos e baixos estruturais de formas alongadas e associados respectivamente às porções alçadas e deprimidas dos blocos, em função do basculamento e ou flexuras, originados do processo tectônico instalado na área. Neste contexto a área do empreendimento localiza-se sobre um alto estrutural local e uma zona intermediária conforme Figura 7.2.36.

A análise integrada das morfoestruturas, mapa de isodensidade de fraturamentos e lineamentos permite a caracterização hidrogeológica da área conforme considerações abaixo.

No mapa morfoestrutural são identificados sítios de baixos e altos estruturais locais na área de influência do empreendimento.

As áreas de altos estruturais são diretamente correlacionáveis a zona de recarga do aquífero subterrâneo.

O sentido do basculamento de blocos e/ou de flexuras e deformações do pacote sedimentar é definido pelas curvas de contorno estrutural, que apontam o sentido do fluxo de água subterrânea.



A localização da área na borda da bacia, onde são pequenas as espessuras dos sedimentos, sobre o embasamento cristalino, proporcionou o desenvolvimento de uma deformação relativamente forte desta cobertura com a conseqüente compartimentação e definição de sistemas aquíferos isolados em sub bacias com características hidrodinâmicas próprias, como resposta a reativações tectônica meso - cenozóicas e processo evolutivo da borda da bacia. As maiores concentrações de fraturamento estão diretamente relacionadas com o potencial aquífero da área. Mesmo nas áreas sedimentares, principalmente de finos estes fraturamento são de capital importância para a circulação da água e interconexão entre estratos confinados e, portanto para a recarga do aquífero.

A área do empreendimento encontra-se sobre uma classe de densidade relativa de fraturamento baixa e média.

Sua localização sobre um alto estrutural local contrapõe-se e predominância de clásticos finos classifica-a como uma área de recarga média local com baixa vulnerabilidade do ponto da poluição do aquífero subterrâneo regional.

A configuração e distribuição das morfoestruturas e conseqüentemente das áreas de recarga e acumulação pode ser observada no mapa morfoestrutural e de condicionantes hidrogeológicos.

O quadro geral dos principais condicionantes hidrogeológicos do aquífero sedimentar pode ser descrito como segue:



- Os limites dos blocos constituem na maioria das vezes planos de falha, que marcam mudanças nas atitudes gerais das feições planares e densidades (estratificação, juntas, etc.).
- As áreas de altos e baixos estruturais (zonas de recarga e descarga de água subterrânea) associam-se geralmente aos limites alçados e deprimidos dos blocos basculados pela tectônica distensiva respectivamente.
- A área do empreendimento encontra-se sobre um bloco tectônico alongado segundo NW, adernado para NE, limitado por prováveis estruturas de fraturamento/falhas de direção NW, que controlam os cursos dos rios Atibaia e Jaguari.
- O curso do rio Jaguari ocupa uma área de baixo estrutural com eixo NW (ver mapa morfoestrutural regional) Este baixo condiciona o fluxo hidrogeológico de água subterrânea geral para NE. Localmente é controlado por estruturas menores.
- O nível de base geral da área de influência do empreendimento é o rio Jaguari e Atibaia e níveis de base locais são representados pelos córregos afluentes. A delimitação das áreas de nível de base foi obtida da fotointerpretação da carta topográfica (1:50.000) e mostra que a área de intervenção se encontra sobre uma região de dispersão do fluxo de água superficial não estando sujeita a riscos de inundação conforme Figura 7.2.38.

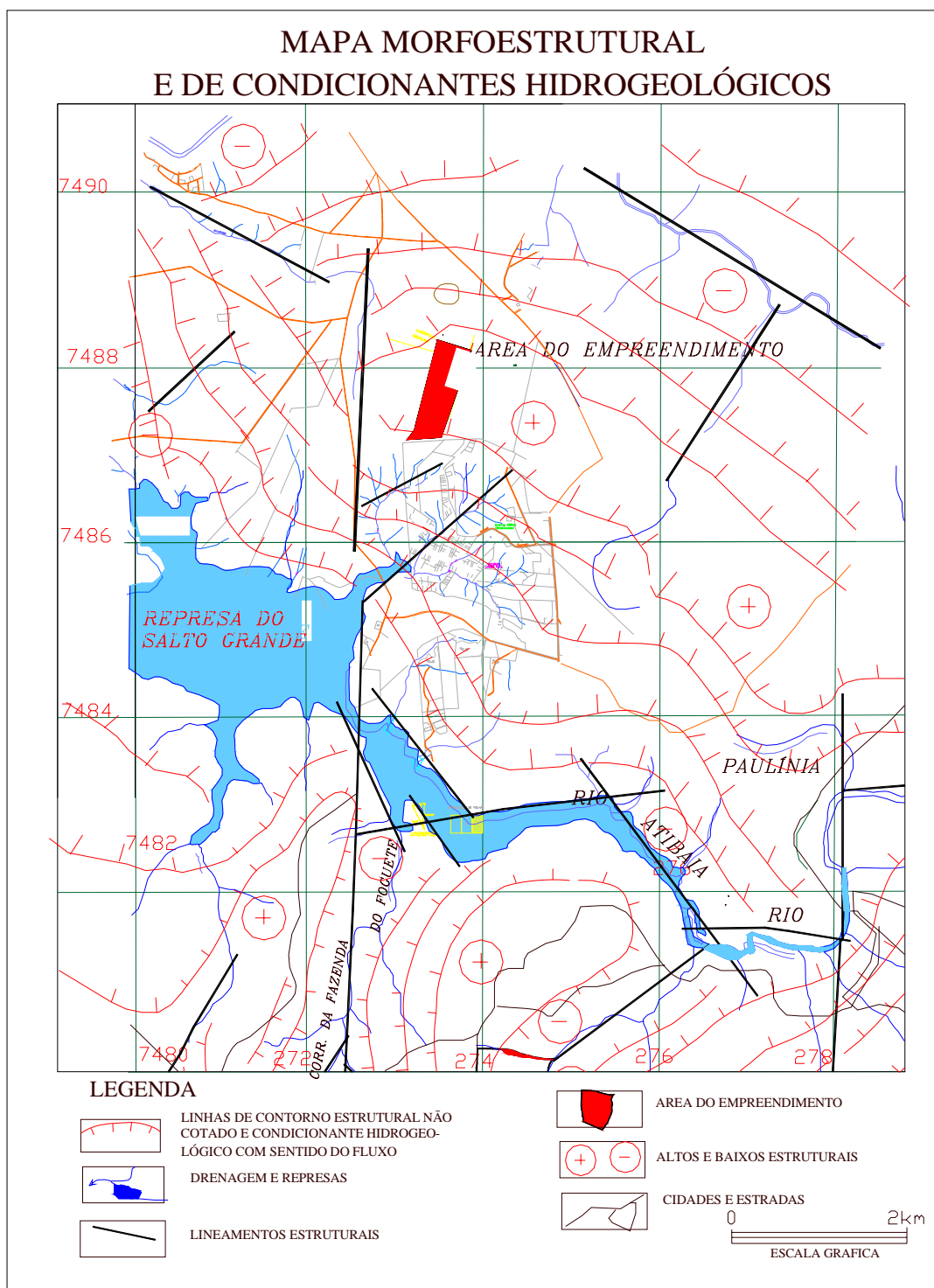


Figura 7.2.36- Mapa morfoestrutural e de condicionantes hidrogeológicos e fluxo esquemático da água subterrânea da área do empreendimento e região de influência.

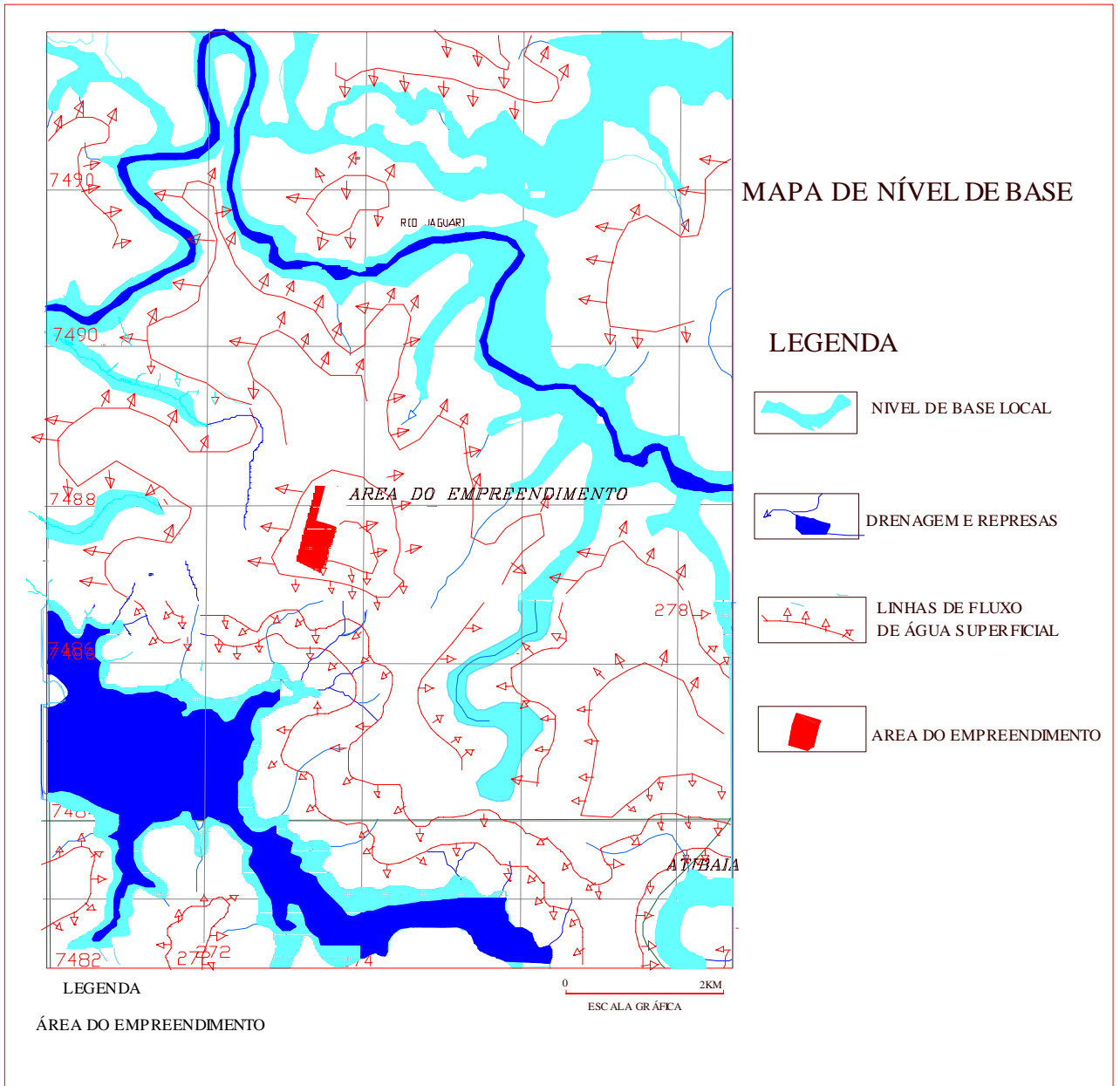


Figura 7.2.37 – Mapa das áreas de nível de base.



7.2.4.5 Hidrogeologia Local

A área de estudo encontra-se no interflúvio entre o rio Atibaia e do rio Jaguari pertencendo à bacia de drenagem deste último. Os principais afluentes deste rio são: os Córregos: do Jacaré, da Jacutinga, Três Barras e Paredão e outros pequenos rios tributários. Todas as águas desta região deságuam no rio Piracicaba.

O aquífero sedimentar é localmente representado pela Formação Rio Claro e pelo sub-grupo Itararé. Na composição litológica da área prevalece as fácies granulométrica de rochas argilosas em meio a lentes mais arenosas.

O nível freático local foi identificado nas sondagens à percussão a profundidade média entre 10 metros, nas porções do terreno topograficamente mais rebaixadas e acima de 24 metros nos topos e porções superiores das vertentes, não foi encontrada a profundidade de 27 metros no topo, ou alta vertente da colina.

Com os dados acima mencionados do nível freático foi confeccionado um mapa potenciométrico da área de intervenção, segundo o método de Castany (1975) que utiliza a interpolação dos pontos de isopiezas através de construção triangular entre os pontos das sondagens e extrapolação, tendo como base a topografia da área figura e/ ou interpolação utilizando o software surfêr.

Este mapa mostra o comportamento da superfície freática, com isolinha com intervalo de dois metros, o comportamento das linhas de fluxo e principais linhas de escoamento, eixo divisores do fluxo da água subterrânea conforme Figura 7.2.38.

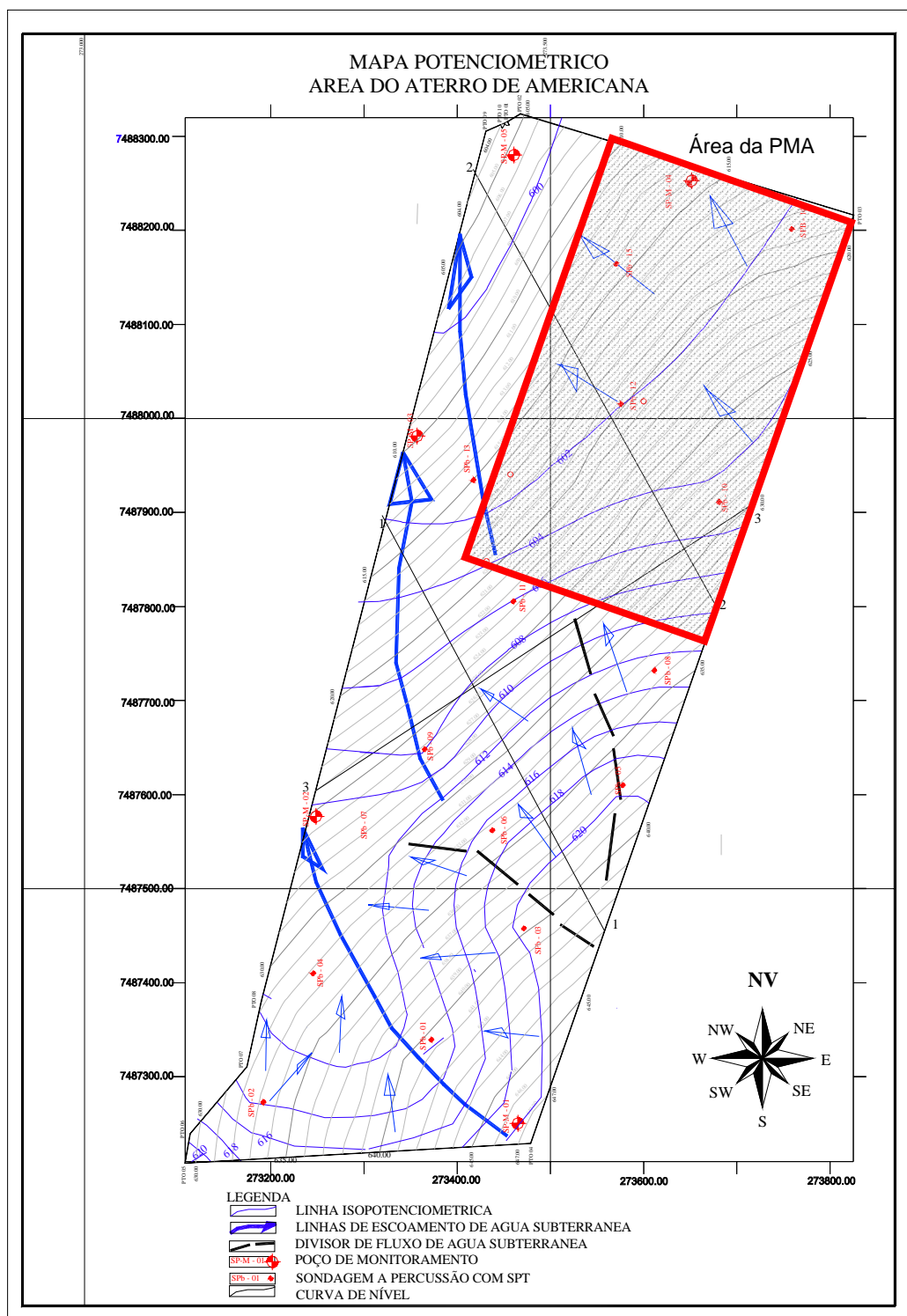


Figura 7.2.38 – Mapa potenciométrico da área do empreendimento.



As linhas potenciométricas são parcialmente coerentes com a topografia, e revelam fluxo cujo sentido parece estar parcialmente condicionado a camada de solo residual que ocorre sob os lamitos da Formação Rio Claro, haja vista a coincidência da posição o NA, com o topo deste paleosolo residual. O fluxo subterrâneo local tem sentido principal para norte - nordeste em direção geral ao nível de base local, que é o córrego afluente do rio Jaguari e ao próprio rio Jaguari. As linhas potenciométricas mostram a presença de uma tênue área de divergência no centro sul e uma de convergência de fluxo no sul da área definindo linhas de escoamento principais, com direções norte – noroeste, e um fluxo geral para oeste – noroeste.

Este aquífero local, pode ser classificado como sendo do tipo livre com movimentação da água infiltrada no solo, percolando preferencialmente os materiais mais porosos e permeáveis do solo residual e de alteração e ainda áreas de maior concentração de fraturas nos sedimentos, em direção aos níveis de base locais.

O mapa de fluxo de água subterrânea, e seções transversais permitem admitir que a superfície freática seja contínua, e o fluxo relativamente coerente com superfície topográfica. Alimenta a drenagem superficial e uma pequena parte penetra no sistema de fratura infiltra-se até o aquífero regional cujo sentido do fluxo é mostrado no mapa estrutural.

Considerando o sentido e o comportamento do fluxo de água subterrânea na área de intervenção, foram alocados quatro poços de monitoramento (piezômetros), para a execução dos procedimentos de controle da qualidade da água do aquífero local. Um poço de monitoramento a montante da instalação do empreendimento, PM-01 e três poços a jusante da mesma área, PM-02, PM-03 e PM-04.



Estes poços foram construídos e amostrados em vinte e seis de maio de 2008, e os resultados analíticos observados representam o background (característica natural) da área, em anexo segue os laudos completos da amostragem realizada. Os resultados apontaram valores acima do estabelecido pela CETESB no PM01 para os parâmetros Antimônio, Cobalto e Ferro, estes valores dispare podem ser oriundos de problemas na própria amostragem ou análise, no entanto uma melhor avaliação só poderá ser feita com novas amostragens a serem feitas a partir do recebimento da Licença Prévia.

Ressalta-se que na área, ou em suas proximidades, nunca houve nenhuma atividade poluidora além da plantação de cana de açúcar. Outro aspecto relevante é que o PM01 é o principal poço de montante, localizado no ponto mais alto do terreno, o que corrobora para a necessidade de novas amostragens, visando melhor avaliar dos valores de background para futuras comparações pós implantação do empreendimento. Estas amostragens iniciarão o plano de monitoramento após o recebimento da Licença Prévia.

7.2.5 Geomorfologia

7.2.5.1 Aspectos Regionais

A região de influência do empreendimento encontra-se sobre a área de transição entre os compartimentos geomorfológicos denominados de Planalto Atlântico (Almeida, 1964) e a Depressão Periférica (Moraes Rego, 1932).

A área do empreendimento encontra-se na Província Geomorfológica denominada de Depressão Periférica (Almeida, 1964), a qual é delimitada a leste pelas serranias cristalinas do pré-cambriano e a oeste pelas cuestas basálticas da Borda da Mata e Monte Santo, formando um corredor de aproximadamente 50 a 120 quilômetros de largura que corta o Estado de São Paulo de nordeste a



sudoeste em sua porção central onde afloram sedimentos Cambro Ordovicianos da Bacia do Paraná (Subgrupo Itararé) áreas descontínuas de diques e sills básicos Mesozóicos, e coberturas sedimentares correlacionáveis a Formação Rio Claro (Bjonberg e Landim, 1966).

Nesta região é característico um relevo suavemente ondulado colinoso que se apresenta no conjunto com topos planos e altitudes da ordem de setecentos metros, com amplos vales às vezes de fundo chato, formando relevo de colinas amplas na região sedimentar. Suas camadas sedimentares sub - horizontais encostam-se à borda dos maciços cristalinos formando colinas amplas, às vezes com topos tabuliformes. Na região de rochas cristalinas o relevo tem uma configuração mais recortada, com drenagens entalhando vales mais profundos formando pequenas serras e morrotes.

O padrão de drenagem regional tem características dendríticas com vales pouco profundos e alinhados segundo direções estruturais conhecidas do embasamento cristalino. Situada na bacia do Rio Piracicaba tem nos rios Jaguari e Atibaia os principais elementos da hidrografia que drenam a área no sentido sudeste-noroeste.

Na região do entorno do empreendimento, conforme a subdivisão do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo) (1981) são identificados os seguintes sistemas de relevo: Relevo de Colinas Amplas (212), Colinas Médias (213), Morrotes Alongados e Espigões (234), Morrotes Alongados Paralelos (232) e Morros com Serras Restritas (245) (Figura 7.2.40).

A fotografia aérea da área, também permite uma boa visualização do conjunto e distribuição das formas de relevo que ocorrem na área conforme Figura 7.2.41.

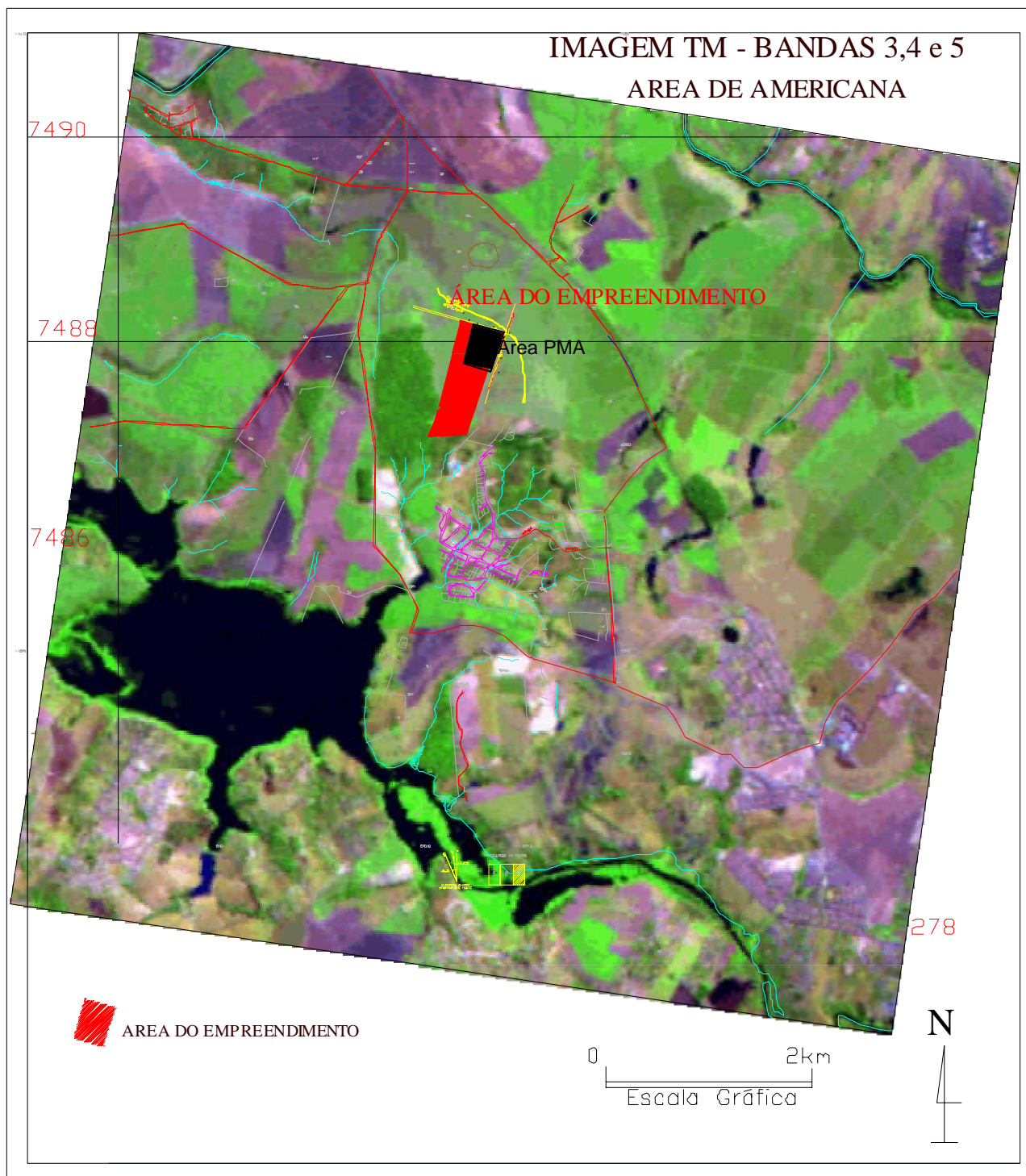
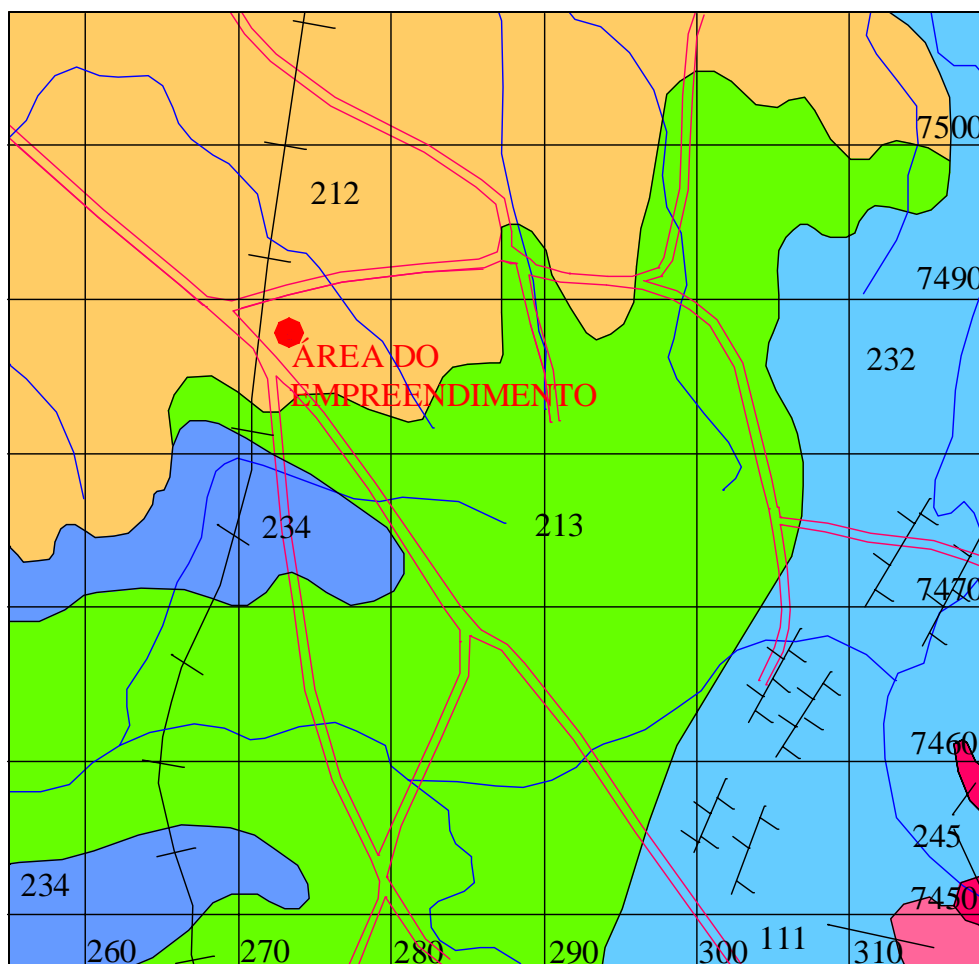


Figura 7.2.39 – Imagem do TM composição colorida, onde se tem uma visão sinótica de elementos de relevo, ocupação do solo, rede de drenagem em relação à área do empreendimento.

MAPA GEOMORFOLÓGICO



LEGENDA:

0 5KM
ESCALA GRÁFICA

- | | |
|---|---|
| <p>212 COLINAS AMPLAS - TOPOS APLAINADOS VERT. RAVINADAS ,PERFIS RETILÍNEOS.</p> <p>213 COLINAS MÉDIAS - TOPOS APLAINADOS VRT. PERFIS CONVEXOS A RETILÍNEOS.</p> <p>232 MORROTES ALONGADOS PARALELOS - TOPOS ARREDONDADOS, VERT. PERFIS RETILÍNEOS A CONVEXOS. ALTA DENS. DRENAGEM</p> | <p>234 MORROTES ALONGADOS E ESPIGÕES - TOPOS ANGULOSOS A ACHATADOS VERT. RAVINADAS , PERFIS RETILÍNEOS.</p> <p>243 MAR DE MORROS - TOPOS ARREDONDADOS .VERT. PERFIS CONVEXOS A RETILÍNEOS</p> <p>245 MORROS COM SERRAS RESTRITAS - TOPOS ARREDONDADOS VERT. RETILÍNEAS .</p> |
|---|---|

Figura 7.2.40 – Mapa Geomorfológico Regional.

Fonte: Modificado de IPT, 1981.

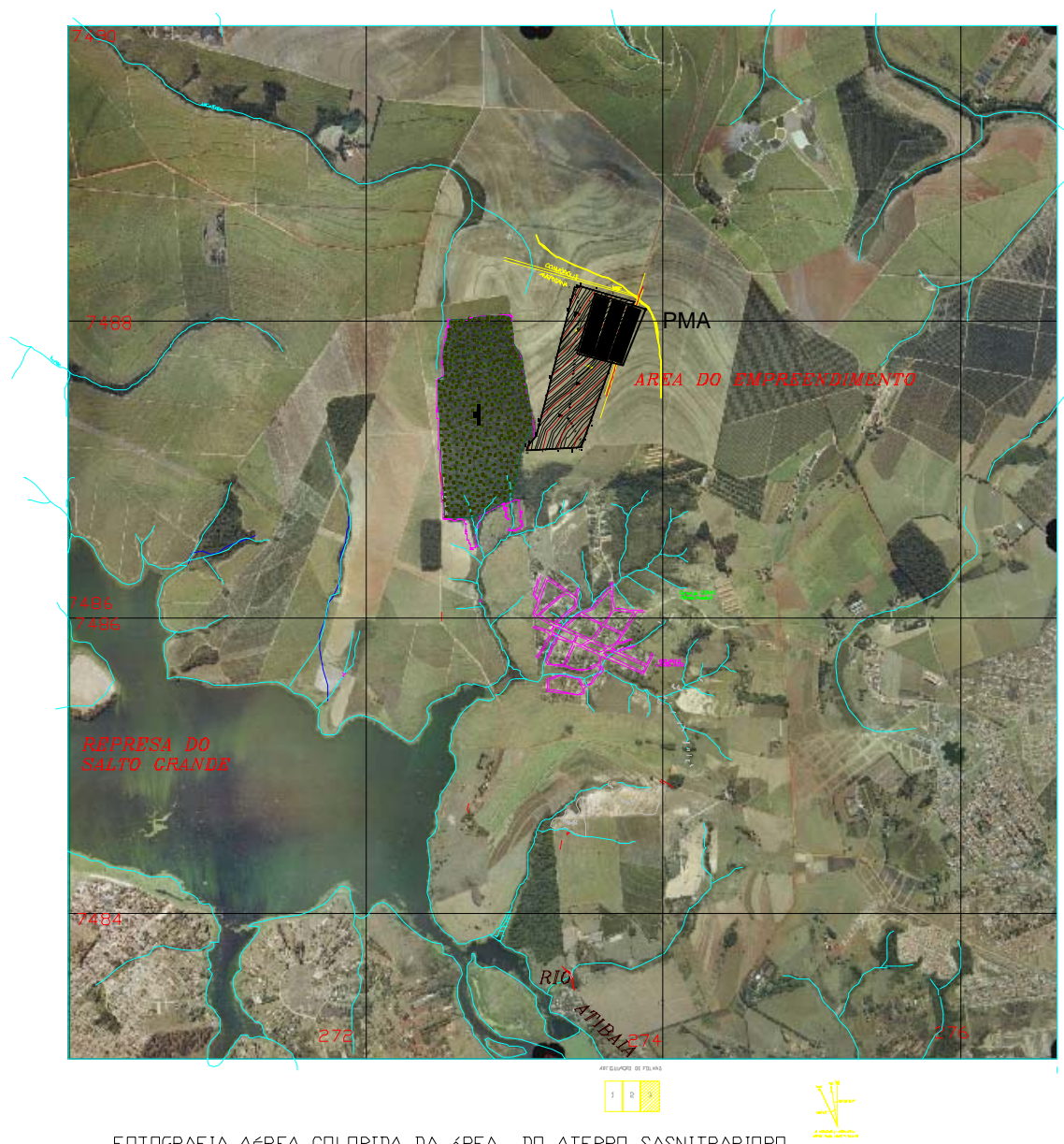


Figura 7.2.41 – Fotografia aérea colorida, da área do empreendimento e região de influência, onde se pode visualizar o aspecto das formas de relevo e usos do solo.



7.2.5.2 Características Morfo Dinâmicas

Trabalhos sobre a compartimentação topomorfológica da região, identificaram e individualizaram unidades de relevo, em função de condicionantes lito-estruturais e morfológicos (declividade, amplitudes topográficas e nivelamentos altimétricos, forma de vertentes, padrão e densidade de drenagens, etc.) os quais além de representarem indicativos morfológicos sugerem diferentes suscetibilidades morfodinâmicas.

Dessa maneira, utilizando-se de critérios como altitudes e amplitudes topográficas, foi subdividida a região em quatro grandes conjuntos de relevo, IPT (1981) das quais duas são reconhecidas na área de influência do empreendimento. O relevo agradação e de degradação em planaltos dissecados.

- **RELEVOS DE AGRADAÇÃO**

Corresponde a área de agradação, formados devido aos processos erosivos e deposicionais, normalmente circunscritas ou contíguas aos relevos de degradação, sujeitos a processos de dissecação. Nestes pontos ocorrem solos com a natureza das rochas adjacentes.

Estão distribuídas nas áreas junto as margens dos rios constituindo depósitos aluviais de pequena expressão e espessura e terraços fluviais relacionados a construção fluvial. São terrenos baixos, mais ou menos planos, sujeitos a inundações periódicas.



- **RELEVO DE DEGRADAÇÃO EM PLANALTOS DISSECADOS**

Como resultado da ação contínua dos processos de denudação sobre as áreas planálticas criou-se um relevo de degradação, subdividido em categorias e sistemas por IPT (1981), os quais têm como principais critérios distintivos a declividade das encostas e amplitudes locais predominantes de relevo.

Os principais sistemas que ocorrem na área do empreendimento e região de influência são os sistemas de relevo colinoso e morrotes.

- **TRANSIÇÃO ENTRE A ZONA DO MÉDIO TIETÊ E O PLANALTO ATLÂNTICO**

As formas de relevo neste trecho estão relacionadas em linhas gerais aos tipos litológicos. Cristofolletti (1968) destaca que a delimitação das formas de relevo não corresponde exatamente ao limite geológico entre o escudo e bacia sedimentar, fato atribuído pelo autor a grande espessura do manto de alteração do cristalino que cria condições de comportamento semelhante aos das rochas sedimentares.

Quatro níveis de relevo são descritos por Santos, (1952), que decrescem de altitudes no sentido do cristalino para o interior da bacia (Modenesi 1974) interpreta estes níveis como paleoformas resultantes de fases sucessivas de aplainamento lateral e dissecação vertical sob constante processo epirogenético.

7.2.5.3 Geomorfologia Local e da Área de Influência

A área do empreendimento está situada na bacia do Rio do Atibaia, a nordeste a represa de Salto Grande onde predominam formas de relevo de



Colinas Médias a Amplas. As maiores altitudes encontradas são da ordem de 670 metros, com amplitudes máximas de oitenta metros. Apresentam topos convexos aplainados e vales abertos que desenham um sistema de drenagem com padrão retilíneo a dendrítico.

A região é drenada no sentido oeste-noroeste pelo rio Atibaia e Jaguari, cujos vales são caracterizados por apresentarem fundos chatos com vertentes de baixa altitude conforme Figura 7.2.42.

Toda a região de entorno dos municípios de Americana e Cosmópolis encontra-se totalmente inseridas nos compartimento correspondentes a relevo de degradação de Colinas Amplas e Colinas Médias Ponçano, (1981), esta área, foi avaliada pelo IG – Instituto Geológico em 1995, mapeada na escala de 1:50.000, com base na identificação e delimitação dos diferentes tipos de relevo e sua caracterização quanto a morfometria, morfografia, distribuição altimétrica, substrato e arcabouço geológico, tipologia e intensidade relativa de processos geomórficos atuantes naturais e / ou induzidos (Tabela 1).

Na compartimentação dos tipos de relevo mapeado na região de influência do empreendimento, como pode ser visto na tabela abaixo, predominam formas de Colinas Amplas (Ca), Colinas Amplas Sub - horizontais (Cath), Colinas Médias e Amplas (Cma).

Tabela 1– Tipos de relevo da região de influência

SISTEMAS DE RELEVO RECONHECIDOS EM Ponçano et al. (1981) (ESCALA 1:1.000.000)	TIPOS DE RELEVO RECONHECIDOS NESSE ESTUDO (ESCALA 1:50.000)
232 - Morrotes Alongados Paralelos	Morros e Morrotes (MMT) Colinas e Morrotes (CMT)
212 - Colinas Amplas	Colinas Amplas (Ca) Colinas Amplas Subhorizontais (Cath) Colinas Médias e Amplas (Cma)
213 - Colinas Médias	Colinas Amplas e Médias (Cam) Colinas Médias (Cm) Colinas Médias e Pequenas (Cmp) Colinas Pequenas (Cp) Rampas Pedimentares (P)
III - Planícies Aluviais	Planícies Fluviais de Inundação Terraços

Fonte: IG (1995)



Figura 7.2.42 – Vista do vale de fundo chato do rio Atibaia, onde se instalou a represa de Salto Grande a sul da área do empreendimento.

As formas de relevo encontram-se diretamente relacionadas ao substrato rochoso, estando relacionada na área de influencia a um grande pediplano (Pd1) Bigarella et al (1965), Penteado (1976) in IG (1995), desenvolvido sobre rochas Terciárias atribuídas a formação Rio Claro. Neste sedimento são reconhecidas formas de relevo associadas à Superfície Pd1, Relevos de Dissecção da Superfície Pd1 e Relevo Erosivos.

O relevo de Colinas Amplas é o mais persistente da área de influencia do empreendimento, caracterizando-se por formas de grandes dimensões com áreas superiores a quatro quilômetros quadrados e linhas de cimeira nivelada, marcada por topos amplos. Constitui um relevo ondulado cujas vertentes possuem comprimentos que variam de 500 a 2500 metros, apresentando perfis



predominantemente retilíneos e contínuos. A declividade média é de 6% e as amplitudes locais variam entre 25 e 115 metros, com altitudes entre 545 e 688 m (IG, 1995).

Os vales são abertos e demonstram dinâmica variável, erosiva – acumulativa junto às linhas de drenagem dos rios Atibaia e Jaguari, com assimetria de vertentes próximas as principais linhas de drenagem com maior comprimento de rampas localizadas nas margens esquerdas desses rios conforme Figura 7.2.44.

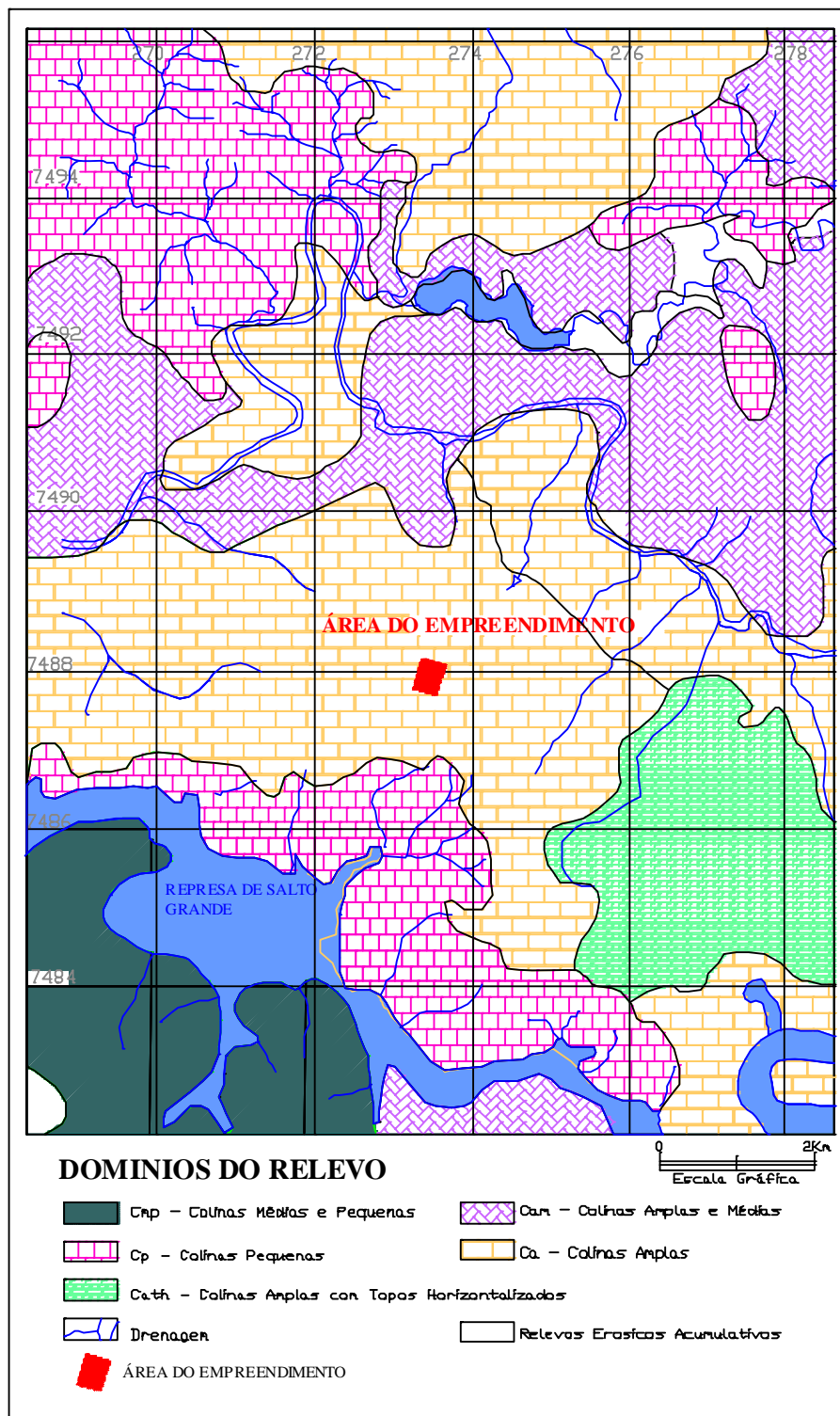


Figura 7.2.43– Mapa de unidades de relevo na área de influência do aterro.

Fonte: Modificado de IG (1999).



Embora rochas sedimentares do Subgrupo Itararé e alguns sills e diques de diabásio sustentem o relevo de colinas Amplas, os pacotes de sedimentos cenozóicos que os recobre em quase sua totalidade, são os principais responsáveis pela morfologia local.

- 1 - Os sedimentos do Itararé, compostos por lamitos e arenitos finos afloram em geral nos fundos dos vales e porções basais das vertentes. Quando ocorrem nas vertentes determinam um comportamento diferencial em seu perfil, apresentando descontinuidades e ressaltos que condicionam uma maior suscetibilidade aos processos erosivos;
- 2 – Os basaltos desenvolvem soleiras, rápidos, e pequenas corredeiras ou suportam altos topográficos;
- 3 – Os sedimentos cenozóicos são lamíticos e arenosos e ocorrem como pacotes capeando os topos das colinas com espessura métrica, de fácies fluviais ou aluviais.

A estas colinas se associam latossolos vermelhos - amarelos no topo, e solos podzólico vermelho - amarelos nas encostas, às rochas básicas associam-se latossolos roxos e até solos da classe terra roxa estruturada.

O relevo de Colinas Amplas e Médias – (Cam) IG, (1995), ocorre no município de Americana associado ao rio Quilombo, e encontram-se predominantemente associados aos sedimentos do Subgrupo Itararé. São características formas colinosas mistas sub niveladas entre 550 e 665m, topos amplos e perfis convexos e vertentes retilíneas com ressaltos localizados. A declividade média varia entre 5,5 e 25 % ao longo de rampas com comprimentos entre 400 e 1650 m. Os vales nas Colinas Amplas e Médias são abertos, com canais encaixados. Algumas porções deste relevo são sustentadas por diabásios.

Os solos associados a esta unidade são latossolos roxos e vermelho escuro estando associado à ocorrência de rochas básicas, latossolos Vermelho



amarelo nos topos, e Podzólicos Vermelho Amarelo nas baixas vertentes associados ao Subgrupo Itararé.

O relevo de Colinas Médias faz transição harmônica para o relevo de Colinas Amplas na parte centro sul da área de influência do empreendimento. Nesta área a morfologia do terreno apresenta altitudes locais da ordem de 550 a 632 metros, cujas características ainda são topos arredondados e vertentes côncavas, com declividades altas. A drenagem é subdendrítica a sub retangular.

As distribuições das colinas Médias - Pequenas têm ocorrência associada com as linhas de drenagem as quais são os principais vetores de dissecação da área. São registradas na bacia do rio Atibaia, de forma paralela à esquerda da Represa de Salto Grande. As formas são heterogêneas com amplitudes locais entre 30 e 105 m. As rampas com comprimentos variando de 250 e 1200 m e declividades com média de 8,5%, podem atingir até 42% nas porções mais dissecadas conforme Figura 7.2.46.

Os solos dos topos das colinas são maciços, silticos arenosos plásticos, com consistência macia, boa permeabilidade, desenvolvidos sobre solos de alteração de arenitos duros e não plásticos, os solos da base das vertentes apresentam textura arenosa, duro, permeável e pouco plástico.



Figura 7.2.44 – A foto mostra o vale aberto de córrego a sudeste da área utilizado para formação de lagos. É característica a forma da vertente com inclinações suaves e declividades na ordem de 4% a 10%.



Figura 7.2.45 – Na foto mostra a vertente da área de intervenção, do revelo de Colinas Amplas. Em primeiro plano a esquerda aparece a estrada secundária que contorna ao centro e ao fundo aspecto geral das colinas amplas.



Figura 7.2.46 - Relevo de colinas médias as margens da represa de Salto Grande.

A área de intervenção localiza-se na vertente noroeste de uma colina ampla. A amplitude desta colina é de aproximadamente trinta metros, de composição litológica composta de argilas, siltitos argilosos, arenitos finos e siltitos arenoso, com declividade entre 5% e 10%.

7.2.5.3.1 Descrição dos Padrões de Forma e Processos Geomórficos da Área do Entorno

A forma de relevo predominante mapeada na área de intervenção é de vertentes convexas com perfil retilíneo e vales abertos no seu limite nordeste e topo aplainado em seu limite sudeste.

Os principais e intensos processos erosivos de toda a área de influencia desenvolvem-se nos relevos mais dissecados das Colinas Médias e Pequenas.



São observados reentalhes das cabeceiras e cursos de drenagem, ravinas, sulcos rasos e pequenos, voçorocas e erosão laminar.

As regiões de Colinas Amplas e Médias com um relevo mais preservado da frente de dissecação apresentam processos erosivos sempre de baixa intensidade, predominando sulcos rasos e longos, ravinas pequenas e reentalhes de drenagem pequenos e isolados.

a-) Topo Aplainado

É constituído por interflúvio de topo aplainado, de baixa declividade com bordas convexas. Apresentam um regolito pedogenizado relativamente bem desenvolvido com espessura média em torno de quatro a oito metros. São áreas de fluxo divergentes e não são identificados na área.

Estão presentes grãos de areia, argila, silte com abundância de concentração de matéria orgânica.

A área de intervenção é parte intermediária de uma vertente com perfil retilíneo, como pode ser observada na Figura 7.2.47 voltada para NW limitada a jusante pelo vale do Córrego sem nome que drena para NNW, afluente do Rio Capivari Mirim.



Figura 7.2.47 – Aspecto do relevo, vertente suave com perfil retilíneo preconizada para desenvolver o aterro sanitário a Nordeste da cidade de Americana.

O principal padrão de forma que ocorre na área de intervenção e influência direta são as vertentes convexas. Este tipo de morfologia não apresente restrições à ocupação urbana e de obras de engenharia, quando associado a condições de declividade baixa. Os usos atuais de pasto e cultura de cana não alteram de forma substancial as características naturais do relevo e se encontram relativamente consolidadas. São dependentes principalmente da atuação da dinâmica superficial, onde os principais eventos são os fluxos hídricos superficiais, movimentação do regolito por processos gravitacionais.

Dados morfométricos obtidos na base topográfica na escala de 1:1.000, revelam uma área de vertente com declividade variando entre 2% e 10%.



A área de intervenção está inserida em terrenos sedimentares sobre aos quais se desenvolveu uma espessa cobertura e alteração constituída por solo residual e de alteração, siltoso e argilo-arenoso de cores vermelhas a marrom amarelada. Ocupa parte de uma vertente convexa no topo com perfil retilíneo, e um sistema de escoamento de águas superficiais divergente em direção a pequenas ravinas fora da área de intervenção que drenam em direção a norte.

A vegetação da área foi totalmente descaracterizada / antropizada em tempos pretéritos, para dar lugar ao desenvolvimento de pastos e cultura de cana que ocupam todo o entorno da área de intervenção.

a) TOPOS APLAINADOS

Constituem as porções mais altas das colinas amplas e definem os interflúvios. Suas formas irregulares podem ser alongadas NNW e com declividade inferior a cinco por cento. Apresenta regolito pedogenizado, relativamente bem desenvolvido, com espessura média de 12 m até 20 metros, como revelado pelos furos de sondagem realizados. A exemplo do topo aplainado da colina no entorno onde se encontra a área do empreendimento.

Sobre eles predominam a infiltração ao escoamento superficial laminar das águas pluviais que tem fluxo divergente, em direção às áreas adjacentes mais rebaixadas.

b) VERTENTES CONVEXAS

Constituem o prolongamento dos topos aplainados, patamares e interflúvios convexos e muitas vezes desenvolvem-se até a proximidade do fundo dos vales.

A declividade varia entre 5% e 10% com os maiores valores ocorrendo nas porções inferiores.

O regolito é composto por camada superficial argilo – arenoso, tomando-se mais rica em matéria orgânica próximo aos vales. A grande espessura e a característica de latossolo deste material indicam uma morfogênese pouco ativa neste segmento conforme Figura 7.2.48.



Figura 7.2.48– Foto de perfil do solo residual, argilo arenoso, com 4 metros de espessura em vertente convexa de colina ampla a nordeste da área. A sudeste da área de intervenção.

C) FUNDOS DE VALE

São áreas de concentração dos fluxos hídricos que escoam das vertentes, direcionando-os diretamente para o canal. Na área de estudo predominam os fundos de vale do tipo aberto, com raros aluviões que se distribuem em faixas alongadas às margens das drenagens. Estas faixas de relevo plano concentram-



se principalmente depósitos superficiais de colúvios alimentados pelos processos erosivos atuantes nas vertentes conforme Figura 7.2.49.

Os quais, às vezes, encontram-se entalhados a pequenas profundidades (aproximadamente dois a três metros) na linha de drenagem.

Estes vales concentram áreas alagadas formadas por açudes e lagoas de origem plúvio-fluvial e são constituídos predominantemente por silte, argila e areia, sendo que nas camadas superficiais ocorre alta concentração de matéria orgânica. A declividade varia entre zero e 2%, predominando os processos de infiltração sobre o escoamento de águas pluviais.

TALUDE

Resulta da abertura de estradas e vias de acesso na região. Na área de influência, apresenta-se com alturas médias de dois a cinco metros com declividades da ordem de 70, 80%, principalmente sobre o solo residual.

São pouco comuns e são observados nas estradas municipais e secundárias devido à suavidade do relevo.



Figura 7.2.49 - Aspecto de solo residual em orgânico marrom escuro a preto. Em áreas de transição de baixa vertente para fundo de vale. Adjacências a oeste da área de intervenção.

7.2.4.1.2. Dinamização de Processos Erosivos e Assoreamento

Durante as observações de campo não foram identificados os pontos/setores com processos erosivos naturais e ou induzidos na área de intervenção. Os processos erosivos originados pela ocupação antrópica



(estradas, carreadores, práticas agrícolas, etc). São comuns ao longo do sistema viário e apresentam uma magnitude baixa e de pouca gravidade.

As áreas com remanescente de matas no entorno do empreendimento, são as mais preservadas, e onde os processos erosivos são raros ou inexistentes.

O principal fator restritivo aos processos de erosão nestas áreas é a baixa declividade, e as características texturais argilo-arenosa do solo, a cobertura vegetal remanescente mata ou gramíneas, culturas que na área proporcionam uma ótima retenção das águas pluviais e impede o impacto da chuva no solo.

A erosão laminar, principal processo instalado no entorno, ocorre de forma incipiente. São do tipo microdeslizamento, geralmente associado ao sistema viário e atividade agrícola. Nestes processos são movimentados pequenos volumes de solo e rocha alterada, gerando pequenos depósitos nas margens das estradas que são carreados para as baixas vertentes e fundos de vale provocando o seu assoreamento.

Assoreamento de fundo do vale aberto de drenagens com sedimentação de materiais particulados originados principalmente da disponibilização de sedimentos nos processos antrópicos (estradas, exploração agropecuária) que ocorrem na área adjacente.

7.2.6 Solo

O trabalho foi orientado por procedimentos aceitos e indicados, pela comunidade científica e tecnológica para levantamentos desta natureza.

Utilizou-se como procedimento sistemático uma abordagem prática baseada no uso de um raciocínio indutivo com o estabelecimento das condições gerais, existentes na área de interesse, através da observação e amostragem de



fatos isolados e individuais e sua integração e correlação com modelos e sua inserção no contexto regional. Este método de análise possibilita a diferenciação relativa de propriedades físicas, de litotipos, tais como permeabilidade, solubilidade, grau de coesão e algumas características geotécnicas regionais.

Estes estudos foram conduzidos utilizando-se abordagens em escalas diferentes, as quais se complementam para a obtenção das informações desejadas.

A avaliação regional foi realizada através de dados bibliográficos, abrangendo levantamentos litoestratigráficos, tectono – estruturais e hidrogeológicos, e na interpretação de imagem do TM (Thematic Map) – LANDSAT na escala de 1:50.000 e análise de cartas planialtimétricas.

A área do empreendimento foi focalizada segundo uma visão regional, multidisciplinar, através de análise bibliográfica, estudo e confecção de mapas e relatório baseados em fotografias aéreas e imagens de satélite, e integração a mapas geológicos regionais da área a partir dos quais foi possível compartimentar e determinar as características, processos regionais instalados nas várias unidades mapeadas, possibilitando a inserção do local e sua área de influência direta dentro do contexto mais amplo. Figura 7.2.39 (imagem do TM – LANDSAT).

Foram analisados dados obtidos diretamente sobre a área de interesse, contemplando a identificação de tipos de rocha, de feições geológicas estruturais, com a medida de atitudes, (foliações, fraturas, estratificações, falhas, discordâncias, deformações, etc), descrição de solo de alteração, com observação das correlações existentes entre as várias classes de solo e as condições ambientais tais como: relevo – declividade e tipo de vertente, material de origem, composição das rochas matriz, clima, condições de drenagem, uso do solo e cobertura vegetal.



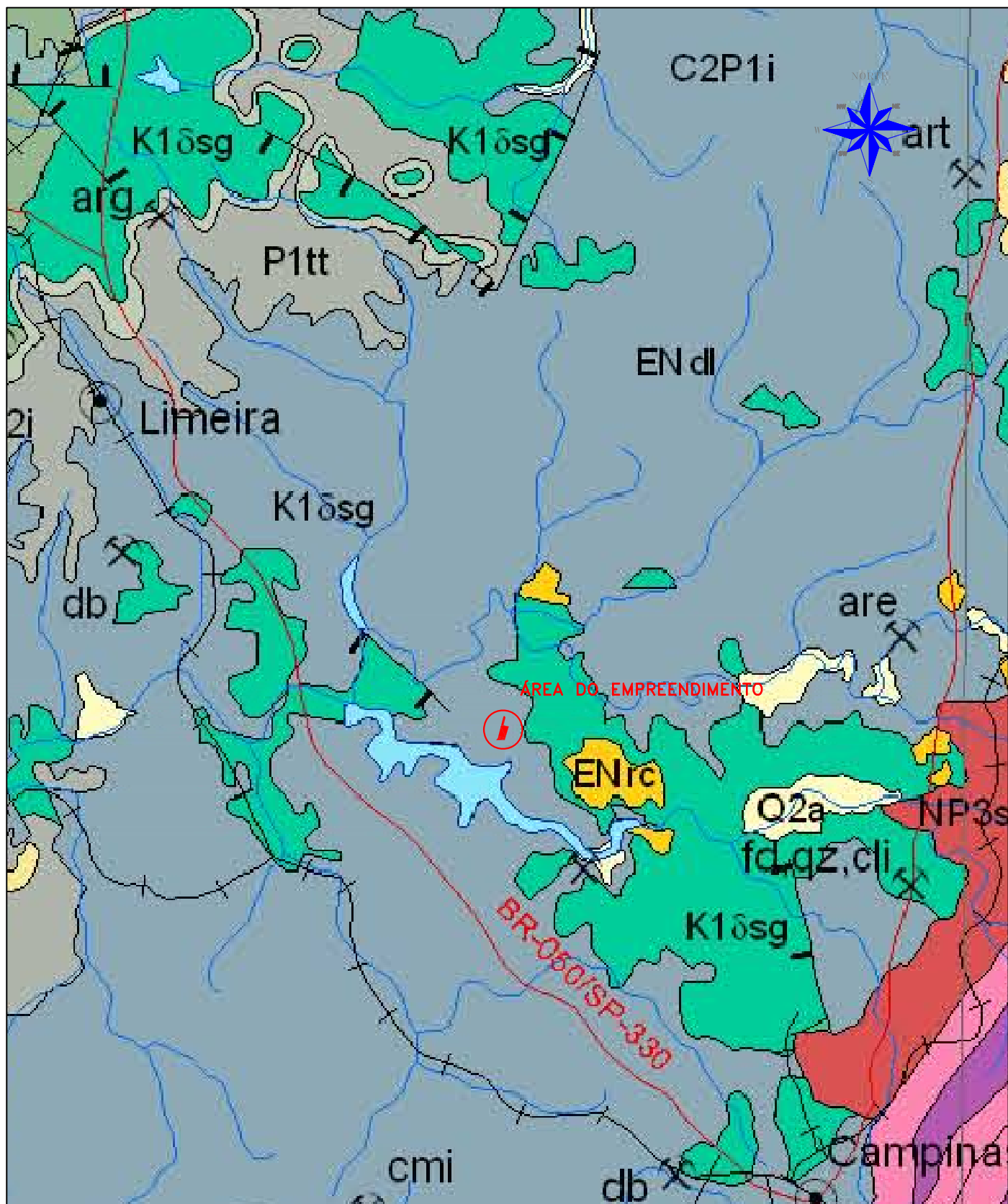
O terceiro nível de abordagem com a realização de furos de sondagens a percussão e ensaios de campo e análise laboratoriais contemplaram a:

- Informação sobre a cota do nível freático na área do empreendimento;
- Descrição do perfil estratigráfico, na seção perfurada;
- Realização de teste de infiltração in situ;
- Ensaios geotécnicos em amostras do solo; e
- Ensaios geotécnicos de campo SPT – testes de penetração.

A seguir apresenta-se o mapa das características e distribuição dos solos na AID.



Mapa 7.2.2 – Características e Distribuição dos Solos na AID (1:250.000)



LEGENDA:

C2P1i – Grupo Itararé indiviso
 ENrc – Formação Rio Claro
 Q2a – Depósitos aluvionares
 K1δsg – Formação Serra Geral,
 intrusivas básicas (Grupo São Bento)



RESITEC

Tecnologia em Resíduos Ltda.



CLIENTE: **ENGEPE ENGENHARIA E PAVIMENTAÇÕES LTDA.**

TÍTULO: **MAPA GEOLÓGICO**

MUNICÍPIO: **AMERICANA – SÃO PAULO**

BASE: **MAPA GEOLOGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2006**

ESCALA:
1:250.000

7.2.7 Recursos Hídricos e Qualidade das Águas

7.2.7.1 Recursos Hídricos Superficiais

Americana está inserida na UGRHI 5 – Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, na sub-bacia do Rio Atibaia/Jaguari. Não existe recurso hídrico superficial na Área Diretamente Afetada e apenas pequenos córregos na Área de Influência Direta do empreendimento.

O recurso hídrico superficial mais próximo é representado pela represa de Salto Grande, a mais de um mil e quinhentos metros da área em estudo, que apesar de se apresentar como um manancial de abastecimento de água para a região encontra-se fora do padrão de qualidade, Classe II, que deveria estar conforme mostra a Figura 7.2.50.



Figura 7.2.50 – Situação atual da Represa Salto Grande.

A Represa de Salto Grande localiza-se entre as coordenadas 22°44'S e 47°15'W, numa altitude de 530 m, estando inserida na sub-bacia do rio Atibaia, a qual pertence à bacia do rio Piracicaba. A Represa está em uma região com elevada densidade demográfica, altamente industrializada e com intensa atividade agrícola, ocasionando uma demanda de água estimada em 9,31 m³/s (11,88 m³/s no ano 2000) para a sub-bacia do Atibaia.

A área da bacia hidrográfica desta represa é de 2770,0 km² e o seu maior afluente é o rio Atibaia, que possui uma vazão média de 38,10 m³/s. A represa (Figuras 7.2.51 e 7.2.52) apresenta uma profundidade média de 8,00 m, com seu valor máximo em torno de 19,80 m. A área inundada mínima é de 10,55 km² e a área máxima de inundação é de 13,25 km². O comprimento da represa é de 17,00 km, com perímetro de 64,00 km, volume máximo de 106x106 m³ e tempo de retenção médio de água de 30 dias.

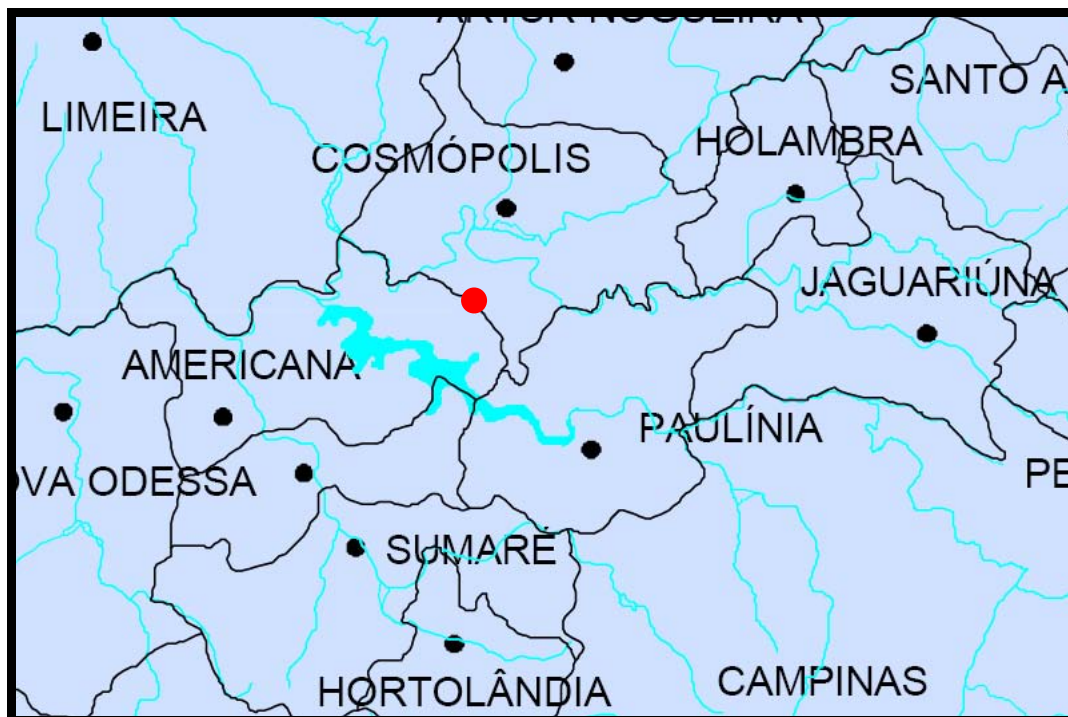


Figura 7.2.51 – Recursos hídricos superficiais principais na região do empreendimento. No centro, a represa de Salto Grande.



Figura 7.2.52 – UGRHI 5 – Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.

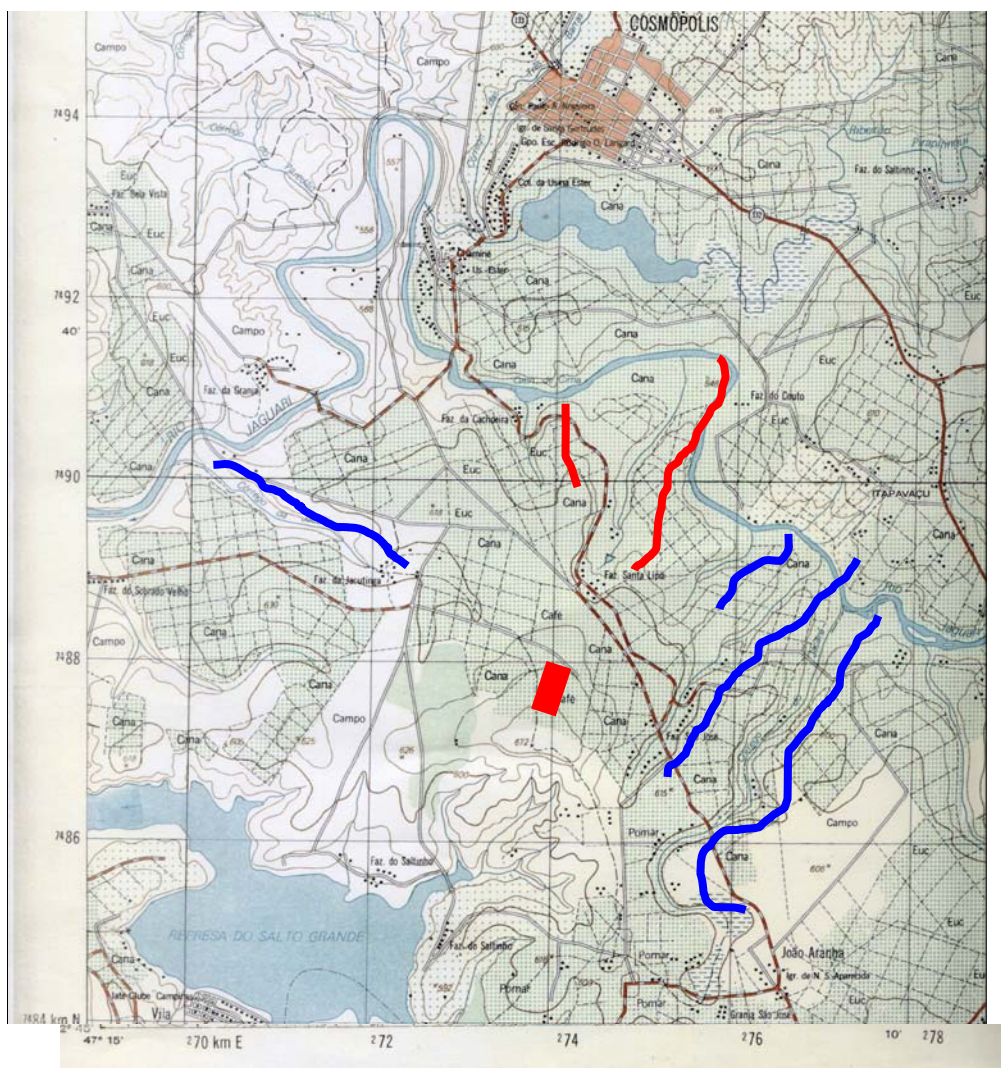


Figura 7.2.53 – Principais recursos hídricos locais.

Os recursos hídricos na região do empreendimento são representados pelos Córregos do Jacaré e da Jacutinga (Figura 7.2.53), além de quatro outros pequenos cursos d'água sem nome. Devido às características topográficas da região, apenas dois deles (marcados em vermelho) estão diretamente sob influência das águas de drenagem pluvial provenientes da área do empreendimento.

7.2.7.2 Regime Pluviométrico

O regime pluviométrico apresenta um ciclo básico unimodal com verão chuvoso e inverno pouco chuvoso. O período chuvoso inicia em outubro, atinge o máximo em dezembro, janeiro e fevereiro e praticamente termina em março.

O período de junho, julho e agosto é o mais seco, participando com apenas dez por cento do total da chuva anual, dezembro, janeiro, fevereiro e março apresentam-se como os meses mais chuvosos, participando com 55% do total anual.

O total anual da precipitação é da ordem de 1.258 mm, conforme ilustra a Tabela 2 e Figura 7.2.54.

Tabela 2 - Precipitação Pluvial (Em mm)

MÊS	1999	2000	2001	2002	2003
JAN	462,2	184,2	123,8	263,6	228,2
FEV	145,4	148,8	155,6	164,4	170,7
MAR	141,4	199,8	107,8	161,4	139,1
ABR	86,8	0,0	32,4	6,0	69,4
MAI	48,8	4,0	83,8	76,2	66,3
JUN	66,2	8,6	14,6	1,8	47,0
JUL	0,2	68,8	21,8	7,2	35,1
AGO	0,0	67,8	39,0	84,0	35,2
SET	74,4	87,8	67,8	42,8	63,6
OUT	35,8	96,2	187,4	69,2	125,7
NOV	84,4	202,8	127,6	75,5	130,2
DEZ	272,0	268,4	155,2	170,6	189,3
TOTAL	1.417,60	1.337,20	1.116,80	1.122,70	1.299,8

Fonte: CEPAGRI Meteorologia UNICAMP – site: www.cpa.unicamp.br

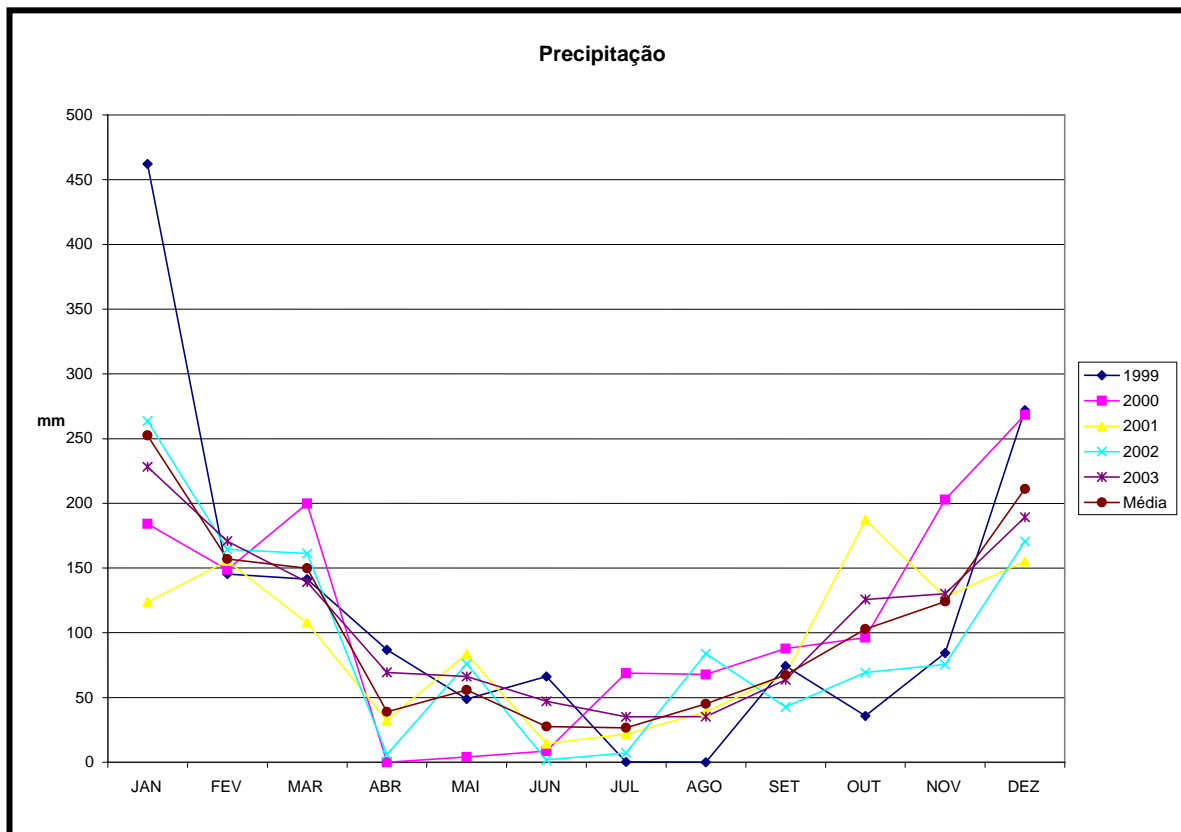


Figura 7.2.54 – Gráfico de precipitação para Americana.



7.2.7.3 Regime Térmico

Estando a região localizada em zona subtropical, o regime térmico apresenta variações suaves no decorrer do ano, com a temperatura média mensal variando entre 18,7°C (julho) e 25,2°C (fevereiro). Os meses mais frios são junho, julho e agosto em contrapartida aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro apresentam-se como os mais quentes, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Temperatura Média

MES	2003
JAN	23,4
FEV	23,4
MAR	22,8
ABR	21,0
MAI	18,4
JUN	17,0
JUL	16,2
AGO	18,1
SET	19,9
OUT	21,1
NOV	22,2
DEZ	22,9

7.2.7.4 Regime de Evapotranspiração

Em função, basicamente, do regime térmico, o regime de evapotranspiração potencial apresenta um ciclo semelhante ao primeiro, com valores maiores nas épocas mais quentes (outubro a março), e menores nas épocas mais frias. A evapotranspiração atinge um valor máximo no mês de janeiro e um valor mínimo no mês de julho.

7.2.7.5 Balanço Hídrico

A metodologia utilizada na elaboração do balanço hídrico é conhecida como Método do Balanço de Água, que pretende representar os fenômenos físicos da percolação em um maciço homogêneo constituído por um material poroso. Da água que precipita sobre o aterro, parte é devolvida à atmosfera pela evapotranspiração, parte escoam superficialmente e o restante se infiltra podendo ficar retida na camada de cobertura ou produzir um fluxo de percolação quando for atingida a saturação desta camada. O cálculo de balanço de água é feito computando-se mês a mês, durante o período de um ano, os valores dos parâmetros abaixo identificados:

- Precipitação (P) – Devem ser utilizados valores médios mensais para o maior número de anos possível de observações.
- Evapotranspiração Potencial (EP) – Medida obtida através de evaporímetros convencionais.
- Escoamento Superficial (ES) – Os valores médios mensais de escoamento superficial são obtidos aplicando-se o coeficiente de escoamento superficial (C') às médias mensais de precipitação.
- Infiltração (I) – Os valores médios de infiltração são calculados através da expressão: $I = P - ES$.
- Diferença entre as Quantidades de Água Infiltrada e Evapotranspirada (I-EP) – Pode assumir valores positivos e negativos.



Um valor negativo significa perda potencial de água armazenada no solo, um valor positivo significa recarga dessa água e percolação.

- Perda Potencial de Água Acumulada $[\Sigma-(I-EP)]$ – Este parâmetro é calculado somando-se, mês a mês, os valores negativos do parâmetro (I-EP).
- Armazenamento de Água no Solo (AS) – O valor inicial é a água disponível na capacidade de campo, para a camada de cobertura (ASc), obtido multiplicando-se a água disponível por metro de solo pela espessura da camada.
- Troca de Armazenamento de Água no Solo (ΔAS) – Representa a variação da quantidade de água armazenada no solo, mês a mês.
- Evapotranspiração Real (ER) – Representa a quantidade real de perda de água durante um dado mês, podendo ser determinada pela expressão: $ER = EP + [(I-EP) - \Delta AS]$.
- Percolação (PER) – A percolação é calculada pela expressão:
 $PER = P - ES - \Delta AS - ER$.

Na página seguinte observa-se os cálculos efetuados para determinação do balanço hídrico na região do empreendimento (Tabela 4).



Tabela 4 - Dados do Balanço Hídrico para o Aterro de Americana.

(mm)	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Anual
EP	121	109	109	82	61	50	48	64	75	93	103	115	1.030
P	228,3	158,4	177,1	73,6	87,1	24,2	30,9	40,3	64,7	82,6	1119,8	171,8	1.258,8
C'	0,22	0,22	0,22	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,22	0,22	0,22	-
ES	50,23	34,85	38,96	13,25	15,68	4,36	5,56	7,25	11,65	18,17	26,36	37,80	264,12
I	178,07	123,55	138,14	60,35	71,42	19,84	25,34	33,05	53,05	64,43	93,44	134,00	994,68
I-EP	+57,07	+14,55	+29,14	-21,65	+10,42	-30,16	-22,66	-30,95	-21,95	-28,57	-9,56	+19,00	-35,32
Σ-(I-EP)	-	-	(0)	-21,65	-11,23	-40,39	-64,05	-95,00	-116,95	-145,52	-155,08	-	-
AS	128,07	142,62	150	129	139,42	114	97	79	68	55	52	71	-
ΔAS	+57,07	+14,55	+7,38	-21,0	+10,42	-25,42	-17,0	-18,0	-11,0	-13,0	-3,0	+19,0	-
ER	121	109	109	81,35	61	45,26	42,34	51,05	64,05	77,43	96,44	115	972,92
PER	0	0	21,76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,76

Dados Hidrometeorológicos obtidos para Campinas:

Precipitação Total Mensal - Dados extraídos do Posto: D4 - 044 – Campinas - DAEE

Evaporação Média Mensal – Dados fornecidos pela Secção de Climatologia Agrícola.

VAZÃO MENSAL(QM)

$4^a+3^a+2^a+1^a$ FASE (FINAL DE PLANO) QM = $21,76 \times 217.740 / 2.592.000 = 1,83\text{l/s}$

$3^a+2^a+1^a$ FASE QM = $21,76 \times 130.250 / 2.592.000 = 1,09\text{l/s}$

2^a+1^a FASE QM = $21,76 \times 43.050 / 2.592.000 = 0,36\text{l/s}$

1^a FASE QM = $21,76 \times 2.750 / 2.592.000 = 0,02\text{l/s}$



7.2.7.6 Recursos Hídricos Subterrâneos

A região das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí tem uma área aproximada de 15.320 km². Aproximadamente 92% dessa área, cerca de 14.040 km², estão no Estado de São Paulo. Os restantes 1.280 km² pertencem ao Estado de Minas Gerais, onde se localizam as cabeceiras dos rios Jaguari, Camanducaia e Atibaia.

Os aquíferos subterrâneos das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí tem um potencial de vazão explotável total da ordem de 24 mil litros de água por segundo e estão distribuídos em três domínios hidrológicos:

CRISTALINO FRATURADO – Rochas cristalinas e metamórficas, que se distribuem por uma área de 6.100 km². Situado à montante de Campinas, apresenta vazão explotável de 13 mil litros de água por segundo, sendo que a produtividade dos poços variam entre 5 a 50 mil litros de água por hora.

PALEOZÓICO (Sistema Aquífero Tubarão) – Rochas sedimentares paleozóicas, em uma área de 550 km². Situado entre Campinas e Piracicaba, o aquífero conta com uma vazão explotável de 5 mil litros de água por segundo e a produtividade dos poços pode variar de 10 a 50 mil litros de água por hora.

Intercaladas neste domínio, ocorrem pequenas áreas do mesozóico cobertas por diabásio - onde os poços podem alcançar produtividade de 5 a 50 mil litros de água por hora - e do cenozóico – onde os poços alcançam produtividade entre 3 a 20 mil litros de água por hora.

MESOZÓICO (Sistema Aquífero Botucatu) – Rochas sedimentares mesozóicas cobertas por derrames basálticos, com 3.280 km². Localizado no baixo curso do rio Piracicaba, este domínio hidrológico apresenta vazão explotável de 6 metros cúbicos por segundo a produtividade dos poços pode variar de 20 a 70 mil litros de água por



hora. Intercalam-se neste domínio áreas de basalto, onde a produtividade dos poços pode variar de 5 a 50 mil litros de água por hora.

Na região dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, as águas subterrâneas têm sido utilizadas para o auto abastecimento doméstico, consumo industrial e manancial complementar para o abastecimento público. Estima-se que atualmente a exploração deste manancial seja feita por aproximadamente cinco mil poços, com uma produção total da ordem de 127 milhões de metros cúbico por ano, o que representa uma produtividade média de 3,0 mil litros de água por hora por poço e uma exploração de somente 16% do potencial dos mananciais subterrâneos. Essa pequena exploração é devida a baixa produtividade dos poços da região, fato que limita o uso mais intensivo deste manancial, principalmente em sistemas de abastecimentos de água.

Segundo o DAEE no município de Americana existe um total de 686 outorgas para captação subterrânea ou superficial e lançamento em rede, solo ou superficial.

No caso específico da região onde se pretende implantar o empreendimento a avaliação das condições de permeabilidade do material do subsolo e das posições e dinâmica do lençol freático foi obtida através dos testes de infiltração conforme descritos anteriormente no item 7.2.4.3.1 Ensaios Geotécnicos.



Mapa 7.2.3 – Mapa Potenciométrico (1:2.000)

MAPA POTENCIOMETRICO AREA DO ATERRO DE AMERICANA



7488300.00

7488200.00

7488100.00

7488000.00

7487900.00

7487800.00

7487700.00

7487600.00

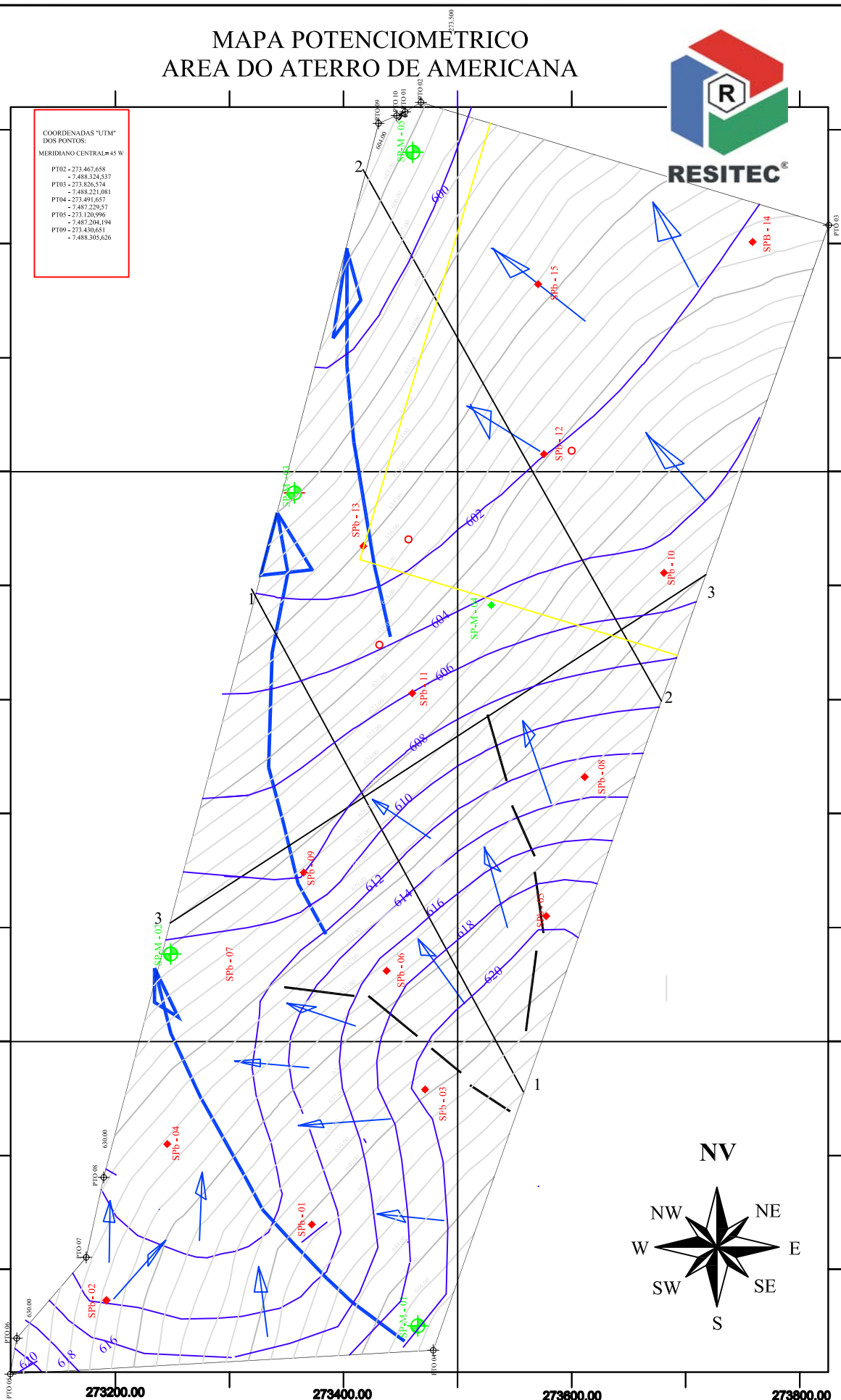
7487500.00

7487400.00







7487300.00

COORDENADAS "UTM"
DOS PONTOS:
MERIDIANO CENTRAL=45 W

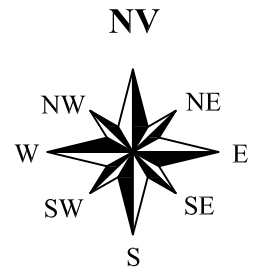
PT02 - 273.467,658
- 7.488.324,537
PT03 - 273.826,574
- 7.488.221,081
PT04 - 273.491,657
- 7.487.229,57
PT05 - 273.120,996
- 7.487.204,194
PT09 - 273.430,651
- 7.488.305,626



LEGENDA

-  LINHA ISOPOTENCIOMETRICA
-  LINHAS DE ESCOAMENTO DE AGUA SUBTERRANEA
-  DIVISOR DE FLUXO DE AGUA SUBTERRANEA
-  POÇO DE MONITORAMENTO
-  SONDAGEM A PERCUSSÃO COM SPT
-  CURVA DE NÍVEL

ESCALA 1:2.000
0 40 80 120 160 200 m



concentração de metais pesados, além de concentrações pequenas de compostos orgânicos (PCBs e HCB).

A partir da represa de Salto Grande, o rio une-se ao rio Jaguari e formam o rio Piracicaba, onde a qualidade das águas foi classificada em seu início como regular e baixando para péssima nas proximidades de Piracicaba.

Quanto aos córregos menores existentes na região de plantação de cana-de-açúcar, como na região do empreendimento, foi constatada a alteração da qualidade destes corpos d'água por grandes cargas orgânicas, oriundas da fertirrigação das plantações com vinhaça.

Para melhor apresentar a qualidade das águas da região do empreendimento segue mapas de qualidade elaborados pela CETESB (2004), Figuras 7.2.56 a 7.2.58.

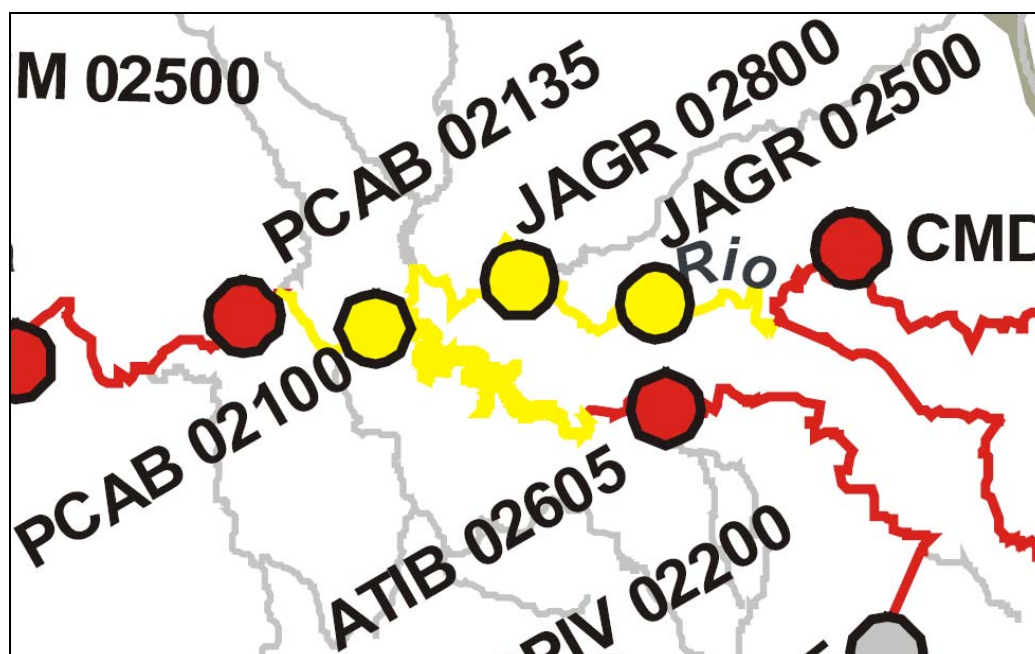


Figura 7.2.56 – Índice de Qualidade de Água Bruta. (Vermelho = Ruim, Amarelo = Regular).

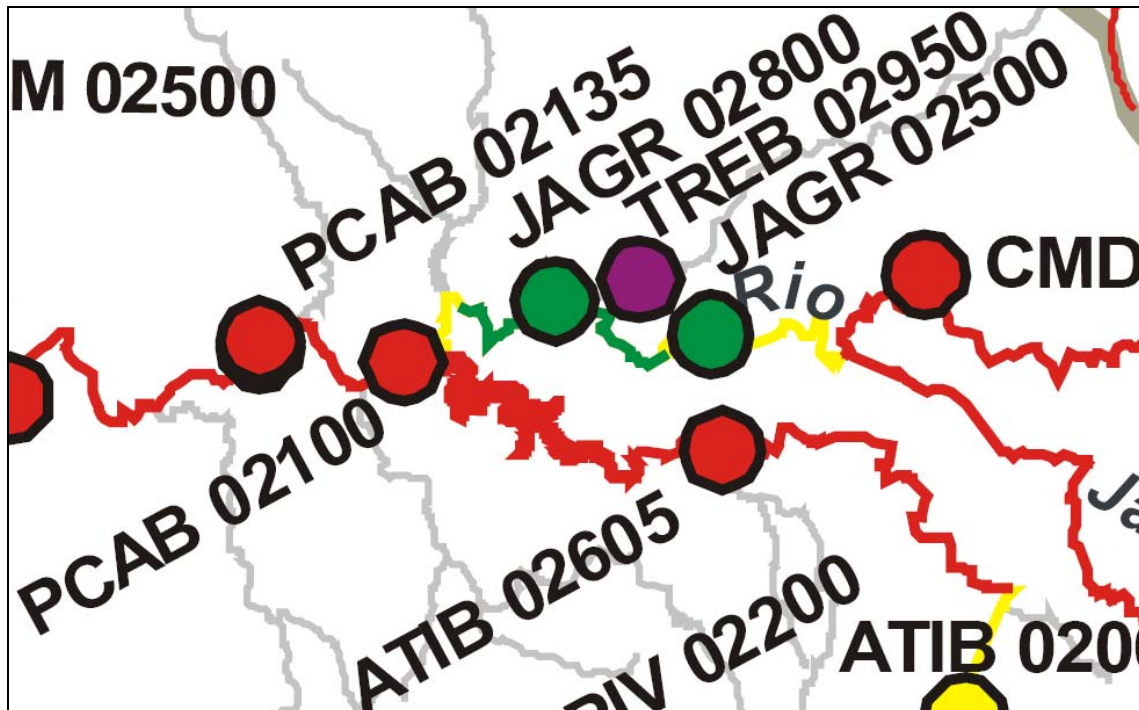
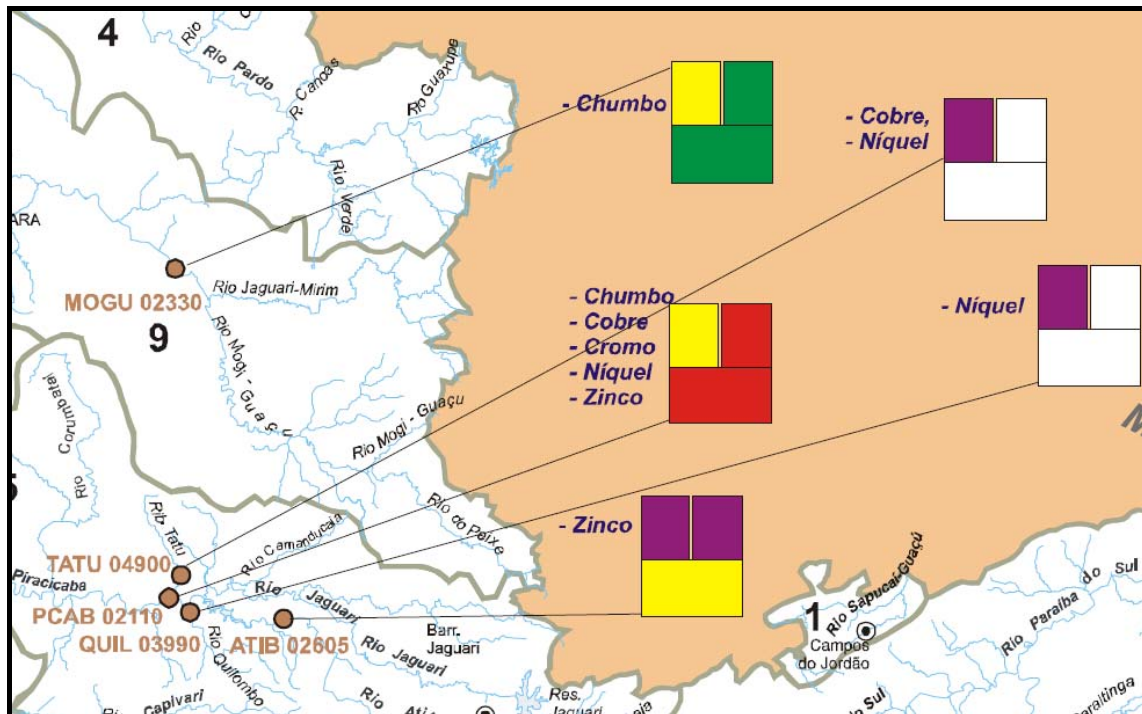


Figura 7.2.57 – Índice de Qualidade de Proteção a Vida Aquática. (Vermelho = Ruim, Amarelo = Regular, Verde = Boa).



QUALIDADE DOS SEDIMENTOS - 2004			
Classificação	Substâncias Químicas	Toxicidade	Comunidade Bentônica
Ótima	< TEL	Não tóxico	ICB = 1
Boa	< TEL		ICB = 2
Regular	TEL < X < PEL	Toxicidade Sub-letal	ICB = 3
Ruim	TEL < X < PEL	Tóxico c/ Mortandade < 50 %	ICB = 4
Péssima	> PEL	Tóxico c/ Mortandade > 50 %	ICB = 5
Não realizado	(*) em águas salobras		

ICB = Índice de Comunidade Bentônica
TEL = Baixa Probabilidade de Ocorrência de efeitos adversos à vida aquática.
PEL = Alta Probabilidade de Ocorrência de efeitos adversos à vida aquática.

Figura 7.2.58 – Qualidade dos Sedimentos.



7.2.7.8 Considerações Finais

A qualidade da água dos principais rios da região encontram-se atualmente comprometidas por diversos poluentes. O rio Atibaia, representado nas proximidades do empreendimento pela Represa de Salto Grande encontra-se em seu pior estado de qualidade tanto para abastecimento urbano quanto para a vida aquática, apresentando contaminação por substâncias orgânicas e metais pesados.

O rio Jaguari, o qual dá nome à sub-bacia onde a área de estudo se insere apresenta qualidade variando de regular a ruim.

Quanto aos córregos existentes na região do pós-represa, tanto no município de Americana como em Cosmópolis são caracterizados pelo assoreamento de suas águas, desmatamento da área de preservação permanente e principalmente pela contaminação das águas pelo uso freqüente de vinhaça para fertirrigação do solo das plantações de cana-de-açúcar.

Considerando-se a atual situação crítica dos recursos hídricos na região, optou-se por não realizar o tratamento dos efluentes líquidos gerados no empreendimento no próprio site para posterior lançamento em corpo d'água. Desta maneira não haverá contribuição de cargas poluentes para os recursos hídricos regionais, assim, não existindo necessidade de realização de estudos para determinação da influência de cargas poluidoras nos corpos d'água.

Quanto à qualidade da água subterrânea na área em estudo, serão construídos poços de monitoramento e realizadas análises, a fim de determinar a qualidade da água no site antes da implantação de qualquer parte do empreendimento.