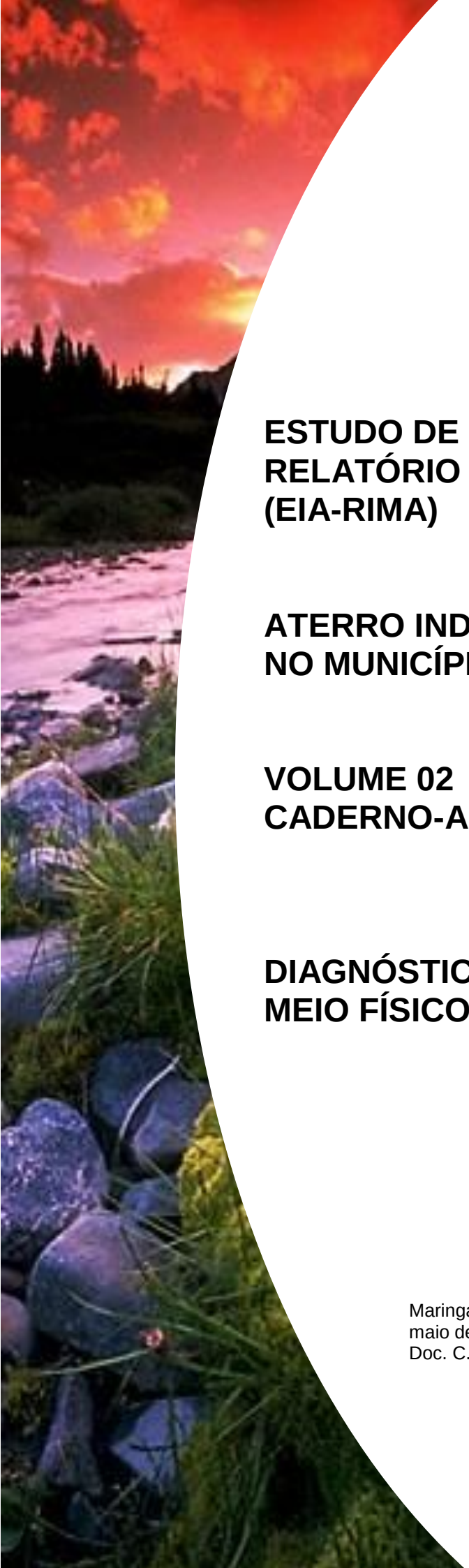


ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA-RIMA)

ATERRO INDUSTRIAL E SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE ITAMBÉ– PR

VOLUME 02
CADERNO-A

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL
MEIO FÍSICO: SOLO

Maringá-PR
maio de 2010
Doc. C.E. 036/2010

Reitor
Profº. Wilson de Matos Silva

Pró-Reitor
Profº. Claudio Ferdinandi

Vice-Reitor
Profº. Wilson de Matos Silva Filho

Diretor Executivo do Cesumar Empresarial
Profº. Esp. Freud Jone Fernandes Oliveira

Coordenadora do Projeto
Bióloga e especialista em Gestão Ambiental
Maria Antonia Barros Freire Silva

Equipe de Coordenação dos Trabalhos de Campo

Profª. Drª. Rosilene Luciana Delariva
Profª. Msc. Maria Cristina A. de Brito Cunha
Profº.Msc. Mauro José de Souza Araújo
Profº. Msc. Luciano Quaglia

Equipe dos esforços de campo

Alessandro Gasparetto Bifi
Alex Martins Vieira
Camila Crispim de Oliveira Ramos
Francieli Jaqueline Gregório
Cibele Maria Vianna Zanon
Janet Higuti
Igor de Paiva Affonso
Iráquito Roberto Basso
Karima Omar Hamdan R. Correa
Keila Regina Uezi
Maria Tereza de Nóbrega
Maria Isabel de Araújo
Mariza Barion Romagnolo
Simone Rodrigues Slusarski

Equipe Acadêmica

MEIO FÍSICO SOLO
Arthur Henrique da Graça Martins
Grasiele Aparecida de Alencar
Leandro Romanini
Jéssica Rodrigues Aono

MEIO FÍSICO HIDROCLIMATOLOGIA
Valter Johnny Silgail

MEIO SOCIOECONÔMICO
Aline Belizario da Silva
Ana Caroline de Souza
Ana Cristina da Silva
Ana Rosa Romeiro
Kátia Regina Mansano de Andrade
Maria Olanda de Souza Monteiro
Patricia Cordeiro de Farias Miyamoto
Rosângela Lemos Freitas
Ruy Gustavo da Silva
Thais Vergilina de Melo Iori

MEIO BIOLÓGICO
Adriana Sales de Castro
Angélica da Silva de Oliveira
Bianca Camila Volpado
Caio Henrique de Oliveira Camiatto
Camila Crispim de Oliveira Ramos
Carolina Martins Prado
Débora Antigo Silva
Fabíola Hillesheim Salamaia
Fernanda Claudia Pinheiro
Gabriel Rezende Ximenez
Hugo FelipeChiguti Goya
Jéssica Cristina da Silva
Jislaine Cristina da Silva
Leandro Pereira Canuto
Letícia Castro Pereira
Letícia Mônica Garcia
Mariana Yashimoto
Rosana Felipe da Silva

Colaboradores administrativos

Cristiane Oliveira Alves
Willian Cichelero

A eficácia e legitimidade das ações do homem sobre o meio ambiente consistem em fazê-las com zelo e respeito, primando sempre para a conservação e preservação da biodiversidade do Planeta.

(Mabfs,2008)

PREFÁCIO

Com a crescente atenção da sociedade às questões ambientais, torna-se imprescindível o fomento de iniciativas que visem endereçar esse assunto de forma ampla e fundamentada.

Frente a uma demanda recorrente na região Noroeste do Estado do Paraná por empreendimentos inovadores e sustentáveis, os cuidados com o meio ambiente introduzem no mercado de trabalho profissionais com competências específicas para a gestão e o monitoramento dos fatores ambientais.

Em atendimento à solicitação realizada pela empresa Serrana Engenharia Ltda., o CESUMAR – Centro Universitário de Maringá – elaborou o presente documento, tendo como pilares mestres todas as normas e exigências vigentes.

Esperamos com esse trabalho, que demandou tempo e esforço de nosso corpo docente e alunos, oferecer nossa contribuição para o debate de idéias e a atualização de conceitos, em conformidade com a missão do CESUMAR:

“Promover a educação de qualidade nas diferentes áreas do conhecimento, formando profissionais cidadãos que contribuam para o desenvolvimento de uma sociedade justa e solidária”.

Equipe do Cesumar Empresarial

SUMARIO

APRESENTAÇÃO 4
LISTA DE ABREVIAÇÕES 6
1 - ÁREA DO EMPREENDIMENTO 7
2 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL MEIO FÍSICO: SOLO 15
2.1 - ENSAIOS PARA A ANÁLISE DO SOLO 16
2.1.1 - Sondagens Superficiais 16
2.1.2 - Determinação do Teor de Umidade do Solo 20
2.1.3 - Ensaios de Caracterização do Solo 21
2.1.4 - Ensaios de Compactação do Solo (CBR) 22
2.1.5 - Ensaios de Permeabilidade do Solo 23
2.1.6 - Sondagens a percussão (SPT) 26
2.2 - RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS 29
2.3 - AVALIAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA 29
2.3.1 - O contexto geológico e geotécnico 29
2.3.2 - Características geológicas geotécnicas da área do Aterro Sanitário 33
2.3.3 - Aspectos geomorfológicos 50
2.3.4 - Metodologia 50
2.3.5 - As características geomorfológicas regionais e locais 51
2.3.6 - As alterações antropogênicas 64
2.4 - VULNERABILIDADE E POTENCIALIDADE DA ÁREA 67
Classe Não Apta - não recomendável para a implantação do aterro 74
2.5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 77
ANEXOS 78

LISTA DE FIGURAS, QUADROS E TABELAS

Figura nº.01: Croqui de acesso à área de implantação do empreendimento. 7

Figura nº.02: Imagem de satélite da área em estudo, cujo projeto é abrigar futuramente um aterro sanitário. 15

Figura nº.03: Locação dos pontos de ensaio através de equipamento GPS.....16

Figura nº.04: Técnico fixando estaca de locação dos pontos de ensaio. 16

Figura nº.05: Técnicos realizando perfuração manual com trado helicoidal.....17

Figura nº.06: Coleta de amostra de solo para realização de ensaios de caracterização.....17

Figura nº.07: Coleta de amostra de solo. 17

Figura nº.08: Croqui de localização dos pontos de sondagem superficial.....18

Tabela nº.01: Coordenadas dos pontos onde foram realizadas as sondagens superficiais. 19

Figura nº.09: Amostras de solo na estufa, para determinação do teor de umidade. 20

Figura nº.10: Técnico procedendo ao peneiramento da amostra.....21

Figura nº.11: Detalhe do peneiramento pelo agitador mecânico.....21

Figura nº.12: Execução do ensaio de Limite de Liquidez. 22

Figura nº.13: Vista da cunha após a execução da ranhura na sua parte central.....22

Figura nº.14: Técnico rolando a amostra de solo sobre a placa de vidro. 22

Figura nº.15: Detalhe da amostra de solo em forma de cilindro, com diâmetro aproximado de 3 mm e comprimento superior a 100 mm.....22

Figura nº.16: Preparação da amostra para moldagem dos corpos de prova. 23

Figura nº.17: Vista da moldagem do corpo de prova.....23

Figura nº.18: Corpos de prova nos tanques de imersão.....23

Figura nº.19: Técnico procedendo à penetração no corpo de prova.....23

Figura nº 20: Vista do ponto de ensaio n.º 1, já com o solo perfurado.....24

Figura nº 21: Técnico executando o ensaio de permeabilidade. 24

Figura nº 22: Detalhe do poço, onde o nível da água foi mantido constante, medindo-se o volume de água acrescido no intervalo de tempo. 24

Tabela nº.02 : Coordenadas dos pontos onde foram realizados os ensaios de permeabilidade. 24

Figura nº.23: Locação dos pontos onde foram realizados os ensaios de permeabilidade.....25

Figura nº.24: Técnicos realizando ensaio de sondagem a percussão. 27

Figura nº.25: Realização do ensaio de sondagem a percussão. 27

Tabela n.º 03 : Coordenadas dos pontos onde foram realizados os ensaios de permeabilidade. 27

Figura nº.26: Locação dos pontos onde foram realizados os ensaios de sondagem a percussão (SPT).....28

Figura nº.27: Mapa geológico da área e do seu entorno. 30

Figura nº.28: Esquema sintético dos principais níveis de alteração e pedogênese sobre rochas básicas – perfil laterítico completo (Gonçalves, 1987). 32

Figura nº.29: Localização do Aterro Sanitário de Itambé em relação às sedes municipais vizinhas e às principais vias de acesso. 34

Figura nº.30: Localização da área do Aterro Sanitário de Itambé (em amarelo) na Folha Topográfica de Bom Sucesso – Folha SF-22-Y-D-V1, IBGE, 1992. 34

Figura nº.31: Principais características morfológicas (relevo) da área do aterro sanitário (imagem obtida a partir do Google Earth em 04/04/2010). 35

Figura nº.32: Aspecto geral do topo (setor I) e das vertentes de face NE (setores II e III). O setor IV corresponde às vertentes opostas ao setor III. 36

Figura nº.33: Aspecto geral do setor IV, visto de montante para jusante. A forma ligeiramente côncava corresponde ao amplo vale em berço, mais alargado no setor a montante. 36

Figura nº.34: Mapa de solos da região onde se insere a área do empreendimento. 39

Figura nº.35: Mapa de solos semidetalhado da área do aterro sanitário de Itambé. 40

Figura nº.36: Mapa esquemático da espessura estimada dos solos na área do aterro sanitário. 43

Figura nº.37: Mapa de localização dos perfis geo-pedológicos. 44

Figura nº.38: Perfil geo-pedológico cruzando o setor IV, parte do III. 45

Figura nº.39: Perfil geo-pedológico cruzando o setor I, parte do setor II e todo o setor III. 46

Figura nº.40: Perfil geo-pedológico transversal à área do aterro, cruzando os setores II, I (topo) e IV. 47

Tabela nº.04: Granulometria e Limites de Liquidez e Plasticidade de alguns solos da área. 49

Tabela nº.05: Dados de permeabilidade do solo na área do aterro. 50

Figura nº.41: Mapa de declividades da área onde se insere o aterro sanitário de Itambé.....52

Figura nº.42: Mapa hipsométrico e de compartimentação geomorfológica regional. Identifica-se nessa área a ocorrência de seis grandes compartimentos geomorfológicos: I, II, III, IV, V (1 e 2) e VI. A área do aterro sanitário (em vermelho) está inserida no subcompartimento V2 que ainda apresenta características de transição com o compartimento IV. 53

Figura n.º 43: Modelo tridimensional do terreno na escala regional. Localização do aterro sanitário (em vermelho) em subcompartimento de transição (compartimento V2).....56

Figura nº.44: Perfil longitudinal regional. Nesse perfil é possível observar a posição relativa que cada compartimento ocupa em relação aos seus vizinhos e a morfologia que apresentam. A área do empreendimento está localizada no compartimento V, subcompartimento V1. 56

Figura nº.45: Limites dos setores, aspectos morfológicos e principais direções de fluxos hídricos superficiais. 58

Figura nº.46: Modelo tridimensional do terreno, detalhe da situação da área do aterro sanitário e do seu entorno imediato. Distribuição e posição dos setores locais identificados (I, II, III e IV). 59

Figura nº.47: Mapa de classificação do relevo da área de implantação do Aterro Sanitário – Classificação da EMBRAPA (2006). 60

Figura nº.48: Aspecto do relevo nos setores I e IV (a partir do centro para a esquerda da foto, onde se observa a ligeira concavidade do vale em berço). 61

Figura nº.49: Aspecto geral do setor II. No plano central observa-se as vertentes do setor II, recobertas por solos rasos e superficialmente pedregosos, atualmente ocupada com cultura de cana de açúcar, que se inclinam em direção a um pequeno

tributário (1ª ordem). No canto noroeste da foto observa-se o fundo de vale do ribeirão Maringá e os segmentos de baixa vertente do setor III recobertos por culturas de milho. 62

Figura nº.50: Aspecto das vertentes do setor III vistas de jusante para montante – relevo classificado como ondulado pelos critérios da Embrapa. 63

Figura nº.51: Aspecto dos segmentos de média e baixa vertente no setor III (vista de montante para jusante), tendo ao fundo o ribeirão Marialva. Nesses segmentos o relevo é classificado como suave ondulado com zonas planas junto ao ribeirão. 63

Figura nº.52: Ocorrência de blocos de rocha em superfície junto às áreas com vegetação arbórea. Aqui se observa a cultura de cana de açúcar sobre os solos rasos (Neossolos Litólicos e/ou Regolíticos), avançando até a área de afloramento de blocos rochosos, muito vulnerável à erosão hídrica. 64

Figura nº.53: Processos erosivos – sulcos – desencadeados pelo escoamento hídrico superficial ao longo de carreador, em área de relevo ondulado (setor II) recoberto por solos rasos (Neossolo Litólico e/ou Regolítico). 65

Figura nº.54: Blocos de rocha em superfície destacados do solo por processos erosivos desencadeados pelo escoamento superficial difuso e em área de solos rasos (Neossolos). 66

Figura nº.55: Aspecto do fundo dos sulcos em área de transição de Neossolos Regolíticos para Nitossolos. 67

Figura nº.56: Erosão em sulcos ao longo de carreador em área de Nitossolos (transição do setor II para o III). 67

Figura nº.57: Mapa de classes de suscetibilidade à erosão na área do aterro sanitário. 70

Figura nº.58: O Perfil A-B cruza parcialmente os setores I,IV (setor ligeiramente côncavo do vale em berço amplo) e III. 71

Figura nº.59: Perfil C-D – cruza o setor I, parte do setor II e todo o setor III. 71

Figura nº.60: Perfil E-F – cruza as vertentes curtas do setor II e as longas do setor IV, passando pelo topo (setor I). 72

Figura nº.61: Mapa esquemático de aptidão geotécnica PA implantação de aterro sanitário. 73

APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta o Relatório de Impacto Ambiental referente aos estudos realizados sobre o meio físico – Solo da área pertencente à Gleba Ribeirão Aquidaban, Município de Itambé – Lotes nºs. 356/357- área total de 52.2430ha, como área alternativa locacional, em complemento ao Estudo de Impacto Ambiental realizado também na Gleba Ribeirão Aquidaban, pertencente ao município de Marialva – PR. Este foi entregue ao Instituto Ambiental do Paraná-IAP sob o protocolo nº 9.930.840-0 de 02 de abril de 2008. Os documentos escopo do levantamento realizado em campo abordam sobre a implantação de um Aterro Regional, Industrial e Sanitário o qual receberia resíduos classes I, II-A e II-B.

No mais, este documento além de subsidio ao licenciamento ambiental, tem ainda o objetivo de levar à comunidade em geral o conhecimento e entendimento sobre os trabalhos realizados em campo objetivando a implantação de um Aterro Regional, Industrial e Sanitário no município de Itambé – PR, o qual receberá resíduos classes I, II-A e II-B (consonante à NBR-10004/2004), de toda a ambiência local e das adjacências da região metropolitana de Maringá, conforme interesses.

Os levantamentos de campo foram desenvolvidos por equipe técnica multidisciplinar do Centro de Ensino Superior de Maringá Ltda. - CESUMAR, contratado pela Empresa Serrana Engenharia Ltda., pessoa jurídica de direito privado, sediada à Rua Ottokar Doerffel, 841, bairro Atiradores, Joinville-SC, detentora de *know-how* na construção e manejo de aterros sanitários no Estado de Santa Catarina desde a década de 90.

Tendo em vista atender à Resolução n°. 001/86 do CONAMA e especificações estabelecidas no ofício nº. 083/2007/IAP-DIRAM/DLE e demais legislações pertinentes ao assunto, foi realizado o diagnóstico de campo sobre a área de intervenção, influência direta (raio de 2000m) e indireta (município de Itambé-PR), abordando ainda estudos regionais com informações secundárias da Região Metropolitana de Maringá.

A Região Metropolitana de Maringá apresenta hoje um potencial imenso para produção agronômica, industrial e de prestação de serviços e turismo. O setor industrial, embora menos expressivo que a agricultura, se apresenta em franco crescimento. Dentre os vários segmentos do setor industrial na cidade de Maringá, destacam–se o setor de metal-mecânica, agroindústria e vestuário. O município possui um parque ascendente na área da agroindústria, tecelagem e confecções, Maringá é o polo da moda no sul do país, contando com o maior shopping atacadista da América Latina. As indústrias metal mecânica atendem o território nacional e exportam para países da América Latina. Maringá se destaca também no mercado de softwares brasileiros, contando com um grande conglomerado de empresas do ramo, com mão de obra eficiente.

Setores estes, grandes geradores de resíduos industriais que se encontram carentes por local na região, para a disposição final de seus resíduos. De modo que, pode-se considerar fator positivo para implementação de um aterro que tenha condições sanitárias, ambientais e de engenharia para absorver resíduos industriais e sanitários de toda a região.

Por conseguinte, é destacado neste relatório, dados primários (informações de campo, *in loco*) e dados secundários (levantamento da literatura científica), objetivando informar à população de entorno e à população regional sobre a implantação de um aterro industrial e sanitário no município de Itambé. Tem ainda este documento a pretensão de estimular a opinião pública a respeito da implantação deste e de outros empreendimentos, de sorte a tornar os cidadãos participativos em reuniões e/ou audiências públicas de discussões e tomadas de decisão a respeito de projetos e obras que por ventura, possam ser implantados no município e adjacências.

LISTA DE ABREVIAÇÕES

APP – Área de Preservação Permanente

CESUMAR – Centro Universitário de Maringá

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DIRAM – Diretoria de Recursos Ambientais/IAP/PR

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ERMAG – Escritório Regional de Maringá/IAP

IAP – Instituto Ambiental do Paraná

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Kgf – Quilograma força

NBR – Denominação de Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas

NW / SE – Pontos cardeais – Noroeste / Sudeste

SPT – *Standart Penetration Test* (teste de reconhecimento de solo)

UTM – Universal Transversa de Mercator

1 - ÁREA DO EMPREENDIMENTO

A área faz limites: ao Sul com a Estrada Aquidaban – Cambui, ao Leste com área de cultivo de soja, ao Norte com o Ribeirão Marialva e ao Oeste com outra área de cultivo de soja. Situa-se nas coordenadas UTM E: 401293.315 – N: 7386858.276. Encontra-se a uma distância de 4,8 km da Rodovia PR 546, sentido Floresta, esta é acessada pela BR 317. Outro trajeto pode ocorrer pela PR 376 com o acesso feito pela estrada Aquidaban, uma vicinal cascalhada e em boas condições de trafegabilidade, importante via do trânsito dos caminhões responsáveis pelo escoamento da produção agrícola das adjacências. A Figura nº. 01 apresenta o croqui com as vias de acesso ao local.

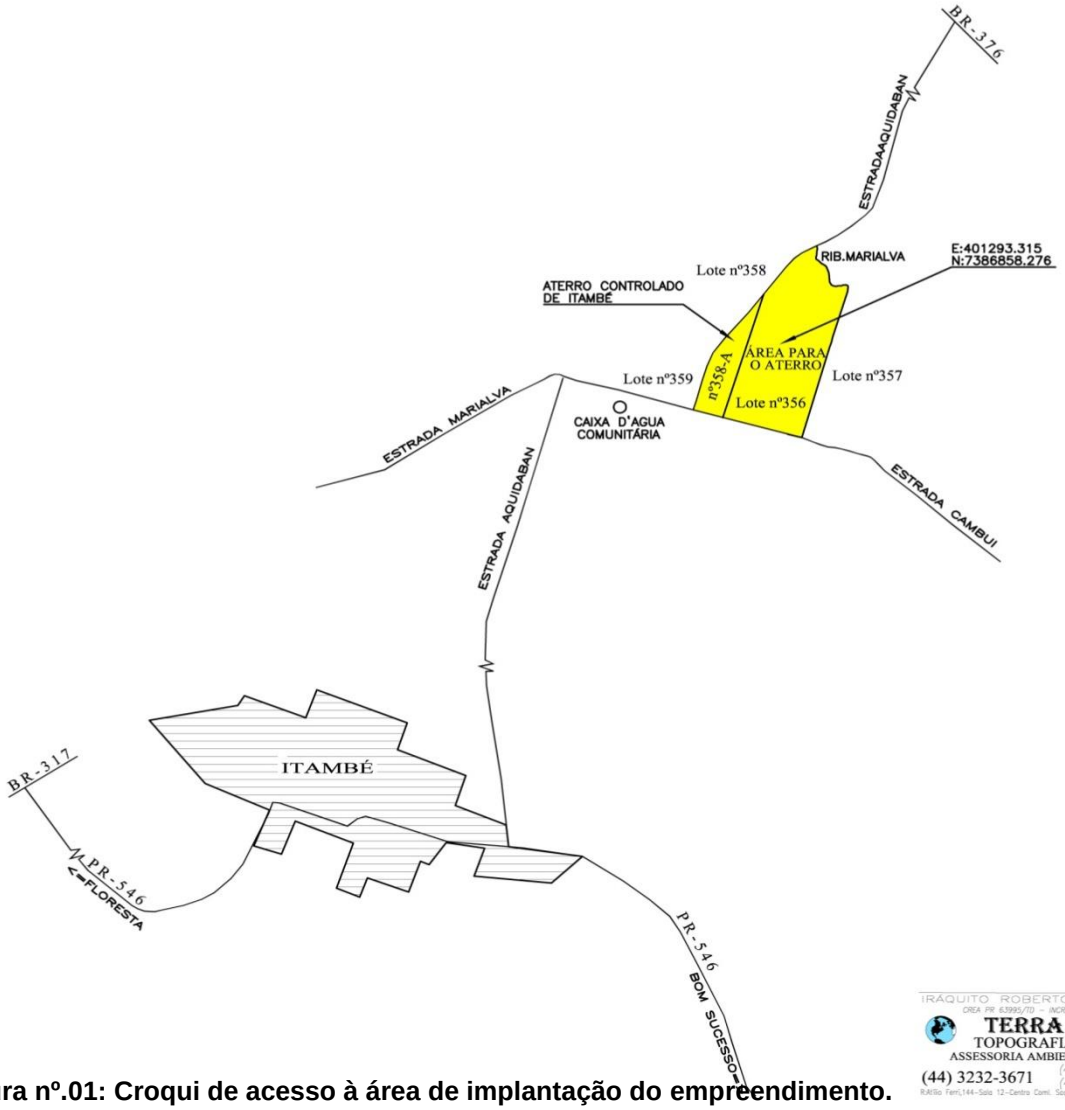


Figura nº.01: Croqui de acesso à área de implantação do empreendimento.

IRÃQUITO ROBERTO BASSO
TERRA
TOPOGRAFIA
ASSESSORIA AMBIENTAL
(44) 3232-3671

O empreendimento ocupará uma área de 522.4300m^2, sendo que 400.300 m^2 serão reservados para a área de intervenção. Há que se computar também a área destinada à reserva legal que deverá ser separada na mesma gleba de terras, conforme determinações em normas pertinentes ao assunto.

Esta área foi objeto do Estudo de Impacto Ambiental, realizado por intermédio do diagnóstico de campo, abrangendo a área de intervenção, área de influência direta (raio de 2000 metros) e área de influência indireta (município de Itambé e com o uso de informações secundárias sobre a região metropolitana de Maringá). A imagem de satélite (Figura nº. 02) mostra a área objeto do diagnóstico de campo, o qual foi executado pela equipe técnica componente do projeto. Destarte as informações de campo, este documento foi pautado, em sua elaboração, nos critérios, normas, restrições e diretrizes preconizadas nas legislações pertinentes ao assunto.

As atividades de campo resultaram em coletas de dados, complementando-se dessa forma as informações disponíveis para a elaboração do presente documento.

As Informações ora apresentadas tem como premissa servir de subsidio a tomada de decisão dentro dos critérios e práticas de análises estabelecidas pelo órgão ambiental competente para a implantação do um Aterro Industrial e Sanitário no Município de Itambé– PR.

2 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL MEIO FÍSICO: SOLO

Constitui escopo deste trabalho a execução de ensaios de campo e avaliação geológica e geotécnica na área que abrigará futuramente um Aterro Sanitário, localizada no município de Itambé/PR, nas coordenadas 23º37’15,32” S e 51º58’06,96”. E coordenadas UTM: E: 401293.315 – N: 7386858.276.



Figura nº.02: Imagem de satélite da área em estudo, cujo projeto é abrigar futuramente um aterro sanitário.

Fonte: Google Earth. Acesso em 03.03.10

2.1 - ENSAIOS PARA A ANÁLISE DO SOLO

2.1.1 - Sondagens Superficiais

As sondagens superficiais foram realizadas pelo método de perfuração manual com trado do tipo helicoidal de diâmetro 20 cm e serviram para caracterizar o manto de alteração em termos de espessura, variação em profundidade (composição solum/alterita) e ao longo da vertente, e, ainda, a posição do nível freático. As Figuras n.º 03 e 04, apresentadas na seqüência, ilustram a locação e a identificação dos pontos de ensaio, realizadas com auxílio de equipamento do tipo GPS e estacas devidamente identificadas com números.

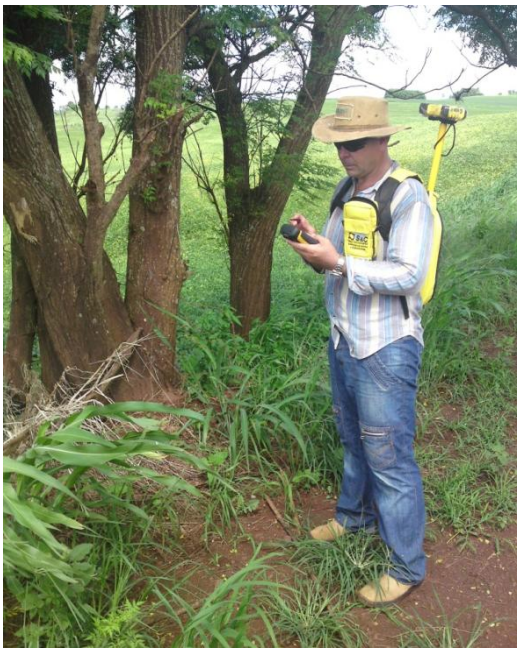


Figura nº.03: Locação dos pontos de ensaio através de equipamento GPS.



Figura nº.04: Técnico fixando estaca de locação dos pontos de ensaio.

Foram coletadas amostras de solo a cada 0,50 m, até a profundidade máxima de 3,0 m. 3,0 m, conforme ilustram as Figuras n.º 05 e 06. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente vedados e identificados (Figura n.º 07) os quais foram posteriormente encaminhados ao nosso laboratório,

para realização de ensaios de determinação do teor de umidade, caracterização e de compactação.



Figura nº.05: Técnicos realizando perfuração manual com trado helicoidal.



Figura nº.06: Coleta de amostra de solo para realização de ensaios de caracterização.



Figura nº.07: Coleta de amostra de solo.

A figura n.º 08 apresenta um croqui contendo a localização dos pontos onde foram realizados os ensaios de sondagem superficial. As coordenadas dos referidos pontos são apresentadas na Tabela n.º 01.

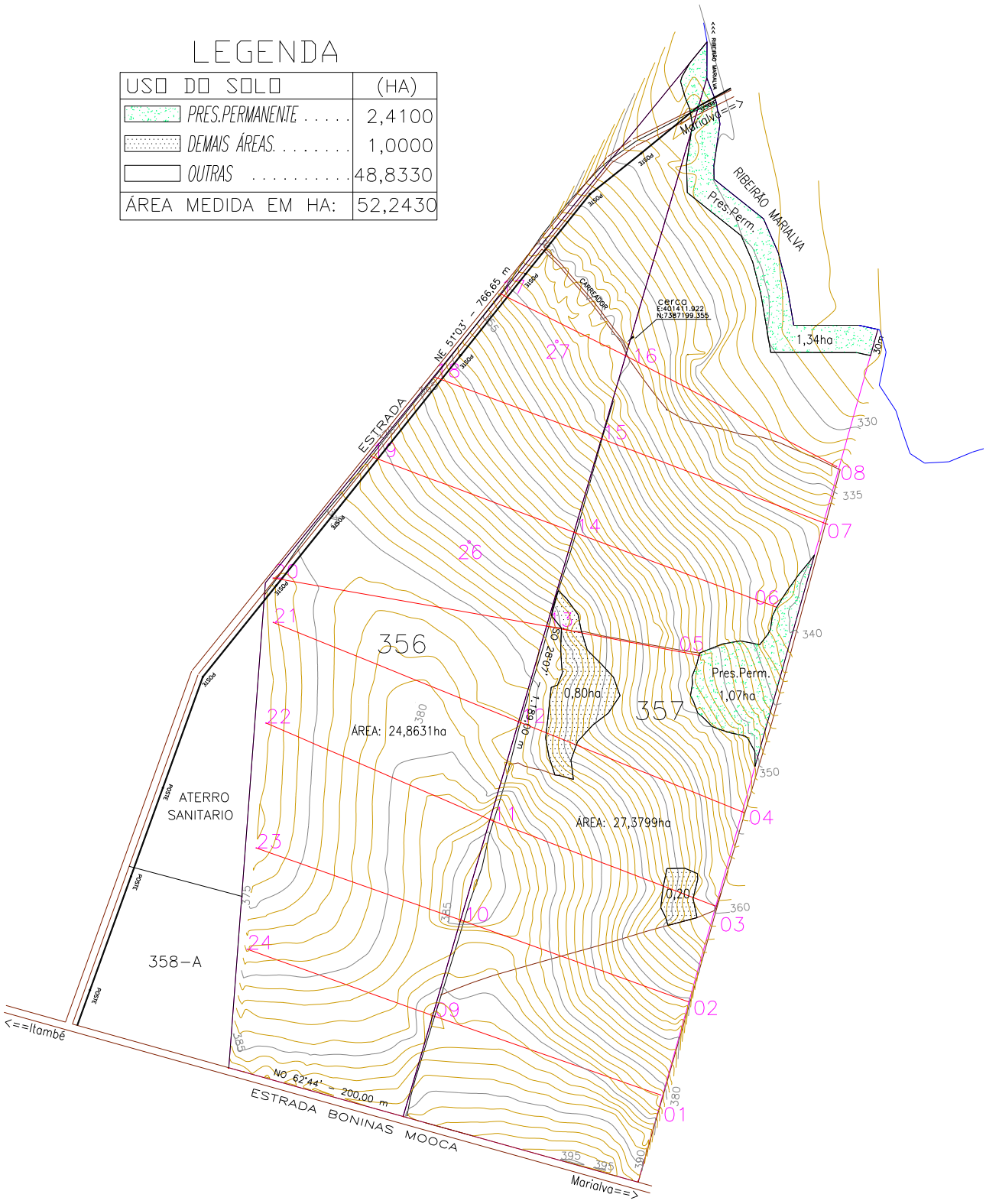


Figura nº.08: Croqui de localização dos pontos de sondagem superficial.

Tabela nº.01: Coordenadas dos pontos onde foram realizadas as sondagens superficiais.

Ponto	Coordenadas	
	E	N
1	401447,431	7386368,828
2	401478,188	7386471,940
3	401507,065	7386578,170
4	401538,737	7386681,617
5	401490,639	7386854,872
6	401575,347	7386908,312
7	401631,368	7387000,243
8	401641,598	7387063,993
9	401198,100	7386455,878
10	401229,777	7386561,289
11	401261,757	7386672,292
12	401292,726	7386780,915
13	401322,659	7386887,180
14	401353,382	7386990,672
15	401382,560	7387094,522
16	401407,526	7387187,132
17	401270,323	7387255,212
18	401198,060	7387162,824
19	401128,425	7387074,884
20	401019,669	7386940,709
21	401019,828	7386891,600
22	401011,737	7386780,378
23	401001,028	7386642,138
24	400991,029	7386530,266

2.1.2 - Determinação do Teor de Umidade do Solo

O teor de umidade das amostras coletadas foi determinado pelo método da estufa, conforme as recomendações do Anexo constante na NBR 6457 - "Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização - Método de ensaio".

Foram executados ensaios em um total de 62 amostras, referentes a todas as camadas dos pavimentos inspecionados. A Figura n.º 09 mostra dentro da estufa algumas das amostras de solo.



Figura nº.09: Amostras de solo na estufa, para determinação do teor de umidade.

2.1.3 - Ensaios de Caracterização do Solo

Para a caracterização do solo, foram realizados ensaios em 6 (seis) amostras. Inicialmente procedeu-se à preparação das amostras, de acordo com a norma NBR 6457, com secagem prévia até a umidade higroscópica.

A análise granulométrica dos materiais foi realizada segundo a norma NBR 7181, por peneiramento. As Figuras n.º 10 e 11 mostram a realização do referido ensaio.

O limite de liquidez das amostras foi determinado de acordo com as especificações da NBR 6459 - "Solo - Determinação do Limite de Liquidez - Método de ensaio", conforme ilustram as Figuras n.º 12 e 13.

O limite de plasticidade das amostras foi determinado conforme especificações da NBR 7180 – “Solo – Determinação do limite de plasticidade – Método de ensaio”. Conforme ilustram as Figuras nº. 14 e 15.



Figura nº.10: Técnico procedendo ao peneiramento da amostra.



Figura nº.11: Detalhe do peneiramento pelo agitador mecânico.



Figura nº.12: Execução do ensaio de Limite de Liquidez.



Figura nº.13: Vista da cunha após a execução da ranhura na sua parte central.



Figura nº.14: Técnico rolando a amostra de solo sobre a placa de vidro.



Figura nº.15: Detalhe da amostra de solo em forma de cilindro, com diâmetro aproximado de 3 mm e comprimento superior a 100 mm.

2.1.4 - Ensaios de Compactação do Solo (CBR)

Foram realizados ensaios de compactação em 6 (seis) amostras coletadas quando da realização das sondagens superficiais. Os ensaios foram efetuados conforme as prescrições das normas NBR 7182 - "Solo - Ensaio de compactação - Método de ensaio" e NBR 9895 - "Solo - Índice de Suporte Califórnia - Método de Ensaio". As Figuras n.º 16 a 19 mostram a realização do referido ensaio.



Figura nº.16: Preparação da amostra para moldagem dos corpos de prova.



Figura nº.17: Vista da moldagem do corpo de prova.



Figura nº.18: Corpos de prova nos tanques de imersão.



Figura nº.19: Técnico procedendo à penetração no corpo de prova.

2.1.5 - Ensaios de Permeabilidade do Solo

Inicialmente foram locados os 6 (seis) pontos para a realização dos ensaios (Figura n.º 20 e Tabela n.º 02). Na sequência foram executadas as perfurações no solo, empregando trados manuais de diâmetro 10,0 cm, conforme ilustra o Croqui de localização dos pontos Figura n.º 23.

As paredes dos poços foram ligeiramente escarificadas, com auxílio de escarificador constituído de haste de madeira e pregos sem cabeça semi-cravados, de maneira a evitar qualquer vedação provocada pela escavação.

O poço foi preenchido com água até a boca (Figura n.º 21), medindo o volume de água empregado. Para tanto foi utilizado balde graduado a cada litro, com capacidade de 20 l. Este instante foi tomado como tempo zero.

O nível de água no poço foi mantido constante (Figura n.º 22), medindo-se o volume de água introduzido durante certo intervalo de tempo. O tempo foi medido com auxílio de cronômetro digital.

Os dados foram anotados na ficha de ensaio e, no escritório foram calculados os coeficientes de permeabilidade do solo, através da seguinte equação:

$$K = \frac{Q}{h.4.\pi.r\sqrt{\frac{L}{2.r} + \frac{1}{4}}}$$

Onde:
K - coeficiente de permeabilidade (m/s)
Q - vazão (m³/s)
h - carga hidráulica (m)
r - raio (m)
L - comprimento da amostra por onde haverá o fluxo d'água (m)



Figura nº 20: Vista do ponto de ensaio n.º 1, já com o solo perfurado.



Figura nº 21: Técnico executando o ensaio de permeabilidade.



Figura nº 22: Detalhe do poço, onde o nível da água foi mantido constante, medindo-se o volume de água acrescido no intervalo de tempo.

Tabela nº.02 : Coordenadas dos pontos onde foram realizados os ensaios de permeabilidade.PONTOS	*COORDENADAS*	
	E	*N*
P1	*401132,288*	*7386414,586*
P2	*400997,000*	*7386481,507*
P3	*401305,697*	*7386942,966*
P4	*401123,135*	*7387006,861*
P5	*401372,564*	*7387221,028*
P6	*401307,689*	*7387262,747*

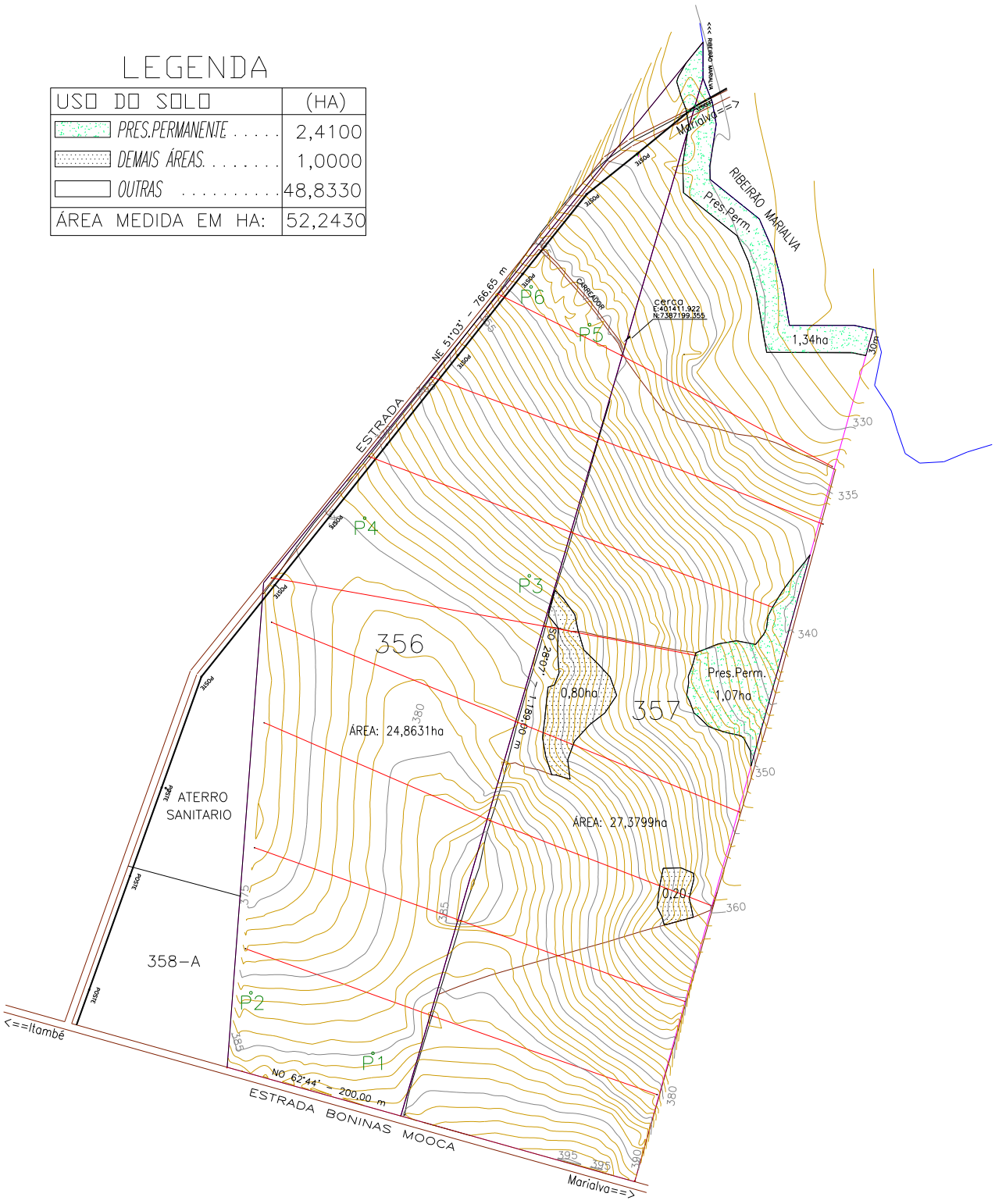


Figura nº.23: Locação dos pontos onde foram realizados os ensaios de permeabilidade.

2.1.6 - Sondagens a percussão (SPT)

As sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos, com determinação dos índices de resistência à penetração dinâmica "SPT", foram executadas com perfuração a trado helicoidal, sendo empregados tubos de aço para revestimento, de 67 mm de diâmetro interno, até a profundidade necessária à preservação do furo.

O diâmetro do trado helicoidal foi de 56 mm, convenientes à descida livre do amostrador a cada metro de sondagem.

Durante a execução das sondagens foram retiradas amostras representativas das várias camadas perfuradas, por meio da cravação do amostrador padrão.

Na operação de cada amostragem foi medida a resistência oferecida pelo terreno sobre o amostrador, registrando-se, portanto, o número de golpes do martelo cilíndrico, de peso de 637N (65kgf), caindo a 75 cm de altura necessária para a cravação do amostrador. O levantamento e soltura do martelo cilíndrico foram feitos com corda flexível, encaixada com folga na roldana da torre de sondagem e operada manualmente.

O número de golpes, necessários para se cravar os últimos 30 cm, expressou o índice de resistência à penetração "SPT", o qual foi correlacionado qualitativamente à consistência relativa das camadas de solo atravessadas.

O amostrador padrão utilizado segue as recomendações da norma NBR 6484/2001, isto é, o do tipo "Raymond" de 50,8mm de diâmetro externo e 34,9mm de diâmetro interno, enquanto as hastes de cravação do amostrador são constituídas de tubos de aço de diâmetro nominal interno de 25 mm e massa teórica de 3,23 kg/m.

As Figuras n.º 24 e 25 mostram o ensaio de sondagem à percussão durante sua realização.

A Figura n.º 26 apresenta um croqui com a localização dos pontos onde foram executados os ensaios de sondagem à percussão. As coordenadas destes pontos são apresentadas na Tabela n.º 03.



Figura nº.24: Técnicos realizando ensaio de sondagem a percussão.



Figura nº.25: Realização do ensaio de sondagem a percussão.

Tabela n.º 03 : Coordenadas dos pontos onde foram realizados os ensaios de permeabilidade.

PONTOS	*COORDENADAS*	
	E	*N*
SPT1	*401191,805*	*7386456,178*
SPT2	*401172,357*	*7386829,736*
SPT3	*401405,390*	*7387188,192*

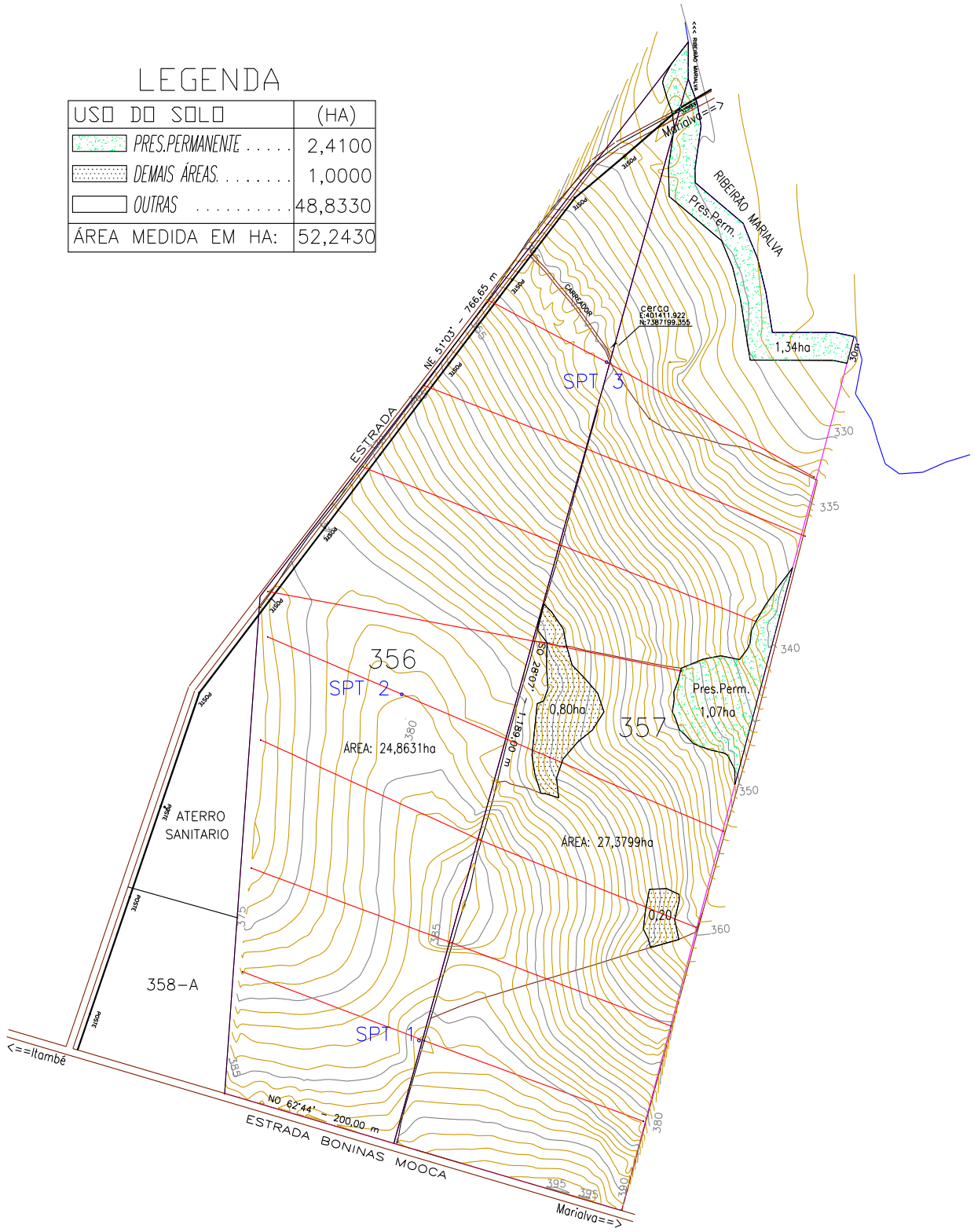


Figura nº.26: Locação dos pontos onde foram realizados os ensaios de sondagem a percussão (SPT).

2.2 - RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS

Os resultados obtidos nos ensaios de análise granulométrica, limite de liquidez, limite de plasticidade, ensaio de compactação e teor de umidade realizados nas amostras de solo coletadas *in loco* são apresentados nas paginas que compõem os anexos.

No referido anexo são apresentados ainda os resultados obtidos nos ensaios de permeabilidade e sondagem à percussão (S.P.T.), realizados no próprio local.

2.3 - AVALIAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA

2.3.1 - O contexto geológico e geotécnico

A área de estudo está inserida em um setor do Planalto de Apucarana, no Terceiro Planalto Paranaense, segundo a divisão em regiões naturais proposta por Maack (1968) para o estado do Paraná.

Nessa área dominam as rochas vulcânicas geradas pelo vulcanismo fissural que ocorreu na era Mesozóica, no final do período Jurássico e início do Cretáceo (Figura n.º 27). Esse vulcanismo fissural deu origem a uma sucessão de derrames que chegam a mais de 1000m de espessura na parte central da bacia sedimentar do Paraná.

As rochas formadas por esses derrames têm como particularidade importante a variação da estrutura: cada derrame apresenta na base a rocha com estrutura maciça e, no topo, com estrutura vesicular e/ou amigdaloidal. Gera desta forma, ao longo do pacote de derrames, uma alternância de níveis maciços com níveis vesiculares e/ou amigdaloidais. Como os derrames apresentam espessuras variáveis de alguns metros a uma centena de metros, alternam-se níveis maciços e vesiculares/amigdaloidais também de espessuras variadas Os níveis maciços têm resistência mecânica mais elevada e apresentam, também, resistência maior ao intemperismo químico (alteração) quando comparados com os níveis vesiculares/amigdaloidais. Os níveis maciços mais espessos e menos fraturados

tendem a se sobressair na paisagem gerando rupturas de declives acentuadas, dando origem a degraus, patamares, topos isolados (com forma de “cocurutos” ou morrotes) que sobressaem no relevo, com afloramentos de blocos de rocha e/ou lajeados associados. Quando interceptados pela drenagem podem dar origem a corredeiras e quedas d’água.

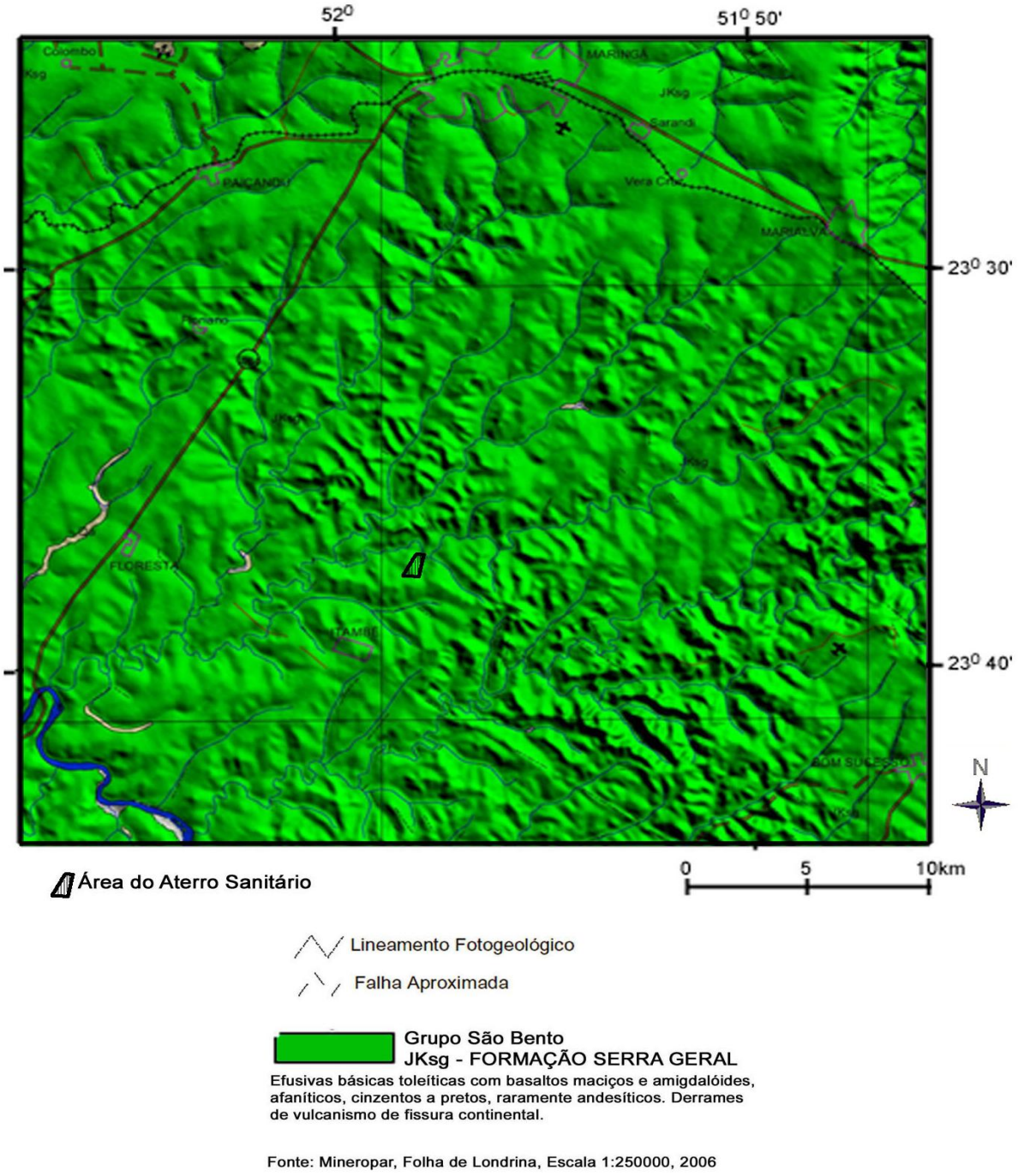


Figura nº.27: Mapa geológico da área e do seu entorno.

As rochas geradas por esses derrames na região, apesar de genericamente designadas como basaltos, são classificadas quimicamente como litotipos básico-intermediários, correspondendo a andesi-basaltos (dominantes) e basaltos.

A alteração supérgena, sob condições climáticas tropicais e subtropicais, produz mudanças graduais e profundas que geram níveis diferenciados de alteração a partir da rocha sã, evoluindo até o solo. Gonçalves (1987) apresenta um perfil esquemático com esses vários níveis de alteração e pedogênese laterítica sobre rochas vulcânicas básicas, definido na região de Ribeirão Preto (SP) – Figura n.º 28 -, mas que também é observado na área em análise.

Na base do perfil, que corresponde ao "front" de alteração, a rocha se altera inicialmente na forma de blocos arredondados (fácies em "bolas"), com córtex de alteração de espessura, cores e densidades variáveis, envolvendo núcleos de rocha quase inalterados. Nos níveis superiores, com o progresso da alteração, as organizações estruturais herdadas da rocha-mãe são apagadas ou reconhecidas apenas em manchas reliquiais (Gonçalves, *op. cit*), dando origem a um material móvel, mais friável, com cores variadas em tons esverdeados, amarelados, arroxeados, rosados e texturalmente mais siltoso. No topo do perfil aparece o material pedologicamente evoluído. Esse material é homogêneo ao longo do seu volume (vertical) em termos de cor (vermelho escuro) e textura (argilosa a muito argilosa), quando muito evoluído.

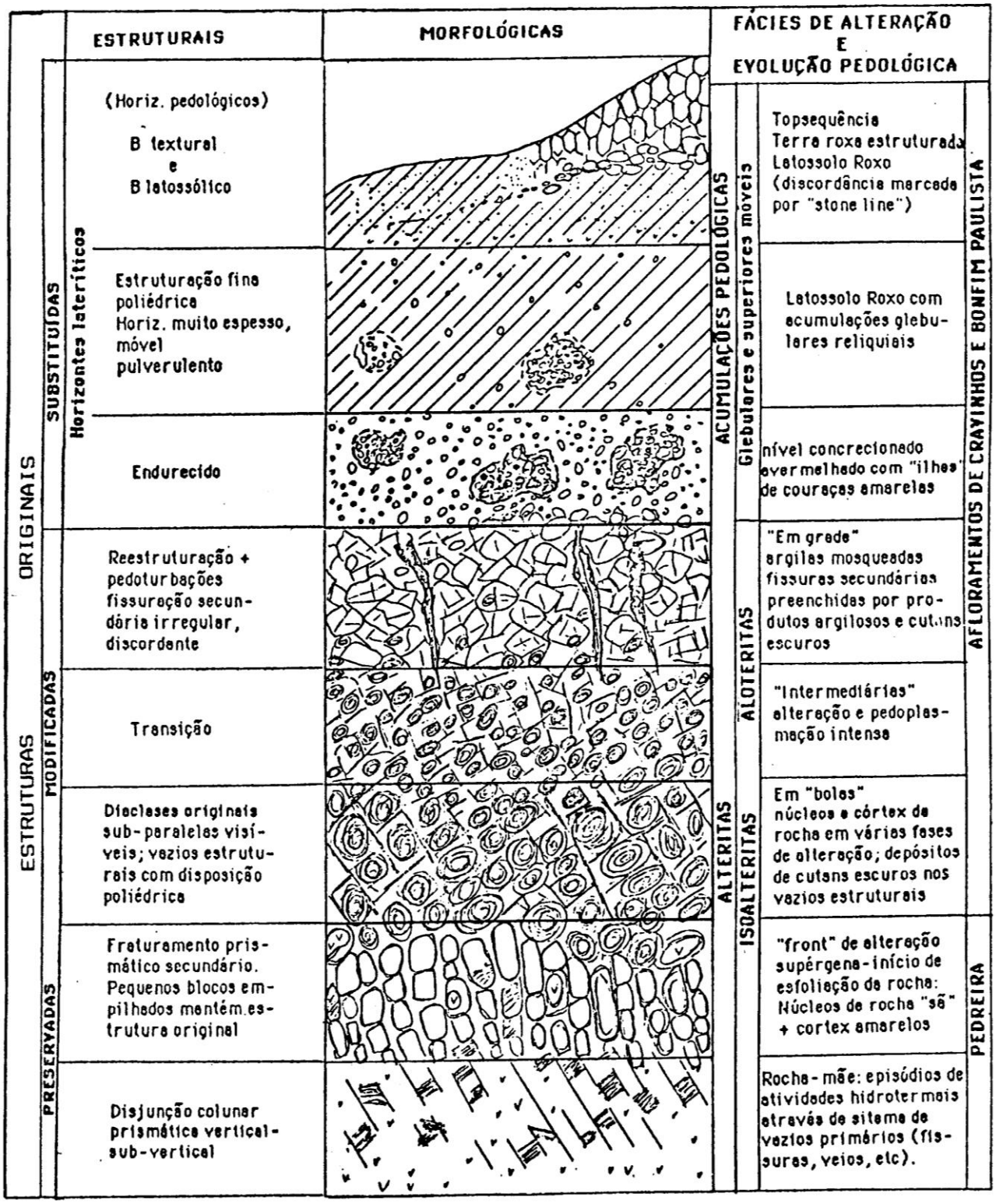


Figura nº.28: Esquema sintético dos principais níveis de alteração e pedogênese sobre rochas básicas – perfil laterítico completo (Gonçalves, 1987).

2.3.2 - Características geológicas geotécnicas da área do Aterro Sanitário

A área proposta para a implantação do aterro sanitário está situada no município de Itambé (Figuras n.º 29 e 30), na divisa com Marialva.

Corresponde a um setor de relevo multifacetado, que funciona como divisor de águas entre pequenos tributários do ribeirão Marialva, margem esquerda. Na Figura n.º 31 observa-se a disposição da área do aterro sanitário em relação ao ribeirão Marialva e as principais feições morfológicas que aí ocorrem.

Do ponto de vista morfológico essa área compreende quatro setores: um setor de topo (I) alongado e relativamente plano (Figura n.º 32), de direção NW-SE; um setor com vertentes de face NE (II), com vertentes curtas e de declividades mais fortes que formam o vale do pequeno tributário situado a leste da área, alternando lateralmente formas convexas e côncavas em função dos dois vales em berço, estreitos e bem marcados, que aí ocorrem; um setor de vertentes também de face NE (III), mais alongadas, predominantemente retilíneas e com declividades menos acentuadas, que se dirigem diretamente para o ribeirão Marialva terminando com segmentos côncavos relativamente estreitos; e um setor de vertentes de face NW (IV), muito longas, retilíneas e de fracas declividades que abrigam um vale em berço amplo, que se alarga e se torna muito pouco marcado a montante (Figura n.º 33), já no interior da área do empreendimento.

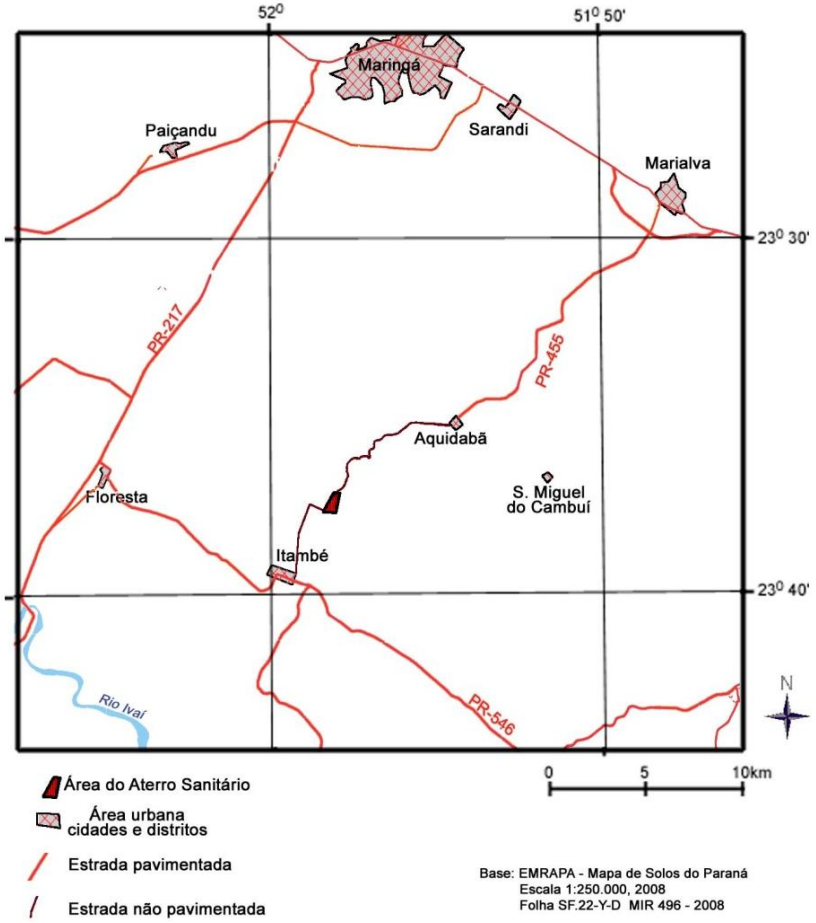


Figura nº.29: Localização do Aterro Sanitário de Itambé em relação às sedes municipais vizinhas e às principais vias de acesso.

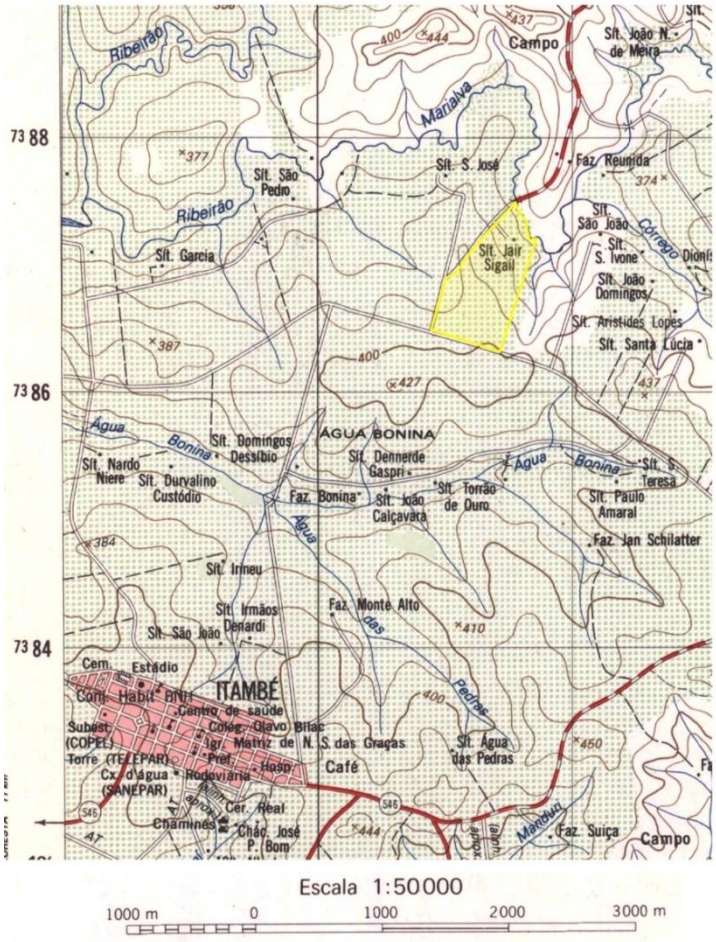
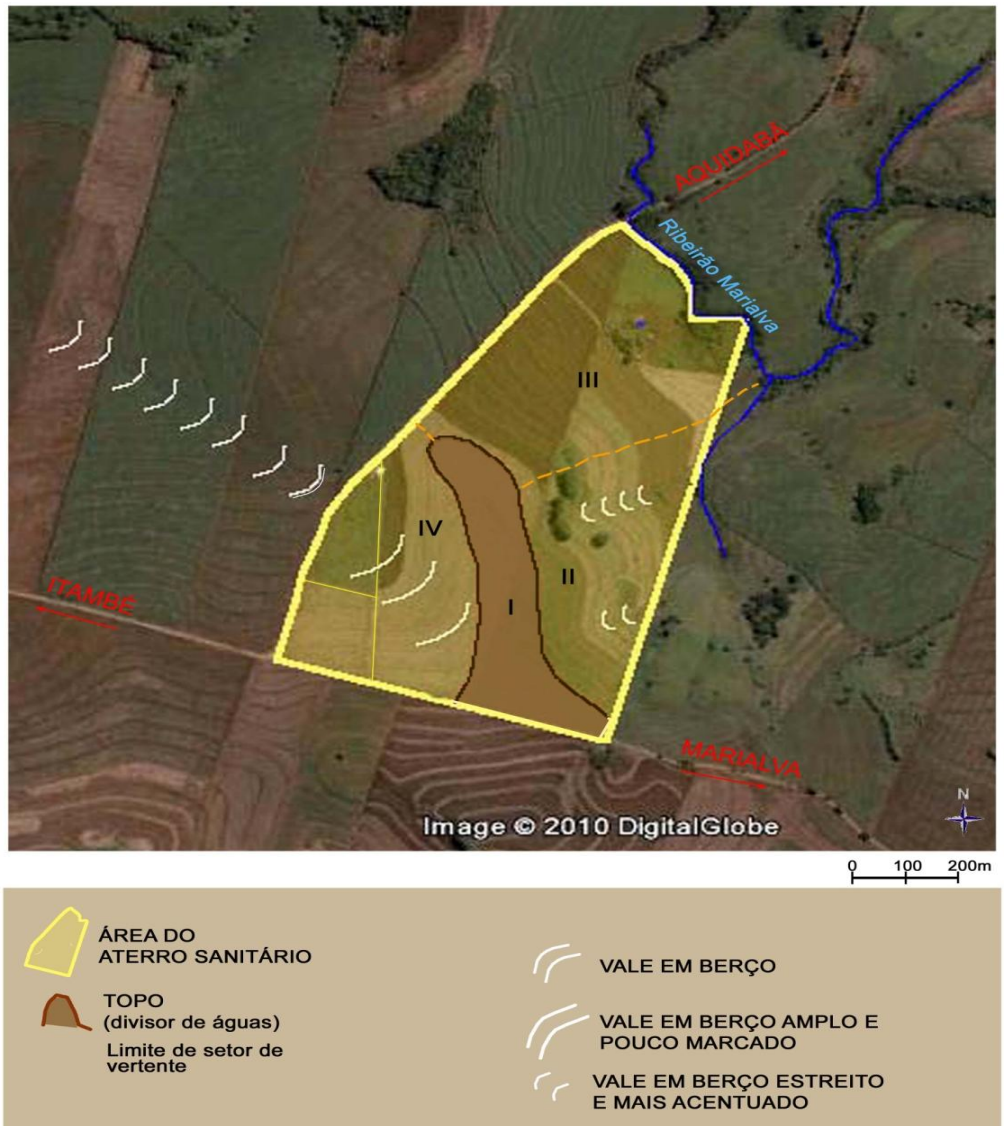


Figura nº.30: Localização da área do Aterro Sanitário de Itambé (em amarelo) na Folha Topográfica de Bom Sucesso – Folha SF-22-Y-D-V1, IBGE, 1992.



Setor de Topo

Setor de vertentes curtas face NE

Setor de vertentes longas face NE

Setor de vertentes muito longad face NW

Figura nº.31: Principais características morfológicas (relevo) da área do aterro sanitário (imagem obtida a partir do Google Earth em 04/04/2010).

Essa morfologia é responsável pela dinâmica dos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais que, por sua vez, condicionam processos de alteração de rochas, formação de solos e erosão.

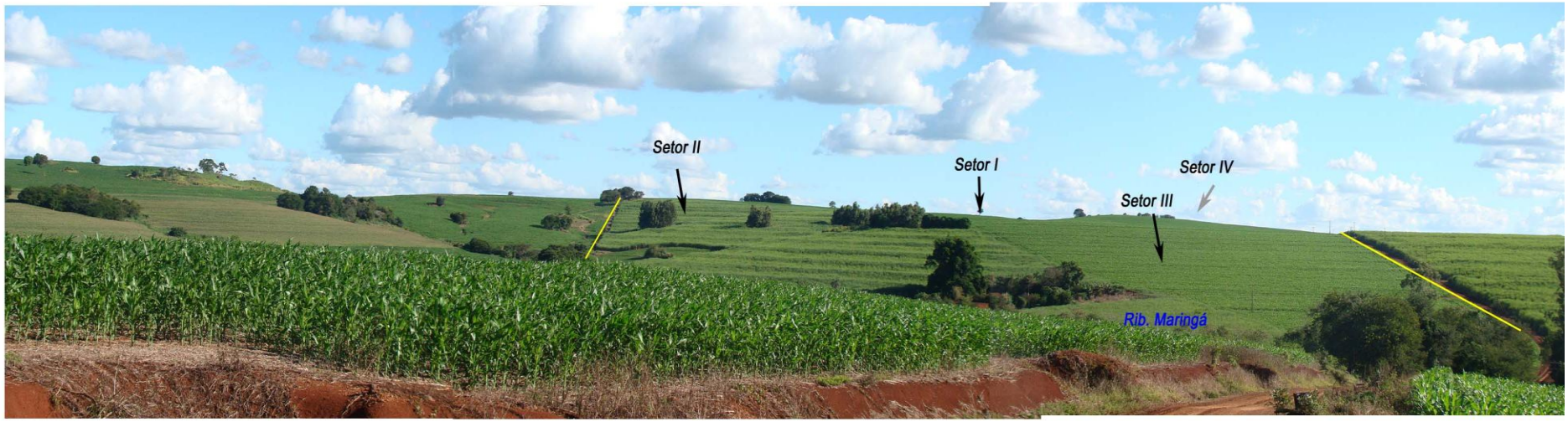


Figura nº.32: Aspecto geral do topo (setor I) e das vertentes de face NE (setores II e III). O setor IV corresponde às vertentes opostas ao setor III.

(Os limites da área estão marcados em amarelo)



Figura nº.33: Aspecto geral do setor IV, visto de montante para jusante. A forma ligeiramente côncava corresponde ao amplo vale em berço, mais alargado no setor a montante.

Os levantamentos realizados em campo e os resultados das sondagens mostram que, na área, o perfil de alteração apresenta os níveis mencionados anteriormente e ilustrados na Figura n.º 27, mas com espessuras e características variadas. A variação das espessuras está associada à ocorrência de diferentes derrames e/ou à alternância dos níveis de rocha maciços com os níveis vesiculares/amigdaloidais, como referidos anteriormente, e também com as condições geradas pela morfologia local (setores ou compartimentos).

Assim, considerando-se o Mapa de Solos do Paraná, (Figura 34) escala 1:250000 (Embrapa, 2008), os dados das sondagens e das observações de campo foi elaborado o mapa semidetalhado de solos (aplicando-se a classificação dos solos da EMBRAPA, 2006). A partir do mapa de solos local foi elaborado um mapa esquemático de espessura de solos, considerando-se todo o manto de alteração (horizontes pedológicos e os níveis de alteração até o fácies em bolas, considerado que corresponde ao nível impenetrável verificado pelas sondagens SPT).

Como pode ser observado no mapa de solos regional, a área do aterro está inserida em um setor dominado pelos Nitossolos Vermelhos Eutroférricos, intercalados com manchas de Neossolos Regolíticos. Os Neossolos Regolíticos estão associados ao relevo com grau de dissecação maior, enquanto que os Nitossolos aparecem em zonas de menor grau de dissecação, correspondendo a relevo de rampas e colinas mais baixas.

O levantamento de campo indicou, entretanto, que na área do aterro ocorrem pelo menos três tipos de solos (Figura n.º 35): o Nitossolo Vermelho Eutroférrico que recobre integralmente as vertentes do setor III e parcialmente o setor IV e, ainda, pequena parte do setor II; o Latossolo Vermelho férrico (Eutroférrico ou Distroférrico), que aqui apresenta características de transição para o Nitossolo, podendo ser classificado como Latossolo Vermelho férrico (Eutroférrico ou Distroférrico) nitossólico, recobre o setor I (topo) e a maior parte do setor IV; o Neossolo Litólico e/ou Regolítico ocorre predominantemente no setor II, se estendendo pela maior parte das suas vertentes. Aí também aparecem afloramentos de blocos de rocha (basalto).

Os Nitossolos Vermelhos, que dominam regionalmente e recobrem uma parte significativa da área do empreendimento, apresentam uma seqüência de

horizontes A, B (que correspondem ao nível evoluído pedologicamente do manto de alteração ou solo evoluído para a engenharia) pouco diferenciados e com transições difusas, possuem coloração variando de vermelho a bruno, são profundos, porosos e bem drenados. São encontrados em declividades variando de 3% a 20%. Possuem horizonte B nítico (reluzente), textura argilosa ou muito argilosa, estrutura em blocos subangulares, angulares ou prismática moderada ou forte, com superfície dos agregados reluzentes, relacionadas a superfícies de tensão. São solos naturalmente estáveis e pouco suscetíveis á erosão principalmente quando encontrados em relevo plano a suave ondulado, mas quando encontrados em relevo ondulado e forte ondulado tornam-se suscetíveis aos processos de erosão hídrica e escorregamentos. Devido à textura argilosa apresentam suscetibilidade à compactação, diminuindo bruscamente a porosidade e conseqüentemente a infiltração. Esta classe de solos corresponde à antiga Terra Roxa Estruturada na classificação de solos anterior a 1999.

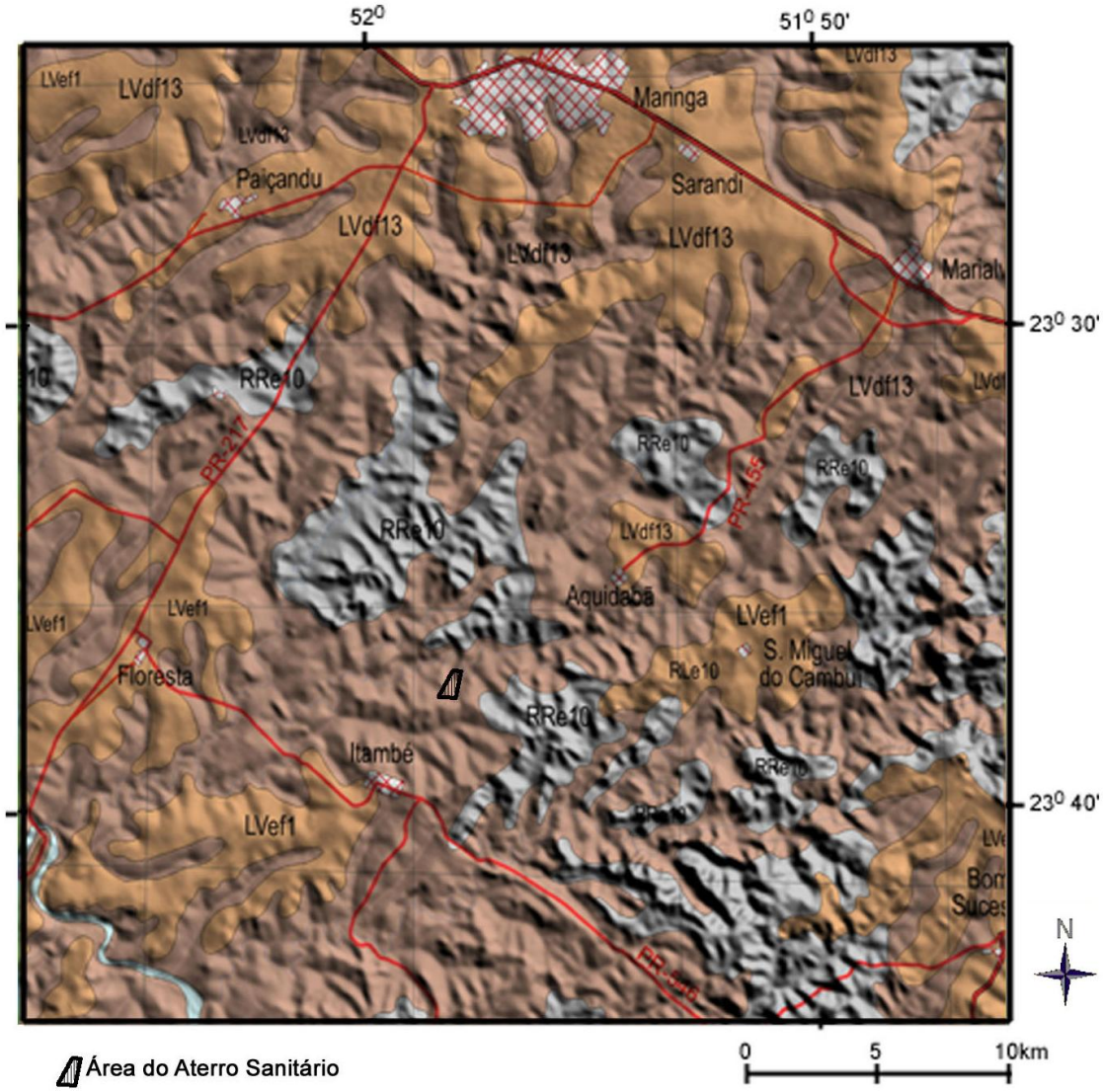


Figura nº.34: Mapa de solos da região onde se insere a área do empreendimento.

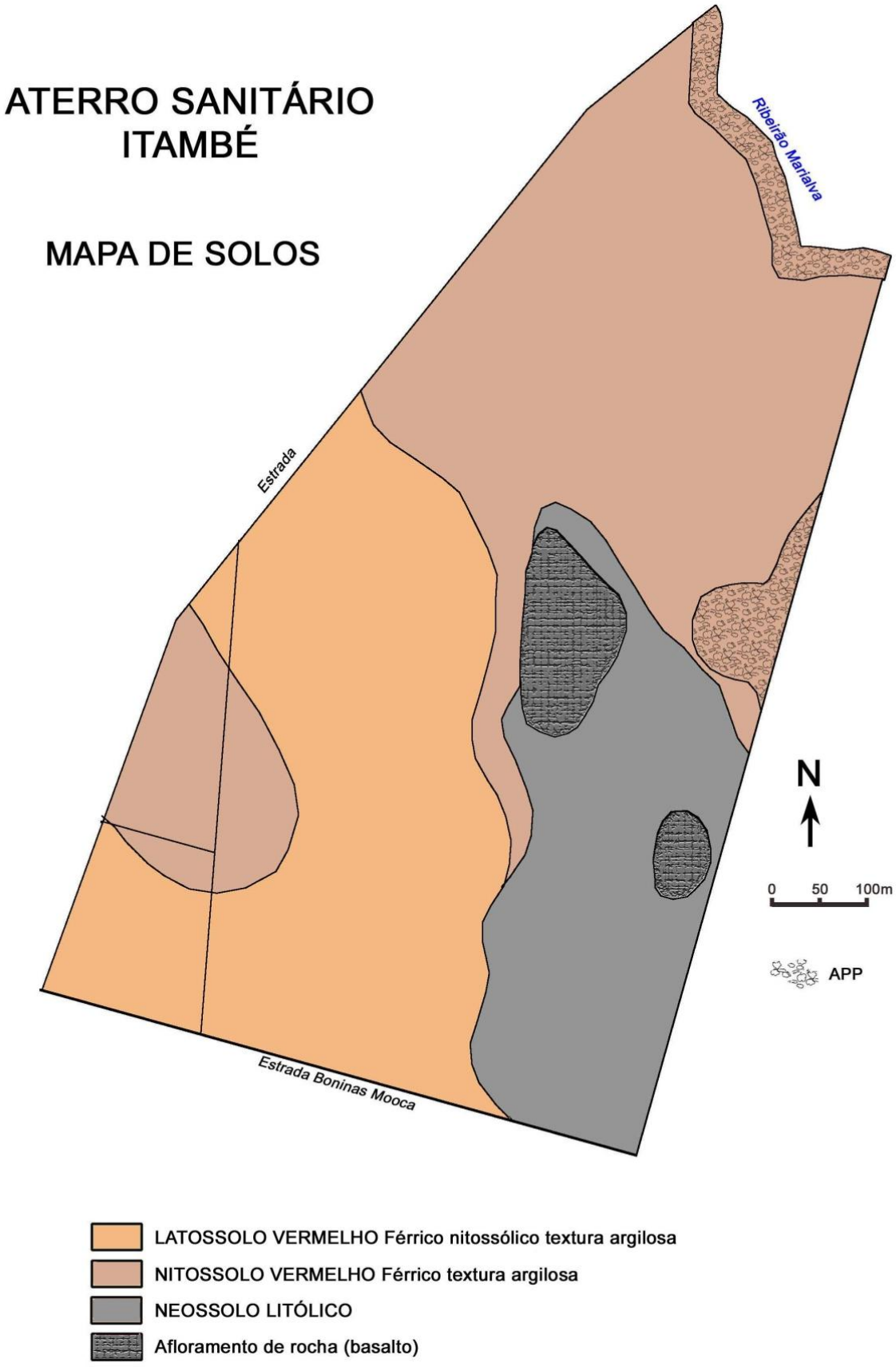


Figura nº.35: Mapa de solos semidetalhado da área do aterro sanitário de Itambé.

Os Latossolos Vermelhos férricos (distroférricos ou eutroférricos), que geralmente ocorrem nas partes mais altas (topos) e com fracas declividades, como na área do aterro sanitário, são muito profundos (nessa área os perfis chegam em média a 12m de espessura), apresentando seqüência de horizontes A, B e C, muito porosos, permeáveis e acentuadamente a bem drenados, mesmo quando possuem textura argilosa a muito argilosa, como aquele encontrado na área do aterro. Esses solos (considerando-se o nível pedologicamente evoluído – horizontes A e B) apresentam plasticidade relativamente baixa, tendo em vista os altos teores de argila que podem apresentar. São, portanto, solos com baixa suscetibilidade natural a erosão, escorregamentos, mesmo os de textura argilosa, apresentando características adequadas para a construção de aterros sanitários, depósitos de efluentes, lagoas de decantação, cemitérios e instalação de todo o tipo de obra civil. A ausência de camadas sobrejacentes menos permeáveis permite, por outro lado, boas condições de trafegabilidade relativamente rápida após períodos chuvosos.

Os principais problemas geotécnicos desses solos ocorrem em geral por uso inadequado, sobretudo quando é atingida a saturação total, geralmente provocada por concentração de água em determinados pontos ou setores. Na condição de saturação total e submetidos a carregamentos, a estrutura microagregada e porosa dos Latossolos se fecha e deforma produzindo o colapso do terreno.

Os solos que dominam o setor II da área do aterro foram classificados como Neossolo Litólico, podendo ocorrer eventualmente o Neossolo Regolítico. Esses Neossolos são solos jovens, rasos (espessura em geral inferior a 40 cm) com horizonte A assentado diretamente sobre a rocha consolidada, o basalto (recebendo neste caso a classificação de Neossolos Litólicos), ou sobre um nível de alteração dessa rocha (nesta condição é classificado como Neossolo Regolítico). Em qualquer dos casos, devido ao pequeno desenvolvimento, as características físicas, químicas e mineralógicas normalmente estão diretamente relacionadas ao material de origem.

Os solos litólicos, pela sua pequena profundidade e por grande parte do volume do solo ser ocupado por material inerte (cascalho, calhaus, matacões), como ocorre na área, apresentam baixa capacidade de armazenamento de água, sendo esta uma das limitações para seu uso agrícola.

Por ocorrem geralmente associados à classe de relevo ondulado e por apresentarem pequena profundidade de perfil, esse solo torna-se muito suscetível à erosão, sobretudo, quando cultivados com culturas anuais. Dadas as suas características (rasos, baixa capacidade de retenção de água) não são capazes de funcionar como filtro, sendo, portanto, considerados inadequados para o uso como depósitos de efluentes, aterro sanitário e cemitérios.

As limitações apresentadas pelos Neossolos Líticos o enquadram na classe de baixa aptidão agrícola e suscetibilidade forte, sendo recomendada a sua utilização para a silvicultura ou mantida como reserva de preservação, ou ainda para a construção de estradas desde que haja estabilidade das vertentes.

O mapa da Figura n.º 36 mostra de forma esquemática a variação provável da espessura desses solos na área do aterro com base nos tipos identificados. A estimativa da espessura apóia-se, portanto, nos tipos de solos, na morfologia das vertentes e nos dados das sondagens SPT realizadas.

Para ilustrar essas correlações foram elaborados três perfis geo-pedológicos (Figura n.º 37), apresentados nas Figuras 38 a 40.

Apesar da variação dos tipos de solos, os dados granulométricos obtidos por peneiramento para os materiais da área do Aterro Sanitário (Tabela nº. 04) mostram que a dominância de materiais com textura argilosa. Na maioria dos pontos ensaiados, Latossolos e Nitossolos, mais de 80% do material tem tamanho menor que 0,074mm. No Neossolo Litólico a fração <0,074mm corresponde a 64,47% do material. Os limites de Liquidez e Plasticidade apresentam variações que podem ser relacionadas ao tipo de solo e ao teor de partículas finas: o IP e IG mais baixos estão relacionados ao Neossolo Litólico, enquanto que os valores mais altos aparecem associados aos Nitossolos; os Latossolos, mesmo para teores de finos equivalentes àqueles dos Nitossolos, tendem a apresentar índices de consistência mais baixos.

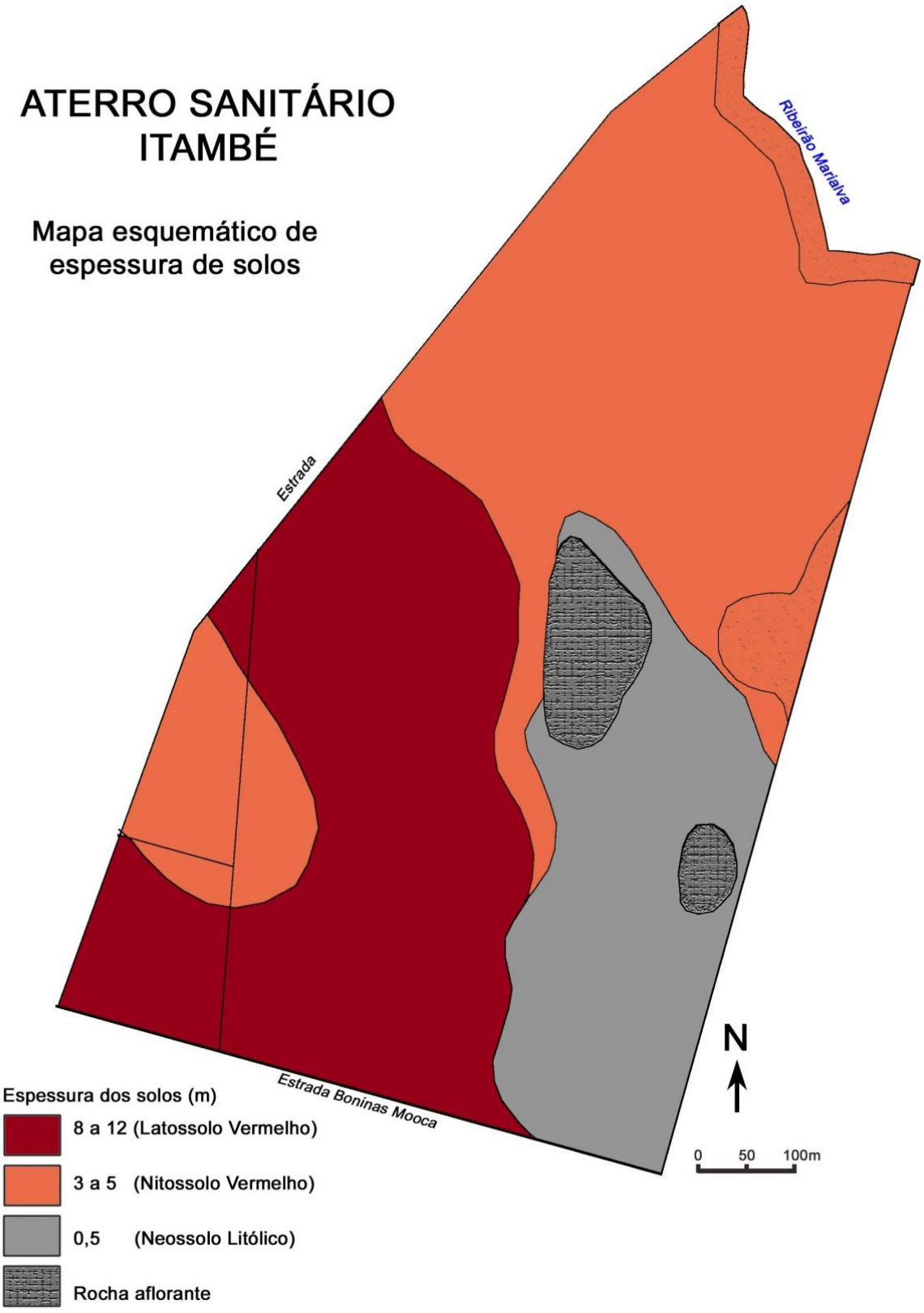


Figura nº.36: Mapa esquemático da espessura estimada dos solos na área do aterro sanitário.

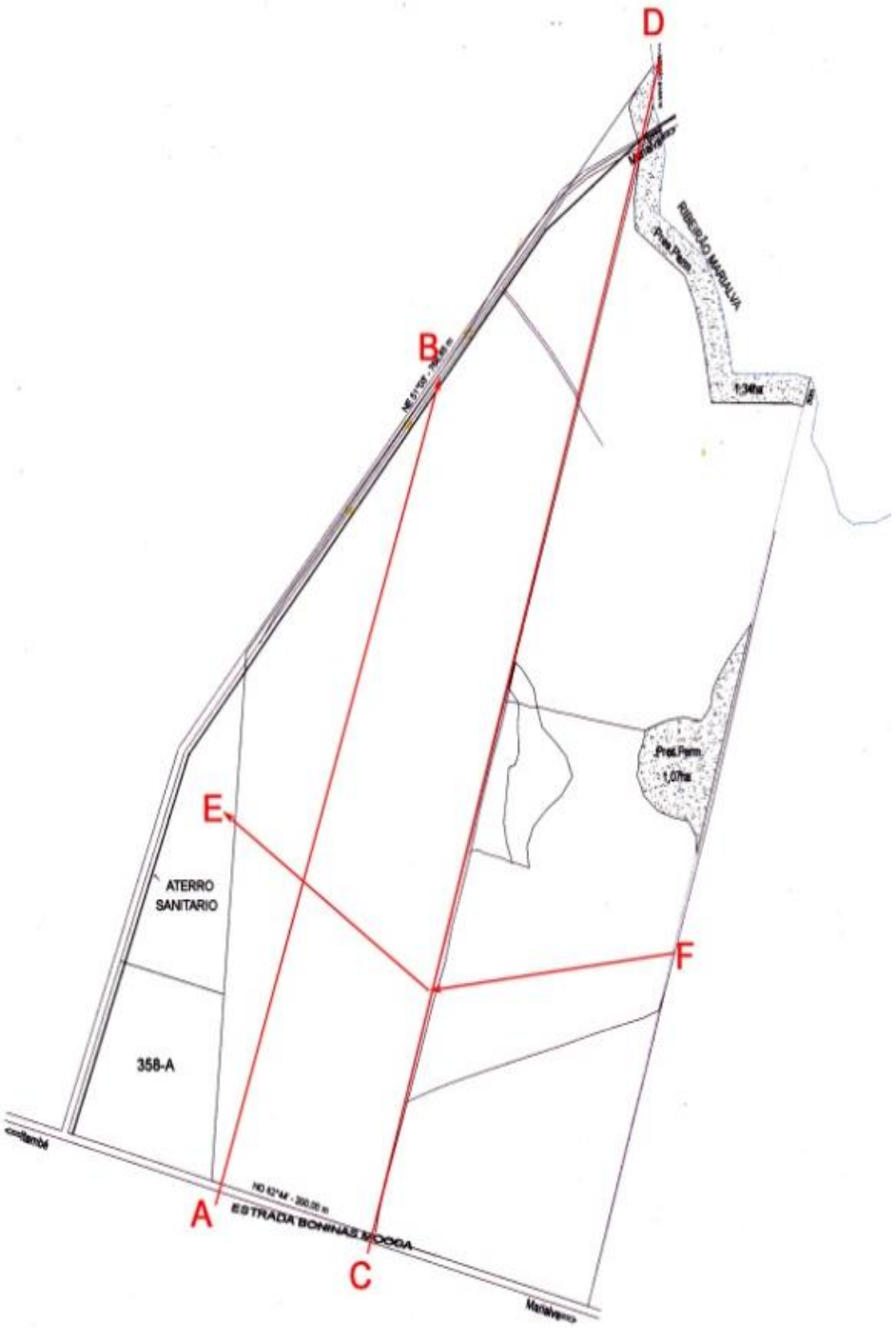


Figura nº.37: Mapa de localização dos perfis geo-pedológicos.

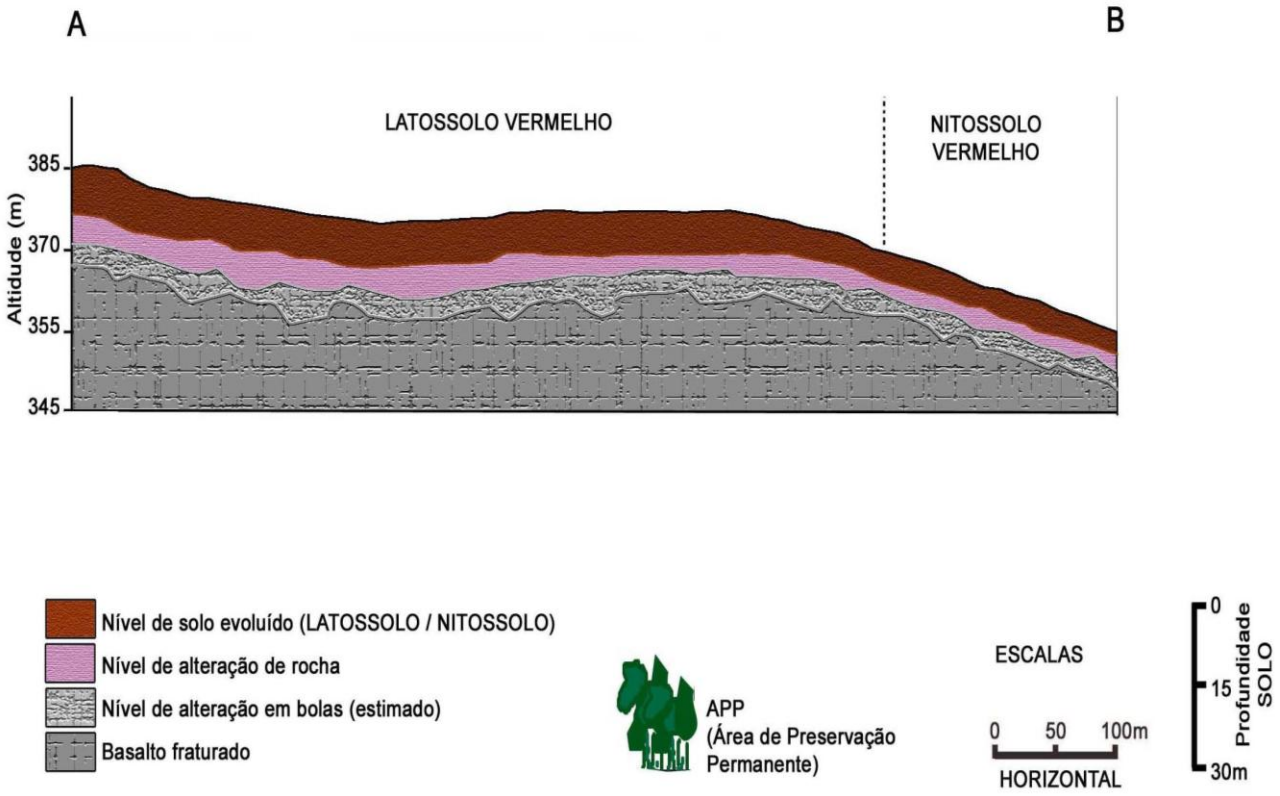


Figura nº.38: Perfil geo-pedológico cruzando o setor IV, parte do III.

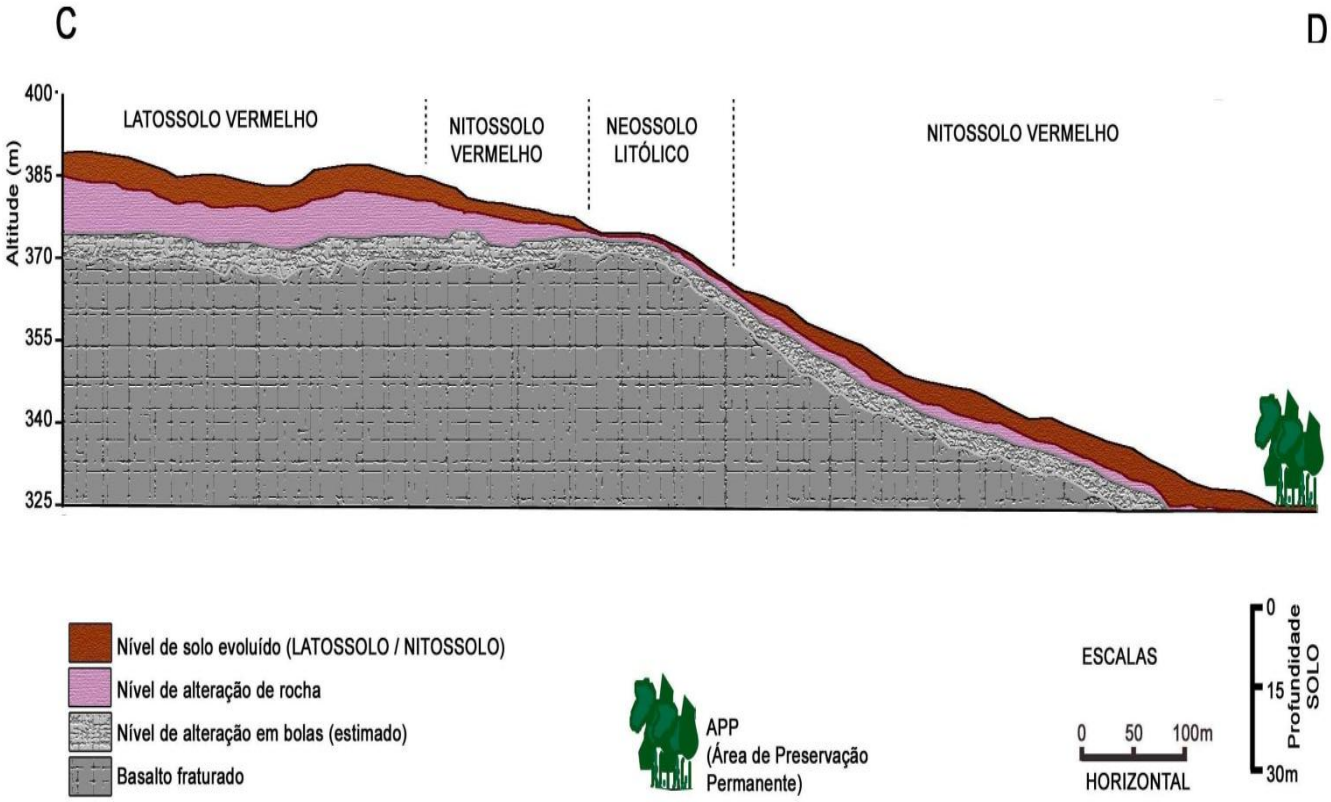


Figura nº.39: Perfil geo-pedológico cruzando o setor I, parte do setor II e todo o setor III.

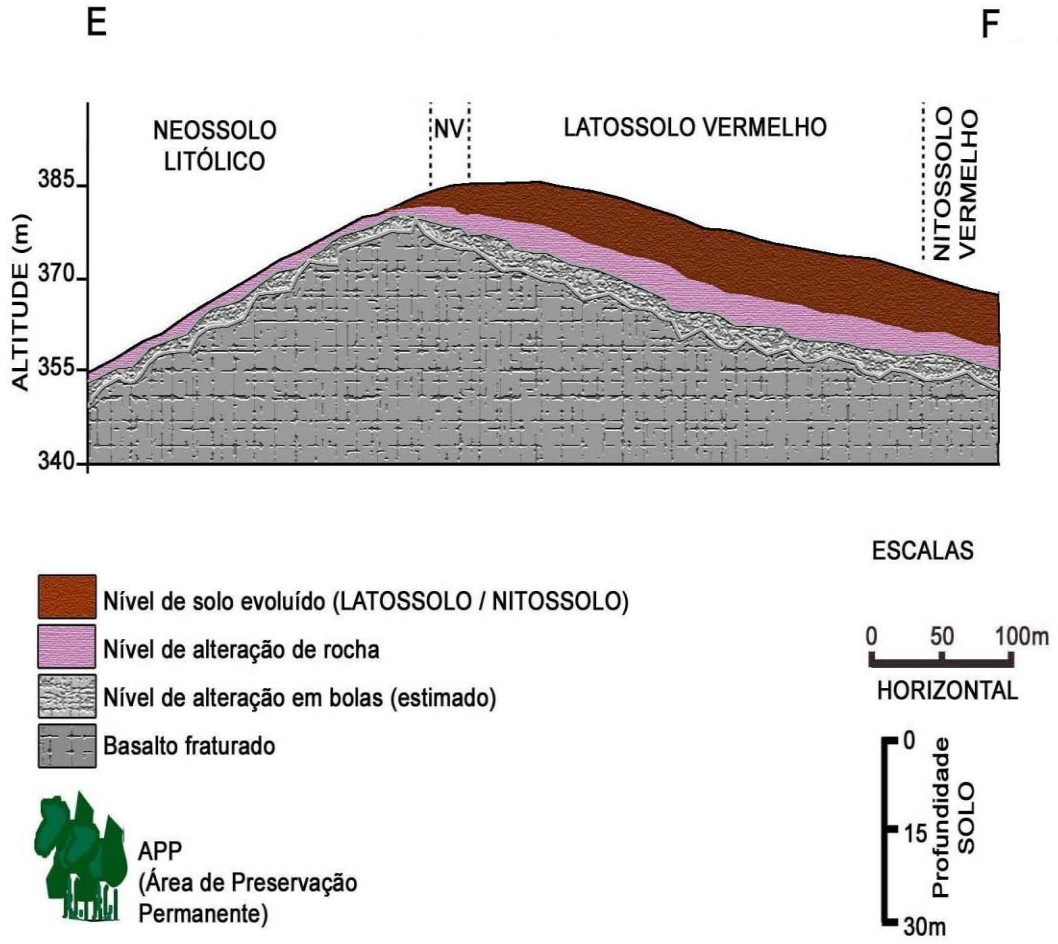


Figura nº.40: Perfil geo-pedológico transversal à área do aterro, cruzando os setores II, I (topo) e IV.

Em nenhuma das sondagens realizadas nos setores I, III e IV o nível freático foi interceptado. No setor III, em posição de média-baixa vertente existe um poço cacimba com 20 m de profundidade e 5 m de lâmina d'água. Este fato indica que o lençol freático nesse setor é profundo, localizando-se no contato alteração/rocha ou no nível de rocha pouco alterada (nível muito fraturado). Considerando-se a forma da vertente e o ponto onde está localizado o poço é possível deduzir que o nível freático no setor III esteja a mais de 10m de profundidade na maior parte das suas vertentes. Nos setores I (topo) e IV, em função das sondagens e da morfologia observada, também é possível estimar a posição do lençol freático a mais de 6m de profundidade. Apesar da existência do vale em berço (setor IV) que naturalmente concentra água em superfície e

subsuperfície, as características de amplitude e o distanciamento em relação à nascente ou curso d'água reforçam essa estimativa. No setor II, área de solos rasos, a profundidade do lençol freático está na dependência do sistema de fraturas da rocha, que pode ser irregular e gerar pontos de afloramento do lençol temporários ou permanentes, como ocorre nas proximidades da divisa leste da área. Assim, estima-se que nesse setor o nível freático ocorra a menos de 6 m de profundidade.

Os ensaios de infiltração (Tabela n.º 05) apresentaram, por sua vez, valores inferiores a 8mm/h, o que indica uma permeabilidade muito lenta (classes estabelecidas pela *Irrigated Land Use*: *land classification* – 1953 -, *apud* IBGE, 2007) para toda a área, independentemente do tipo de solo. Esses valores são comuns para os Neossolos e eventualmente para os Nitossolos, mas baixos para os Latossolos. Entretanto, na área do empreendimento, como já foi mencionado anteriormente, os Latossolos apresentam características de transição para os Nitossolos o que justificaria os valores de permeabilidade obtidos.

Tabela nº.04: Granulometria e Limites de Liquidez e Plasticidade de alguns solos da área.

Local da coleta	*Granulometria*							*Limites de Liquidez e Plasticidade (%)*				*Classificação do solo*	
	Peneiramento												
	Aberturas das Peneiras (mm)							*LL*	*LP*	*IP*	*IG*	*Pedologia*	*H.R.B*
	2,00	*1,20*	*0,60*	*0,42*	*0,25*	*0,15*	*0,074*						
Estaca 2	*92,31*	*89,28*	*85,12*	*81,15*	*74,98*	*68,88*	*64,67*	*35,40*	*22,60*	*12,80*	*11*	*NR*	*A - 7 - 6*
Estaca 5	*99,92*	*99,85*	*99,67*	*99,40*	*97,89*	*95,28*	*92,71*	*52,60*	*31,00*	*21,60*	*18*	*NV*	*A - 7 - 6*
Estaca 10	*99,94*	*99,86*	*99,74*	*98,87*	*95,72*	*92,03*	*89,71*	*42,90*	*26,90*	*16,00*	*14*	*LV*	*A - 7 - 6*
Estaca 14	*99,90*	*99,82*	*99,67*	*98,93*	*95,70*	*91,92*	*89,89*	*54,80*	*30,60*	*24,20*	*19*	*NV*	*A - 7 - 6*
Estaca 18	*98,65*	*97,97*	*96,67*	*95,17*	*91,10*	*87,18*	*84,25*	*48,20*	*24,40*	*23,80*	*16*	*NV*	*A - 7 - 6*
Estaca 20	*98,16*	*97,32*	*96,21*	*94,59*	*90,55*	*86,81*	*83,92*	*47,00*	*25,90*	*21,10*	*16*	*LV*	*A - 7 - 6*

Tabela nº.05: Dados de permeabilidade do solo na área do aterro.

PERMEABILIDADE		
Ponto	$K_{inicial}$ *(cm/s)*	$K_{estabilizado}$ *(cm/s)*
1	*8,07E-03*	*5,08E-03*
2	*4,22E-03*	*2,64E-03*
3	*2,37E-03*	*1,70E-03*
4	*6,85E-03*	*5,17E-03*
5	*5,27E-03*	*3,16E-03*
6	*4,59E-03*	*3,32E-03*
Média	*4,89E-03*	*3,14E-03*

2.3.3 - Aspectos geomorfológicos

Os materiais que recobrem as vertentes estão diretamente associados aos processos que transformam as rochas subjacentes e modelam a encosta. A morfologia da vertente, traduzida por formas geométricas e por declividades, condiciona a dinâmica hídrica superficial e subsuperficial e consequentemente os processos que nela ocorrem, já que a água é o agente principal desses fenômenos (alteração da rocha, organização dos solos, erosão hídrica superficial, etc.). O conhecimento da estrutura geoecológica da vertente e o seu funcionamento são imprescindíveis para a avaliação das potencialidades e vulnerabilidades que esta apresenta em face das intervenções humanas.

2.3.4 - Metodologia

A abordagem dos aspectos geomorfológicos foi realizada inicialmente em duas escalas distintas:

- em uma escala regional, para que fosse possível identificar as características e situação do compartimento onde está localizado o terreno do aterro sanitário;

- em uma escala local (do setor da bacia e da vertente), para identificar as características morfológicas e pedológicas da vertente onde será realizada a obra.

Para atingir esses objetivos foram elaboradas cartas hipsométrica, clinográfica, modelo tridimensional do terreno, perfil longitudinal e perfis transversais em diferentes escalas. Como produto final resultaram vários perfis transversais com a estrutura característica do terreno, como propõe a metodologia de Ab'Saber (1969) e a de Monteiro (2001) e que já foram apresentados nas Figuras: 38 a 40.

Para complementar essa etapa procedeu-se a análise das alterações antropogênicas na área, dando-se destaque particular aos processos e formas erosivas já instalados e desencadeados pelo uso e manejo do terreno.

2.3.5 - As características geomorfológicas regionais e locais

As observações em escala regional foram realizadas sobre as cartas de declividade e hipsométrica (Figuras n.º 40 e 41) e o blocodiagrama gerado a partir de imagens SRTM com o emprego do programa Global Mapper 11 (Figura n.º 43).

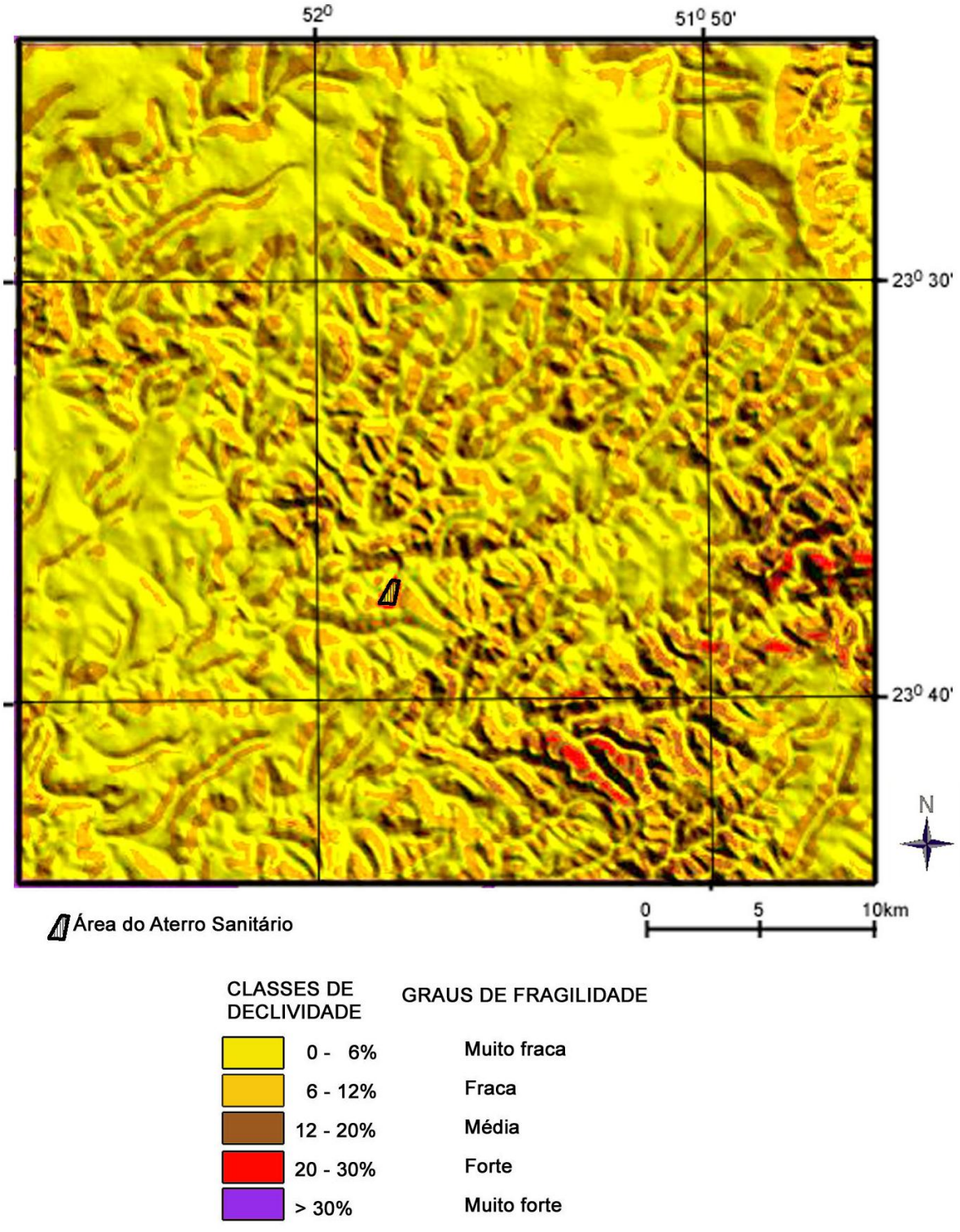


Figura nº.41: Mapa de declividades da área onde se insere o aterro sanitário de Itambé.

A análise dessas figuras mostra a ocorrência de seis grandes compartimentos geomorfológicos (Figura n.º 42):

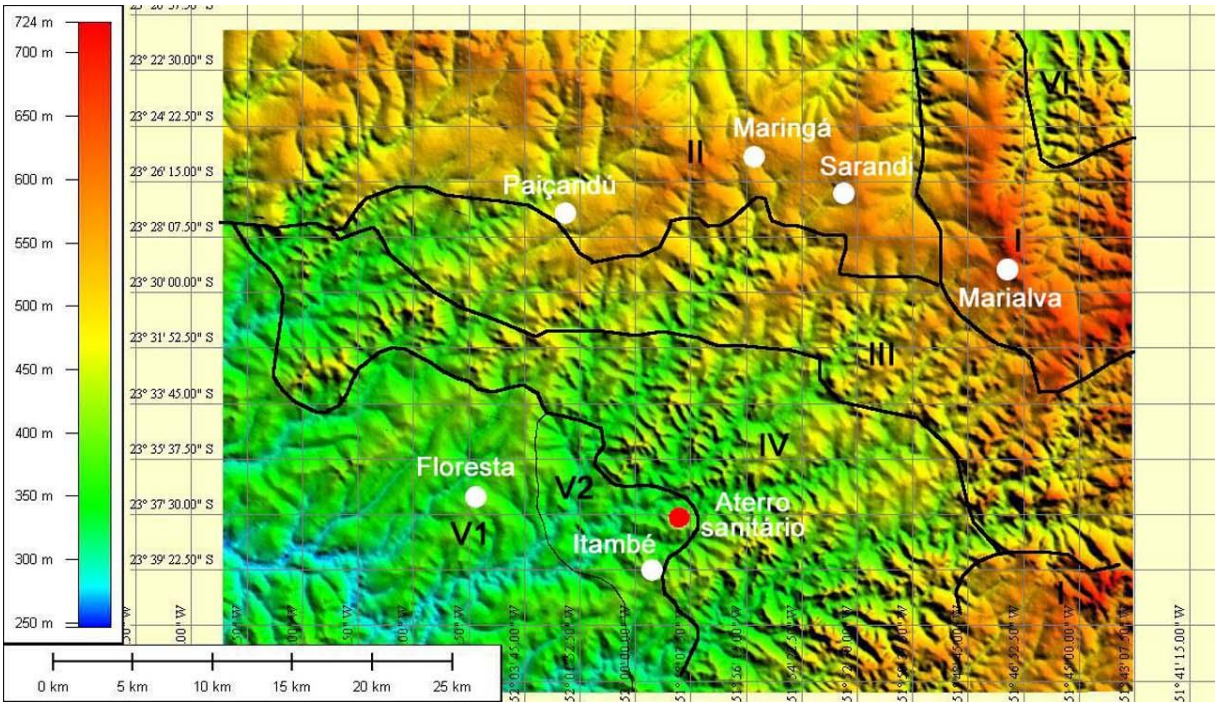


Figura nº.42: Mapa hipsométrico e de compartimentação geomorfológica regional. Identifica-se nessa área a ocorrência de seis grandes compartimentos geomorfológicos: I, II, III, IV, V (1 e 2) e VI. A área do aterro sanitário (em vermelho) está inserida no subcompartimento V2 que ainda apresenta características de transição com o compartimento IV.

- o primeiro, denominado compartimento I, corresponde aos setores do interflúvio principal entre as bacias do rio Paranapanema, ao norte, e do rio Ivaí ao sul, com altitudes compreendidas entre 600 e 700m, caracterizados por uma morfologia de colinas médias a pequenas, com topos convexos, mas relativamente estreitos, exibindo vertentes com rupturas de declives marcadas e com declividades moderadas a forte. A essa morfologia está associado um manto de alteração de espessura variável, mas que pode apresentar com relativa freqüência, em situação de topo, solos rasos e afloramentos de rocha. As manchas de solos espessos como o Latossolo Vermelho Férrico (antigo Latossolo Roxo) aparecem reduzidas, predominando ao longo das vertentes o Nitossolo Vermelho Férrico (antiga Terra Roxa Estruturada). A cidade de Mandaguari está localizada nesse compartimento, assim como parte da área urbana de Marialva;

- o segundo, designado como compartimento II, corresponde ainda ao divisor principal entre essas bacias hidrográficas, mas com altitudes mais baixas – entre 500 e 600m. Aqui os topos se apresentam geralmente convexos, mais largos e

com fracas declividades. Dominam as vertentes com formas convexo-retilíneas, recobertas por solos espessos muito evoluídos pedologicamente – os Latossolos Vermelhos Férricos –, de textura argilosa e muito porosos. O manto de alteração pode chegar, em posição de topo, a mais de 20m de espessura e o lençol freático geralmente ocorre a profundidades superiores a 15m. É nesse compartimento que estão situadas as sedes municipais de Sarandi e Maringá, e parte do sítio urbano de Marialva;

- o terceiro, compartimento III, corresponde a uma unidade intermediária entre os compartimentos de topo do interflúvio principal e os compartimentos mais baixos (IV e V) desenvolvidos às margens do rio Ivaí e dos setores correspondente aos médio-baixos e baixos cursos dos seus tributários. Este compartimento é caracterizado pela presença de esporões secundários, alongados e mais baixos, que partem do interflúvio principal. O conjunto se apresenta regionalmente como um nível de patamares, sustentado por níveis maciços e mais espessos de basalto, esculpidos pela drenagem dos córregos e ribeirões de primeira e segunda ordem (de acordo com a classificação de Strahler, 1964). Em função dessas condições aparecem destacados alguns setores mais elevados, sobressaindo na paisagem e no alinhamento geral dos topos – são os “cocurutos”, geralmente convexos onde os solos são mais rasos podendo ocorrer o afloramento de blocos de rocha. As vertentes, entretanto, se mantêm convexo-retilíneas, mais curtas que no compartimento anterior, com declividades moderadas a fracas, que podem se acentuar em setores de alta vertente e média-baixa e/ou baixa vertente. Nessas condições os solos que recobrem essas encostas são relativamente espessos, predominando o Nitossolo Vermelho Férrico que pode, entretanto, ser substituído pelo Cambissolo e até o Neossolo Litólico (solos mais rasos) nos setores de topo e aqueles de declividades mais fortes, com rupturas marcadas. O terreno para a implantação do Aterro Sanitário está localizado nesse compartimento se estendendo, como já foi referido, do topo até a base da vertente;

- o quarto, compartimento IV, se constitui também em um compartimento de transição, relacionado com a unidade III. Neste, a dissecação das vertentes é maior e os topos ficam mais baixos, mais reduzidos e estreitos. As declividades de um modo geral se acentuam nos segmentos de alta vertente, sendo comum a

ocorrência de solos rasos (Neossolos Litólicos e Cambissolos). Aparecem de forma bem marcada os patamares nos setores de alta e alta-média vertente. O vale, entretanto, fica mais aberto e os setores médios e baixos das vertentes geralmente são retilíneos, formando um plano inclinado mais suave, onde os solos voltam a se espessar. Estes segmentos inclinados de fracas declividades são entalhados pela drenagem de primeira ordem e começam a desenhar formas convexas suaves nesse plano;

- o quinto, compartimento V é a unidade mais baixa (altitudes inferiores a 500m), e está subdivido em V1 e V2. No subcompartimento V1 os restos dos topos estreitos e “cocurutos” já foram arrasados, os patamares apagados, voltando a apresentar uma morfologia de colinas amplas, com topos achatados, vertentes convexas e convexo-retilíneas longas. As declividades são fracas a muito fracas e os solos geralmente muito espessos. Os Latossolos Vermelhos Férricos, textura argilosa, porosos, recobrem os topos e a maior parte das vertentes. Apenas nos setores de baixa encosta, onde a declividade se acentua um pouco mais, ocorrem os Nitossolos Vermelhos. O subcompartimento V2, onde está inserida a área do empreendimento, se apresenta características de transição com o compartimento IV. Aqui ainda ocorrem pequenos “cocurutos rochosos” e rupturas acentuadas em algumas vertentes, esboçando patamares muito descontínuos. Entretanto, as vertentes longas e retilíneas recobertas por solos mais espessos (Latossolos e Nitossolos, predominando aqui estes últimos), características do compartimento V1, já aparecem bem desenvolvidas. Na área pesquisada os vales são dissimétricos o que acaba por contrapor, no mesmo interflúvio, vertentes longas, retilíneas, de muito fraca a fraca declividade, com vertentes curtas de declividade moderada a forte.

- o sexto, compartimento VI, pertence integralmente à bacia do rio Pirapó, afluente do Paranapanema, e apresenta uma evolução e dinâmica diferenciada dos compartimentos anteriores.

O modelo tridimensional do terreno da Figura n.º 43 e o perfil longitudinal (priorizando os topos dos interflúvios) da Figura n.º 44 evidenciam as relações espaciais entre esses compartimentos.

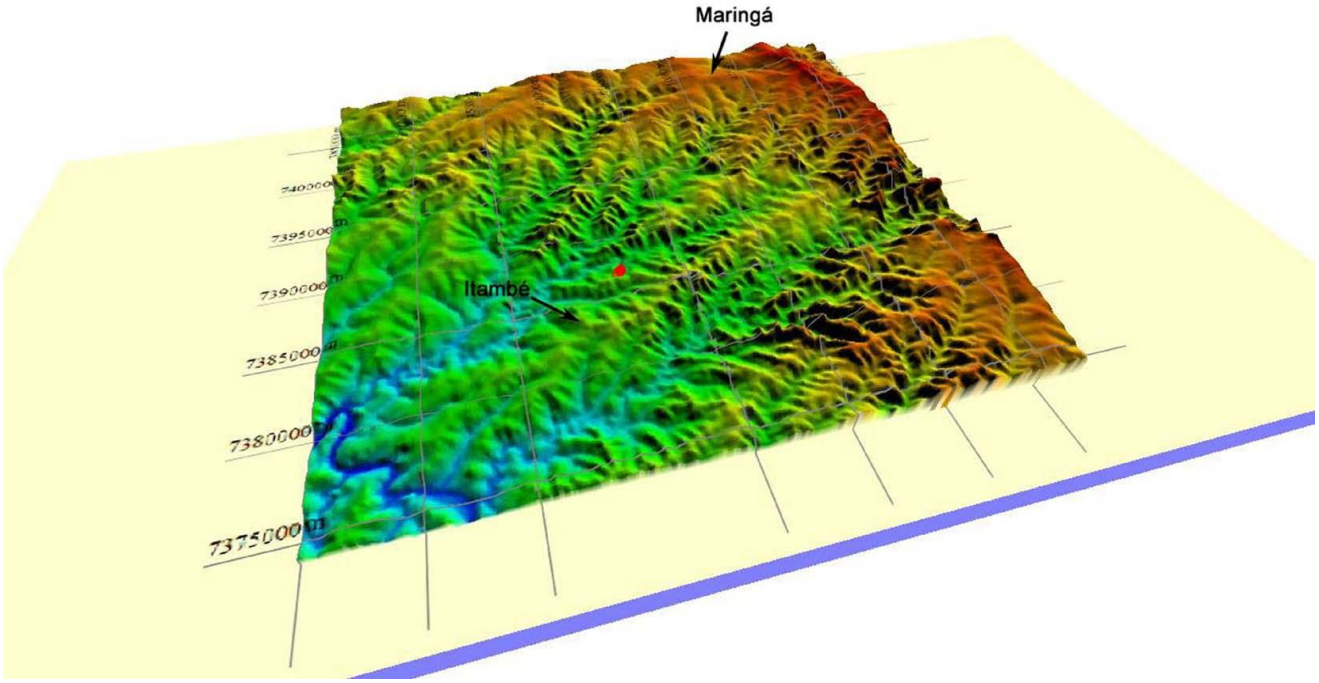


Figura n.º 43: Modelo tridimensional do terreno na escala regional. Localização do aterro sanitário (em vermelho) em subcompartimento de transição (compartimento V2).

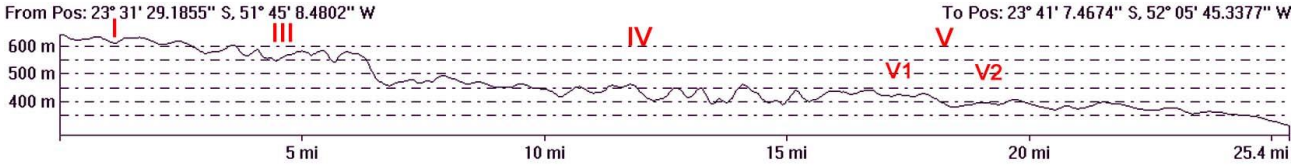


Figura nº.44: Perfil longitudinal regional. Nesse perfil é possível observar a posição relativa que cada compartimento ocupa em relação aos seus vizinhos e a morfologia que apresentam. A área do empreendimento está localizada no compartimento V, subcompartimento V1.

A análise na escala local privilegiou os aspectos relativos à morfologia, declividade e classificação do relevo, de acordo com os critérios da EMBRAPA (2006).

O terreno do empreendimento, como já foi visto, em uma vertente multifacetada do vale do ribeirão Marialva, sendo localmente entalhada por tributários de primeira ordem. Os entalhes desses pequenos afluentes geram, nesse

compartimento, vales com vertentes dissimétricas, contrapondo vertentes curtas de um lado do divisor de águas e vertentes mais longas e de declividades mais fracas de outro, além dos segmentos que drenam diretamente para o próprio ribeirão Marialva. Essas feições morfológicas do relevo implicam na ocorrência de diferentes setores (já apresentados na Figura n.º 32) na área do aterro sanitário, que se distinguem entre si pela dinâmica dos processos e, principalmente, pelos produtos gerados (formas e materiais). Implicam, também, no estabelecimento de diferentes direções de fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais na área do aterro que, juntamente com os outros atributos (materiais e formas) vão se refletir em potencialidades e/ou vulnerabilidades às determinadas formas de uso e ocupação . Na Figura n.º 45, além da indicação da morfologia e da delimitação dos setores identificados na área, estão representadas as direções dos principais fluxos hídricos superficiais. O setor de topo funciona como divisor desses fluxos.

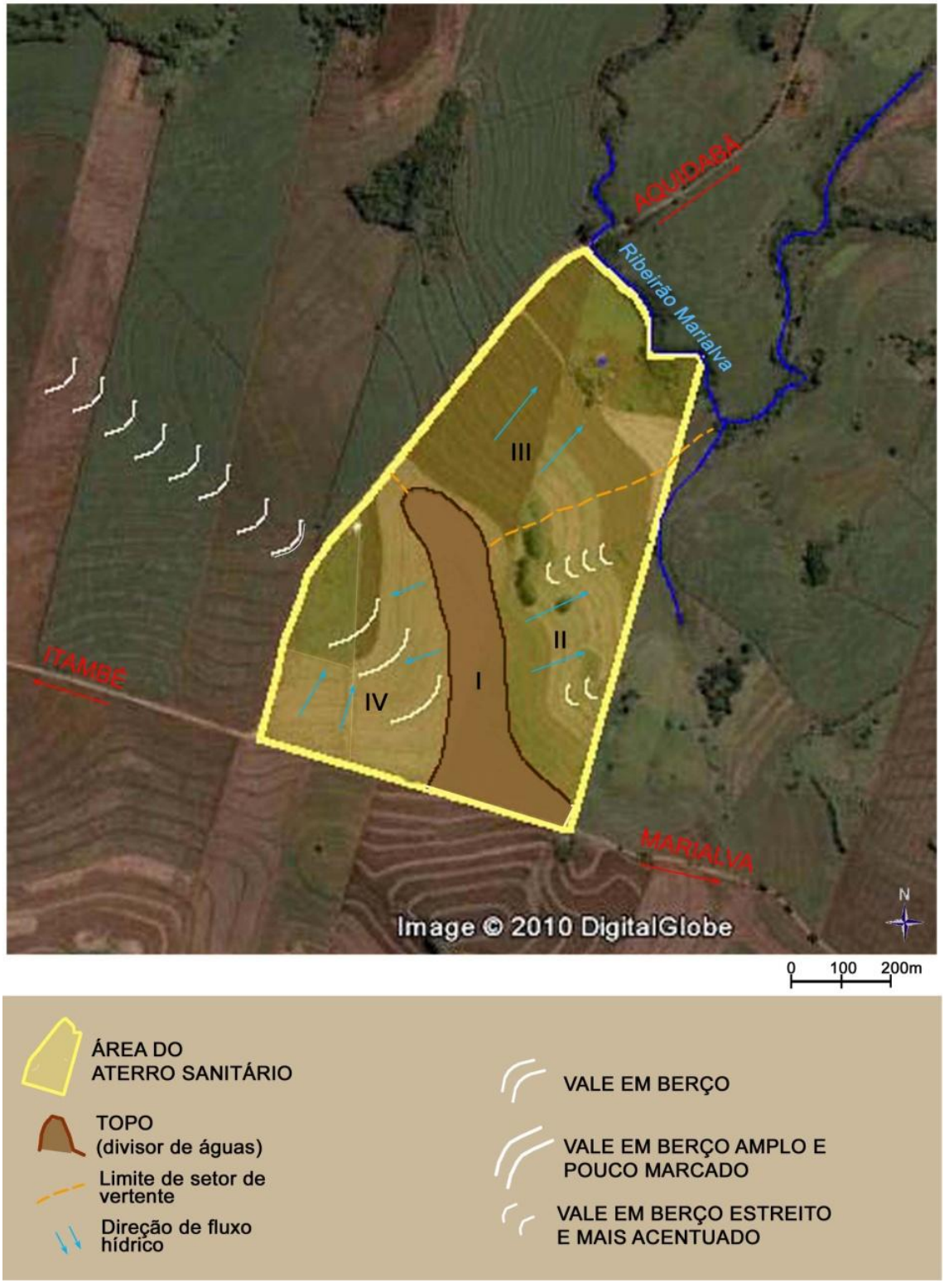


Figura nº.45: Limites dos setores, aspectos morfológicos e principais direções de fluxos hídricos superficiais.

O modelo tridimensional do terreno na escala local (Figura n.º 45), facilita o entendimento dessas características morfológicas da área.

Observa-se no modelo tridimensional (Figura n.º 46) que a área do aterro apresenta as características do subcompartimento V2, alternando vertentes curtas de declividades médias e vertentes longas com declividades variando de muito fraca a moderada (média).

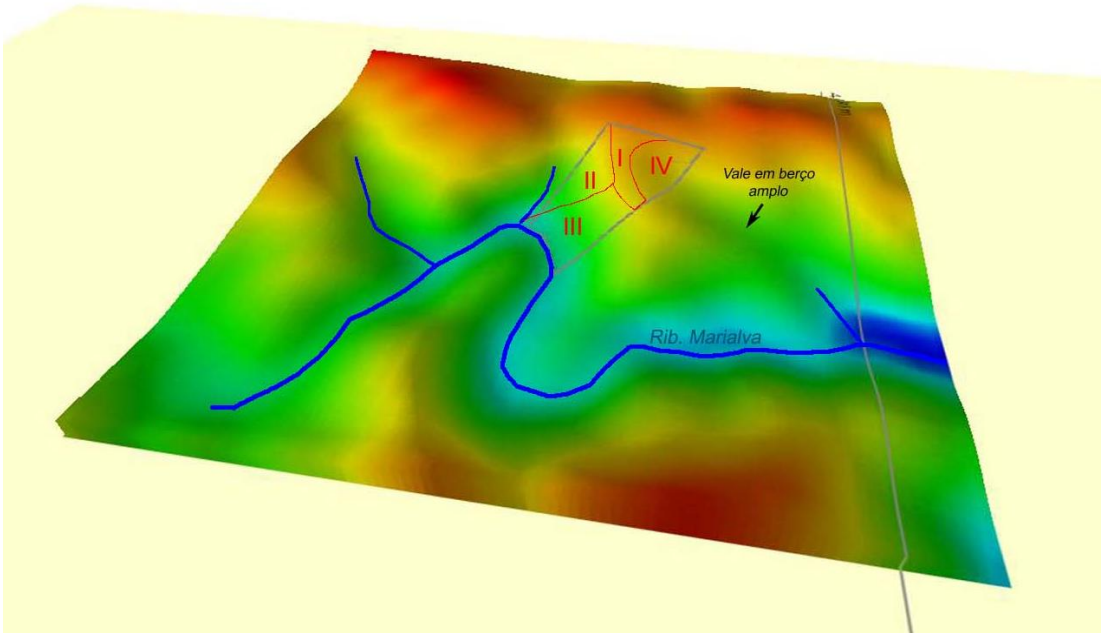


Figura nº.46: Modelo tridimensional do terreno, detalhe da situação da área do aterro sanitário e do seu entorno imediato. Distribuição e posição dos setores locais identificados (I, II, III e IV).

A Figura n.º 47 apresenta a classificação do relevo a partir das características de declividade do terreno (critérios da EMBRAPA). Como pode ser constatado pelo mapa de classes de relevo (Figura n.º 47), aproximadamente a metade da área está compreendida na classe de relevo suave ondulado, um pouco menos da metade corresponde à classe de relevo ondulado e cerca de 10% se enquadra na classe de relevo plano. Por esses critérios o setor I (topo) apresenta relevo suave ondulado e plano e o setor IV é todo suave ondulado (Figura n.º 48). O setor II é predominantemente ondulado (Figura n.º 49) enquanto que o setor III se apresenta ondulado nas posições de alta a média encosta e suave ondulado no terço inferior (Figuras n.º 50 e 51) com alguns locais de relevo plano junto às margens do ribeirão Marialva.

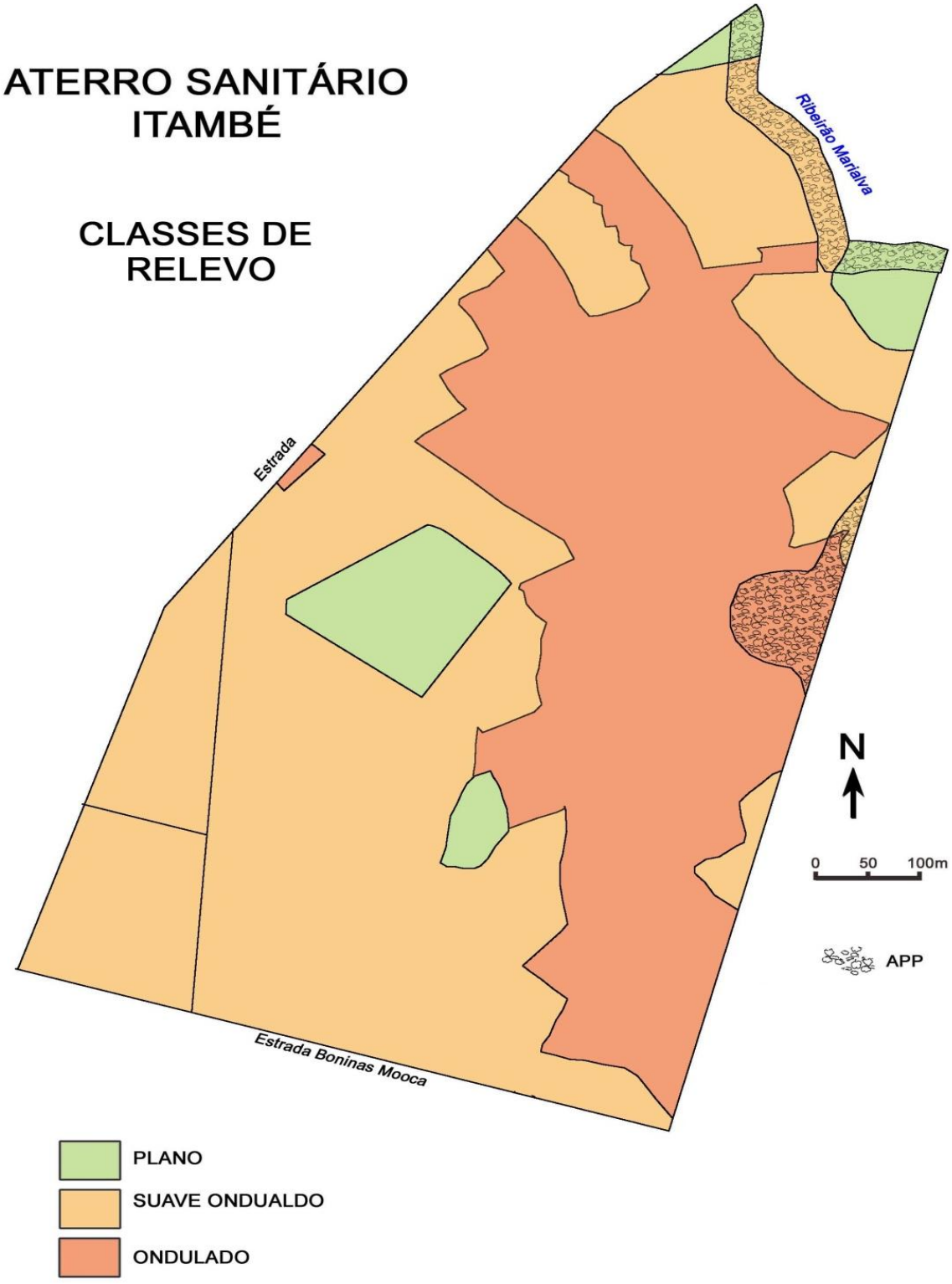


Figura nº.47: Mapa de classificação do relevo da área de implantação do Aterro Sanitário – Classificação da EMBRAPA (2006).



Figura nº.48: Aspecto do relevo nos setores I e IV (a partir do centro para a esquerda da foto, onde se observa a ligeira concavidade do vale em berço).



Figura nº.49: Aspecto geral do setor II. No plano central observa-se as vertentes do setor II, recobertas por solos rasos e superficialmente pedregosos, atualmente ocupada com cultura de cana de açúcar, que se inclinam em direção a um pequeno tributário (1ª ordem). No canto noroeste da foto observa-se o fundo de vale do ribeirão Maringá e os segmentos de baixa vertente do setor III recobertos por culturas de milho.



Figura nº.50: Aspecto das vertentes do setor III vistas de jusante para montante – relevo classificado como ondulado pelos critérios da Embrapa.



Figura nº.51: Aspecto dos segmentos de média e baixa vertente no setor III (vista de montante para jusante), tendo ao fundo o ribeirão Marialva. Nesses segmentos o relevo é classificado como suave ondulado com zonas planas junto ao ribeirão.

2.3.6 - As alterações antropogênicas

A área do aterro sanitário está atualmente ocupada com culturas anuais (soja, milho e/ou trigo e cana de açúcar), cujo manejo é feito com o emprego de plantio direto em curvas de nível. Apenas em alguns trechos, fora da Área de Preservação Permanente, no setor II, ocorrem manchas de vegetação arbórea. São nessas áreas que afloram blocos rochosos (Figura n.º 52). Junto ao ribeirão Marialva ocorre uma faixa de vegetação ciliar.



Figura nº.52: Ocorrência de blocos de rocha em superfície junto às áreas com vegetação arbórea. Aqui se observa a cultura de cana de açúcar sobre os solos rasos (Neossolos Litólicos e/ou Regolíticos), avançando até a área de afloramento de blocos rochosos, muito vulnerável à erosão hídrica.

É importante destacar a condição da superfície uma vez que vários impactos já estão instalados em função dessa ocupação, como por exemplo: processos erosivos; perdas de solo; compactação do solo pela passagem dos maquinários agrícolas; alteração da morfologia da vertente com a criação de curvas de nível; condicionamento de fluxos hídricos de superfície em função dessas

modificações. Os solos de textura argilosa, como é o caso dos Latossolos e Nitossolos que ocorrem na área, são menos sensíveis a erosão hídrica, quando associados a relevo plano ou suave ondulado, entretanto, a suscetibilidade a erosão hídrica aumenta quando associados a relevo ondulado e, notadamente, sobre solos rasos (Neossolos), como o observado nas Figuras n.º 53 e 54.



Figura nº.53: Processos erosivos – sulcos – desencadeados pelo escoamento hídrico superficial ao longo de carreador, em área de relevo ondulado (setor II) recoberto por solos rasos (Neossolo Litólico e/ou Regolítico).



Figura nº.54: Blocos de rocha em superfície destacados do solo por processos erosivos desencadeados pelo escoamento superficial difuso e em área de solos rasos (Neossolos).

Evidências de atuação de processos erosivos foram verificadas com maior freqüência nas vertentes do setor II (relevo ondulado), na área de ocorrência dos Neossolos. A ação do escoamento superficial difuso promove a concentração em superfície de blocos rochosos de diversos tamanhos, dando um aspecto pedregoso à superfície do solo (como observado na Figura n.º 54). As feições erosivas por escoamento concentrado foram identificadas principalmente ao longo de carreadores no setor II e na transição para o setor III, já sobre solos mais espessos (Nitossolos), mas ainda em área de relevo ondulado. Nessa situação (transição do setor II para o II), os sulcos evidenciam um material argiloso e compacto em subsuperfície (Figura n.º 55) o que retarda a infiltração da água e favorece o aumento do escoamento hídrico superficial. Em áreas de solo descoberto (sem vegetação), como ocorre nos carreadores, e com a compactação do solo acentuada, o escoamento superficial aumenta ainda mais e se concentra produzindo erosão em sulcos (Figura n.º 56).



Figura nº.55: Aspecto do fundo dos sulcos em área de transição de Neossolos Regolíticos para Nitossolos.



Figura nº.56: Erosão em sulcos ao longo de carreador em área de Nitossolos (transição do setor II para o III).

2.4 - VULNERABILIDADE E POTENCIALIDADE DA ÁREA

Após a caracterização geomorfológica geral e local, procedeu-se a avaliação da suscetibilidade à erosão adotando-se os critérios propostos pela Embrapa (1988). Assim, com base na classificação do relevo e nos tipos de solos identificados na área foi elaborado um mapa de suscetibilidade a erosão (Figura n.º 57).

As unidades de mapeamento do levantamento de reconhecimento dos solos foram enquadradas nas classes de suscetibilidade à erosão: Nula, Ligeira, Moderada, Moderada/Forte, Forte e Muito Forte (Embrapa,1988), descritas a seguir:

- NULA (N) – Os solos não são praticamente suscetíveis à erosão. Quando usados para a agricultura a erosão é ausente na maioria da área. Predominam solos que tem boa permeabilidade, com relevo plano (0-3% de declividade). Quando os solos têm declividade mais próxima do limite máximo (3%), quando cultivados por dez a vinte anos, poderão apresentar erosão ligeira, cujo controle poderá ser feito com práticas simples de manejo;

- LIGEIRA (L) – Os solos são pouco suscetíveis à erosão. Se usados para agricultura a erosão é reconhecível por ligeiros fenômenos. O horizonte A original pode ter sido perdido na maioria da área se foi usada para a agricultura. São solos que geralmente apresentam declividades suaves (3 a 8%) e tem condições físicas favoráveis. No entanto, os Latossolos de textura argilosa ou muito argilosa, com declividades superiores a 20%, são incluídos no grau ligeiro;

- MODERADA (M) – Os solos são moderadamente suscetíveis à erosão. Se usados para a agricultura a erosão é reconhecível por fenômenos que são moderados no início e que se agravam rapidamente. Nesta classe os solos poderão ter textura argilosa, média e arenosa. Os declives podem ser suaves (3 a 8%) para os solos de textura média e arenosa, e até 20% (relevos ondulados) para solos com textura argilosa ou muito argilosa.

MODERADA/FORTE (M/F) – Os solos são muito suscetíveis à erosão. Logo que sua vegetação é removida manifestam-se sinais de erosão, que logo se agravam transformando-se em voçorocas. A textura dos solos é areia e arenosa/média e as classes de relevo são suave ondulado (3 a 8%) e ondulado (8 a 20%). A predominância da fração areia motivou a criação desse grau de limitação do uso do solo por suscetibilidade à erosão. Assemelha-se ao moderado, porque os solos têm as mesmas classes de relevo e ao grau forte pelos efeitos desastrosos, exigindo medidas de controle de erosão rigorosas;

FORTE (F) – Os solos são fortemente suscetíveis à erosão. Se usados para agricultura, a erosão é reconhecível por fenômenos fortes na maioria da área e os danos no solo são rápidos. Os solos nesta classe poderão ter textura argilosa ou muito argilosa, média e arenosa, mas a erosão estará condicionada ao relevo forte ondulado (20 a 45%). São excluídos os Latossolos de textura argilosa ou muito argilosa;

MUITO FORTE (MF) – Os solos são fortemente suscetíveis à erosão. Se usados para agricultura, estes solos serão destruídos em poucos anos. Os solos desta classe poderão ter textura argilosa ou muito argilosa, média, siltosa e arenosa. Os relevos são montanhosos (45 a 75%) e escarpados (75 a 100%) ou apenas declividades acima de 45%. São excluídos desta classe Latossolos de textura argilosa ou muito argilosa.

Na área do aterro sanitário não ocorre à classe de suscetibilidade Muito Forte. O setor II apresenta, de acordo com o mapa (Figura n.º 57), predominância da classe de suscetibilidade Forte e, secundariamente Moderada/Forte. É nesse setor que se verifica a maior incidência de processos erosivos de origem hídrica. No setor III o grau dominante é o Moderado, enquanto que nos setores I e IV prevalecem condições de suscetibilidade a erosão Ligeira, ocorrendo apenas no topo (setor I), a condição Nula.

As observações realizadas em campo mostram que os graus de suscetibilidade a erosão deduzidos pela aplicação dos critérios da Embrapa são coerentes com as condições aí verificadas. Para facilitar a compreensão das relações envolvidas pelas diferentes classes de suscetibilidades e a sua manifestação na área do aterro, reapresentamos aqui os perfis geo-pedológicos incorporando essas classes (Figuras n.º 58, 59 e 60).

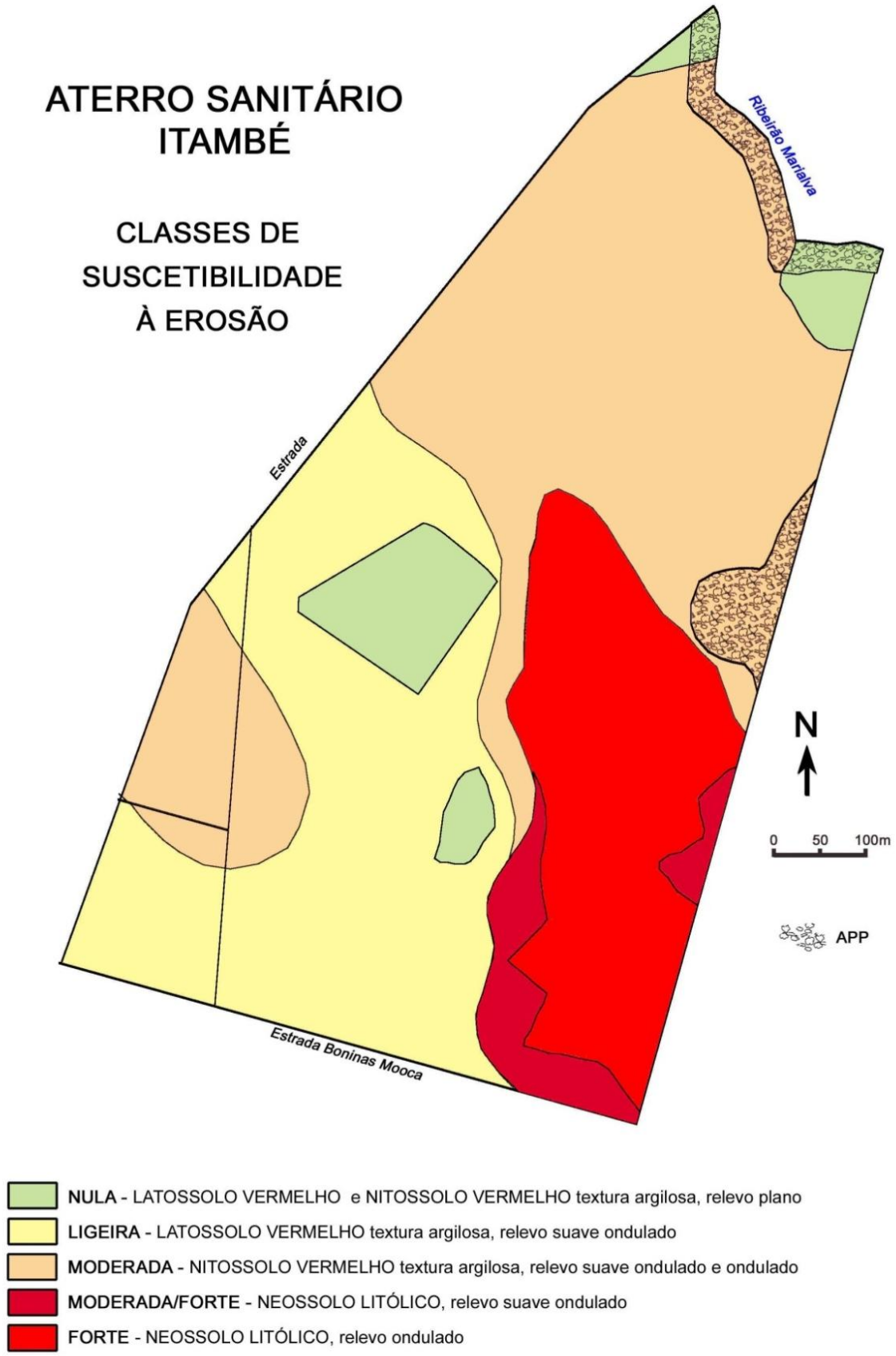


Figura nº.57: Mapa de classes de suscetibilidade à erosão na área do aterro sanitário.

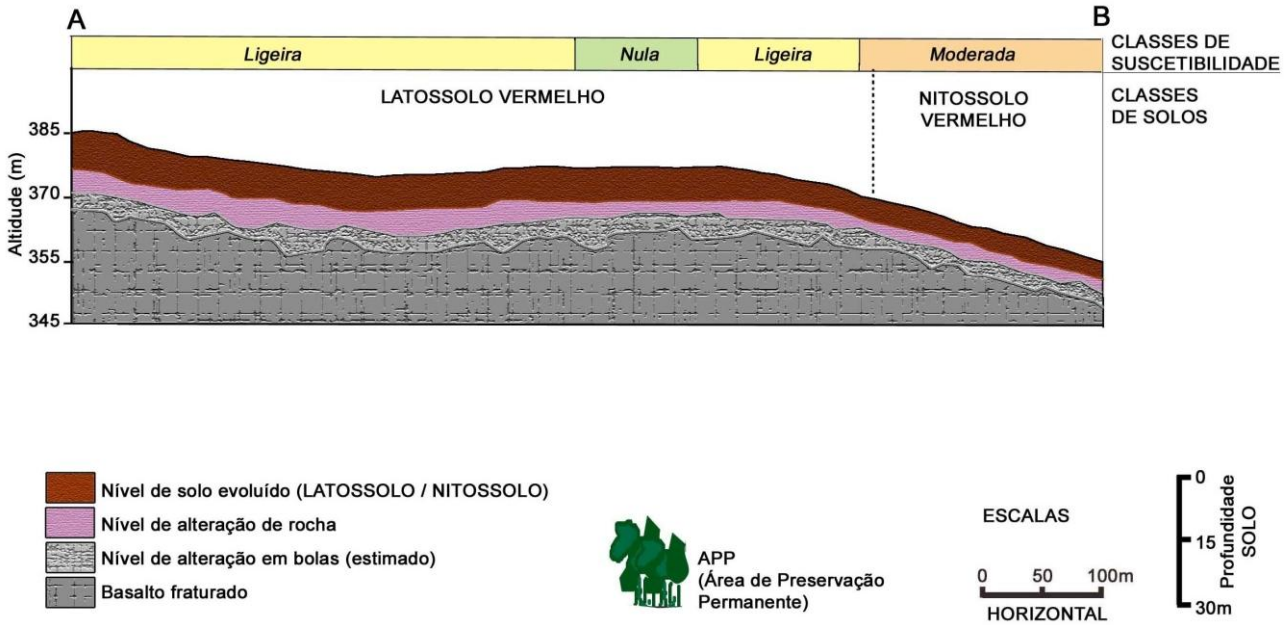


Figura nº.58: O Perfil A-B cruza parcialmente os setores I,IV (setor ligeiramente côncavo do vale em berço amplo) e III.

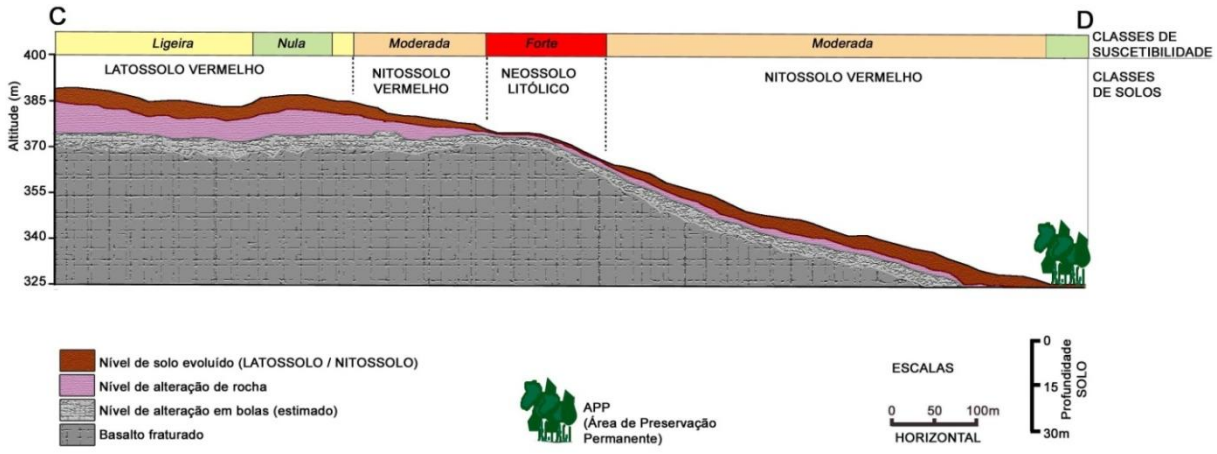


Figura nº.59: Perfil C-D – cruza o setor I, parte do setor II e todo o setor III.

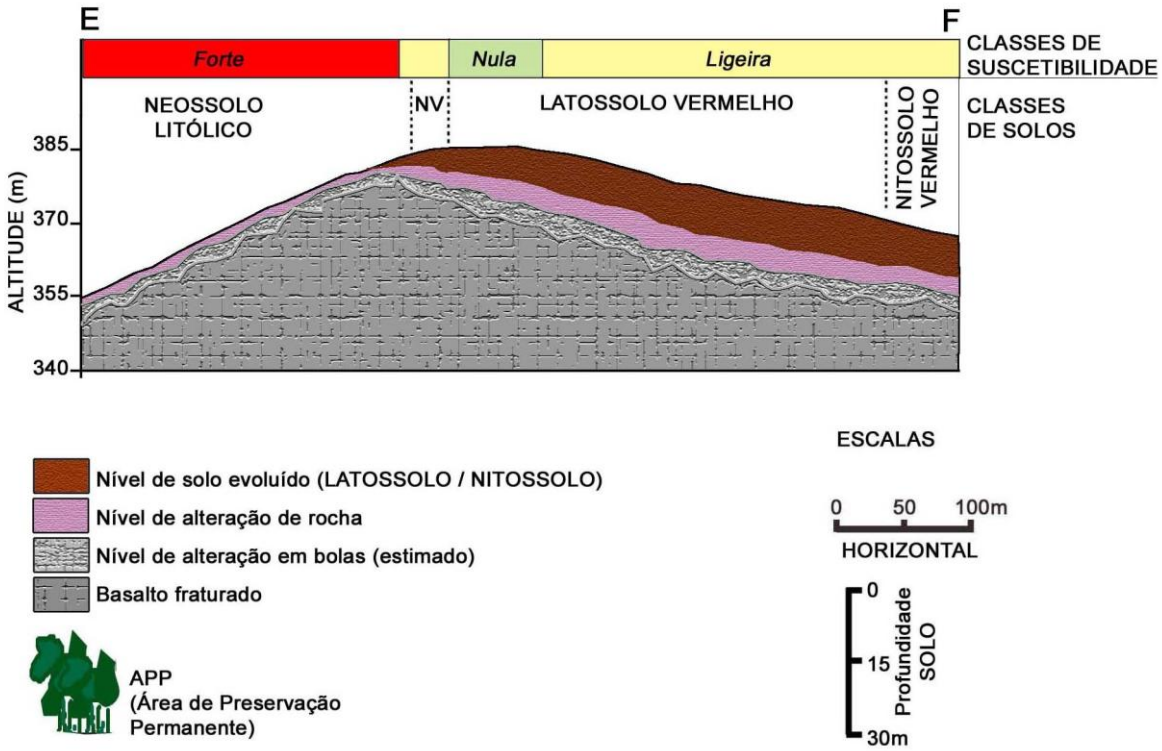


Figura nº.60: Perfil E-F – cruza as vertentes curtas do setor II e as longas do setor IV, passando pelo topo (setor I).

As observações realizadas em campo e em imagens de satélite e nos diversos mapas temáticos elaborados, associadas aos dados obtidos em sondagens, possibilitaram a elaboração de um mapa esquemático avaliando as potencialidades ou aptidão geotécnica para a implantação de aterro sanitário (Figura n.º 60). Foram identificadas as seguintes classes:

- Classe Apta - favorável ou recomendável sem restrições para a implantação o aterro

É constituída por Latossolos Vermelhos nitossólico com declividades menores que 8%, suscetibilidade à erosão nula a ligeira, espessura do solo superior a 8m apresentando permeabilidade muito lenta e lençol freático em média a 13m de profundidade;

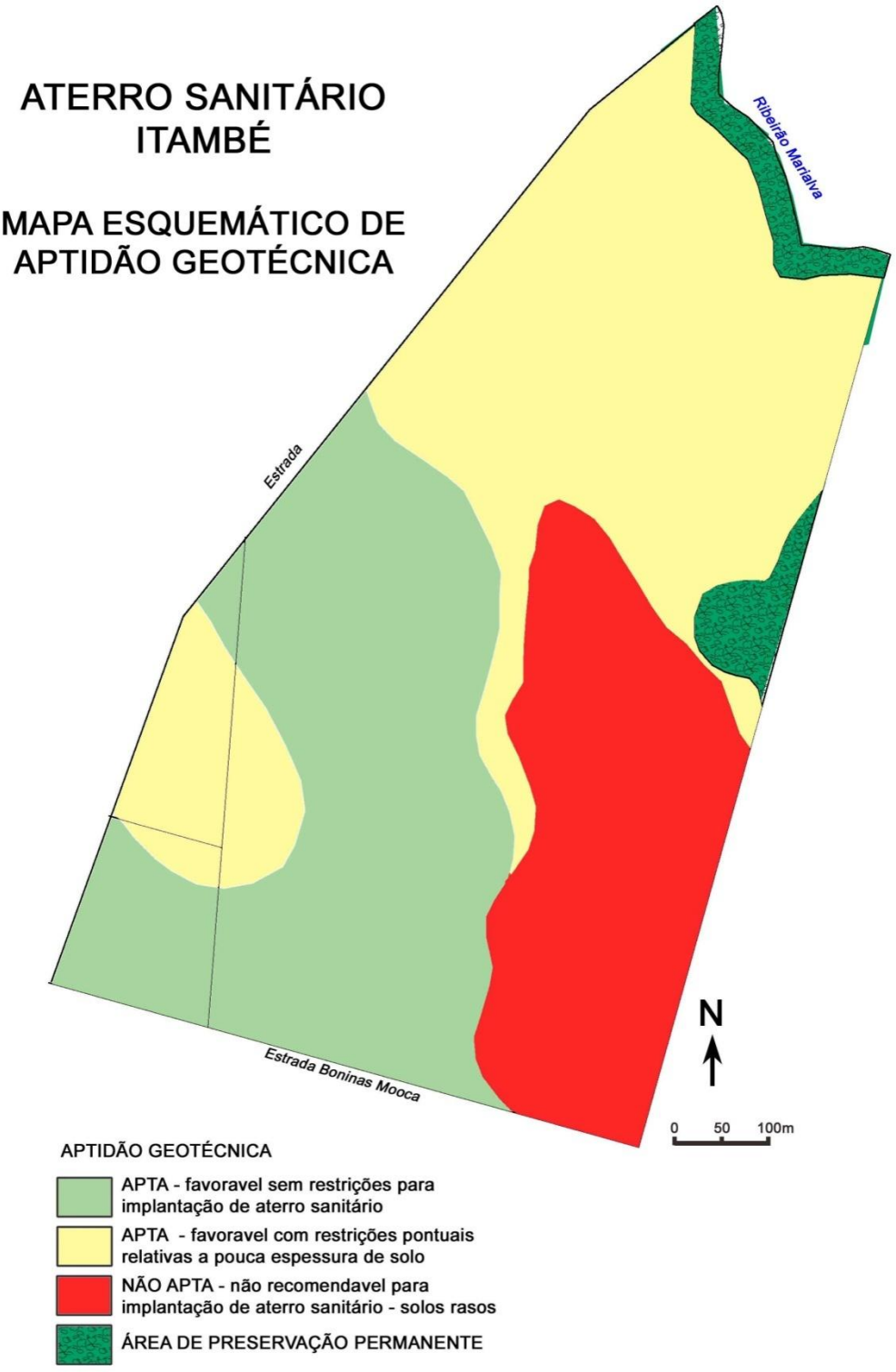


Figura nº.61: Mapa esquemático de aptidão geotécnica PA implantação de aterro sanitário.

Classe Apta – favorável com restrições pontuais

É constituída por Nitossolos Vermelhos eutroférricos com declividades variando de 3 a 20%, suscetibilidade à erosão moderada a nula, espessura do solo entre 3 a 5m apresentando permeabilidade muito lenta e lençol freático em média a 11m de profundidade. As restrições podem ocorrer em função de redução local da espessura do solo;

Classe Não Apta - não recomendável para a implantação o aterro

É constituída por Neossolos Litólicos e afloramentos rochosos com declividades variando de 8 a 20%, suscetibilidade à erosão moderada/forte a forte, espessura do solo inferior a 0,5m apresentando permeabilidade muito lenta e lençol freático em média a 1,5m de profundidade podendo aflorar em períodos chuvosos.

O conjunto de dados levantados e analisados indicam de forma clara que a área proposta para a implantação do aterro sanitário de Itambé é compartimentada em três diferentes setores. Cada setor apresenta propriedades geotécnicas particulares o que resulta em potencialidades e vulnerabilidades distintas em face ao uso e ocupação, sobretudo no caso de implantação de aterro sanitário.

O setor II se apresenta como o mais vulnerável e não apto para receber o empreendimento. Os solos rasos associados ao afloramento localizado de rochas implicam, ainda, na ocorrência de lençol freático mais próximo da superfície e eventualmente aflorante em alguns pontos em períodos muito chuvosos. Essas características físicas do setor não são adequadas à construção do aterro, que envolve cortes de terreno e necessidade de material (solo) para recobrimento. Entretanto, considerando-se a disponibilidade desse espaço, ele pode ser recomendado para o desenvolvimento de atividades e ações mitigadoras dos impactos ambientais relacionados a implantação de aterros sanitários. As áreas de preservação ambiental podem ser aí estendidas, assim como a criação de viveiros de mudas de espécies vegetais nativas, que podem dar suporte a programas de educação ambiental em colaboração com o município de Itambé e outros do entorno.

No setor de topo propriamente, apesar de ocorrer solos mais espessos pode, eventualmente, junto às rupturas de declividade (passagem da área mais

plana para o início do segmento de alta vertente, que envolve aumento de declividade) sofrer uma redução localizada dessa espessura. Assim, essa área, é mais recomendável para a ocupação com as unidades construtivas de apoio ao funcionando do aterro sanitário.

No setor IV as condições físicas (declividades muito fracas) observadas indicam a ocorrência de solos mais espessos e mais evoluídos, o que favorece a instalação do aterro propriamente. Contudo, deve-se ressaltar o efeito da morfologia, o vale amplo em berço, que atrai para o seu eixo os fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais. Dada a amplitude da concavidade observada e da espessura dos solos, o nível freático deve ainda se manter mais profundo. Essa avaliação é sustentada pela grande distância da nascente a jusante desse setor e, ainda, pela ausência de indícios de locais superficialmente mais úmidos ao longo do eixo do vale em berço, mesmo muito a jusante da área destinada ao aterro. Esta situação deve ser avaliada para o projeto e desenvolvimento do sistema de drenagem da área do aterro e do seu entorno.

No setor III, apesar do aumento das declividades das vertentes, mas que não ultrapassam 10%, os solos ainda são espessos, relativamente menos do que no compartimento IV, e o nível freático é profundo, como atesta o nível d'água verificado em poço cacimba situado na média vertente (15 m de profundidade até a lâmina d'água). Como a vertente se apresenta retilínea sem ocorrência de vales em berço ou outras feições morfológicas, é possível supor que não haja variação significativa para a profundidade do lençol freático. Assim, essa área também está apta a receber o aterro sanitário, ressalvando-se, contudo, a possibilidade de redução local da espessura do solo nos setores de alta vertente e passagem para o topo, onde ocorre um incremento de declividade.

Na porção central da vertente, junto à divisa esquerda, a espessura do manto apresenta-se irregular, mostrando um ponto mais raso (2,1m) entre pontos mais espessos (5,7m). Esse ponto pode corresponder à presença de blocos maiores de rocha imersos no material de alteração, impedindo o avanço das sondagens.

Na implantação do aterro, a possível exposição do nível de alteração de rocha na terraplanagem pode gerar uma superfície potencialmente mais frágil e vulnerável aos processos erosivos por escoamento pluvial difuso e/ou concentrado.

A exposição do nível de alteração de rocha na base de cortes, dependendo da espessura descoberta, pode implicar em um aumento de risco a instabilidade dos taludes. Quando estes são integralmente executados no solo pedologicamente evoluído a estabilidade tende a ser maior, respeitando-se os ângulos de corte adequados a cada situação.

As sondagens a trado e SPT não atingiram o nível freático nos setores I, III e IV, o que permite concluir que ao longo dessas vertentes esse nível está no mínimo abaixo de 6m de profundidade. Nessas condições é possível a execução de fossas sépticas na área. O nível freático deve se encontrar em profundidade, provavelmente no contato com a rocha sã e/ou acumulado nas suas fraturas. Entretanto, deve-se ressaltar, dada a natureza do empreendimento e dos subprodutos gerados, que os cortes necessários para a obra vão reduzir a espessura do manto de alteração no local. Isto significa que o papel de filtro que o solo (solo+nível de alteração) normalmente exerce, depurando a água de infiltração até atingir o nível freático, vai ser reduzido, aumentando o risco de contaminação da água subterrânea. A mitigação para esse aumento de risco é a realização de um sistema de drenagem de água pluvial adequado ao volume e intensidade dos fluxos que serão gerados sob as novas condições do terreno, assim como a criação de um sistema de coleta e tratamento dos sub-produtos do aterro eficiente e seguro.

2.4.1 - Referências Bibliográficas

AB'SABER, A. N. "Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário", São Paulo, IGEOG USP, ***Geomorfologia 18***, 1969, 20p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento: normas em uso pelo SNLCS**. Rio de Janeiro, 1988. 68p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 11).

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª. Ed., Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006, 306p.

GONÇALVES, N.M.M. Transformações mineralógicas e estruturais relacionadas à alteração hidrotermal e intempérica de rochas vulcânicas básicas da Bacia do Paraná Setentrional (Região de Ribeirão Preto - SP, Brasil). São Paulo, 1987, 212p. (Tese de Dout., IGUSP, Inédita).

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 2ª. Ed. Rio de Janeiro, IBGE, 2007, 323p.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro. Livraria José Olimpio, 1968.

PINESE, J.P.P.: NARDY, A.J.R. Contexto geológico da Formação Serra Geral no Terceiro Planalto Paranaense. In: I Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense, Maringá, UEM, **Anais**, 2003 (CD-Rom).

MONTEIRO, C.A.F. **Geossistemas: a história de uma procura**. 2 Ed., São Paulo. Contexto, 2001, 127p.

STRAHLER, A. N. Quantitative geomorphology of drenaige basins and channel networks. In: CHOW, Ven te – **Handbook of Applied Hidrology**. New York, McGraw-Hill Book, 1964

ANEXOS

1. Análise granulométrica
2. Limite de liquidez e plasticidade
3. Ensaios de compactação
4. Teor de umidade do solo
5. Ensaios de permeabilidade
6. Sondagens a percussão (S.P.T.)

1. Análise granulométrica

2 Limite de liquidez e plasticidade

3 Ensaios de compactação

4 Teor de umidade do solo

5 Ensaios de permeabilidade

6 Sondagens a percussão (S.P.T.)