

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – CURSO DE MESTRADO**

**EDIMARA LUCIA RUPOLO**

**AS PROPRIEDADES DO SOLO E O DESMORONAMENTO DE FOSSAS**  
**EM MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR**

**MARINGÁ - PR**

**2008**

**EDIMARA LUCIA RUPOLO**

**AS PROPRIEDADES DO SOLO E O DESMORONAMENTO DE FOSSAS  
EM MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, “Mestrado”, área de concentração: Análise Regional e Ambiental, do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Nelson V. L. Gasparetto  
Co-orientador: Prof. Dr. José Edézio da Cunha

**MARINGÁ - PR**

**2008**

Dedico a meus pais:  
Ercolino Rupolo (*in memoriam*)  
Salete Frizon Rupolo  
e a Douglas Rupolo Gomes

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Nelson V. L. Gasparetto, pela orientação, amizade e paciência durante a realização deste trabalho.

Aos professores Dr. Generoso de Angelis Neto, Dr. Paulo Nakashima e Valcir Carpenedo pelas contribuições no exame de qualificação e defesa pública.

Demais professores da Universidade Estadual de Maringá (UEM) que contribuíram nos estudos.

Aos professores da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) em especial ao Prof. Dr. José Edézio da Cunha, pela co-orientação; à Prof<sup>a</sup>. Lia Dorotéa Pfluck pela motivação e oportunidade na iniciação científica; ao Prof. Oscar Vicente Quiñonez, pela orientação na especialização.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UEM, em especial às secretárias Cida e Miriam.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos, a qual auxiliou na realização da pesquisa.

À Prefeitura Municipal de Marechal Cândido Rondon, que disponibilizou material para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos proprietários dos terrenos usados na pesquisa.

Ao Prof. Dr. Ervim Lenzi e aos técnicos Dirceu Galli e Sandra Adriana Ricardo de Melo do laboratório de Agroquímica e Meio Ambiente da UEM, pela auxílio nas análises químicas do solo e suporte durante a pesquisa.

Ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA) por disponibilizar seus laboratórios e equipamentos. A todos os professores, funcionários e demais colegas que integram do grupo GEMA pelas contribuições e auxílio prestado nas dificuldades.

À técnica Maria de Moraes pelo apoio, paciência, ensinamentos e contribuições no desenvolvimento dos ensaios em laboratório, e à Dona Maria pelo carinho e zelo.

Aos amigos do GEMA: Fabiana, Rafaela, Alan, Vladimir, Marta, Erickson, Édipo, Vanessa, Vinicius, Eduardo, Ismar, Edinéia, Diego, Priscila, José Arenas (Pepe).

Às colegas de turma Edelaine, Maria Helena, Patrícia.

Aos amigos do oeste paranaense: Diane, Cristina, Rodrigo, Eder, Neiva, Juliana, Sandra, Lisangela, Graciele, Carlos Sander, Maristela, Jiani, Fernando e Guilherme.

Às colegas de república: Solange, Elídia, Rosecler, Silvia, Poliana, Franciele.

Entre outros amigos que esqueci de colocar nesta página, mas que também são importantes e compartilham desta conquista.

À Douglas Rupolo Gomes pela compreensão, paciência, companheirismo, incentivo, carinho e amor.

Aos meus pais, Ercolino Rupolo (*in memoriam*) e Salete Frizon Rupolo, pelas lições de humildade, persistência e responsabilidade.

Às minhas irmãs, Evandra e Elisangela, e a toda minha família pelo incentivo em toda caminhada.

Meu especial agradecimento a todas as pessoas que confiaram e contribuíram em meus estudos.

À DEUS.

## RESUMO

O conhecimento das características físico-hídricas e mecânicas da cobertura pedológica pode auxiliar para o entendimento e comportamento do meio físico. O comportamento dos materiais pedológicos pode interferir de maneira significativa no desencadeamento de vários processos, que degradam o meio físico, gerando custos tanto ao poder público como para a comunidade em geral. Na cidade de Marechal Cândido Rondon/PR tem ocorrido o abatimento de fossas negras, que abrigam os esgotos domésticos, uma vez que a rede de esgoto não cobre toda a malha urbana. Esta pesquisa procurou verificar a relação entre as propriedades do solo e o desmoronamento de fossas em Marechal Cândido Rondon. Para alcançar tal objetivo foram realizadas nove sondagens e a abertura de três trincheiras em uma vertente representativa da topografia da malha urbana da cidade. As amostras analisadas mostraram que os solos são bem evoluídos. Foi identificado um Latossolo Vermelho Eutroférico na média alta vertente, um Latossolo Vermelho Eutroférico no terço inferior e um Cambissolo Háptico Eutroférico no sopé da vertente. Esses solos apresentaram alta porosidade, textura argilosa a muito argilosa, elevada saturação em bases, baixa capacidade de troca catiônica, boa capacidade de absorção dos efluentes líquidos e predominância de alto índice de erodibilidade nos horizontes com estrutura microagregada. As propriedades do solo identificadas mostraram uma fragilidade no horizonte Bw, que juntamente com a forma de uso do solo são as responsáveis pelo desmoronamento das fossas negras.

Palavras-chave: propriedades pedológicas, ocupação urbana, saneamento urbano.

## ABSTRACT

The knowledge of the physic-hidrics and mechanical characteristics of the pedological covering can help the understanding and behaviour of the physical environment. The behaviour of the pedologic material can interfere significantly in the developing of various processes that diminish the physical environment and generates cost either to the public power and the community in general. In the city of Marechal Candido Rondon/PR, the reduction of the black pits, that retain the domestic sewers, has been done since the sewerage system doesn't collect the whole urban mesh. This study aims to verify the relationship between the soil properties and the sewage collapse in Marechal Candido Rondon, where nine surveys were done as well as the opening of three trenches in a representative slope of the urban mesh topography of the city. The analyzed samples showed that the soils are well developed. A red Eutroferic Latosol was identified in the average high slope, and another one in the inferior third and a Cambisol Haplic Eutroferic in the base of the slope. Those soils are highly porosity of argillaceous texture to high argillaceous with a high saturation in the basis, a low capacity of cationic change and good absorption capacity of the liquid effluents and predominance of high index of erodibility in the horizons with a microaggregate structure. The properties of the soil identified they showed a fragility in the horizon Bw, that together with the form of use of the soil they aren't responsible for the black pit's collapse.

Key-words: pedologic properties, urban occupation, urban sanitation.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Localização da área em estudo, Marechal Cândido Rondon, PR.....	16
FIGURA 2	Gráfico de expansão urbana de Marechal Cândido Rondon, PR.....	19
FIGURA 3	Expansão urbana de Marechal Cândido Rondon, PR.....	20
FIGURA 4	Planta inicial da cidade e seus avanços sobre os diferentes tipos de solos do município.....	21
FIGURA 5	Pluviosidade média anual de Marechal Cândido Rondon, PR (1965-2006).....	23
FIGURA 6	Precipitação média mensal de Marechal Cândido Rondon, PR (1965-2006).....	23
FIGURA 7	Compartimentação do município de Marechal Cândido Rondon em unidades de paisagem.....	24
FIGURA 8	Principais rios da área urbana em Marechal Cândido Rondon, PR.....	26
FIGURA 9	Fotografias com os tipos de fossas predominantes na cidade.....	33
FIGURA 10	Seqüência de solos para amostragem: trecho superior do córrego Guavirá - Marechal Cândido Rondon, PR.....	40
FIGURA 11	Perfil topográfico da seqüência .....	42
FIGURA 12	Croqui das trincheiras com demonstração dos pontos de coleta.....	42
FIGURA 13	Cava para determinação do coeficiente de infiltração.....	46
FIGURA 14	Fotos do ensaio de índice de erodibilidade.....	48
FIGURA 15	Visualização da vertente estudada e o local dos perfis de solo analisados..	51
FIGURA 16	Evidência o Latossolo Vermelho Eutroférico situado na média alta vertente.....	52
FIGURA 17	Evidência o Latossolo Vermelho Eutroférico situado no terço inferior da vertente.....	54
FIGURA 18	Evidência o Cambissolo Háplico Eutroférico situado na baixa vertente...	56
FIGURA 19	Gráficos com demonstração do comportamento das frações granulométricas nos perfis.....	58
FIGURA 20	Visualização do material que compõe a fração areia .....	60
FIGURA 21	Gráfico com demonstração do comportamento da argila natural nos perfis.....	61
FIGURA 22	Gráficos com visualização do comportamento da porosidade do solo nos	

	perfis.....	65
FIGURA 23	Gráficos de identificação de minerais secundários por difração de raio-x dos perfis I, II e III.....	70
FIGURA 24	Gráfico de coeficiente de percolação de água.....	71
FIGURA 25	Demonstração do índice de erodibilidade das amostras analisadas.....	74
FIGURA 26	Frequência de desabamentos de fossas por quadra: trecho superior do córrego Guavirá - Marechal Cândido Rondon, PR.....	79

## LISTA DE TABELAS E ANEXOS

TABELA 1	Evolução da população e redução de área de Marechal Cândido Rondon, PR.....	19
TABELA 2	Distâncias mínimas de fossas sépticas e valas de infiltração.....	39
TABELA 3	Visualização dos resultados das frações granulométricas, argila natural e a relação silte/argila dos perfis estudados .....	59
TABELA 4	Visualização dos resultados de densidade aparente, densidade de partícula e porosidade total.....	64
TABELA 5	Visualização dos resultados de matéria orgânica e pH.....	67
TABELA 6	Dados dos macronutrientes dos perfis I, II e III.....	68
TABELA 7	Capacidade de absorção do solo.....	71
TABELA 8	Possíveis faixas de variação de coeficiente de infiltração.....	72
TABELA 9	Determinação do índice de erodibilidade dos materiais.....	74
ANEXO 1	Tabela dos dados de precipitação pluviométrica (total mensal, máxima diária e total anual), período de 1965 à janeiro de 2006, Marechal Cândido Rondon - PR.....	91
ANEXO 2	Modelo de fossa e filtro anaeróbio disposto no plano diretor.....	92
ANEXO 3	Modelo de sumidouro.....	93
ANEXO 4	Tabela de leituras do ensaio de absorção de água.....	94

**LISTA DE SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
COPAGRIL	Cooperativa Agrícola Mista Rondon
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GEMA	Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MARIPÁ	Industrial Madeireira e Colonizadora Rio Paraná S. A
MUNSELL	<i>Munssel Soil Color Charts</i>
NBR	Norma Técnica
OMS	Organização Mundial da Saúde
PCZ	Ponto de Carga Zero
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
SAAE	Sistema Autônomo de Água e Esgoto
SUREHMA	Superintendência dos Recursos Hídricos e do Meio Ambiente
TFSA	Terra Fresca Seca ao Ar
UEM	Universidade Estadual de Maringá
UNIOESTE	Universidade Estadual do Oeste do Paraná

## SUMÁRIO

	RESUMO.....	5
	ABSTRACT.....	6
	LISTA DE FIGURAS.....	7
	LISTA DE TABELAS E ANEXOS.....	9
	LISTA DE SIGLAS.....	10
	SUMÁRIO.....	11
1	INTRODUÇÃO.....	13
2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	15
2.1	Localização.....	15
2.2	Histórico de Marechal Cândido Rondon.....	17
2.3	Evolução da população de Marechal Cândido Rondon.....	18
2.4	Geologia.....	21
2.5	Clima.....	22
2.6	Relevo.....	23
2.7	Vegetação.....	24
2.8	Hidrografia.....	25
2.9	Solos.....	26
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	28
3.1	Estudos de solos em Marechal Cândido Rondon.....	28
3.2	Estudos de saneamento em Marechal Cândido Rondon.....	30
3.3	O saneamento em Marechal Cândido Rondon.....	31
3.4	Aspectos de influência no desabamento das fossas.....	35
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	40
4.1	Definição da seqüência em estudo.....	40
4.2	Técnicas de mapeamento.....	41
4.3	Descrição morfológica dos solos.....	42
4.4	Estabilidade de agregados em campo.....	43
4.5	Análise granulométrica.....	43
4.6	Grau de dispersão e floculação da argila em água.....	44
4.7	Densidade do solo.....	45
4.8	Porosidade total.....	45

4.9	Umidade do solo.....	46
4.10	Ensaio de capacidade de absorção de água do solo.....	46
4.11	Determinação do índice de erodibilidade dos materiais .....	47
4.12	Composição mineralógica.....	49
4.13	Análises químicas.....	50
4.14	Teor matéria orgânica.....	50
5	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	51
5.1	Descrição morfológica dos perfis.....	51
5.2	Granulometria e argila natural.....	58
5.3	Densidades, porosidade do solo e teor de umidade.....	63
5.4	Características químicas .....	66
5.5	Mineralogia da fração argila .....	69
5.6	Capacidade de absorção de água do solo.....	70
5.7	Determinação do índice de erodibilidade dos materiais .....	73
5.8	As propriedades do solo e o desabamento das fossas.....	75
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
	ANEXOS.....	90

## 1 INTRODUÇÃO

O conhecimento das propriedades do solo é essencial para o desenvolvimento da sociedade, pois sobre ele são instalados os espaços urbanos e rurais. Assim sendo, desperta interesse de vários ramos da ciência, por ser fonte de alimentos, de materiais, de energia, influência no comportamento das águas e é suporte de construções (RUELLAN, 1988).

As características da cobertura pedológica são de extrema importância para o seu uso e manejo no processo de ocupação. O solo é um meio capaz de armazenar e transformar resíduos, portanto, pode controlar a poluição ambiental.

O princípio da formação do núcleo urbano da cidade de Marechal Cândido Rondon (1950), teve sua malha urbana estruturada com um formato de grade implantado sobre o divisor de águas. Nas décadas seguintes houve um aumento da população urbana e conseqüentemente, ocorreu intensificação da ocupação do espaço. A malha urbana se expandiu do interflúvio em direção aos vales. Decorrentes dessa expansão surgiram problemas ambientais na drenagem urbana, nos processos erosivos, na geração de lixo, na poluição dos corpos d'água e na destinação de efluentes domésticos.

Como na cidade de Marechal Cândido Rondon não foi instalado um sistema de coleta e tratamento do esgoto doméstico, a população faz uso de fossas negras e/ou sépticas para a destinação dos efluentes domésticos. Entretanto, com o passar do tempo, essas fossas apresentaram problemas de desmoronamento, ou seja, as paredes da fossa se desestabilizam e caem para seu interior.

Diante dessa realidade, procura-se nessa pesquisa verificar a relação entre as propriedades do solo e o desmoronamento de fossas em Marechal Cândido Rondon, PR.

Nesse trabalho foram analisadas propriedades físicas e hídricas do solo, sendo: granulometria, argila dispersa e floclada, densidade global e aparente, porosidade, determinação do índice de erodibilidade dos materiais, química de solos, ensaio de capacidade de absorção de água do solo e mineralogia da fração argila. Os resultados dessas análises foram correlacionados entre si para obter uma postura clara do comportamento desses materiais frente ao desabamento das fossas.

O presente trabalho está estruturado em sete partes: a primeira apresenta a introdução; a segunda possui a caracterização da área, localização, aspectos sociais e físicos da cidade; a terceira contém o referencial teórico no qual se contemplou os estudos voltados aos solos e saneamento, formas de saneamento em Marechal Cândido Rondon e aspectos de influência no desabamento das fossas; na quarta há os materiais e métodos, onde se abordou os

procedimentos metodológicos da pesquisa; a quinta fez a demonstração dos resultados alcançados nos ensaios; a sexta apresenta a discussão dos resultados que influenciam no desabamento das fossas negras; e finalmente a sétima contém as considerações finais.

Embora as fossas possam ser consideradas eficientes, acredita-se que essa investigação pode contribuir para o entendimento das causas do desabamento das fossas negras, se são em virtude das características do solo ou a seu uso inadequado.

## **2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Nessa parte são abordados alguns aspectos relacionados à localização geográfica do município de Marechal Cândido Rondon, seu histórico e características físicas.

### **2.1 Localização**

O município de Marechal Cândido Rondon está localizado entre os paralelos de 24° 26' e 24° 46' latitude Sul e 53° 57' e 54° 22' longitude Oeste, com área de 748Km<sup>2</sup> (IBGE, 2000). O município limita-se com Mercedes (norte), Nova Santa Rosa (nordeste), Quatro Pontes e Toledo (Leste), Ouro Verde do Oeste e Pato Bragado (sudoeste) e com a República do Paraguai, através do rio Paraná (oeste).

Conforme o censo do IBGE (2000), o município possui 41.007 habitantes, destes 31.246 em área urbana e 9.761 em área rural. De acordo com estimativa do IBGE em 2006 havia um total de 45.369 habitantes.

A área estudada desse trabalho contempla uma vertente (seqüência) representativa na malha urbana da cidade de Marechal Cândido Rondon, PR. O referido município está situado no extremo Oeste Paranaense, Mesorregião Oeste, Microrregião de Toledo (Fig. 1).

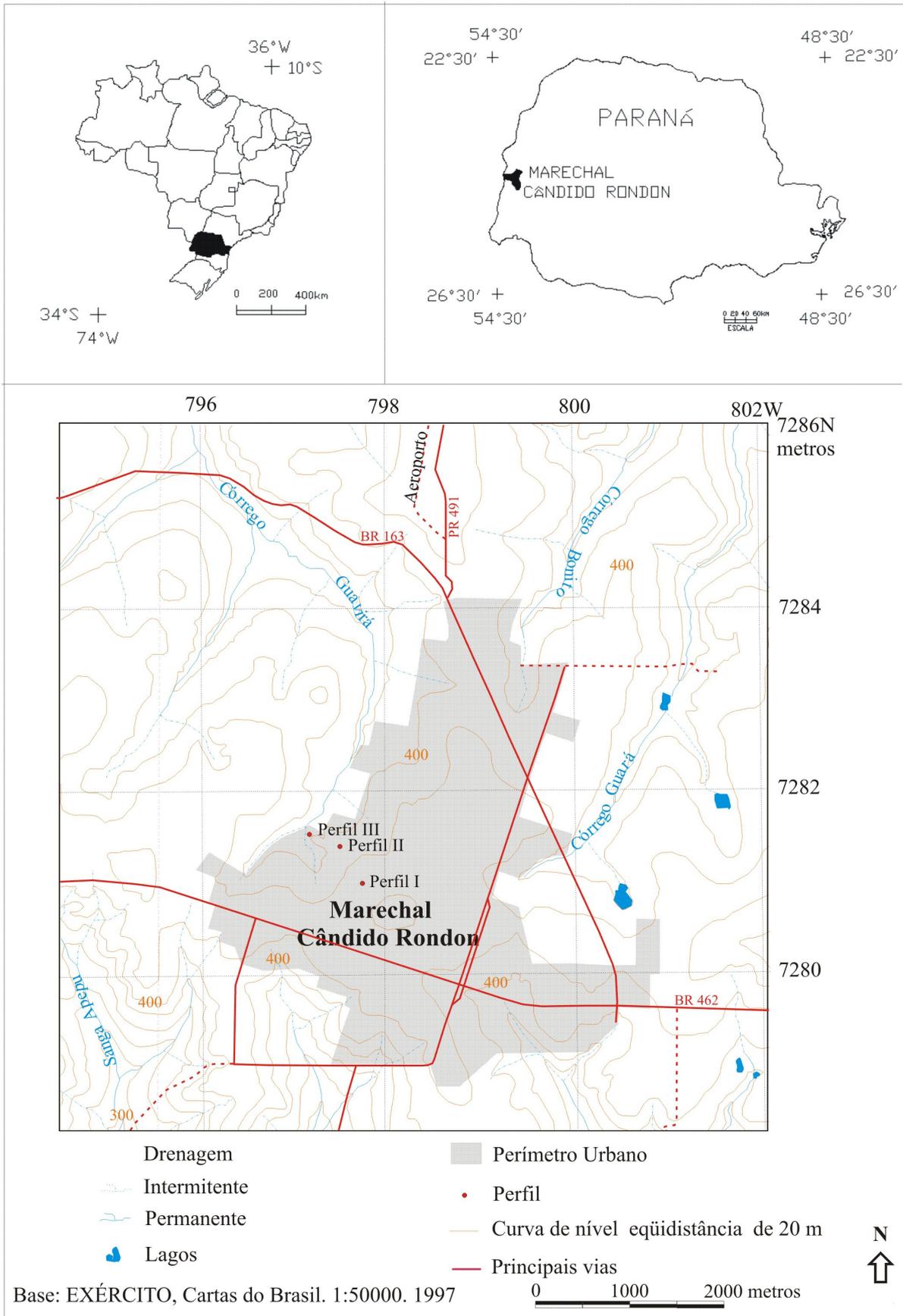


Figura 1. Localização da área em estudo, Marechal Cândido Rondon, PR

## 2.2 Histórico de Marechal Cândido Rondon

A região Oeste do Paraná teve parte de suas terras pertencentes à companhia estrangeira a *Companhia de Maderas Del Alto Paraná*, ramificação da companhia inglesa *The Alto Paraná Development Company Ltda.* Essa sociedade anônima era formada por ingleses residentes em Buenos Aires que adquiriram a obra<sup>1</sup> denominada Fazenda Britânia, com o objetivo de explorar madeira, erva-mate, minerais, desenvolver a colonização, o arrendamento e a partilha das terras.

As empresas estrangeiras que eram proprietárias da obra (Fazenda Britânia) foram obrigadas a recuar devido a medidas do Governo Provisório (1889-1891) que decretou a proibição de empresas estrangeiras possuírem propriedades em áreas fronteiriças. Assim sendo, a obra foi adquirida legalmente pela Industrial Madeireira e Colonizadora Rio Paraná S. A. (MARIPÁ), em dois títulos expedidos pelo governo do Paraná de 1907 e 1911 (GÜITHS, 1999).

Em 1943 o governo federal efetiva a ocupação da região da fronteira procurando nacionalizá-la. Como os agricultores das antigas colônias do Rio Grande do Sul estavam sendo “expulsos” pela situação das pequenas propriedades devido ao crescimento demográfico e a partilha das terras, optou-se pela migração (GÜITHS, 1999). A fronteira agrícola da época era o Oeste do Paraná e muitos migrantes do Rio Grande do Sul e Santa Catarina se direcionaram para essa região. Assim, o município de Marechal Cândido Rondon foi colonizado basicamente por migrantes sulistas predominantemente descendentes de alemães, para o desenvolvimento da economia voltada à agricultura familiar.

A empresa de capital gaúcho MARIPÁ sediada em Porto Alegre (RS) instalou um escritório em Toledo, PR. Em 1946, depois de ter adquirido a Fazenda Britânia da *Compañia de Maderas Del Alto Paraná*, teve início a colonização que foi realizada com sucesso pela MARIPÁ (GÜITHS, 1999).

A atual cidade de Marechal Cândido Rondon foi definida como núcleo populacional em 1949; em 1953 foi nomeado como distrito de Toledo com o nome de General Rondon. Conforme Güiths (1999) o então povoado recebeu migrantes sulistas desde 1950, porém em 1960 foi emancipado e passou a ter o nome de atual.

---

<sup>1</sup> Obra corresponde a gigantescas propriedades ou concessões de terras, destinadas, por parte do governo paranaense, para a exploração de erva-mate, no Oeste do Paraná, nos séculos XIX e XX; Trata-se de um termo usado no final do século XIX até meados do século XX, pela *Compañia de Maderas del Alto Paraná*, entre outras, que atuou na exploração e exportação de erva-mate. Essa empresa vendeu a Fazenda Britânia, em 1946, para a MARIPÁ (PFLUCK, 2002).

No final da década de 1960 teve início à modernização da agricultura na região, alterando os padrões de produção agrícola da monocultura com a predominância do binômio soja-trigo. Assim, com a mecanização da agricultura foi intensificada a limpeza do solo rural e como consequência houve a exclusão de mão-de-obra no campo como também a redução de subsídios. Os agricultores que não conseguiram acompanhar o desenvolvimento agrícola procuraram outras oportunidades nas cidades, deslocando-se para a cidade de Marechal Cândido Rondon (PFLUCK, 2002).

Outro fator importante a considerar foi a implantação da Usina Hidrelétrica de Itaipu, que com o alagamento (1982) desapropriou muitos agricultores que, indenizados, procuravam também novos “espaços” em área rural e urbana.

A partir de 1970 com a intensificação da modernização da agricultura, novas transformações passaram a modificar a paisagem. Houve por consequência o êxodo rural, o aumento populacional na cidade, o qual fez surgir novos setores econômicos o comércio e a micro indústria.

A estrutura da malha urbana da cidade iniciou com um formato de grade implantado sobre o divisor de águas, e a partir dela novas estruturas surgiram com a expansão urbana (PFLUCK, 2002). Com essa expansão, impactos ambientais emergiram sobre os cursos d'água.

### **2.3 Evolução da população de Marechal Cândido Rondon**

A princípio a população de Marechal Cândido Rondon era predominantemente rural, mas no decorrer do tempo a população urbana aumentou significativamente. Esse processo de crescimento da população urbana aconteceu também em outros municípios da Região Oeste.

De acordo com Schlosser (2001), um dos fatores responsáveis pelo crescimento urbano no final da década de 1970 foram os reflexos da chamada Revolução Verde. Nesse período houve a intensificação do uso de insumos agrícolas e da mecanização, que substituiu a mão-de-obra por maquinários, ou seja, com o uso do trator e dos implementos agrícolas modernos dispensou-se boa parte da mão-de-obra do campo. O endividamento dos pequenos proprietários, que não conseguiram acompanhar a modernização do campo, também influenciou para o êxodo rural nesse período.

Também é considerado como fator para o movimento populacional o fechamento da barragem de Itaipu que causou o alagamento de parte do setor oeste do município em 1982. Na tabela 1 é possível verificar a redução territorial do município, devido ao alagamento e

emancipação de distritos, como Quatro Pontes, Entre Rios do Oeste, Pato Bragado e Mercedes.

Tabela 1. Evolução da população e redução de área de Marechal Cândido Rondon, PR

Ano	População Total	Área	Hab/km <sup>2</sup>	População Urbana	%	População Rural	%
1950	20	-	-	20	-	-	-
1956	1.200	-	-	580	48,3	620	51,7
1960	12.848	1.206,00	10,65	9.906	77,1	2.942	22,9
1970	43.776	1.206,00	36,30	7.189	16,4	36.587	83,6
1980	56.210	1.206,00	46,60	25.076	44,6	31.134	55,4
1991	35.105	881,76	39,82	22.028	62,7	13.077	37,3
2000	41.007	881,76	46,5	31.246	76,19	9.761	23,8
2006*	45.369	881,76	51,4	-	-	-	-

Fonte: adaptado de Pfluck, 2007 \*estimativa em 2006 – sem informações

Sob essa condição, se percebe que esse movimento do campo para as cidades se refletiu na expansão dos loteamentos. As figuras 2 e 3 exibem o crescimento dos loteamentos na cidade em m<sup>2</sup>/ano, onde fica evidente dois picos significativos do crescimento da malha urbana. O primeiro no final da década de 1970, coincidindo com a crise agrícola, e também com a implantação da BR-163 e a estação rodoviária em áreas de baixo valor, assim impulsionando a expansão urbana em áreas de pouco interesse imobiliário. O segundo nos anos 1990, como reflexo da mecanização agrícola e do período denominado “década perdida” (fase crítica que a economia passou anos 1980), mas também por uma mudança da economia, investimentos no setor industrial, especulação imobiliária e no comércio (PFLUCK, 2002).

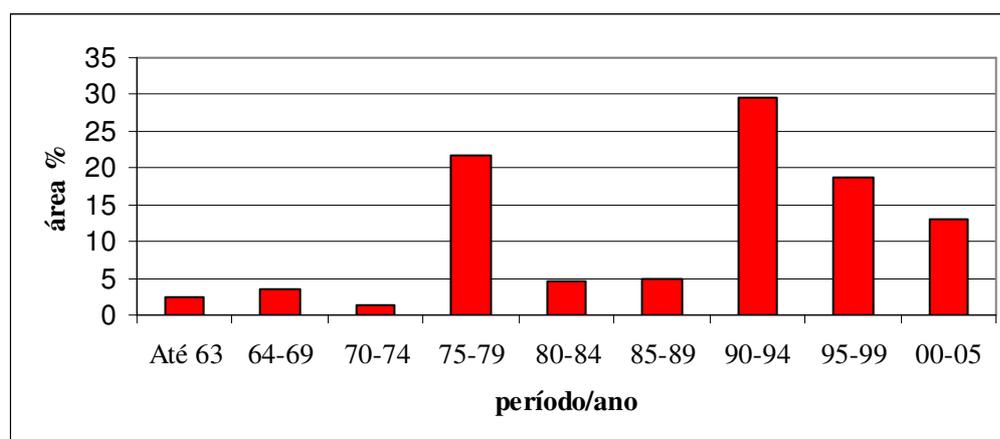


Figura 2. Gráfico de expansão urbana de Marechal Cândido Rondon, PR

Acompanhando esse movimento populacional e econômico, verifica-se a instalação de três loteamentos próximos a áreas industriais: Parque Industrial (1979), Parque Industrial II (1984), Vila Industrial (1992).

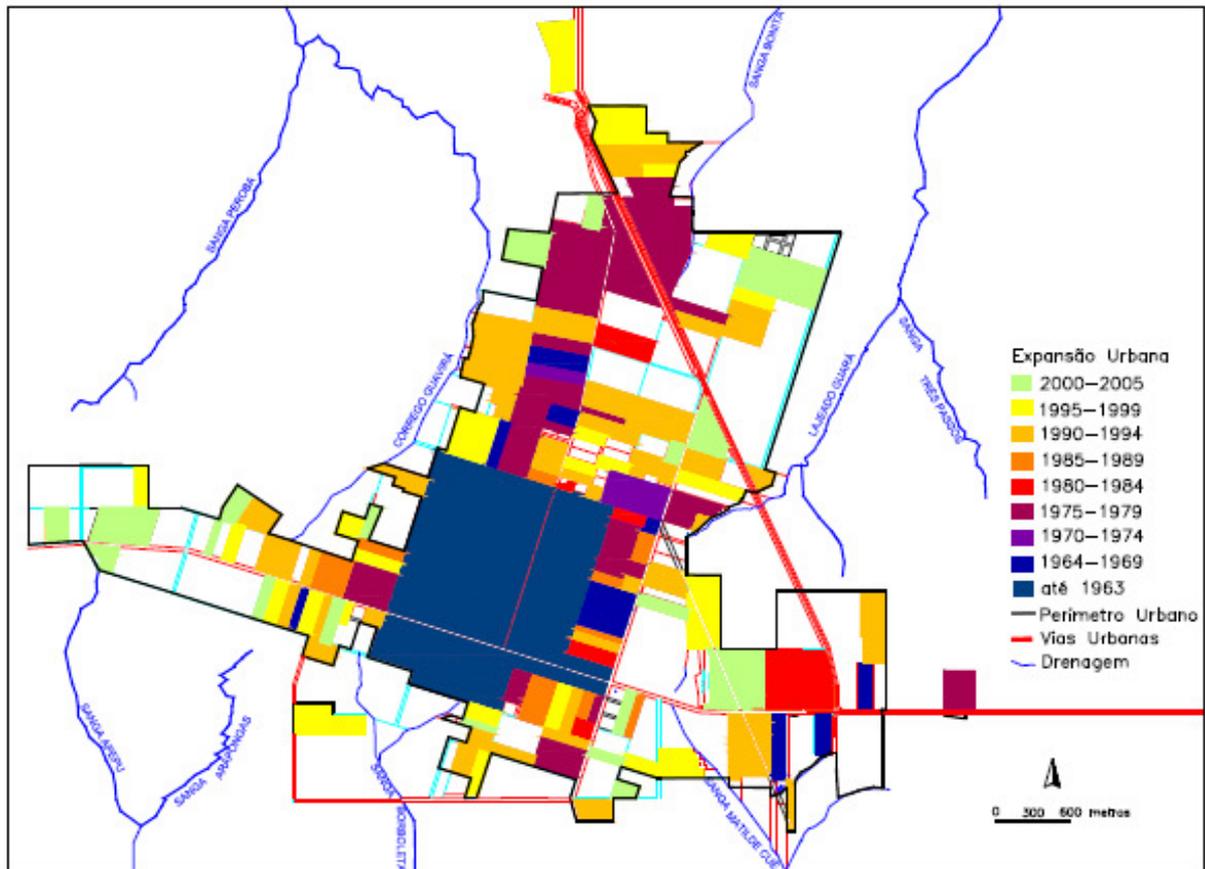


Figura 3. Expansão urbana de Marechal Cândido Rondon, PR. Fonte: Prefeitura de Marechal Cândido Rondon. Org: PFLUCK, L.D.; RUPOLO, E.L., 2008

A figura 3 demonstra como ocorreu o crescimento da malha urbana, implantada no início como uma grade sobre o interflúvio e com as transformações econômicas a malha urbana se expandiu e alterou o traçado original. Os loteamentos avançaram em direção aos vales com relevo mais íngremes, cabeceiras de drenagens.

A ocupação urbana que teve início sobre os Latossolos (interflúvio), avançou ao longo das vertentes sobre os Nitossolos (na média vertente) e Neossolos/Cambissolos (sopé da vertente) (Fig. 4).

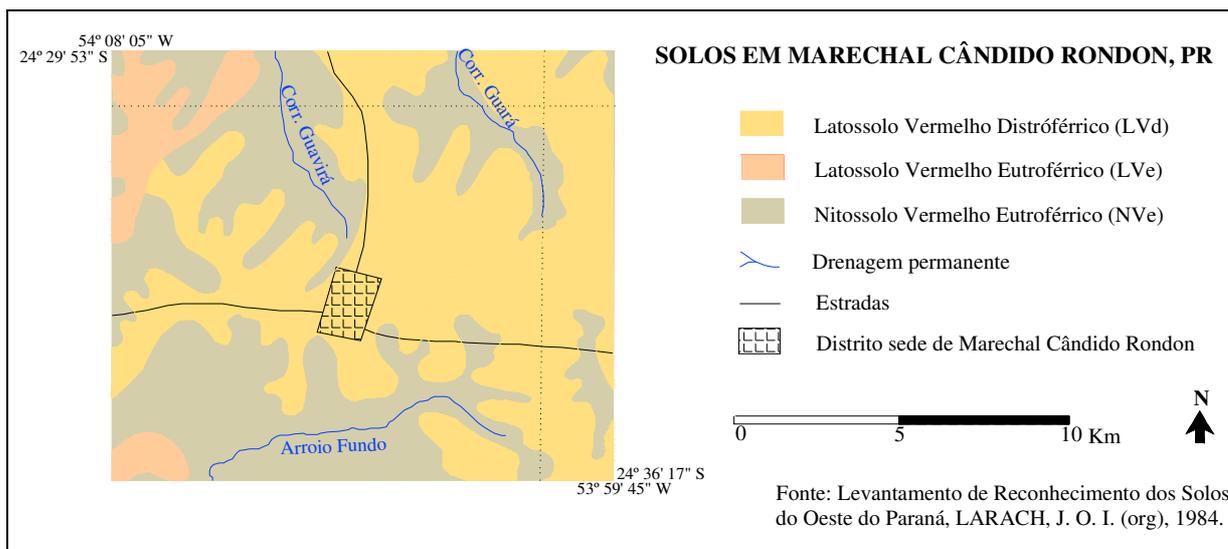


Figura 4. Planta inicial da cidade e seus avanços sobre os diferentes tipos de solos do município. Adaptado de: LARACH, J.O.I, 1984

## 2.4 Geologia

O município de Marechal Cândido Rondon está situado sobre litologia do Terceiro Planalto Paranaense, também denominado de Planalto de Guarapuava (MAACK, 1981). O Terceiro Planalto Paranaense é dividido em cinco (5) blocos.

A área em estudo encontra-se no bloco do Planalto de Guarapuava. O substrato rochoso é composto de rochas vulcânicas de composição básica originadas durante o vulcanismo fissural que se desenvolveu do Pós-Triássico até o Eo-Cretáceo. Essa seqüência litológica faz parte da Formação Serra Geral (WHITE, 1908).

Segundo Pinese e Nardy (2003), a Formação Serra Geral é constituída por um dos mais extensos eventos vulcânicos globais de natureza fissural que inundou de lavas a bacia sedimentar do Paraná recobrando aproximadamente 75% de sua superfície. O vulcanismo mesozóico da bacia sedimentar do Paraná é de natureza bimodal representado pelas rochas de natureza básica (Formação Serra Geral) e ácida (Membros Palmas e Chapecó), separadas entre si por uma lacuna de concentração de SiO<sub>2</sub> (59-63%), que revestem as rochas intermediárias. O segmento basal da Formação Serra Geral é definido por seqüências de derrames de basaltos de natureza toleítica, de coloração cinza escura a negra, hipocristalinos, maciços ou vesiculares. Tais derrames apresentam acamamento pouco desenvolvido, em atitude são essencialmente horizontais (mergulho da ordem de 5 graus em direção ao centro da bacia), reflexo do deslizamento de lavas fluidas em superfícies relativamente planas.

As rochas no município de Marechal Cândido Rondon são de caráter básico, ou seja, ricos em Fe, Mg e Ca com menores teores de sílica. Trata-se de basaltos, andesi-basaltos e andesitos de afinidade toelítica, constituídos essencialmente por plagioclásios (máximo de 50%), piroxênios – augita e pigeonita (máximo de 40%), olivina (máximo de 5%), magnetita (máximo de 7%) e apatita (máximo de 1%). Na área de topo, ocorre uma zona vesicular/amigdaloidal que pode se caracterizar pela mineralização das vesículas por quartzo, calcita, zeólitas ou fluorita (PINESE; NARDY, 2003).

## 2.5 Clima

Na Região Oeste do Paraná predomina o clima mesotérmico úmido e sub-úmido, sempre úmido, com verões quentes (Cfa) (MAACK, 1981).

Conforme Pfluck (2002), a circulação atmosférica na região marginal ao lago de Itaipu é influenciada pelo sistema: Frente Polar Atlântica, Sistema Anticiclônico Polar, Sistema Tropical Atlântico e o Sistema Tropical Continental. Os sistemas tropicais geralmente são os responsáveis pelas chuvas predominantes na primavera e verão, porém, a maior parte das chuvas depende da frente polar, contudo, as chuvas de outono e inverno dependem da passagem de sistemas frontais.

O município de Marechal Cândido Rondon apresenta temperatura média geral anual que oscila entre 19°C a 21°C, com pluviosidade anual que varia de 1.650 a 1.800mm anuais (MAACK, 1981).

Informações mais recentes obtidos junto a Superintendência dos Recursos Hídricos e do Meio Ambiente (SUREHMA) e Cooperativa Agrícola Mista Rondon (COPAGRIL) (Anexo 1) apresentam dados pluviométricos de 1965 a 2006. A pluviosidade média varia entre 2.757 a 1.006mm com uma média de 1.863mm anuais (Fig. 5). Essa figura mostra a pluviosidade média anual do município, onde podem ser identificadas as oscilações das máximas pluviométricas. Cabe salientar que nos últimos anos houve redução acentuada de chuva.

Na figura 6 é possível verificar que os meses mais chuvosos do município correspondem aos meses de outubro, dezembro e janeiro, enquanto os meses menos chuvosos correspondem a junho, julho e agosto.

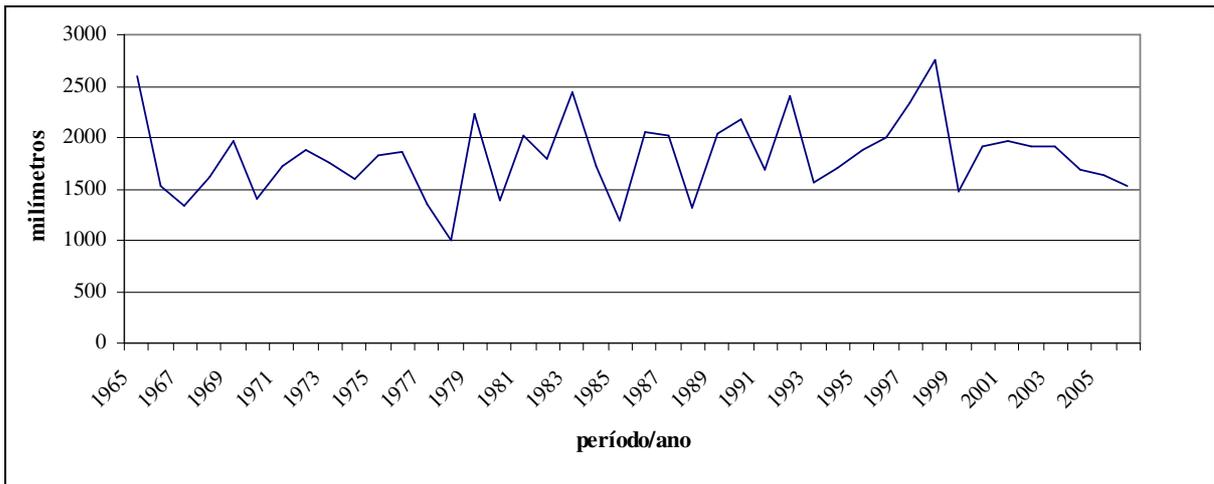


Figura 5. Pluviosidade média anual de Marechal Cândido Rondon, PR (1965-2006). Fonte: COPAGRIL.

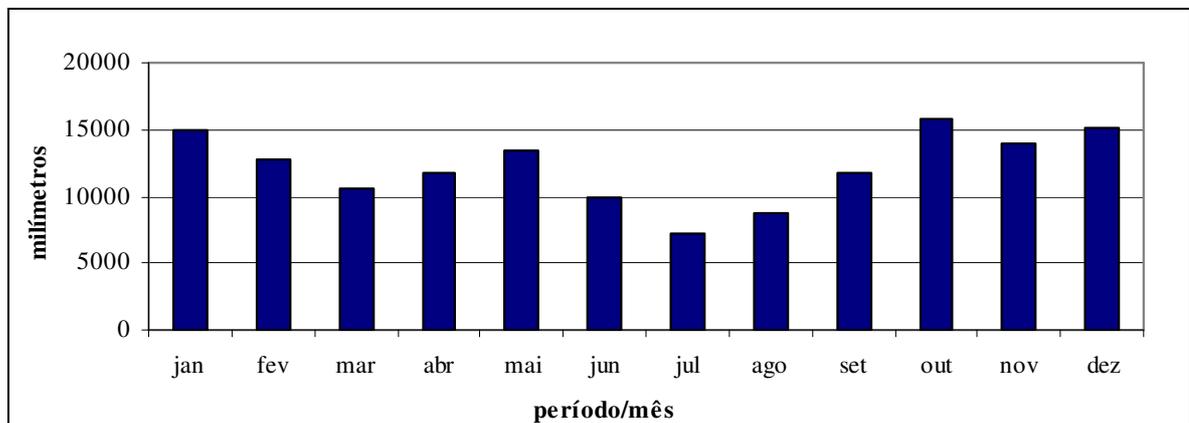


Figura 6. Precipitação média mensal de Marechal Cândido Rondon, PR (1965-2006) Fonte: COPAGRIL

## 2.6 Relevo

As características geológicas aliadas ao clima propiciam um intenso intemperismo químico que modelam regionalmente uma paisagem de relevo suavemente ondulado. Na área o relevo é constituído por patamares e colinas subtabulares denominados regionalmente de morros, cerros ou pequenas colinas, com cotas de 400m a 424m de altitude (NAKASHIMA; NÓBREGA, 2003).

Nakashima e Nóbrega (2003) consideram que o oeste paranaense é formado por extensos platôs e nas proximidades de Foz do Iguaçu, as colinas são mais amplas, com topos ligeiramente aplainados de 3% a 8%, vertentes longas. Em geral correspondem aos grandes divisores de águas dos rios Piquiri, Iguaçu e Paraná.

Moresco (2007) realizou um estudo de compartimentação do município de Marechal Cândido Rondon (Fig. 7), dividindo-o em quatro (4): compartimento do Platô (1), dividido em

sub-compartimento Platô de Marechal (1a) e sub-compartimento Bela Vista (1b); compartimento de Blocos elevados de São Roque e Baitaca (2); compartimento rebaixado de Margarida (3); e compartimento de Porto Mendes (4). Neste sentido a cidade está situada no compartimento denominado “Platô de Marechal”, instalada no divisor de água das bacias hidrográficas do Arroio Guaçú e São Francisco. Esse compartimento é caracterizado por vales estreitos em formato “V”, com vertentes convexas convexo-retilíneas. Apresenta rupturas na passagem do topo para a alta vertente e uma acentuação da declividade no terço inferior. As declividades destas rupturas se intensificam em áreas de cabeceira de drenagem.

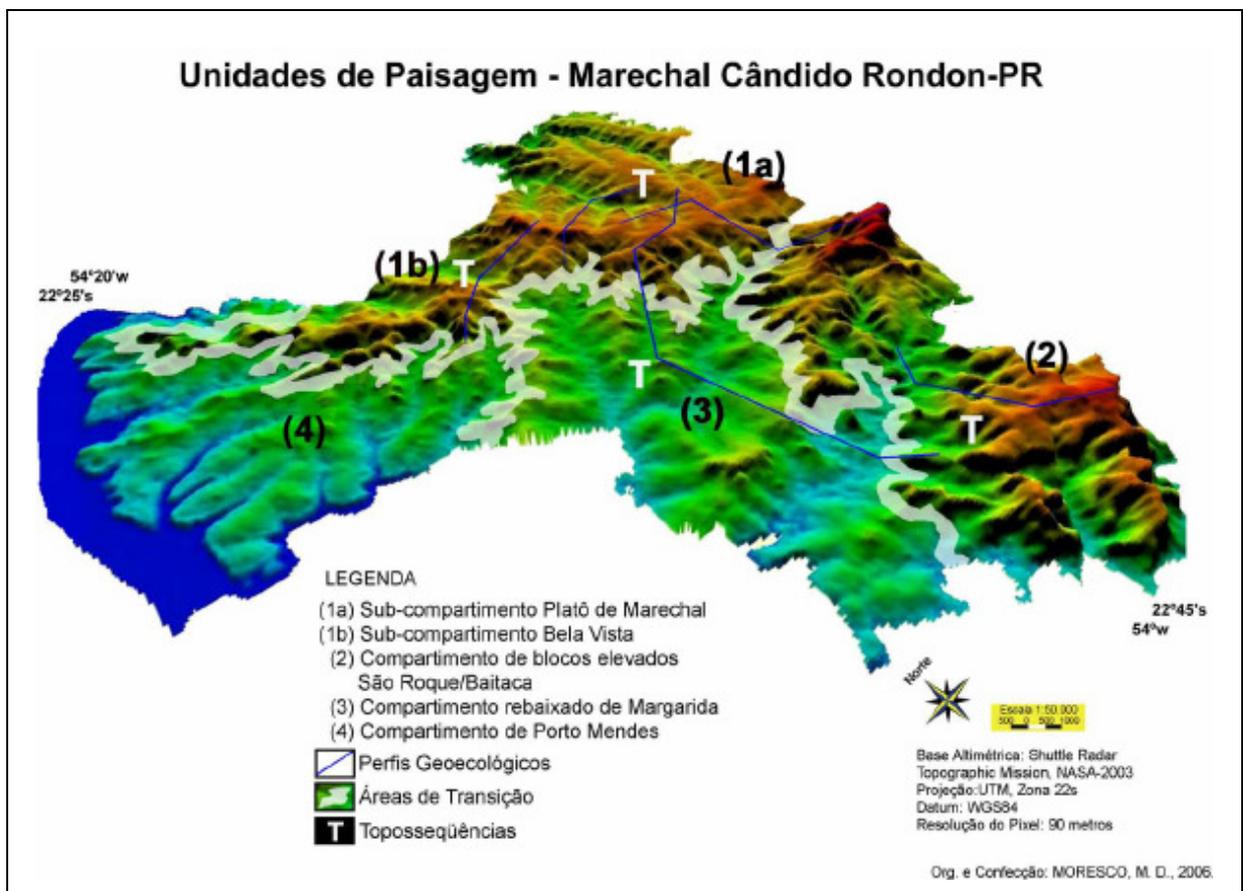


Figura 7: Compartimentação do município de Marechal Cândido Rondon em unidades de paisagem. Fonte: MORESCO, 2007.

## 2.7 Vegetação

A Resolução 031/98 SEMA indica que a vegetação pertencente à floresta pluvial da bacia do Paraná corresponde à Floresta Estacional Semidecidual (VELOSO, 1991). Essa floresta se caracteriza por não perder as folhas, ser uma vegetação compacta de ciclo biológico contínuo e multiplicidade de espécies. No seu interior ocorre denso matagal,

formando um complexo entrelaçado de ervas, cipós, arbustos, vegetação rasteira e árvores jovens e as mais diversas formas de adaptação das espécies. Os troncos das árvores apresentam-se com 30 a 40 metros de altura que caracterizam espécies mais robustas, como Peroba (*Aspidosperma sp.*), Pau-d'alho (*Gallesia gorarema*), Canela (*Ocotea sp.*), Guajuvira (*Patagonula americana L.*), Figueira Branca (*Ficus guaranitica schodat*), Jerivá (*Syagrus romanzoffiana cham. glassm.*). As boas características do solo permitiram o desenvolvimento de vegetação compacta e exuberante. Nas clareiras e nas bordas da mata virgem, vegetam colônias de Embaúbas (*Cecopia sp.*) (LARACH,1984).

Segundo Larach (1984), sob a Floresta Estacional Semidecidual o solo se encontra recoberto por serrapilheiras (constituídos por galhos, folhas e frutos ressequidos ou em decomposição), com teores relativamente elevados de matéria orgânica. Nessa área os solos são muito usados para a agricultura, nas proximidades de drenagens surgem em larga escala a pecuária, sob esse tipo de vegetação ocorrem solos com perfis profundos e boas propriedades físicas e alta capacidade de reter água.

A partir da década de 1950 houve um intenso desmatamento na área, erradicando quase por completo essa vegetação nativa. Na atualidade predomina a mata secundária desenvolvida a partir do banco de semente existente no solo e algumas espécies introduzidas como o Eucalipto (*Eucalyptus sp.*) e a Grevilha (*Grevillea robusta A. cunn. ex. R. BR.*).

O município por se encontrar em uma situação de transição de tropical para subtropical, a vegetação apresenta-se mais com as características tropicais que subtropicais. Isso se justifica pela altitude variando de 300 a 400 metros. A elevada umidade (1.800mm) e a temperatura média de 19°C, relevo amplo plano e suavemente ondulado, solos profundos e bem desenvolvidos que condicionam para uma vegetação com características tropicais.

## 2.8 Hidrografia

Fernandez e Arndt (2006) desenvolveram trabalhos para caracterização e comportamento de ambientes aquáticos de canais de pequena ordem. No estudo delimitaram os canais que drenam a cidade de Marechal Cândido Rondon. Como o município se encontra num alto topográfico, as nascentes do arroio Guaçú (Norte) e arroio Fundo (Sul) situam-se na área urbana e sofrem impactos decorrentes da expansão urbana. Sendo assim, foram estudados os seguintes cursos d'água: Guavirá, Matilde-cuê, Apepu, Guará, Borboleta e Arroio Fundo e também no município de Toledo o rio Toledo (Fig. 8).



Os fatores citados condicionam o desenvolvimento dos solos. O relevo é fundamental para definir a drenagem do perfil e a percolação superficial. A rocha define a composição mineralógica. A vegetação contribui no teor de matéria orgânica no solo e o clima determina a umidade e temperatura essencial no tipo de intemperismo. No caso em estudo condiciona o intemperismo químico. O clima na condição de altitude e latitude condiciona a dominância do processo geoquímico de monossilatização na região Oeste do Paraná.

Os solos do município de Marechal Candido Rondon são caracterizados como tropicais, isto é, bem drenados e profundos. O avançado estágio evolutivo apresentado decorre em parte da localização do município de se encontrar numa faixa de transição entre o tropical e o subtropical.

Em estudos sobre coberturas pedológicas brasileiras, Melfi e Pedrô (1977) afirmam que as condições climáticas favoráveis, com isoterma superior a 18°C e alta pluviosidade, aliadas ao substrato rochoso e ao relevo permitiram a atuação intensa do intemperismo químico para o desenvolvimento de espessa cobertura pedológica.

No Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná, EMBRAPA-IAPAR (1984), assinala aproximadamente 218 classes de solos para todo o território paranaense sendo que 76, ao nível de Grande Grupo e categorias inferiores estão localizadas no Terceiro Planalto Paranaense. O oeste paranaense é constituído de solos com grande profundidade, relevo variado de suave ondulado a ondulado, com baixa acidez e sem impedimentos à mecanização no manejo agrícola, principalmente na área de ocorrência dos Latossolo Vermelho Eutroférico e Nitossolo Vermelho Eutroférico (NAKASHIMA; NÓBREGA, 2003). Esses solos são constituídos basicamente por materiais de textura argilosa derivados de rochas basálticas.

Nakashima e Nóbrega (2003) afirmam que no oeste paranaense predominam os Latossolos Vermelhos Eutroféricos, textura argilosa, nos topos e altas vertentes, e Nitossolos Vermelhos Eutroféricos nas médias e baixas vertentes. Em certos locais, ocorre a seqüência Latossolo Vermelho Eutroféricos, textura argilosa, Nitossolo Vermelho Eutroféricos, na média baixa vertente e Neossolo Litólico na baixa vertente; o Cambissolo também pode ser encontrado na média baixa vertente; nas várzeas em geral, ocorrem os Gleissolos.

Nas vertentes em que está situada a malha urbana da cidade de Marechal Cândido Rondon, podem ser encontrados predominantemente os Latossolos Vermelho Eutroféricos em topografias planas, em menor quantidade os Nitossolos Vermelhos Eutroféricos nas vertentes mais dissecadas enquanto associações de Neossolos Litólicos/Cambissolos próximos às drenagens.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nessa parte são abordados estudos voltados aos solos em Marechal Cândido Rondon/PR, trabalhos realizados sobre o saneamento urbano, algumas considerações sobre as normas de construção de fossas e suas implicações para o saneamento urbano, e por fim, os aspectos de influência no desabamento das fossas.

#### 3.1 Estudos de solos em Marechal Cândido Rondon

O estudo do solo desperta interesse a vários profissionais, em especial aos pedólogos, agrônomos, engenheiros e geógrafos. Na Agronomia a importância do solo se dá pela busca do aumento da produtividade e das formas de manejo com o mínimo de perdas. Na Engenharia, destacam-se a estabilidade e resistência das construções, o tipo de fundação necessária, e o uso do solo como material incorporado à construção. Já a Geografia voltada ao planejamento urbano ou rural, preocupa-se com os impactos ambientais sobre o solo, o tempo de desenvolvimento do solo relacionado às perdas do mesmo, áreas estáveis à ocupação, tipos de práticas adequadas, ou seja, compreender o solo desde a gênese até a sua dinâmica na paisagem.

As pesquisas pedológicas nas diferentes áreas do conhecimento não estão integradas. Cada ciência tem um enfoque particular, porém todas contribuem para a compreensão do solo, fornecem subsídios para a elaboração de projetos que auxiliam no planejamento urbano e rural. Isso ocorre porque o solo enquanto base é essencial para o desenvolvimento da sociedade (RUELLAN, 1988).

Alguns estudos foram realizados no município de Marechal Cândido Rondon abrangendo áreas rurais e periurbanas. Destacam-se os trabalhos realizados por Janjar (2001), Schwertner (2002 e 2003), Soares (2004) e Moresco (2003 e 2004), Magalhães et al. (2006), Tiz et al. (2006) e Arndt (2006).

Janjar (2001) em sua pesquisa buscou compreender a cobertura pedológica como um *continuum* da paisagem. Ressalta as relações entre a cobertura superficial e a morfologia do relevo que contribuem para o entendimento da evolução morfopedológica da vertente.

Schwertner (2002) contemplou a coleta e impregnação de amostras indeformadas de horizontes diagnósticos identificados ao longo de uma topossequência de solos. Esse tipo de estudo tem contribuído para a reconstituição das evoluções morfológicas e mineralógicas dos

materiais e dos itinerários geoquímicos (desestabilizações, transferências, neoformações) dos elementos presentes no manto de alteração e nos solos.

Soares (2004) analisou as características macromorfológicas de uma toposseqüência e correlacionou com a dinâmica hídrica dos solos e as concentrações de argila ao longo de uma vertente em área rural do município.

Moresco (2003) buscou compreender a dinâmica da cobertura pedológica, bem como ampliar a compreensão da relação solo/relevo e uso/manejo, diante dos processos erosivos. Isso foi possível a partir do conhecimento da distribuição dos solos na paisagem e de suas características macromorfológicas. Os conhecimentos obtidos possibilitaram algumas considerações que levaram à realização da setorização da toposseqüência estudada em quatro zonas distintas, em termos de suscetibilidade natural e de uso e manejo do solo diante dos processos erosivos.

Magalhães et al. (2006) estudaram a cobertura pedológica e suas formas de ocupação em uma bacia de primeira ordem pertencente à sanga Creoula, distrito de Margarida. Aplicaram a metodologia da análise estrutural da cobertura pedológica para identificar características morfológicas dos solos e sua relação com as diferentes formas de uso no sopé do vale. Concluíram que o setor estudado encontra-se em desequilíbrio devido às alterações sofridas pelos tipos de manejos aplicados, tais como retirada de argila para cerâmica, construção de açudes e pastagens.

Tiz et al. (2006) desenvolveram estudos sobre uma voçoroca situada no setor periurbano da cidade de Marechal Cândido Rondon. Constataram que o processo erosivo foi desencadeado pela concentração das águas pluviais da área urbana, concentradas por uma tubulação. Mesmo com uma parte da voçoroca aterrada ela ainda se encontra ativa a jusante da tubulação de drenagem.

Corroborando com este estudo, Schwertner et al. (2006) realizaram um estudo de identificação de processos erosivos nas principais cabeceiras de drenagem da cidade. Esses autores afirmam que as origens dos processos erosivos lineares estão associadas ao sistema de drenagem urbano das águas pluviais que contribuem para a degradação das cabeceiras originando voçorocas, ravinas e sulcos.

Arndt (2006) fez um trabalho relacionando o escoamento superficial *versus* uso do solo, baseado nas características hidrológicas e no tipo de ocupação no trecho superior do córrego Guavirá.

Os trabalhos anteriormente mencionados apesar dos esforços realizados ainda são incipientes e mostram a necessidade de se ampliar e intensificar os estudos voltados para a gênese, uso e ocupação dos solos no município.

### **3.2 Estudos de saneamento em Marechal Cândido Rondon**

É importante estudar o sistema de saneamento básico, pois diferente de outros sistemas (rede elétrica, pavimentação ou telefonia), as eventuais reduções de eficiência (vida útil, manutenção e conservação) muitas vezes não são notadas de imediato. Esse sistema não “avisa” quando é chegada sua capacidade limite (NASCIMENTO, 2004). Com isso, surge a inquietação de investigar as propriedades do solo urbano em relação ao saneamento urbano de Marechal Cândido Rondon.

Contribuíram para estimular o desenvolvimento desse trabalho os resultados obtidos em alguns trabalhos realizados na cidade, sob orientação da professora Lia Pfluck, tais como o desenvolvido por Klein (2001), Piccin (2002), Rupolo (2003).

Klein (2001) e Piccin (2002) investigaram o número de poços escavados e sua utilização, o número de fossas e quantas destas haviam desmoronado. A área estudada abrangeu trechos urbanizados da bacia hidrográfica do córrego Guavirá e um pequeno setor da área rural. Foram identificados que alguns poços escavados, que antes eram utilizados para o abastecimento de água, agora são usados para o lançamento do esgoto doméstico e também mapearam as áreas com maior ocorrência de fossas negras. As autoras demonstraram que a destinação dos efluentes domésticos devem ser tratados com responsabilidade ambiental devido a elevada capacidade de contaminação de corpos d’água.

Por outro lado, Rupolo (2003) procurou entender as relações do desabamento das fossas com o risco ambiental. O trabalho partiu de uma discussão epistemológica sobre o risco ambiental, o qual realizou um resgate conceitual e, posteriormente, relacionou-o com o sistema de saneamento por fossas. Foram elencados acidentes sócio-econômicos e ambientais relacionados ao desabamento de fossas negras. A principal base desse trabalho foi a elaboração de um mapa da distribuição dos desabamentos por quadra. Os desabamentos predominam em setores de alta e média vertente onde a urbanização é mais antiga, exceto onde houve a revitalização urbana.

Para dar continuidade no trabalho citado acima, em 2006 foi realizado um levantamento dos solos na área urbanizada do córrego Guavirá. Este estudo teve como base a análise bidimensional da cobertura pedológica (BOULET, 1982), que considera o solo como

um corpo contínuo, estudando-o em duas dimensões: vertical (em profundidade), e horizontal (da alta vertente à baixa vertente). Identificou-se cor, textura e consistência dos solos, para correlacionar com o desabamento das fossas negras. Entretanto, os dados obtidos não foram suficientes para concluir se havia relação entre as características do solo e o desabamento das fossas.

### **3.3 O saneamento em Marechal Cândido Rondon**

No Brasil as instituições responsáveis pela implantação de serviços de saneamento, são empresas estaduais ou municipais, que tiveram sua estrutura organizacional baseada em modelo implantado na década de 1970 a partir do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), onde os padrões de serviços eram concebidos para o atendimento às cidades em suas áreas convencionais (NASCIMENTO, 2004).

Para Nascimento (2004), a Organização Mundial da Saúde (OMS) define saneamento como o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeito danoso sobre seu bem estar físico, mental ou social, ou seja, o controle do meio físico pelas ações antrópicas a fim de reduzir doenças. Os serviços a serem abrangidos são: a) abastecimento de água, com qualidade compatível com a proteção da saúde e em quantidade suficiente às necessidades básicas da população usuária; b) coleta, tratamento e disposição ambientalmente adequada e sanitariamente segura dos esgotos sanitários e dos resíduos sólidos (incluem-se rejeitos domésticos, industriais, de atividades públicas, comerciais e de serviços); c) drenagem pluvial e controle de inundações; d) controle de vetores e doenças transmissíveis.

No estado do Paraná a companhia responsável pelo saneamento é a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). Algumas cidades optaram por órgãos municipais como é o caso do município de Marechal Cândido Rondon, em que teve implantado em 1966 o Serviço de Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) para administrar o abastecimento de água e esgoto.

No Plano Diretor (1996) do município estão contidas todas as diretrizes de organização e planejamento do município. Neste documento consta que o saneamento dos esgotos domésticos deve ser realizado por meio de fossas sépticas (Anexo 2), na ausência de rede de esgoto e em áreas rurais por sumidouros (Anexo 3), conforme a Lei Complementar de Obras e Edificações, Lei Complementar nº. 010, 23 de julho de 1996, Seção VIII, do Esgotamento Sanitário, Art. 82:

- Toda a edificação construída nas Zonas Urbanas do Município deverá estar ligada à rede coletora de esgoto sanitário existente no logradouro onde estiver situada.
- Caso o logradouro em que estiver situada a edificação não disponha de rede coletora o proprietário do imóvel terá de construir um sistema de tratamento composto de fossa séptica e filtro anaeróbico.
- O sistema de que trata o parágrafo anterior poderá ser projetado de modo a servir a toda uma quadra, desde que seja implantado dentro da área da quadra, em esquema condominial.
- Na Zona Rural é permitida a construção de sumidouros desde que se localizem em cota mais baixa de poço raso de abastecimento de água existente e distante, no mínimo 15,0m (quinze metros) deste.
- Não é permitido perfuração de fossa e outros sistemas na calçada ou passeio.

O sistema de saneamento de Marechal Cândido Rondon é estruturado em sua predominância no “sistema local de tratamento de esgotos”. Conforme a NBR 13969:1997 o sistema local de tratamento de esgoto consiste em um sistema onde a distância entre as fontes geradoras de esgoto, seu tratamento e dispositivo final são próximos entre si, não necessita de rede coletora extensa, coletor-tronco, poços de visita, emissários, elevatórios, etc. Nesse caso, o sistema local de tratamento de esgotos é composto por fossas negras (Fig. 9a, 9b) e fossas sépticas (Fig.9c, 9d).

A rede de esgoto precisa de uma infra-estrutura básica: a rede coletora, os emissários, os elevatórios, as lagoas de decantação e de tratamento. Conforme Piccin (2002) a cidade de Marechal Cândido Rondon possui uma rede de esgoto instalada em parte da área central, porém não está ativado pela ausência dos emissários e das lagoas de decantação, com exceção ao loteamento Augusto que já possui uma rede de esgoto e direciona seu esgoto doméstico para um tanque de tratamento.

A fossa séptica ou tanque séptico se constitui em uma unidade de sedimentação e digestão de fluxo horizontal destinada ao tratamento do esgoto doméstico. O sumidouro ou poço absorvente é constituído por um poço escavado no solo, destinado a receber o efluente da fossa séptica, facilita a infiltração, também destinado à depuração e disposição final do efluente no nível superficial. O tanque séptico é uma unidade de depuração e disposição final do efluente, é verticalizado em relação a vala de infiltração, pode ser também com ou sem preenchimento de pedra brita (Anexo 3) (NBR 13969:1997; NBR 7229:1982). Devido a essa característica seu uso é favorável somente nas áreas onde o aquífero é profundo, tendo uma distância mínima de 1,50m entre o seu fundo e o nível máximo do aquífero.



Figura 9. Fotografias com os tipos de fossas predominantes na cidade: A) fossa negra; B) fossa negra demonstrando entrada da tubulação e a base construída para construção do colarinho; C) caixa séptica; D) caixa séptica e sumidouro em área de solo raso

O Plano Diretor do município (1996) define a fossa séptica como um tanque de concreto ou de alvenaria revestido em que se deposita o esgoto doméstico, onde a matéria orgânica sofre o processo de mineralização e o sumidouro é destinado a receber o esgoto sanitário permitindo sua infiltração subterrânea.

As fossas negras implantadas na cidade são semelhantes ao sumidouro, pois se trata de poços escavados de 3 a 6m de profundidade e 1,3 a 1,5m de diâmetro, não possuem revestimento de tijolos vazado ou concreto, mas somente um revestimento na superfície do poço de concreto e tijolos denominado de colarinho. Os efluentes são direcionados para essa fossa negra sem qualquer tratamento prévio, assim ela consiste concomitantemente numa câmara de tratamento do esgoto e de infiltração. Faz-se a ressalva de que as fossas negras são as mais usadas para a destinação do esgoto doméstico na cidade em estudo.

O distanciamento das fossas em relação a poços, lagoas, bombas d'água e estações de abastecimento, faz-se necessário para evitar a poluição da água e comprometer a qualidade de vida da população.

É importante destacar que se exige uma espessura mínima do solo disponível para a purificação dos efluentes sanitários. A NBR 7229:1982 e NBR 13969:1997 deixam claro que ao se optar entre a utilização de vala de infiltração e/ou sumidouros, considerando o lençol freático, é prudente que o fundo da vala ou do sumidouro esteja, no mínimo, a 1,5m acima do nível máximo dele. Sobre esse aspecto é recomendado não lotear áreas muito próximas aos cursos d'água.

Todd (1959) destaca que para crescer o abastecimento natural das águas subterrâneas, o homem precisou criar mecanismos para aumentar a infiltração da água da chuva e reabastecer artificialmente os aquíferos. O reabastecimento pode ser por meio de métodos de construção de espalhamento de água e/ou reabastecimento por fossos, escavações, poços, valas e bombeamento. Desta maneira, as fossas podem ser um meio de reabastecer o lençol freático, pela infiltração da parte líquida do esgoto doméstico.

Todd (1959) já afirmava que “os esgotos constituem uma fonte valiosa de reabastecimento das águas subterrâneas”, entretanto, não se questiona a qualidade da água nem se destaca a espessura do solo para a purificação dos efluentes. Deve-se considerar que a cidade de Marechal Cândido Rondon está localizada sobre um divisor de águas. Assim sendo, as fossas podem ser uma das formas de alimentar o lençol freático. Ao ativar a rede de esgoto será deslocada parte dos efluentes para lagoas de decantação, conseqüentemente, boa parte do líquido que se infiltra será deslocada para outras áreas.

Sander (2003) em seu estudo verificou o comportamento de descarga e extensão de dois canais de pequena ordem, um em área urbana e outro em área rural. O córrego em área urbana apresentou extensão total dos fluxos relativamente estáveis durante o período mais seco monitorado. Enquanto no córrego em área rural apresentou redução de sua extensão durante o período de seca. Para o autor as fossas têm garantido o suprimento de água para os reservatórios subterrâneos do córrego da área urbana, assim mantendo a vazão e a extensão do rio durante secas.

As conseqüências ambientais no perímetro urbano de Marechal Cândido Rondon dizem respeito aos poços escavados que foram transformados em fossa que alteram a qualidade da água, uma vez que o esgoto doméstico é lançado em contato direto com o lençol freático. Outro problema diz respeito a locais com o esgoto direcionado para o rio, quando as fossas (drenos) são construídas em solos rasos não apresentam espessura suficiente para purificar os efluentes.

Diante dos problemas relativos a poços profundos utilizados como fossas, esgotos domésticos lançados diretamente em corpos d'água e não averiguação da espessura do solo

para a liberação de loteamentos, demonstra vulnerabilidade de contaminação da água da cidade. Isso devido ao contato direto dos efluentes com a água e a probabilidade do solo não filtrar os efluentes que percola pelo solo.

A Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 estabelece a responsabilidade do poder público sobre as cidades sustentáveis e do saneamento ambiental urbano. No Art. 2º estabelece que a política urbana objetiva o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, dentre elas garantir o direito a cidades sustentáveis (direito à terra urbana, moradia, saneamento ambiental, infra-estrutura urbana, transporte e serviços públicos, trabalho e lazer) para as presentes e futuras gerações.

O Art. 3º define que compete à união promover, por iniciativa própria e em conjunto com os estados, o Distrito Federal e os municípios, programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico. Dessa maneira, constata-se a responsabilidade do poder público sobre a responsabilidade do saneamento urbano das cidades, o qual destaca a destinação correta dos esgotos domésticos.

### **3.4 Aspectos de influência no desabamento das fossas**

As fossas podem ser consideradas como eficientes para a destinação do esgoto doméstico, uma vez que elas tratam os efluentes e facilitam infiltração. No entanto, as mesmas necessitam de cuidados (como inspeção, manutenção, distanciamento de construções e árvores) que a população muitas vezes desconhece. Um dos problemas mais rotineiros no município é o “desabamento das fossas”.

As fossas negras que são usadas para o saneamento do esgoto doméstico em Marechal Cândido Rondon, apresentam na parte superficial um colarinho de concreto, em profundidade o solo fica exposto sem proteção, ou seja, em contato direto com os dejetos, a água e o lodo.

Os solos podem entrar em colapso pelo próprio peso, ou por sobrecargas. Para Gutierrez (2005), que desenvolveu estudos em solos semelhantes aos de Marechal Cândido Rondon, todos os solos quando sujeitos à carregamentos se deformam. Os tipos e a magnitude das deformações, bem como os tempos necessários para a sua estabilização dependem principalmente das tensões aplicadas, das condições de umidade e das propriedades inerentes a cada tipo de solo. Entretanto, alguns solos não saturados, quando umedecidos, experimentam reduções de volume adicionais e repentinas, sob tensões totais praticamente constantes. Esse umedecimento induz o fenômeno denominado de colapso e os solos que os apresentam de colapsíveis.

O desmoronamento de fossas ocorre também devido à força de gravidade, pois a fossa constitui-se em um corte abrupto do terreno que desenvolve processos que se assemelham àqueles que ocorrem em encostas muito íngremes e/ou taludes verticalizados.

Entende-se por talude qualquer superfície inclinada que limita um maciço de terra, de rocha ou de ambos. Pode ser natural, caso de encostas ou vertentes, ou artificiais, quando construídos pelo homem no caso dos cortes e aterros (FIORI, 2001). Os taludes se apresentam como uma massa de solo submetida a três campos de força: as devidas ao peso, ao escoamento da água e a resistência ao cisalhamento (CAPUTO, 1987).

Penteado (1983) afirma que o fluxo de terra e lama ou desmoronamento (*eboulement*) se constituem numa porção do terreno que se destaca, em massa, sobre um flanco abrupto. Esse processo de erosão em bloco pode ocorrer nas fossas por se tratar de um corte abrupto em que o solo fica exposto. A queda dos blocos de solo que ocorre dentro da fossa pode ser acelerada pela má construção da fossa, pela entrada e circulação das águas precipitadas, pelo peso de construções muito próximas (algumas até em cima da fossa), pelas raízes das árvores e pela proximidade de outras fossas, a idade de construção, a densidade habitacional Rupolo (2006).

A destacabilidade que ocorre nas fossas está ligada principalmente pelo desprendimento de partículas ou de blocos de solo no corte realizado na fossa. Para Amaral Jr (2007) a erosão que ocorre no interior das fossas (erosão de queda) se constitui em movimentos por queda livre de materiais sem ocorrer o cisalhamento, sendo este descalçado do talude vertical.

Para Bastos et al. (2000), a erodibilidade pode ser definida como a propriedade do solo que retrata a maior ou menor facilidade com que suas partículas são destacadas e transportadas pela ação de um agente erosivo. Constitui uma das propriedades de comportamento dos solos de maior complexidade em razão do grande número de fatores físicos, químicos, biológicos e mecânicos intervenientes.

Segundo o autor, estudos sobre erodibilidade relacionados à erosão hídrica em solos tropicais e subtropicais constataram que as principais propriedades que interferem foram: a expansibilidade, distribuição granulométrica e a plasticidade dos solos. A infiltrabilidade que interfere no escoamento superficial também influencia na erodibilidade. Em outras palavras a erodibilidade se deve a fatores como, os mecanismos envolvidos no processo de erosão hídrica (mobilização, destacamento, transporte e deposição de partículas e/ou agregados), vários fatores externos que condicionam a intensidade da ação erosiva (erosividade da chuva, geometria da encosta, cobertura vegetal), além de um grande número de parâmetros

intrínsecos do solo que condicionam sua erodibilidade (textura, mineralogia, cimentação, estrutura, sucção).

Corroborando com essa idéia Pejon e Zuquette (2001) consideram que os fatores que influenciam na erodibilidade são: propriedades mecânicas e antrópicas (textura, estrutura, tamanho dos torrões, cultivos do solo, e formação de crosta); resistência (resistência ao cisalhamento); hidrológicas (retenção de água, infiltração, permeabilidade); reológicas (sistema solo/água); químicas e mineralógicas (matéria orgânica, argilominerais); características do perfil (diretos e indiretos).

Em obras, por mais simples e modesta que sejam, é necessário o conhecimento das características do solo. Um dos ensaios mais aplicados no Brasil para o reconhecimento das características do solo são sondagens de simples reconhecimento com SPT (*Standard Penetration Test*), que contempla as propriedades de resistência ao cisalhamento, de deformabilidade e de permeabilidade (BELINCANTA; BRANCO, 2003).

Em relação aos ensaios para medir a erosão, Stroosnijder (2005) acredita que há uma crise em medidas de erosão porque há insuficiência de dados empíricos de qualidade adequada, falta de financiamento para melhorar a situação, ausência de desenvolvimento de tecnologias novas, equipamentos e escassez de pessoal qualificado. Para o autor, devido à alta demanda de informações e a crônica ausência de dados de previsão à erosão, usam-se freqüentemente dados oriundos de modelos matemáticos ou derivaram de ensaios empíricos.

Na previsão da erodibilidade de solos tropicais os ensaios mais aplicados para quantificar a erosão em taludes são os ensaios de Inderbitzen e de desagregação. Estes ensaios contribuem para o entendimento do ensaio desenvolvido por Nogami e Villibor (1979). O ensaio de Inderbitzen é o mais aplicado no meio geotécnico pela sua simplicidade, constitui numa medida de perda de solo em que a superfície coincide com o plano de inclinação variável onde passa um fluxo de água superficial permitindo determinar a influência de fatores como a densidade, umidade do solo, declividade da rampa, a vazão bem como a duração do fluxo. O ensaio de desagregação consiste no processo de ruína de uma amostra de solo exposta ao ar e na seqüência imersa em água (BASTOS et al., 2000).

Nogami e Villibor (1979) deram um novo direcionamento nas pesquisas sobre a erosão de solos tropicais e subtropicais, tendo como referência os ensaios da Metodologia MCT (mini-MCV). Os autores desenvolveram uma metodologia no intuito de caracterizar solos de rodovias do estado de São Paulo, para auxiliar na tomada de medidas visando a prevenção da erosão dos taludes. O método leva em consideração a taxa de infiltração d'água através da superfície do talude, o efeito da secagem sobre o comportamento dos solos sob

inundação e a necessidade de uso de amostras indeformadas nos ensaios. O critério de erodibilidade é baseado na correlação de duas propriedades que permitem prever o comportamento dos solos tropicais à erosão hídrica, sendo: a infiltrabilidade (facilidade com que a água infiltra no solo); e a erodibilidade específica (perda de massa por imersão) (BASTOS et al., 2000).

Posteriormente Pejon (1992), aprimorou esse ensaio ao modificar o valor da reta de disposição dos resultados de 52 para 40. Para esse autor a erodibilidade dos materiais está relacionada a dois fatores principais, que são a destacabilidade e a transportabilidade das partículas. É evidente que quanto melhor a capacidade de infiltração da água no solo menor será o escoamento superficial e o transporte das partículas. E quanto mais úmido se encontrar o solo maior e mais rapidamente será saturado com água gerando, conseqüentemente, o escoamento superficial.

Pejon (1992) considera que em solos argilosos, devido às forças de coesão, as partículas se destacam com mais dificuldade, mas quando destacadas ficam suspensas e são transportadas com mais facilidade. Nos solos arenosos normalmente não existem forças de coesão, com isso as partículas destacam-se mais facilmente, porém devido ao tamanho das partículas seu transporte é reduzido.

Apesar dos esforços muito se tem a evoluir na quantificação e entendimento do processo que desencadeia a erosão, em razão dos inúmeros parâmetros que interferem em cada situação em análise.

No caso do desabamento das fossas negras se sabe que além dos aspectos físicos, químicos e mineralógicos, outro fator crucial é o antrópico concretizado pela má construção e manutenção das fossas.

Silveira e Sant'Ana (1996) fazem algumas recomendações frente ao distanciamento das fossas para se evitar pressões no solo. Na tabela 2, os autores sugerem distâncias mínimas a serem obedecidas para se ter mais segurança nas construções de fossas. As construções devem ficar no mínimo de 1,5m a 3,0m distantes da fossa. Isso é necessário, uma vez que o peso das construções exerce pressão acelerando o processo de desprendimento das partículas do solo.

Quando próximas de áreas com intensa movimentação de veículos pesados, a trepidação pode propiciar a fragilização da fossa. As raízes das árvores também auxiliam na movimentação do solo, sendo necessária uma distância de 3,0m das fossas.

Tabela 2. Distâncias mínimas de fossas sépticas e valas de infiltração

DISTÂNCIA DE	FOSSA SÉPTICA	VALAS DE INFILTRAÇÃO
	(m)	(m)
Edifícios	1,5	3,0
Limites de propriedades	1,5	1,5
Poços	30,0	30,0
Correntes de água	7,5	30,0*
Lagoas	3,0	7,5
Bombas de água	3,0	3,0
Árvores	3,0	3,0

Fonte: SILVEIRA (1985, apud SILVEIRA; SANT'ANA, 1996)

\*Estas distâncias devem ser elevadas para 60m se a instalação for numa estação de abastecimento de água

O distanciamento das fossas de poços, lagoas, bombas d'água e estações de abastecimento faz-se necessário para manter a qualidade ambiental, a fim de evitar conseqüências ambientais e comprometer a qualidade de vida da população.

Neste sentido a NBR 7229:1982 apresenta as seguintes recomendações, para a construção de fossas:

- a) afastamento mínimo de 20m de qualquer fonte de abastecimento de água ou poço;
- b) possibilidade de fácil ligação do coletor predial ao futuro coletor público;
- c) facilidade de acesso, tendo em vista a necessidade de remoção periódica do lodo digerido;
- d) não comprometimento dos mananciais e da estabilidade de prédios e terrenos próximos. (NBR 7229:1982, p. 16)

A fossa séptica e o sumidouro revestido por material (tijolos e cimento) são pouco adotados pela população local devido o elevado custo da obra.

A NBR 7229:1982 e NBR 13969:1997 prevêem uma inspeção periódica nas fossas sépticas, a qual pode variar de acordo com a capacidade da fossa, sendo de seis meses a um ano. Esse é um procedimento não utilizado pela sociedade de modo geral, embora deva ser implementado como uma forma de conscientizar e de amenizar os impactos enfrentados pelos usuários das fossas. Se os usuários realizarem as inspeções periódicas podem verificar a disposição do lodo e a erosão na fossa negra.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Nessa parte se apresenta os procedimentos metodológicos para escolha da seqüência e ensaios aplicados nessa pesquisa.

### 4.1 Definição da seqüência em estudo

Para a definição da seqüência de caracterização pedológica (físico-hídrica) foi considerado o trabalho desenvolvido por Rupolo (2006), referente ao desabamento de fossas negras no trecho superior do córrego Guavirá. A partir do mapa de ocorrência de desabamentos de fossas por quadra, foi definida a seqüência de solos, da alta à baixa vertente (Fig. 10), de tal maneira que abrangesse o maior número de freqüências de desabamento de fossas, com intuito de verificar se havia alguma relação entre os desabamentos e as propriedades dos solos.

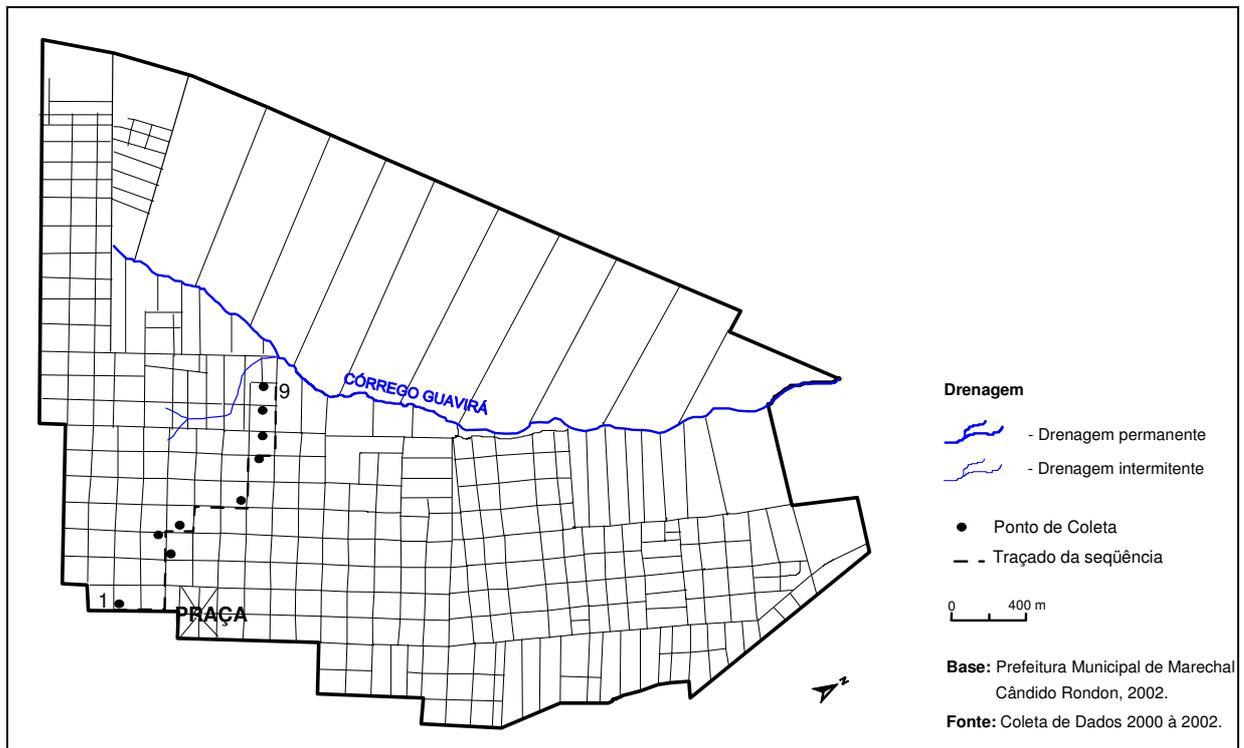


Figura 10. Seqüência de solos para amostragem: trecho superior do córrego Guavirá - Marechal Cândido Rondon, PR. Fonte: RUPOLO, 2008

Para o levantamento dos solos seguiram-se algumas etapas dos procedimentos metodológicos da análise bidimensional da cobertura pedológica de Boulet (1982), com algumas adaptações. A análise bidimensional consiste no entendimento do solo como um

corpo contínuo que possui uma dimensão vertical e horizontal. Esse procedimento permite verificar a existência de variações significativas de solo tanto em profundidade como ao longo da vertente, isto é, da alta vertente até a baixa vertente, de tal maneira que abrangesse diferentes classes de solos e relaciona-las com o desabamento de fossas negras.

No reconhecimento inicial da cobertura pedológica foram realizadas sondagens com o trado no distanciamento médio de 100 metros entre os pontos na seqüência. As amostras foram coletadas nas profundidades de 10, 30, 50, 100cm, para verificar a textura e a argila natural com o objetivo de garantir a representatividade dos horizontes diagnósticos dos solos, ou seja, horizontes A e B do Latossolo Vermelho Eutroférico e Nitossolo Vermelho Eutroférico e também do horizonte C do Cambissolo Háptico Eutroférico.

A cor do solo foi identificada conforme a tabela MUNSELL (*Munssel Soil Color Charts*). A análise dos materiais foi realizada em laboratório, na UNIOESTE conforme os métodos propostos por Lemos e Santos (1984) e Camargo et al. (1986).

Para a caracterização pedológica foram abertas trincheiras na média alta vertente (sondagem 3), no terço inferior (sondagem 6) e no sopé da vertente (sondagem 9). Nas três trincheiras efetuou-se a descrição morfológica dos perfis de solo e coletas de amostras para os ensaios de: granulometria, argila dispersa e floculada, densidade global e aparente, porosidade, determinação do índice de erodibilidade dos materiais, química de solos, ensaio de capacidade de absorção de água do solo e mineralogia da fração argila.

## 4.2 Técnicas de mapeamento

Por se tratar de área urbanizada, devido às construções presentes, inviabilizou o uso da trena para o levantamento topográfico da seqüência, por isso optou-se por um mapeamento de pontos georreferenciados. O equipamento utilizado foi o Nível Óptico, que se assemelha muito ao Teodolito. Assim, o mapeamento da seqüência e dos pontos de sondagem seguiu os procedimentos descritos por Borges (1977).

A princípio foi transportada a cota do marco existente no Campus da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Campus de Marechal Cândido Rondon até o ponto de sondagem 1 da seqüência, definiu-se o método de mapeamento por ordenada. Com esse método foi traçada uma linha mestra sobre a seqüência e a partir desta foram feitas ramificações para os pontos de sondagem. Cada sondagem também se constituía num ponto cotado.

A vantagem de utilizar o Nível Óptico é de obter ao mesmo tempo a distância de um ponto a outro, a variação altimétrica e a direção. Com a distância, o azimute e o valor do ponto cotado foi elaborado-se o desenho do perfil (Fig. 11).

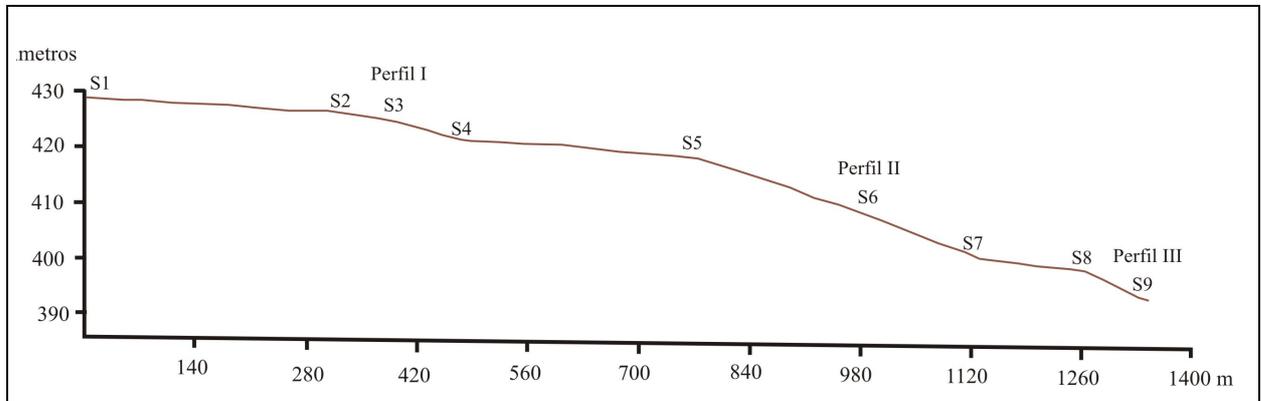


Figura 11. Perfil topográfico da seqüência

### 4.3 Descrição morfológica dos solos

As descrições dos perfis indicaram as características morfológicas dos horizontes. Para Santos et al. (2005) estas características permitem inferências importantes sobre a sua formação e seu comportamento mecânico.

As trincheiras abertas para a descrição morfológica dos perfis possuíam 1,5m de comprimento, 1,2m de largura e 2,0m de profundidade (Fig. 12).

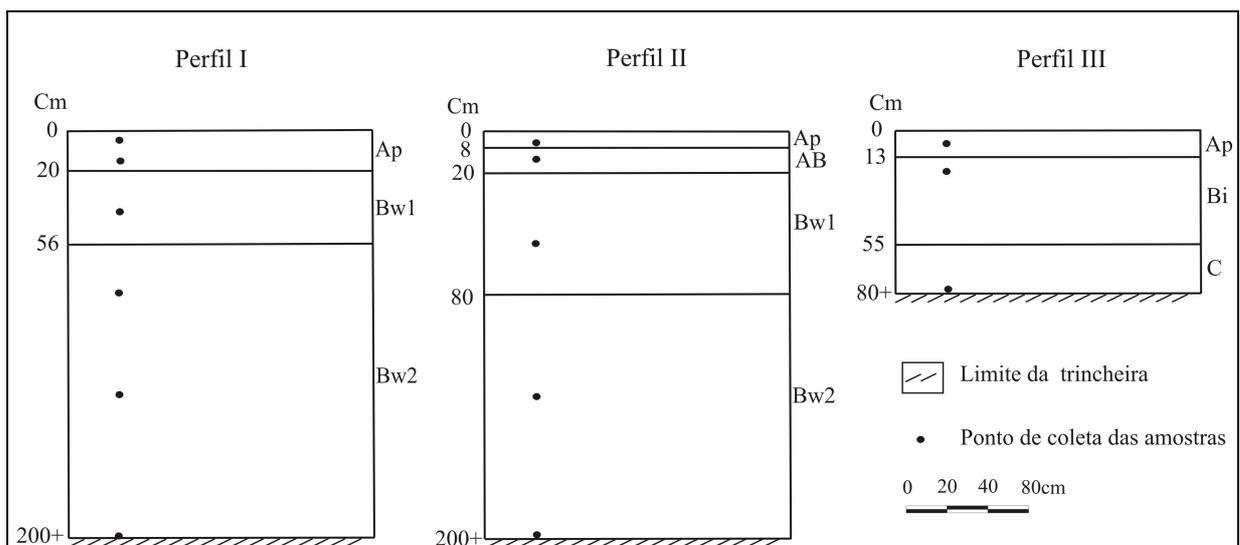


Figura 12. Croqui das trincheiras com demonstração dos pontos de coleta

Após a identificação dos horizontes foram definidos os pontos de coleta das amostras para os ensaios em laboratório. No perfil I foi aos 05, 10, 40, 80, 130, 200cm, no perfil II aos 05, 13, 55, 130, 200cm, e no perfil III aos 06, 20cm de profundidade.

#### 4.4 Estabilidade de agregados em campo

A estabilidade de agregados em campo constitui num ensaio empírico, onde é colocado um agregado em um copo com água e se observa durante um (1) minuto o comportamento deste agregado em contato com a água. Os parâmetros comparativos entre os agregados analisados dependem muito do critério do observador. É um procedimento ainda sem parâmetros oficiais a serem seguidos, mas muitos pesquisados utilizam por exibir o comportamento dos agregados de forma simples e rápida no campo.

#### 4.5 Análise granulométrica

A análise granulométrica consiste na identificação da textura do solo, ou seja, proporção relativa das frações granulométricas do solo - areia grossa (2,0-0,2mm), areia fina (0,2-0,05mm), silte (0,05-0,002mm), argila (<0,002mm), de acordo com o Sistema Americano (*Soil Survey Manual*) (SANTOS et al., 2005).

A obtenção da granulometria consiste no peneiramento da fração areia e velocidade de sedimentação das partículas finas de silte e argila. A determinação das diferentes frações granulométricas seguiu os procedimentos de Camargo et al. (1986).

Os cálculos para se determinar as diferentes frações granulométricas foram:

Argila (%) = peso da argila - peso do dispersante x 1000

Silte grosso (%) = peso total (argila + silte) – peso argila – peso dispersante

Areia Grossa (%) = peso areia grossa x 10

Areia fina (%) = peso da areia fina x 10

Silte fino (%) = 100 - %argila - %silte grosso - %areia grossa - %areia fina

Os resultados obtidos foram plotados no software *Grapher*, a fim de demonstrar a distribuição granulométrica no perfil.

#### 4.6 Grau de dispersão e flocculação da argila em água

O princípio dessa análise é a determinação da porcentagem da argila dispersa em água. Com essa análise, torna-se possível calcular também o grau de flocculação e o grau de dispersão da fração argila. O grau de flocculação e dispersão das argilas indica sinais de mudança físico-química no comportamento do solo.

- **Flocculação**

Quando as argilas estão flocculadas a chance delas serem carregadas pela ação das águas pluviais é menor, o que significa dizer que elas impõem uma maior resistência dos solos à erosão. As argilas flocculadas geralmente estão presentes em solos bem desenvolvidos.

A flocculação ocorre devido às cargas (negativas e positivas) das partículas do solo que as fazem se atrair e ficarem organizadas em forma de blocos. Segundo Meurer (2000) quando o pH do solo estiver próximo do ponto de carga zero (PCZ) e até abaixo desse, com predomínio de cátions que formam complexos de esfera-interna, alta concentração de eletrólise altos teores de óxidos, ocorre a flocculação das partículas, o que é desejável para se ter uma boa estruturação do solo.

Para determinar esse valor aplicou-se a seguinte expressão:

$$\text{Grau de flocculação} = 100 (\text{argila total} - \text{argila dispersa em água}) / (\text{argila total})$$

- **Dispersão**

Quando as argilas estão dispersas estas apresentam maior disponibilidade de serem levadas pelas águas correntes, ou seja, indicam solos mais propensos a serem carregados. Essa característica geralmente está presente em setores da vertente com solos pouco desenvolvidos ou na superfície do perfil.

A dispersão das partículas do solo acontece quando o pH for muito mais elevado do que o pH onde ocorre o PCZ, predominando complexos de esfera-externa e baixos teores de óxidos (MEURER, 2000).

Para determinar esse valor aplicou-se a seguinte expressão:

$$\text{Grau de dispersão} = 100 - \text{grau de flocculação}$$

Os resultados obtidos de dispersão e floculação das argilas foram plotados no software *Grapher*, a fim de demonstrar a sua distribuição no perfil.

#### 4.7 Densidade do solo

A densidade do solo é definida como a massa da unidade de volume (CAMARGO et al., 1986). São considerados dois tipos de densidade:

- **Densidade aparente ou global (Dg)**

É levado em consideração o volume total do solo, inclusive a porosidade. Para essa análise utilizou-se um anel volumétrico. Este foi introduzido no horizonte de solo com auxílio de um suporte, em seguida transferiu-se a amostra para uma cápsula previamente pesada, posteriormente tampada e vedada com fita. A cápsula com a amostra foi levada (sem tampa) para a estufa por 24 horas a 105°C. Posteriormente, transferiu-se para o dessecador e pesado.

Para obtenção da densidade aparente utilizou-se a expressão:

$$Dg \text{ (g/cm}^3\text{)} = \text{peso da amostra} / \text{volume do anel}$$

- **Densidade real ou de partícula (Dr)**

A densidade de partícula não é afetada pela estrutura ou agregação das frações do solo, textura e porosidade. Ela pode ser afetada principalmente pela composição mineralógica e teor de matéria orgânica.

Para obtenção da densidade aparente utilizou-se a expressão:

$$Dr \text{ (g/cm}^3\text{)} = 20g / \text{volume total} - (25 + \text{valor completado})$$

#### 4.8 Porosidade total

Com os dados de densidade do global (Dg) e de partículas (Dr), tornou-se possível obter a porcentagem da porosidade total. A fórmula utilizada para este cálculo foi a descrita por Camargo et al (1986):

$$Pt \text{ (\%)} = (1 - \text{densidade global} / \text{densidade real}) \times 100$$

#### 4.9 Umidade do solo

A umidade do solo é obtida a partir da secagem da amostra coletada no campo em estufa a 105°C por 24 horas. Utilizou-se o seguinte cálculo:

$$U = \text{peso da amostra úmida} - \text{peso da amostra seca} \times 100$$

#### 4.10 Ensaio de capacidade de absorção de água do solo

Existem vários métodos que verificam a percolação da água no solo. O método aplicado neste estudo é o indicado pela NBR 7229/82 e também por Pólvora (1995). Ele consiste em uma cava de 30cm de comprimento por 30cm de largura e 35cm de profundidade. No fundo da cava são preenchido 5cm com pedra brita nº 1 (Fig. 13).

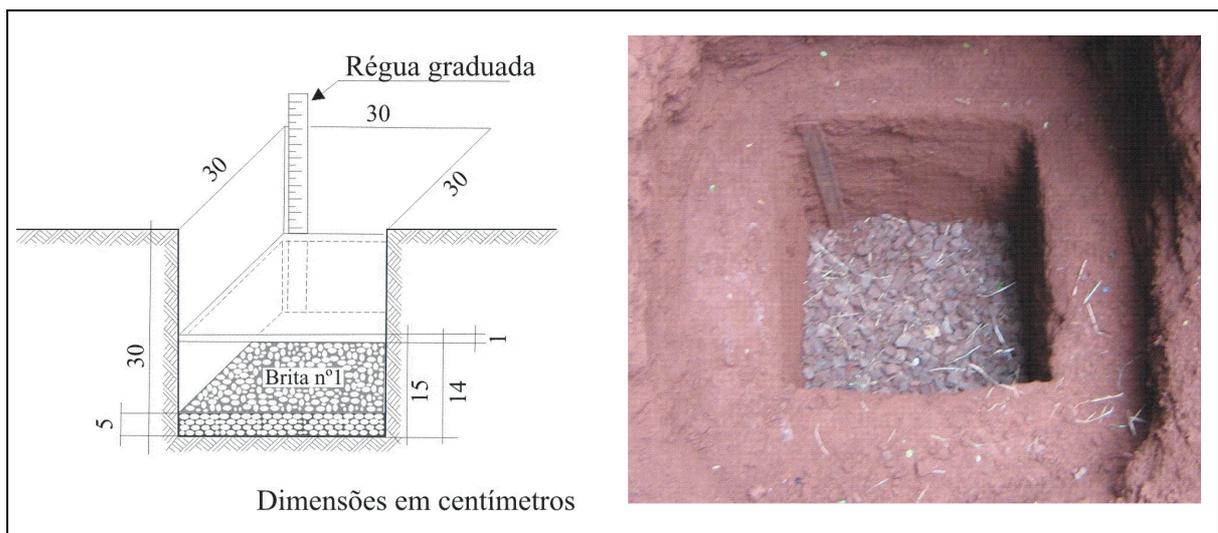


Figura 13. Cava para determinação do coeficiente de infiltração. Fonte: NBR 7229:1982

Neste ensaio se faz a saturação do solo durante 4 horas. No dia seguinte é completada a cava de água e espera infiltrar tudo, em seguida coloca-se água até a altura de 15cm e se marca o tempo necessário para infiltrar 1cm, isto é, até atingir a altura de 14cm. Se o tempo for menor que 3 minutos repete-se a operação cinco (5) vezes e é considerada a quinta leitura. Trata-se de um procedimento rápido e simples, mas com resultados confiáveis.

O ensaio de capacidade de absorção de água do solo foi aplicado na base da trincheira (200cm) e em superfície (0cm). Na base da trincheira a fim de verificar a percolação da água no mesmo nível de infiltração dos efluentes líquidos das fossas. E na superfície a fim de

verificar a contribuição da percolação da água superficial no solapamento das bordas das fossas.

#### **4.11 Determinação do índice de erodibilidade dos materiais**

Esse ensaio tem como mentores Nogami e Villibor (1979) os quais buscaram desenvolver um método para verificar a resistência dos materiais à erosão em taludes. Esse procedimento utiliza amostras indeformadas e pequenas, leva em consideração o efeito da secagem, permite inferir as propriedades de desagregabilidade e infiltração, facilidade e rapidez na execução e não necessita de equipamentos sofisticados.

A determinação do índice de erodibilidade de materiais está ligada a destacabilidade e transportabilidade das partículas (PEJON, 1992). A umidade e as condições de infiltração podem interferir na destacabilidade das partículas.

Seguidas as recomendações de Nogami e Villibor (1979), as amostras foram coletadas com o solo seco (após 7 dias sem chuva). Para a coleta utilizou-se anéis de PVC de 40mm de diâmetro e 20mm de altura, inseridos no solo no sentido vertical com o auxílio de um suporte (Fig.14a). Em seguida se coletou o torrão de solo em que o anel foi introduzido e envolto cuidadosamente com plástico filme para a amostra não se romper e transportado cuidadosamente ao laboratório.

Os testes de absorção e imersão das amostras indeformadas se realizaram com base nos equipamentos utilizados por Nogami e Villibor (1979), no laboratório do Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA), na Universidade Estadual de Maringá.

No laboratório o anel com a amostra foi limpo, pesado e deixado secar ao ar e a sombra por uma semana (Fig. 14b). Durante a limpeza do anel também se coletou amostra para determinação do teor de umidade dela, a fim de correlacioná-la com os resultados finais.

- **Ensaio de absorção de água**

Para a realização deste ensaio, necessitou-se de um equipamento constituído de um recipiente cilíndrico com as mesmas dimensões do anel de PVC de coleta das amostras, na porção superior a esse recipiente é adaptado uma pedra porosa saturada em água ligada a um tubo horizontal graduado preenchido também com água (Fig. 14c). A amostra ainda no anel é pesada e em seguida colocada sobre a pedra porosa saturada. Inicia-se a contagem do volume de água absorvida por amostra sem interrupção em intervalo de tempo predeterminado até a saturação da amostra (Anexo 4).

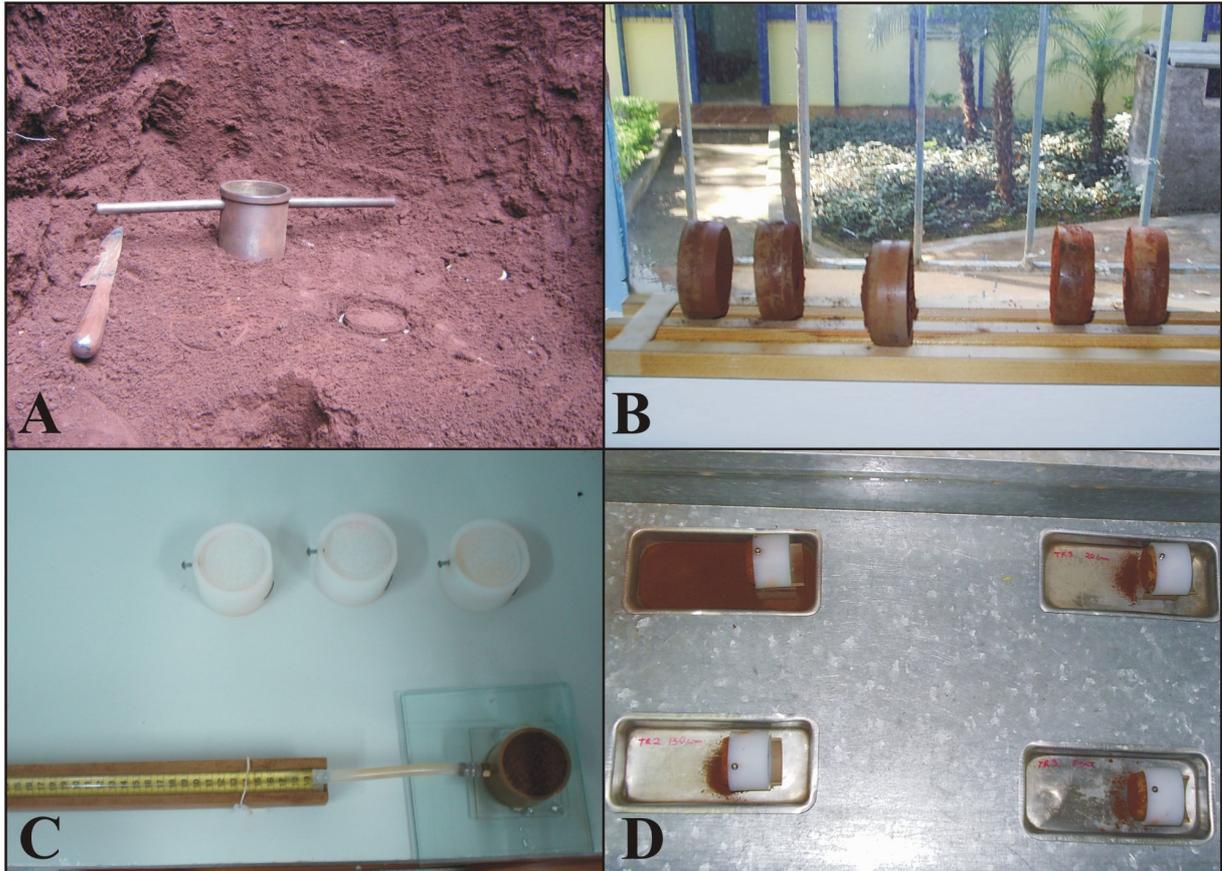


Figura 14. Fotos do ensaio de índice de erodibilidade. A) Coleta da amostra indeformada; B) Secagem da amostra por 7 dias; C) Aparelho utilizado para o ensaio de absorção; D) Imersão das amostras no tanque com água após 24horas

Para a obtenção do índice de absorção ( $S$ ) montou-se um gráfico do volume de água ( $\text{cm}^3$ ) por unidade de área de base ( $q$ ) em função da raiz quadrada do tempo ( $\sqrt{t}$ ). Os pontos se distribuíram ao longo de uma reta, sendo o índice  $S$ , o coeficiente angular da reta:  $S=q/\sqrt{t}$ .

- **Ensaio de perda de massa por imersão**

Após realizar o ensaio de absorção de água, a amostra (com o anel) foi removida da pedra porosa cuidadosamente e transferida para um recipiente com água para a imersão. Colocou-se sobre uma estrutura que a manteve na posição vertical, 30mm acima do fundo, sobre uma bandeja para coletar o material que se destacou durante a imersão (Fig. 14d). O material depositado na bandeja durante a imersão foi seco e pesado. Após 24horas determinou-se a perda de massa em porcentagem do peso inicial seco da amostra ( $P$ ).

Segundo Nogami e Vilibor (1979), uma reta deveria separar os materiais erodíveis dos não erodíveis obedecendo a seguinte equação:  $P=52S$ . Analisando as amostras obtidas em seu estudo e conhecendo suas características Pejon (1992) fez uma adaptação na equação da reta:  $P=40S$ . Esta adaptação resultou na equação que se apresenta a seguir.

O índice de erodibilidade foi calculado com a seguinte expressão:

$$E=40 S/P$$

Sendo:

*E*: índice de erodibilidade

*S*: leitura do corpo de prova *versus* à raiz quadrada do tempo

*P*: percentagem da perda de solo por imersão.

Para saber se o material apresentou alto ou baixo índice de erodibilidade adotou-se o seguinte critério:

Se  $E > 1$  baixa erodibilidade

Se  $E < 1$  alta erodibilidade

Os resultados obtidos foram plotados em um gráfico produzido no software *Statistica*, que relaciona os valores de *S* e de *P* ao longo de uma reta que separa os materiais de alta erodibilidade dos de baixa erodibilidade.

#### **4.12 Composição mineralógica**

Para a identificação do argilomineral do solo estudado foi selecionada uma amostra do horizonte de solo Bw de cada trincheira. A confecção das lâminas seguiu os procedimentos de Albers et al. (2002).

Em seguida realizou-se o ensaio de difração de raios-X, varrendo-se de 2° a 30° (escala 20) com velocidade de 1°/min.

Após o ensaio de difração de raios-X, as distâncias interplanares (*d*) referentes aos picos apresentados no difratograma foram confrontadas com as distâncias interplanares características de cada fase. Foram considerados somente os minerais simples, o pico de maior intensidade de cada fase, bem como os picos secundários.

#### **4.13 Análises químicas**

Para a determinação dos macronutrientes do solo ( $H^+$  +  $Al^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ , P, C, pH ( $H_2O$ ,  $CaCl_2$ ) seguiu-se os procedimentos de Pavan et al. (1992) e EMBRAPA (1997).

#### **4.14 Teor matéria orgânica**

A percentagem de matéria orgânica foi obtida pela multiplicação do resultado do carbono orgânico por 1,724. Este fator de correção é adotado por se admitir que na composição média do húmus o carbono participa com 58% (EMBRAPA, 1997).

## 5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nessa parte são apresentados os resultados alcançados durante o estudo, sendo eles: descrição morfológica dos perfis de solos; distribuição das frações granulométricas, argila natural; densidade aparente e real; porosidade total do solo; teor de umidade, características químicas (matéria orgânica, pH, T, V); mineralogia da fração argila; capacidade de absorção do solo e índice de erodibilidade dos materiais.

### 5.1 Descrição morfológica dos perfis

Na seqüência de solo utilizada para essa pesquisa, ao longo da vertente da margem direita do córrego Guavirá, identificou-se no perfil I (média alta vertente) Latossolo Vermelho Eutroférico bem desenvolvido; no perfil II (terço inferior) Latossolo Vermelho Eutroférico; e no perfil III (sopé) um Cambissolo Háplico Eutroférico (Fig. 15).

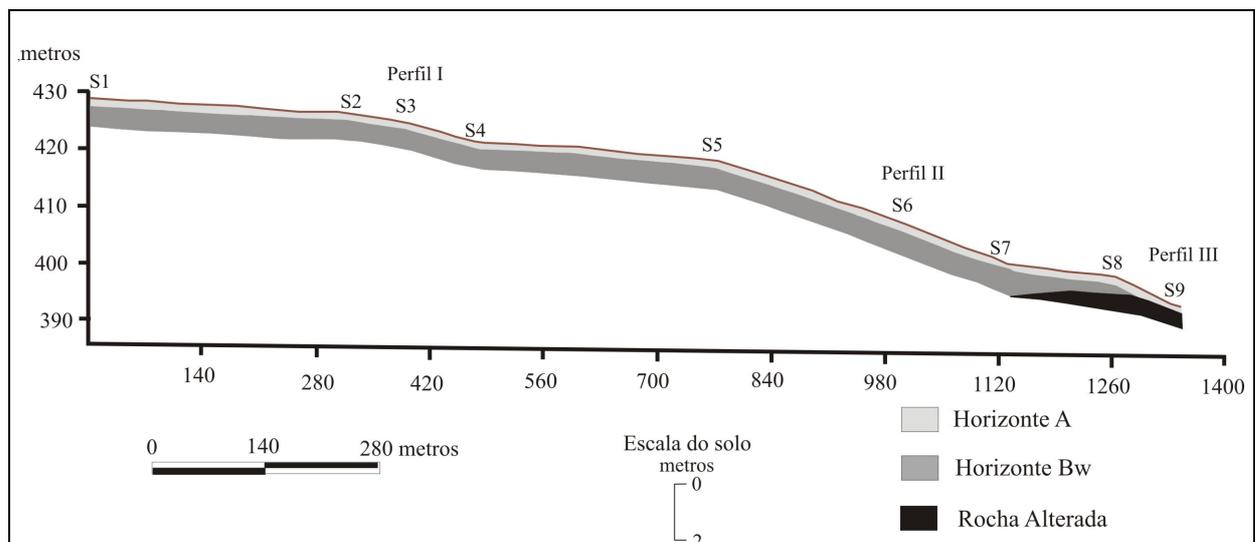


Figura 15. Visualização da vertente estudada e o local dos perfis de solo analisados

No perfil I, situado no setor superior da vertente ocorre o Latossolo Vermelho Eutroférico, textura argilosa, espesso e bem drenado, composto por três horizontes Ap, Bw1, e Bw2 (Fig. 16).

O horizonte Ap (0cm a 20cm); apresenta cor bruno-avermelhada-escura (2,5YR 2,5/3, úmida) e bruno-avermelhada-escura (2,5YR 3/4, seca), textura muito argilosa, consistência plástica pegajosa com nódulos de argila de forte resistência, dificilmente quebrados sob pressão dos dedos; estrutura em blocos granulares pequenos moderados a forte com tendência

a granular, de resistência moderada; porosidade comum, predomina microporos e macroporos (abundantes); cerosidade ausente; estabilidade dos agregados em água moderada resistência, não se desfaz com facilidade; bem drenado; atividade biológica pequena (formigas e minhocas); raízes poucas e fasciculadas; como feições pedológicas se destaca a presença de fragmentos carvões milimétricos e nódulos de argila endurecidos. Há ocorrência e acúmulo de matéria orgânica no interior dos macroporos; a transição para o horizonte inferior em termos de cor e textura é abrupta e ondulada.

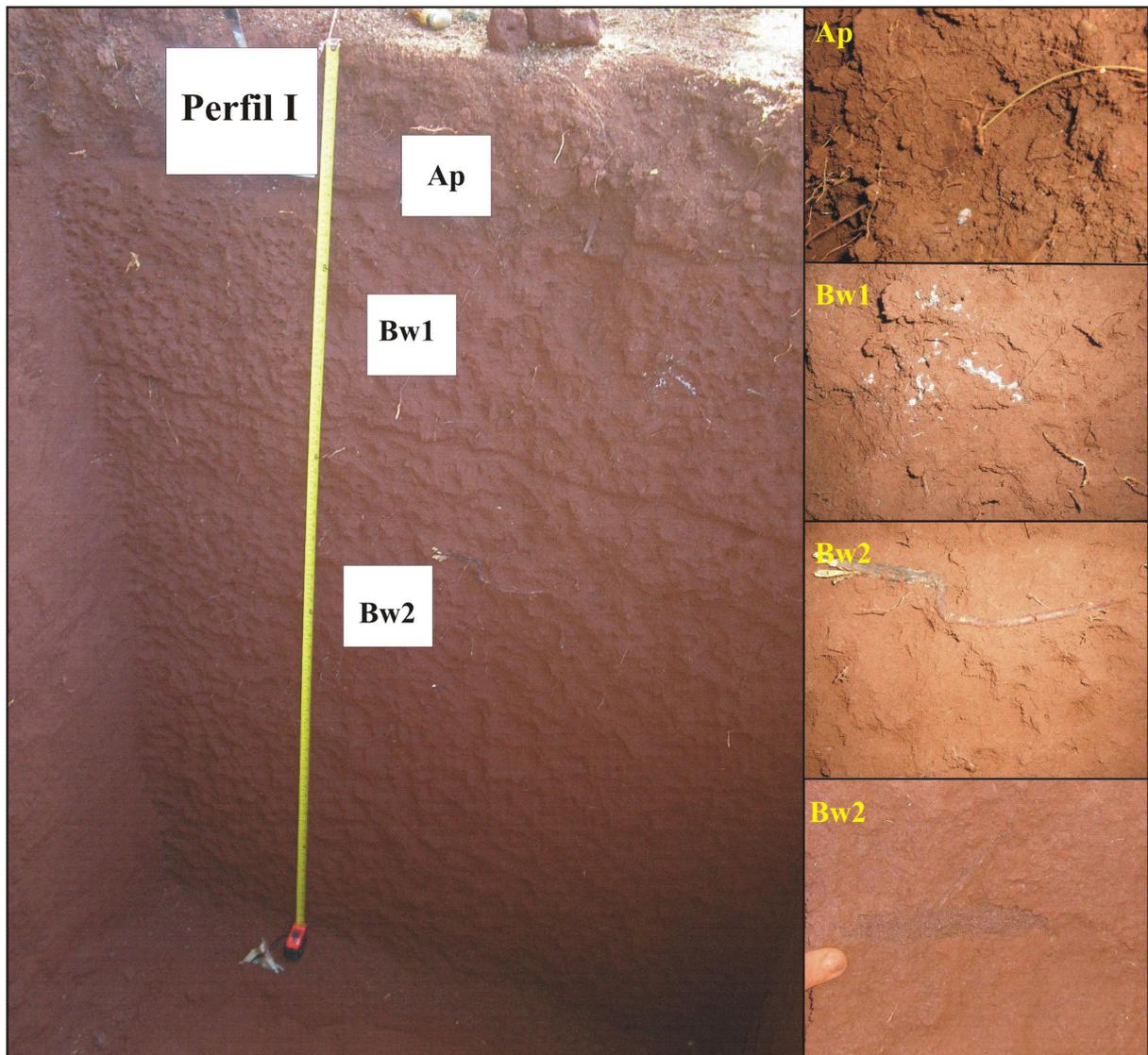


Figura 16. Evidência o Latossolo Vermelho Eutroférico situado na média alta vertente. A direita aparece com detalhe o horizonte Ap com a presença de raízes, cores mais escurecidas. O horizonte Bw1 exibe manchas brancas de origem biológica e raízes, enquanto no horizonte Bw2 ocorre a presença de um pedotúbulo preenchido por matéria orgânica

No horizonte Bw1 (20cm a 56cm) a cor é bruno-avermelhada-escura (2,5YR 3/4, úmida) e bruno-avermelhada-escura (2,5YR 3/3, seca); textura muito argilosa; consistência

plástica pegajosa, raros nódulos de argila pouco resistentes; estrutura em blocos subangulares de moderada resistência que se desfazem em estrutura microagregada; porosidade abundante de microporos e macroporos, porém em menor quantidade se comparado ao horizonte superior (casulos e pedotúbulos/cavidades); cerosidade ausente; estabilidade dos agregados em água de moderada a fraca resistência; bem drenado; atividade biológica comum (minhocas, formigas); raízes finas fasciculadas poucas; como feições pedológicas ocorre acúmulo de material fino nos macroporos e raros nódulos de argila; a transição para o horizonte basal, em termos de textura e estrutura é gradual e plana.

O horizonte Bw2 (56cm a 200+cm); apresenta cor bruno-avermelhada-escura (2,5YR3/3, úmida) e bruno-avermelhada-escura (2,5 YR 3/4, seca); textura muito argilosa; consistência plástica e ligeiramente pegajosa; poucos nódulos de argila; estrutura em blocos subangulares fracos que se desfazem em microagregada; porosidade abundante com predomínio de microporos, em menor quantidade aparece os macroporos; cerosidade ausente; estabilidade dos agregados em água de fraca resistência; bem drenado; atividade biológica comum (minhocas, formigas); raízes pouquíssimas finas e fasciculadas, é comum a presença de material fino no interior dos pedotúbulos e cavidades, raros nódulos de óxido de ferro podem ocorrer distribuídos no horizonte. Essas feições tendem a desaparecer na base do perfil de solo.

De maneira geral, o perfil apresenta cor predominante bruno-avermelhada-escura (2,5YR3/3, 2,5YR 3/4, úmido); textura muito argilosa, e consistência plástica e pegajosa. A estrutura no horizonte é superfície granular de moderada resistência passando em profundidade para blocos subangulares de fraca resistência a microagregada. É bastante poroso. A estabilidade dos agregados em água variou de moderada resistência próximo da superfície para fraca em profundidade, ou seja, os microagregados se desprendem facilmente quando saturados com água. A cerosidade está ausente em todo o perfil.

O perfil II está localizado no terço inferior da vertente sobre Latossolo Vermelho Eutroférico. Caracteriza-se por ser um perfil de solo espesso e bem drenado constituído pelos horizontes Ap, AB, Bw1 e Bw2 (Fig. 17).

O horizonte Ap (0cm-8cm) apresenta cor bruno-avermelhada-escura (2,5 YR2,5/3, úmida) e bruno-avermelhada-escura (2,5 YR3/3, seca); textura argilo-siltosa; estrutura granular fraca, pequena; consistência ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, friável; porosidade abundante constituída de microporos e macroporos; cerosidade ausente; estabilidade dos agregados em água de moderada resistência, bem drenado, atividade biológica comum (minhocas e formigas); raízes poucas, finas, fasciculadas. Nas feições

pedológicas destacam-se a presença de raros nódulos de argila e acúmulo de material fino com matéria orgânica no interior de pedotúbulos. Nas paredes internas dos pedotúbulos forma-se uma fina película de argila reconhecida pela cor mais escura e brilho, enquanto na superfície do terreno se desenvolve uma fina camada areno-argilosa mais dura originada pelo impacto das gotas da chuva (celamento); a transição para o horizonte inferior em termos de cor e textura é ondulada.

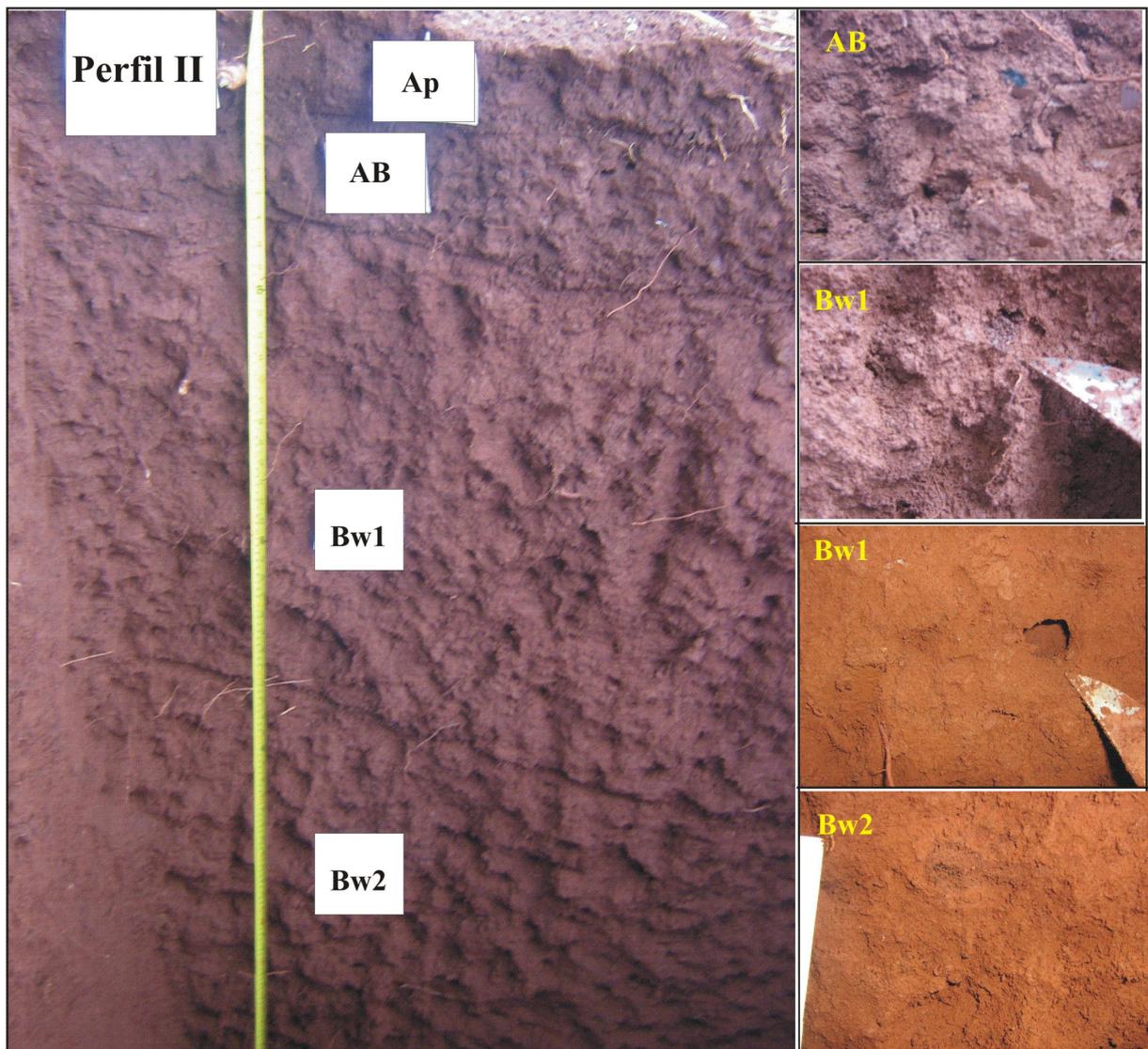


Figura 17. Evidência o Latossolo Vermelho Eutroférico situado no terço inferior da vertente. A direita exibe em detalhe o horizonte AB com presença de fragmentos de carvão. O horizonte Bw1 apresenta macroporos preenchidos com matéria orgânica de cor mais escura e macroporos formado pela atividade biológica, no horizonte Bw2 os macroporos estão preenchidos com matéria orgânica

O horizonte AB (8cm-23cm) apresenta cor bruno-avermelhada-escura (2,5 YR3/3, úmida) e bruno-avermelhada-escura (2,5 YR 3/3, seca); textura argilosa; consistência plástica e pegajosa; estrutura em blocos subangulares, moderada com tendência a granular; porosidade

abundante formada por microporos e macroporos (alguns pedotúbulos); cerosidade ausente; estabilidade dos agregados em água de moderada resistência, quebrados sob pressão dos dedos; bem drenado; atividade biológica comum (minhocas e formigas); raízes poucas, finas e fasciculadas, em menor quantidade em comparação com o horizonte superior; presença de nódulos de argila milimétricos endurecidos pela presença de óxidos de ferro, mais resistentes que os anteriores; a transição para o horizonte inferior ocorre em termos de cor, textura e estrutura é ondulada.

O horizonte Bw1 (23cm-85cm) apresenta cor bruno-avermelhada-escura (2,5YR2,5/3, úmida) e bruno-avermelhada-escura (2,5YR3/3, seca); textura muito argilosa; consistência plástica e pegajosa (mais que o anterior); estrutura em blocos subangulares de fraca resistência que se desfazem em estrutura microagregada; porosidade abundante formada de microporos e macroporos (cavidades e pedotúbulos); cerosidade muito incipiente; estabilidade dos agregados em água de moderada resistência, não se desfaz com saturação em água; drenagem boa; atividade biológica pouca; raízes poucas, finas e fasciculadas; nódulos de argila pouco mais resistente; a transição para o horizonte inferior em termos de textura e estrutura é gradual à difusa. A presença de cerosidade incipiente indica o início do desenvolvimento de um horizonte B nítico (Bni).

O horizonte Bw2 (85cm-200+cm) apresenta cor bruno-avermelhada-escura (2,5YR 2,5/3, úmida) e bruno-avermelhada-escura (2,5YR 3/4, seca); textura muito argilosa; consistência plástica e pegajosa; estrutura em blocos subangulares fraca que se desfaz em microagregada; porosidade constituída por microporos e macroporos em menor quantidade quando comparado com o horizonte superior; cerosidade ausente; estabilidade dos agregados em água de fraca resistência, que se desfaz rapidamente na presença de água; bem drenado; atividade biológica pouca; raízes raras, finas e fasciculadas; apresenta nódulos milimétricos de óxido de ferro .

O perfil apresenta cor predominante bruno-avermelhada-escura e textura variando desde argilosa em superfície a muito argilosa na base do perfil, consistência ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa no horizonte superficial, enquanto nos demais é plástica e pegajosa. As estruturas nos horizontes Ap e AB são formadas por blocos subangulares de moderada resistência com tendência para granular, passando em profundidade (Bw1 e Bw2) para blocos subangulares de fraca resistência a microagregada. Esse perfil é bastante poroso com presença abundante de microporos e macroporos sendo comum a presença de casulos, pedotúbulos e cavidades; muitos desses estão preenchidos por material transportado da superfície de cor mais escura devido a presença de matéria orgânica. A cerosidade está

ausente, exceto no horizonte Bw1 encontra-se muito incipiente. A estabilidade dos agregados em água varia de moderada resistência em superfície (Ap e AB) a fraca em profundidade (Bw2). A atividade biológica comum praticamente não varia e mostra-se semelhante ao do perfil I mais a montante na vertente.

O perfil III está localizado no sopé vertente dando origem a um Cambissolo Háplico Eutroférico (Fig. 18).

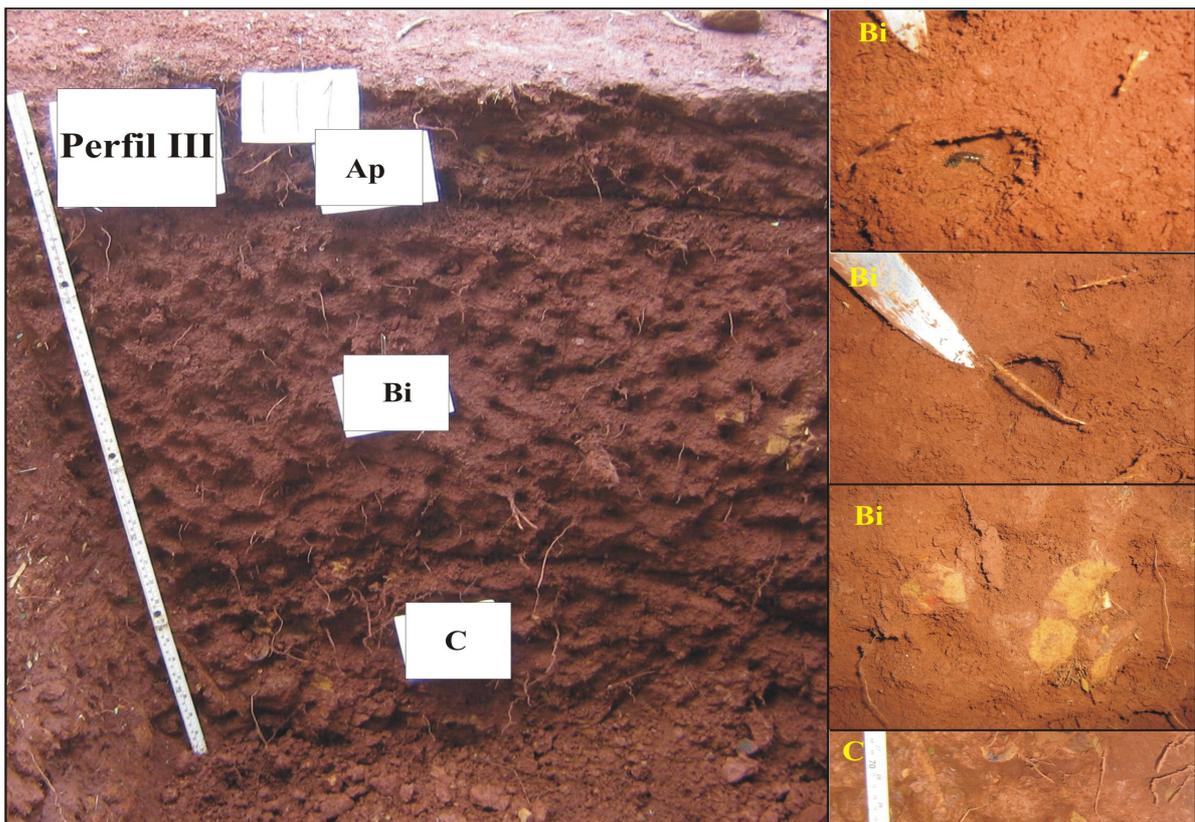


Figura 18. Evidência o Cambissolo Háplico Eutroférico situado na baixa vertente. A direita é possível visualizar em detalhe no horizonte Bi a presença de cavidade formada por atividade biológica e a presença de fragmentos de rochas alteradas no horizonte C

O horizonte Ap (0cm-13cm) apresenta cor bruno-avermelhada-escura (2,5 YR 3/4, úmida) e bruno-avermelhada-escura (2,5 YR 3/4, seca); textura argilosa; consistência plástica e pegajosa; estrutura granular, média e fraca; porosidade abundante constituída de microporos e poucos macroporos; cerosidade ausente; estabilidade dos agregados em água mostra-se fraca sendo rapidamente destruídos na presença de água; bem drenado; atividade biológica comum (formigas e minhocas); raízes poucas, finas e fasciculadas; presença de nódulos de argila milimétricos, pequenos fragmentos de carvão, raros fragmentos de rocha alterada e nódulos de óxido de ferro; a transição em termos de cor e textura é ondulada.

No horizonte Bi (13cm-55cm), a cor é bruno-avermelhada a bruno-avermelhada-escuro (2,5 YR 4/4 a 3/4, úmida) e bruno-avermelhada a bruno-avermelhada-escuro (2,5 YR 4/4 a 3/4, seca); textura muito argilosa; consistência plástica e pegajosa; estrutura em blocos subangulares grandes de moderada resistência que se desfaz para subarredondados com tendência a microagregada; porosidade formada por microporos e macroporos (cavidade e pedotúbulos); cerosidade ausente; estabilidade dos agregados em água de fraca resistência; bem drenado; atividade biológica comum (minhocas, formigas e larvas de insetos); raízes poucas, finas e fasciculadas; como feições pedológicas ocorrem nódulos de argila milimétricos, aumento dos fragmentos de rocha alterada em tamanho e de nódulos de óxido de ferro; acúmulo de material nos macroporos; a transição em termos de textura e estrutura é irregular e descontínua.

O horizonte C (55cm-80cm+), apresenta cor bruno-avermelhada a bruno-avermelhada-escuro (2,5 YR 4/4 a 3/4, úmida) e bruno-avermelhada a bruno-avermelhada-escuro (2,5 YR 4/4 a 3/4, seca); textura argilo-siltosa; consistência ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; porosidade formada de microporos; cerosidade ausente; estabilidade dos agregados em água de fraca resistência; moderadamente drenado; atividade biológica comum; raízes poucas, finas e fasciculadas; como feições pedológicas ocorrem nódulos de argila milimétricos e aumento da pedregosidade (fragmentos de rocha alterada).

Esse perfil apresenta cor predominante bruno-avermelhada-escuro a bruno-avermelhada, textura argilosa no horizonte Ap, que gradua para muito argilosa no horizonte Bw. A consistência é ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa nos horizontes superficiais passando à plástica e pegajosa no horizonte Bi. A estrutura no horizonte superficial é granular pequena e fraca, enquanto em profundidade (Bi) apresenta-se na forma de blocos subangulares que se desfazem em microagregados de pouca resistência. Esse perfil mostra porosidade inferior quando comparado com o horizonte superior, a cerosidade está ausente no perfil. A estabilidade dos agregados em água de fraca resistência, moderadamente drenado, atividade biológica comum, com raízes poucas finas e fasciculadas que a diminuem em profundidade. No entanto, é comum a presença de nódulos de argila no perfil, já os fragmentos de rocha alterada tendem a aumentar em profundidade até alcançar o horizonte C.

Na descrição morfológica do solo foi possível perceber alterações de circulação hídrica da alta à baixa vertente, que por sua vez mostra que a água interfere nos estágios de desenvolvimento do solo. Na alta vertente, demonstrou o predomínio da circulação hídrica no sentido vertical, no terço inferior observou-se a mudança no sentido vertical e também superficial e na baixa vertente predomina a subperiférica do que vertical. Contudo, os sinais

mais visíveis para essa consideração foi a presença de nódulos de óxido de ferro no horizonte Bw2 e sinais de início de cerosidade no horizonte Bw1 do perfil II, e o perfil III possui nódulos de óxido de ferro em superfície e proximidade com a rocha-mãe

## 5.2 Granulometria e argila natural

Os três perfis analisados apresentam elevados teores de argila e baixas concentrações de silte e areia como pode ser visualizadas na figura 19 e na tabela 3.

No perfil I é possível verificar que a fração argila apesar de apresentar elevados teores tem pequenas variações no perfil. O horizonte Ap apresenta um teor elevado da fração argila (77,1%), que tende a sofrer pequena redução para a base do horizonte (64,7%), em seguida apresenta aumento no horizonte Bw1 (85%). No topo do horizonte Bw2, novamente sofre pequena redução para depois aumentar em direção à base do perfil, porém sem alcançar os valores encontrados no Bw1.

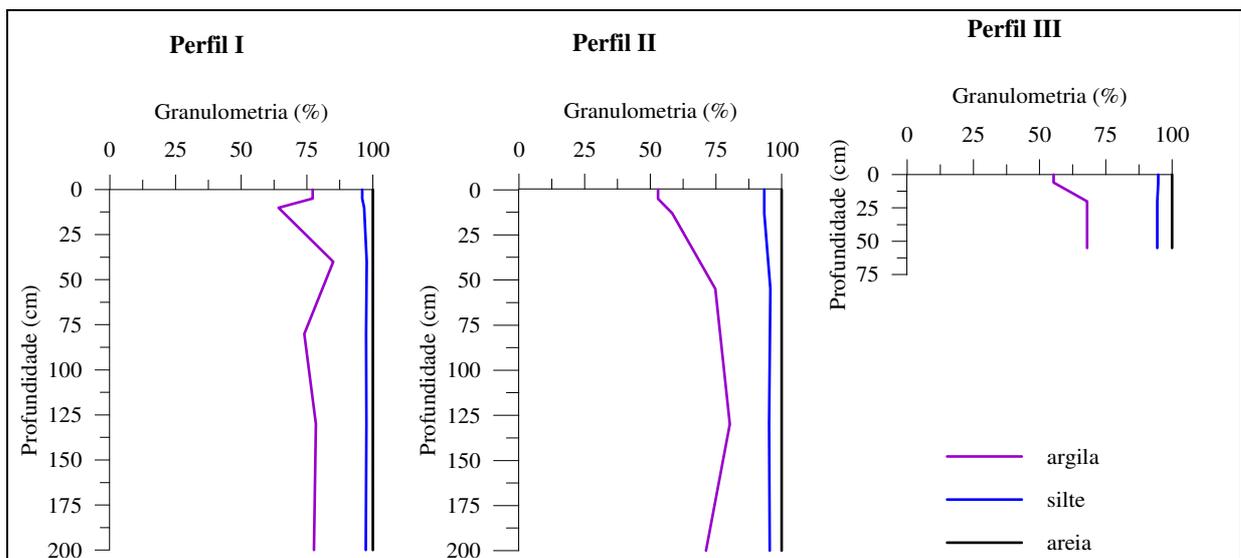


Figura 19. Gráficos com demonstração do comportamento das frações granulométricas nos perfis

A fração silte é bastante elevada, principalmente no topo do horizonte Ap, depois apresenta uma pequena redução no horizonte Bw1. Os teores elevam-se no horizonte Bw2 mantendo-se constante em profundidade.

A fração areia possui baixos teores em todo o perfil, mas mesmo assim apresenta valores mais elevados em superfície que tende a se reduzir em profundidade.

No perfil II, os resultados revelaram comportamento um pouco diferente do perfil I, ou seja, a fração argila aumenta sua concentração em profundidade até 130cm, após mostra leve

redução para base da trincheira. As concentrações de argila encontradas nos horizontes superficiais do perfil II são inferiores às concentrações de argila do horizonte superficial do perfil I. A partir daí demonstra significativo aumento de suas concentrações no horizonte Bw1, para atingir o valor máximo no topo do horizonte Bw2.

Tabela 3. Visualização dos resultados das frações granulométricas, argila natural e a relação silte/argila dos perfis estudados

Amostra cm	Horizonte	Argila %	Silte %	Areia* %	Af %	Ad %	S/A	Textura
<b>Perfil I</b>								
5	Ap	77,1	18,9	4,0	52	48	0,24	Muito argilosa
10	Ap	64,2	32,6	3,2	32	68	0,50	Muito argilosa
40	Bw1	85,0	12,7	2,3	41	59	0,14	Muito argilosa
80	Bw2	74,0	23,4	2,6	77	23	0,30	Muito argilosa
130	Bw2	78,4	19,2	2,4	99	01	0,24	Muito argilosa
200	Bw2	77,6	19,7	2,7	99	01	0,25	Muito argilosa
<b>Perfil II</b>								
5	Ap	52,9	40,5	6,6	42	58	0,76	Argilo-siltosa
13	AB	58,3	35,1	6,6	29	71	0,60	Argilosa
55	Bw1	74,7	21,0	4,3	99	01	0,28	Muito argilosa
130	Bw2	80,2	15,0	4,8	100	00	0,18	Muito argilosa
200	Bw2	71,2	24,2	4,6	100	00	0,37	Muito argilosa
<b>Perfil III</b>								
6	Ap	55,3	39,5	5,2	41	59	0,71	Argilosa
20	Bi	67,9	26,4	5,6	53	47	0,38	Muito argilosa

Af: Argila floculada; Ad: Argila dispersa; S/A: Relação silte-argila; \*O que é entendido como fração areia apresenta os seguintes materiais: pouco quartzo, nódulos de óxido de ferro e cristais de zeólita

A fração silte possui teores elevados em superfície nos horizontes Ap e AB que se reduz gradativamente em profundidade (horizonte Bw1 e Bw2), na última amostra analisada revelou um pequeno aumento.

A fração areia apresenta pequenas concentrações e comportamento semelhante como as encontradas no perfil I. Os teores mais elevados estão na porção superficial do perfil nos horizontes Ap e AB, e se reduz em profundidade nos horizontes Bw1 e Bw2.

No perfil III foram encontrados os teores mais baixos da fração argila. O horizonte Ap apresenta menor quantidade de argila do que no horizonte B.

A fração silte é elevada e tende a se reduzir em profundidade, enquanto a fração areia mantém-se baixa e constante no perfil.

Em síntese, foi verificado que no perfil I há uma percentagem elevada da fração argila, em relação aos teores da fração silte e areia, sendo que as variações da fração silte e argila em profundidade não oscilam muito, caracterizando-o com um solo de textura muito argilosa.

O perfil II, em superfície, apresenta menor quantidade da fração argila e, conseqüentemente, ganho da fração silte e areia, mas em profundidade são marcadas, pelo aumento da fração argila e redução das demais frações. Nesse perfil a textura varia de argilo-siltosa em superfície para argilosa a muito argilosa em profundidade.

No perfil III, assim como no perfil II, há menor quantidade argila na porção superficial com leve redução em profundidade, conseqüentemente, com aumento da fração silte e areia, sua textura varia de argilosa para muito argilosa.

Os elevados teores de silte encontrados em amostras coletadas em superfície dos perfis podem ser explicados, em parte por se tratar de um ambiente urbano, podendo ter havido, durante as fases de ocupação retiradas ou deposição de materiais da cobertura pedológica, causando essa discrepância de valores.

A fração areia (Fig. 20a), nos três perfis analisados, é constituída por diversos materiais destacam-se os nódulos de óxido de ferro, os cristais de zeólita e os grãos de quartzo associados à zona vesicular amigdalóide do topo dos derrames. A figura 20b, c, d demonstra os nódulos de óxidos de ferro encontrados nos perfis.

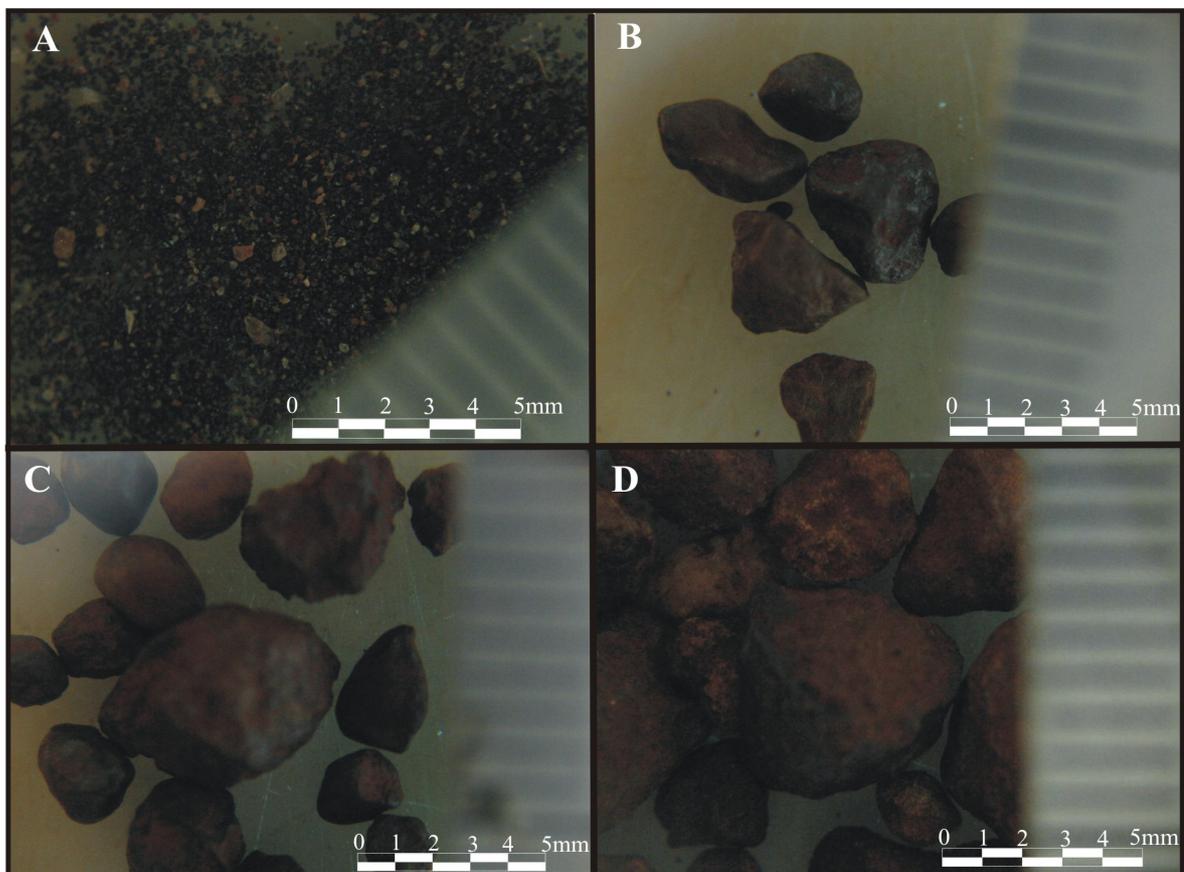


Figura 20. Visualização do material que compõe a fração areia. A) fração areia dos três perfis; B) óxidos de ferro do perfil I; C) óxidos de ferro do perfil II; D) nódulos de óxidos de ferro do perfil III

Em solos com estrutura “pó de café” ou microagregada, a manifestação da plasticidade e pegajosidade não é muito significativa mesmo naqueles materiais de textura muito argilosa. Isso, de certa forma induz a subestimar os teores da fração argila na avaliação da classe textural em campo. É o caso de muitos Latossolos Vermelhos ricos em compostos de ferro, onde o grau de desenvolvimento da estrutura é tal que não se consegue desfazer pequenos agregados muitas vezes interpretados como silte, comumente denominados pseudo-silte, ou mesmo areia muito fina. Nesses casos, mesmo a dispersão rotineira empregada no laboratório não é eficiente para a desagregação (SANTOS et al., 2005).

Em relação à argila natural verifica-se na tabela 3 que as amostras dos três perfis analisados apresentam elevado grau de dispersão das argilas nos horizontes superficiais, enquanto nos horizontes mais profundos a mesma se encontra floculada (Fig. 21).

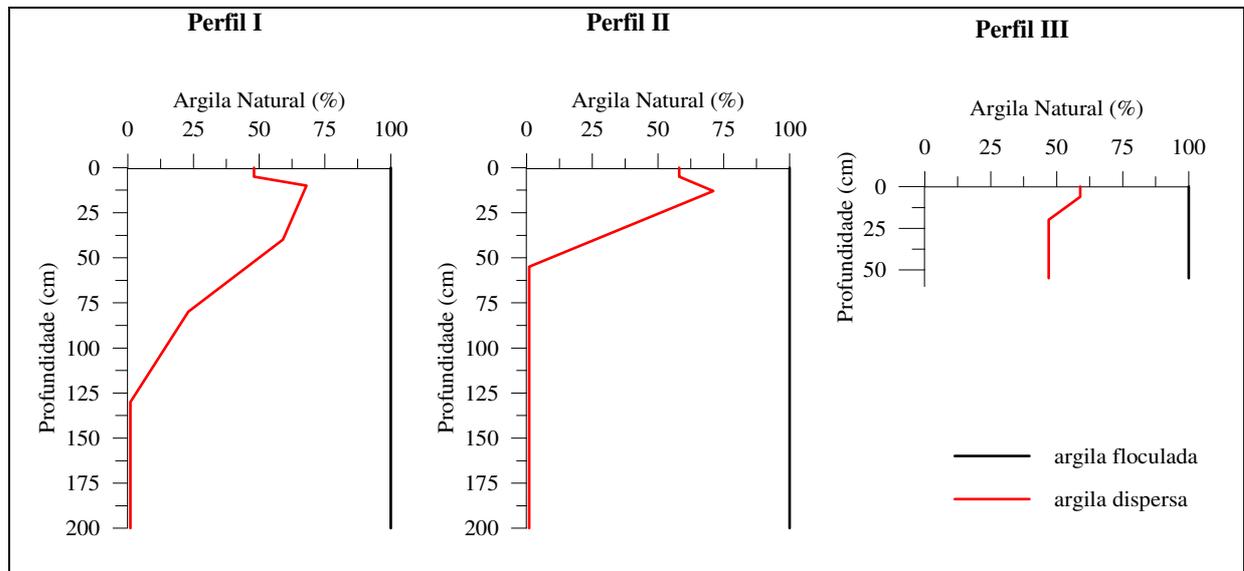


Figura 21. Gráfico com demonstração do comportamento da argila natural nos perfis

No perfil I predomina teores elevados argila dispersa nos horizontes Ap e Bw1. A partir dos 125cm de profundidade começa haver uma redução nos valores de dispersão, enquanto no horizonte Bw2 as mesmas se encontram praticamente todas floculadas.

O perfil II apresenta comportamento bastante semelhante ao do perfil I. Entretanto, o início da presença de argila floculada encontra-se mais próximo da superfície já no horizonte Bw1 tornando-se praticamente totalmente floculada no Bw2.

A variação das argilas dispersa encontrada nos horizontes superficiais dos perfis I e II também pode estar relacionada às alterações antrópicas durante as escavações ou depósitos efetuados para construções de obras civis e/ou pela presença da matéria orgânica que altera a estrutura do solo.

Em razão da pequena profundidade do perfil III, este não apresenta uma variação significativa dos valores de argila floculada e dispersa. No entanto, no horizonte superficial parece mostrar comportamento semelhante aos anteriores analisados.

De uma maneira geral o comportamento nos três perfis em estudo é semelhante. Nos horizontes superficiais predominam as argilas dispersas e em profundidade (horizontes Bw1, Bw2 e Bi) as argilas floculadas.

Em horizontes superficiais o fenômeno da floculação-dispersão das argilas pode ser influenciado pela presença da matéria orgânica que atua sobre fatores físico, químicos ou biológicos (PRADO; CENTURION, 2001).

Conforme Meurer (2000), nas alterações físicas, a matéria orgânica atua como agente cimentante das unidades estruturais (agregados) participantes das ligações entre as partículas individuais do solo. A formação e estabilização dos agregados afetam a aeração, a permeabilidade e a capacidade de retenção de água no solo. A presença de poros no solo oferece melhores condições à infiltração de água e melhor troca de gases entre o solo e a atmosfera. A maior estabilidade que a matéria orgânica promove aos agregados também dificulta a dispersão e arraste das partículas pelas águas das chuvas e aumenta a resistência do solo à erosão.

Nas alterações biológicas, a matéria orgânica, integra a disponibilidade do carbono como fonte de energia e nutrientes para organismos do solo. As cargas elétricas presentes nas partículas minerais e orgânicas da fase sólida atraem os íons da solução do solo para a proximidade da superfície da partícula (MEURER, 2000).

A matéria orgânica também atua na natureza química, por contribuir na reestruturação das partículas de argila, pois suas cargas auxiliam na reorganização estrutural, assim aumenta o grau de floculação do solo. Sua influência na estrutura química se dá pela contribuição para a troca de cátions, ao liberar ou receber íons  $H^+$ , e evita maiores valores do pH do solo. A interação da matéria orgânica com as partículas inorgânicas dos solos pode alterar as cargas superficiais (MEURER, 2000).

Os graus mais elevados de dispersão na parte superior da cobertura latossólica, indicam uma instabilidade estrutural e mobilidade de argila. Essa instabilidade se reflete em processos e-iluviais, que geram, localmente, a colmatção da porosidade, induzindo as alterações nas condições de circulação hídrica. A redução do grau de dispersão das argilas na parte superior da cobertura latossólica indica alterações de ordem físico-química geralmente ligada à ação floculante da matéria orgânica (CUNHA, 2002).

A flocculação e dispersão das partículas do solo afetam a pedogênese, a diferenciação dos horizontes e a formação da estrutura do solo. A interação entre duas partículas depende da intensidade de forças de atração e repulsão, que afetam simultaneamente (MEURER, 2000).

Quando as argilas se encontram dispersas as mesmas contribuem para o carreamento da partícula pela água, e quando estão flocculadas apresentam dificuldade de mobilidade. Com as partículas flocculadas pode ocorrer a erosão do agregado que é o que ocorre no horizonte Bw, de estrutura microagregada. Pode ocorrer também uma erosão da partícula em superfície, onde as argilas estão mais dispersas, e esta se deslocar horizontalmente como verticalmente acumulando-se em outro horizonte onde formam um horizonte com acumulação de argila (Bni) (OLIVEIRA, 1997; COOPER, 1999).

Os valores da relação silte/argila mostraram que os perfis de solos estudados encontram-se bastante evoluídos, em termos de alteração química, com exceção do perfil III. O perfil I evidenciou valores variáveis, porém sempre inferiores a 0,6 que demonstra seu avançado estágio de intemperização (Tabela 3). Segundo a EMBRAPA (2006) valores da relação silte/argila inferiores a 0,6 são indicativos de coberturas pedológicas bastante evoluídas típicas de ambientes tropicais. Contudo, valores superiores ao sugerido foram encontrados nos horizontes superficiais do perfil II e III. No perfil II esse valor pode estar relacionado ao revolvimento do horizonte superficial durante a implantação de obras civis, uma vez que esse ponto está localizado na área central da cidade. O valor encontrado no perfil III está associado à possível acumulação e mistura de materiais provenientes da montante durante os períodos de chuva.

### **5.3 Densidades, porosidade do solo e teor de umidade**

Ao analisar os valores da densidade global ( $D_g$ ) do solo verifica-se que há pouca variação dos valores nos perfis estudados (Tabela 4), de maneira geral são considerados baixos devido a elevada porosidade. Os menores valores foram encontrados no horizonte Ap do perfil I ocasionado, provavelmente, pelo revolvimento do material que compõe esse horizonte, uma vez que no local onde está situado esse ponto, atualmente cultiva-se mandioca.

Valores mais elevados encontrados nos horizontes superficiais do perfil II, provavelmente devido à compressibilidade da superfície por atividades antrópicas que compactam o solo. Comportamento semelhante também foi verificado por Carpenedo (1994) ao estudar solos submetidos a diversas atividades de natureza antrópicas.

Os horizontes Ap e Bi do perfil III apresentaram valor de densidade aparente compatíveis com o material de origem.

Os horizontes superficiais dos perfis analisados apresentam uma pequena discrepância de valores, talvez, em decorrência dos diferentes tipos de uso. Porém em profundidade esses valores se mostram bastante semelhantes e constantes, o que evidencia a não interferência da ação antrópica em profundidade.

A densidade de partícula dos três perfis se manteve constante entre os valores de 2,73 a 3,07 kg/dm<sup>3</sup>, ou seja, não mostrou muita discrepância entre os valores (Tabela 4).

Tabela 4. Visualização dos resultados de densidade aparente, densidade de partícula e porosidade total

<b>Amostra</b> cm	<b>Horizonte</b>	<b>Dg</b> Kg/cm <sup>3</sup>	<b>Dr</b> Kg/cm <sup>3</sup>	<b>Pt</b> %	<b>U</b> %
<b>Perfil I</b>					
5	Ap	0,91	2,73	66,58	21,35
10	Ap	0,93	3,07	69,82	20,60
40	Bw1	1,07	2,89	62,88	20,86
80	Bw2	1,03	2,98	65,34	21,85
130	Bw2	1,04	3,03	65,62	22,82
200	Bw2	0,99	3,07	67,71	24,06
<b>Perfil II</b>					
5	Ap	1,12	3,07	63,66	16,68
13	AB	1,27	2,85	55,55	17,05
55	Bw1	1,08	2,98	63,66	21,64
130	Bw2	1,07	2,94	63,57	22,02
200	Bw2	1,05	2,94	64,15	23,24
<b>Perfil III</b>					
6	Ap	1,26	2,98	57,72	21,10
20	Bi	1,10	2,94	62,42	24,96

Dg: densidade aparente; Dr: Densidade real; Pt: Porosidade total, U: Umidade

O perfil I apresenta valores de densidade de partícula (Dr) muito aproximados variando de 2,89 a 3,07 kg/dm<sup>3</sup>, exceto no horizonte superficial com 2,73kg/dm<sup>3</sup>. Uma das causas dessa redução de densidade de partícula em superfície pode ser a presença de cristais de zeólita na fração areia, que possui densidade inferior aos minerais primários oriundos da alteração das rochas vulcânicas.

O perfil II revelou pouca oscilação entre os valores, apresenta densidade de partícula maior em superfície 3,07kg/dm<sup>3</sup> e se reduz em profundidade para 2,94 kg/dm<sup>3</sup>. Enquanto no perfil III apresenta um comportamento constante entre 2,98 e 2,94kg/dm<sup>3</sup>.

Os resultados da densidade de partícula verificada nos três perfis estão relacionados aos minerais primários que deram origem aos materiais da cobertura pedológica. Segundo Gasparetto e Santos (2005), as pequenas variações nos valores encontradas nos diferentes

horizontes podem estar relacionadas a pequenas acumulações de minerais primários mais resistentes ao intemperismo ou até mesmo a concentração de minerais pesados que distribui-se de forma heterogênea no perfil.

Para Fiori e Carmignani (2001), o valor da densidade de partícula é determinado principalmente pelo seu constituinte mineralógico. Quando não se sabe o mineral predominante do solo, toma-se como base para correção dos dados de laboratório o valor correspondente ao quartzo (2,65). Leinz e Campos (1971, apud FIORI; CARMIGNANI, 2001) estabelecem valores de densidade para alguns minerais, como: Ortoclásio (2,56-2,58), Quartzo (2,65), Hematita (4,90-5,30), Plagioclásio (2,62-2,72), Magnetita (5,17-5,18), Piroxênios – Augita (3,2-3,4) e Pigeonita (3,3-3,46), Olivina (3,27-4,37), Apatita (3,15-3,2).

Os valores de porosidade total obtidos mostraram que esses solos são bastante porosos, com valores oscilando entre 55,55 a 69,82%. Os três perfis apresentaram porosidade semelhante, no entanto verifica-se uma pequena variação entre os horizontes superficiais (Fig. 22, Tabela 4). Essa diferença pode estar relacionada ao nível de desenvolvimento do solo e, conseqüentemente, da organização da estrutura ou até ao tipo de uso que altera a estrutura original do material.

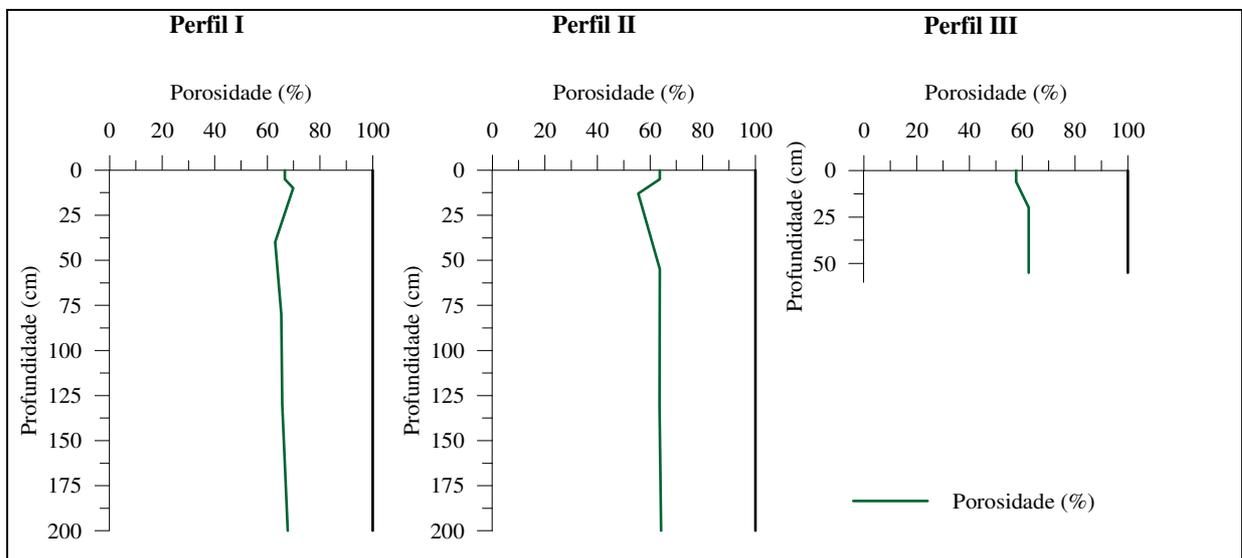


Figura 22. Gráficos com visualização do comportamento da porosidade do solo nos perfis

Segundo Viana et al. (2004), a formação da estrutura, ou arranjo espacial das partículas do solo, dá origem aos poros, com importantes conseqüências para o comportamento físico do mesmo, favorecendo a percolação e a difusão de fluidos, a resistência mecânica à ruptura e a penetração de raízes.

A coleta de amostras para a determinação da umidade foi realizada após 7 dias sem chuva que é o tempo necessário para se quantificar a umidade natural do solo. O teor de umidade nos três perfis oscilou entre 16,68% a 24,96%, o qual mostrou aumento gradual e contínuo para a base dos perfis (Tabela 4).

No perfil I o teor de umidade se apresenta bastante uniforme em termos de valores percentuais, embora nos horizontes superficiais seja um pouco menor, mas viu-se aumento nos horizontes mais profundos.

No perfil II a amostragem foi realizada durante um período de estiagem mais prolongado do que aquela efetuada para o perfil I. Isso pode ser comprovado ao se analisar os valores percentuais dos horizontes superficiais, que apresentam os menores valores, sendo os mais afetados pela estiagem. Os horizontes profundos não são afetados pela falta de chuva e mostram teores de umidade semelhantes aos dos horizontes profundos do perfil I.

O perfil III apresentou valores similares aos dos horizontes profundos dos perfis I e II. Esses valores podem ser explicados por a rocha-mãe auxiliar na manutenção da umidade nos horizontes de solo próximos a ela, uma vez que a mesma, menos permeável, reduz a perda da umidade.

A textura e a porosidade podem contribuir na retenção de umidade do solo, isto é, quanto mais poroso for o solo maior será a percolação da água (SALA, 2005). Por outro lado, solos argilosos, apesar de porosos, podem conter um teor elevado de umidade retida pelos vasos capilares. Segundo Brady (1989) a textura do solo influencia na retenção de umidade capilar, pois quanto menores forem às partículas do solo maior será a retenção de umidade.

#### **5.4 Características químicas**

As características químicas apresentadas neste item constituem no pH, no teor de matéria orgânica, na capacidade de troca catiônica (T) e na saturação de bases (V).

Os valores dos teores de matéria orgânica dos perfis analisados variam entre 4 a 27%. As maiores concentrações estão nos horizontes superficiais de todos os perfis, enquanto as menores concentrações se verificam em profundidade (Tabela 5). A matéria orgânica é originada de cultivo de mandioca, da existência de ervas daninhas e da vegetação nativa que existia na área.

As determinações dos pH em H<sub>2</sub>O e em CaCl<sub>2</sub> não são complementares e nem concorrentes. Os valores discrepantes entre os procedimentos podem ocorrer dependendo das características físico-químicas do solo. A importância de se fazer a leitura do pH CaCl<sub>2</sub> se dá

por deixar mais claros os valores do pH em H<sub>2</sub>O. O pH em CaCl<sub>2</sub> apresenta pequenas oscilações em relação ao pH em H<sub>2</sub>O por isso servem para confirmar os valores obtidos (TOMÉ JR, 1997).

Os valores de pH determinados com água mostraram pequena variação com oscilação entre 5,8 a 7,4. Valores semelhantes foram também alcançados com CaCl<sub>2</sub>, como pode ser comprovado pelos dados da tabela 5. Esses valores estão de acordo com os descritos pela literatura científica para solos desenvolvidos em regiões de clima tropical.

Tabela 5. Visualização dos resultados de matéria orgânica e pH

Amostra	Horizonte	MO	pH H <sub>2</sub> O	pH CaCl <sub>2</sub>	Descrição do pH
<b>Perfil I (cm)</b>		%			
5	Ap	17,79	6,1	5,5	Moderadamente ácido
10	Ap	21,48	5,9	5,2	Moderadamente ácido
40	Bw1	9,39	6,1	5,5	Moderadamente ácido
80	Bw2	9,39	6,2	5,8	Moderadamente ácido
130	Bw2	6,03	6,5	6,3	Moderadamente ácido
200	Bw2	6,03	6,6	6,4	Praticamente neutro
<b>Perfil II</b>					
5	Ap	25,51	6,6	6,1	Praticamente neutro
13	AB	20,80	5,8	5,2	Moderadamente ácido
55	Bw1	8,05	6,2	5,7	Moderadamente ácido
130	Bw2	3,34	5,8	5,2	Moderadamente ácido
200	Bw2	4,01	5,8	5,0	Moderadamente ácido
<b>Perfil III</b>					
6	Ap	27,53	7,4	7,4	Moderadamente alcalino
20	Bi	10,74	6,5	5,9	Moderadamente ácido

MO: Matéria orgânica

A análise química de macronutrientes do solo (Tabela 6) permitiu a obtenção da capacidade de troca catiônica (CTC ou T), percentagem de saturação de bases (V). Os valores da capacidade de troca catiônica (T) representam o somatório das bases mais a acidez, e a percentagem de saturação de bases (V) corresponde à proporção de bases trocáveis abrangidas na capacidade de troca de cátions (EMBRAPA, 2006).

Verifica-se que nos horizontes superficiais o valor de V é mais elevado que nos horizontes subperifícais. Os valores do perfil I oscilaram de 83,4 a 75,3%, no perfil II de 80,4 a 53,5% e no perfil III se manteve em 85,5%. Destaca-se que entre os três perfis, o perfil I e III possuem valores aproximados, no entanto, o perfil II demonstrou uma pequena redução e uma maior oscilação entre os horizontes superficiais e subperifícais. De maneira geral, os solos analisados apresentam alta percentagem de saturação de bases  $V \geq 50\%$  caracterizando os solos de eutróficos. Estes solos também são classificados como férricos pelo alto teor de ferro. Desta forma são denominados de eutroféricos, sendo, no perfil I Latossolo Vermelho

Eutroférico, no perfil II Latossolo Vermelho Eutroférico e no perfil II Cambissolo Háplico Eutroférico.

Tabela 6: Dados dos macronutrientes dos perfis I, II e III

Amostra	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	P	C	H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	V	S	T
cm	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					mgdm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	pH		%	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	
Perfil I												
5	2,75	0,00	11,86	0,45	0,92	4,89	10,32	6,14	5,49	82,7	13,23	15,98
10	3,01	0,26	11,85	1,02	0,24	4,40	12,46	5,88	5,17	81,3	13,11	16,12
40	2,32	0,00	7,81	0,58	0,07	1,21	5,45	6,13	5,47	78,4	8,46	10,78
80	2,19	0,00	6,12	0,47	0,12	2,31	5,06	6,25	5,82	75,3	6,71	8,90
130	2,04	0,00	9,42	0,77	0,13	1,10	3,50	6,55	6,30	83,4	10,32	12,36
200	2,04	0,00	6,73	0,67	0,09	1,10	3,50	6,60	6,44	78,5	7,49	9,53
Perfil II												
5	2,30	0,00	8,08	1,28	0,41	2,86	14,80	6,58	6,14	80,4	9,77	12,07
13	3,19	0,25	6,74	1,20	0,08	1,10	12,07	5,80	5,25	71,5	8,02	11,21
55	2,21	0,00	5,47	0,42	0,02	2,20	4,67	6,23	5,75	72,7	5,91	8,12
130	3,90	0,38	4,25	0,22	0,02	2,20	1,94	5,82	5,25	53,5	4,49	8,39
200	2,59	0,36	3,38	0,48	0,02	1,76	2,33	5,85	5,03	59,9	3,88	6,47
Perfil III												
6	1,75	0,00	7,21	2,20	0,91	4,51	15,97	7,40	7,36	85,5	10,32	12,07
20	2,32	0,00	11,79	1,11	0,28	1,87	6,23	6,50	5,91	85,0	13,18	15,5

V: Percentagem de saturação por bases; T: Capacidade de troca de cátions; S: Soma de bases

Os resultados revelam que nos horizontes superficiais os valores de troca catiônica (T) são maiores que nos horizontes subperifiais. No perfil I os valores oscilaram entre 16,12 a 8,9cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>, no perfil II entre 12,07 a 6,47cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>, e no perfil III entre 15,5 a 12,07cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>. O perfil II apresenta valores pouco mais baixos que os perfis I e III. Os resultados apresentados nos três perfis analisados indicam argila de atividade baixa, sendo T ≤ 24 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup> no horizonte B.

Verifica-se na tabela 6 que tanto os valores de T e de V são mais elevados nos horizontes superficiais que nos horizontes subperifiais. Esses valores podem ser justificados pelo teor de matéria orgânica que também se apresenta em maior quantidade nos horizontes superficiais. Segundo Ibrahim (2002), o teor de matéria orgânica interfere nos resultados de T e V por restabelecer relações químicas por adsorção de cátions. Desta forma, como os horizontes superficiais possuem maior teor de matéria orgânica, conseqüentemente, são adsorvidas cargas dos macronutrientes do solo pela matéria orgânica, e por conseqüência apresenta teores mais elevados de V e T.

O pH do solo, a matéria orgânica, a T, a V e os minerais secundários interferem diretamente sobre as trocas das cargas do solo, que estão relacionadas às cargas catiônicas e aniônicas. Estes também contribuem na dispersão e floculação das argilas que envolvem forças de longo e curto alcance na floculação. Essa troca de cargas dá origem aos agregados

do solo, agregados estes que se formam por acreção ou fragmentação. Na acreção há formação de agregados pequenos, constituídos pelas partículas de areia, silte e argila, que se agregam para formar agregados maiores. A fragmentação consiste na quebra da massa do solo por estresse mecânico, geralmente relacionado à ação da água (AZEVEDO; BONUMÁ 2004).

### 5.5 Mineralogia da fração argila

As rochas primárias do município de Marechal Cândido Rondon são basaltos, andesitobasaltos e andesitos, constituídos essencialmente por plagioclásios, piroxênios – augita e pigeonita, olivina, magnetita e apatita (PINESE; NARDY, 2003).

De acordo com Ghidin et al (2006), Ferreira et al (2003) os plagioclásios são os principais minerais formadores do mineral secundário tipo caulinita ( $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ ).

Os ensaios de mineralogia da fração argila possibilitaram a identificação dos minerais secundários predominantes na área de investigação. Neste estudo foi analisada uma amostra de cada perfil do horizonte B. Identificou-se no perfil I, perfil II e perfil III essencialmente a presença de caulinita (Fig. 23).

Esses filossilicatos são minerais que predominam na fração argila dos solos tropicais e apresentam estruturas formadas pela sobreposição de lâminas de octaedros de alumínio e tetraedros de silício, formando camadas que podem se empilhar sucessivamente, formando estruturas do 1:1 (DELVIGNE; STOOPS, 1989).

Na área em estudo ocorre o predomínio do processo de hidrólise parcial tipo monossilatização, condicionada pela pluviosidade e temperatura. Na monossilatização há o predomínio de minerais secundários de estruturas tipo 1:1 como a caulinita (MELFI, 1997).

Devido a forte ligação entre as camadas (ligações O-OH ou pontes de hidrogênio), a caulinita não é um mineral expansível mantendo uma distância fixa entre as camadas de 0,72nm (MEURER, 2000), assim a mesma pouco interfere no desabamento das fossas negras.

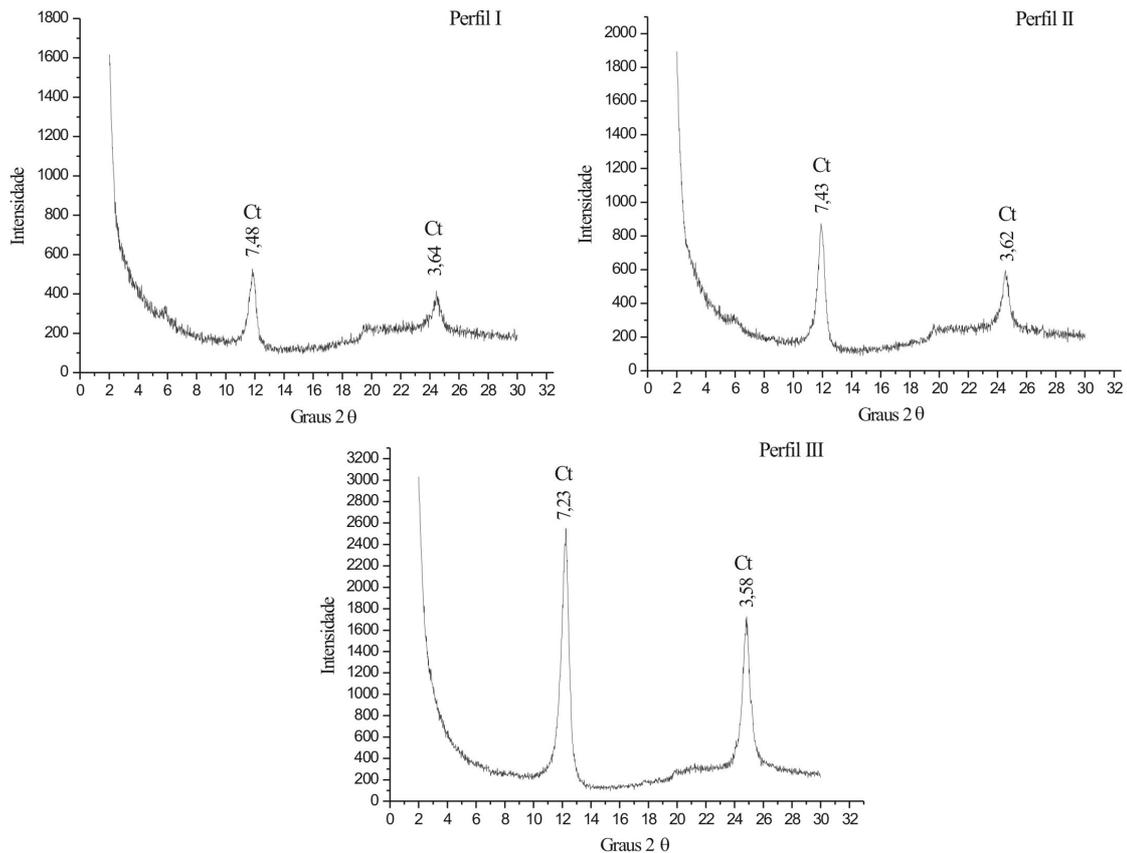


Figura 23. Gráficos de identificação de minerais secundários por difração de raio-x dos perfis I, II e III. Ct: Caulinita.

## 5.6 Capacidade de absorção de água do solo

A velocidade máxima com que a água pode ser absorvida pelo solo é considerada a capacidade de infiltração. A textura e a porosidade exercem grande influência na infiltração e nas taxas de escoamento superficial. Os fluxos e a retenção de água no solo dependem da profundidade, textura, porosidade e das características morfológicas, as quais podem interagir de diferentes maneiras. Neste sentido Viana et al. (2004) afirmam que a formação da estrutura, ou arranjo espacial das partículas do solo, dá origem aos poros, com importantes conseqüências para o comportamento físico do solo, como a percolação e a difusão de fluídos, a resistência mecânica à ruptura e a penetração de raízes. Assim se pode afirmar que as características morfológicas são importantes fatores na percolação da água.

O procedimento aplicado para determinação da capacidade de absorção segue as recomendações da NBR7229: 1982. Na realidade diz respeito a um teste de capacidade de absorção do terreno, quanto à disposição de efluentes no solo. Realizaram-se ensaios com solo saturado na superfície do terreno e a 200cm de profundidade. Tal procedimento permite

verificar o comportamento da absorção de água em profundidade, naqueles locais onde são dispostos os dejetos do esgoto doméstico e na superfície para verificar a contribuição da percolação da água para os horizontes mais profundos.

Na tabela 7 é possível verificar os valores obtidos no ensaio de capacidade de absorção da água no solo saturado (Fig. 24).

Tabela 7. Capacidade de absorção do solo

Ponto	Perfil	Profundidade (cm)	Tempo (minutos)	Coefficiente de infiltração (litros/m <sup>2</sup> . dia)
1	I	0	00' 31"	125
2	I	200	04' 07"	70
3	II	0	00' 47"	117
4	II	200	01' 53"	96
5	III	0	05' 15"	62
6	III	50	04' 58"	64

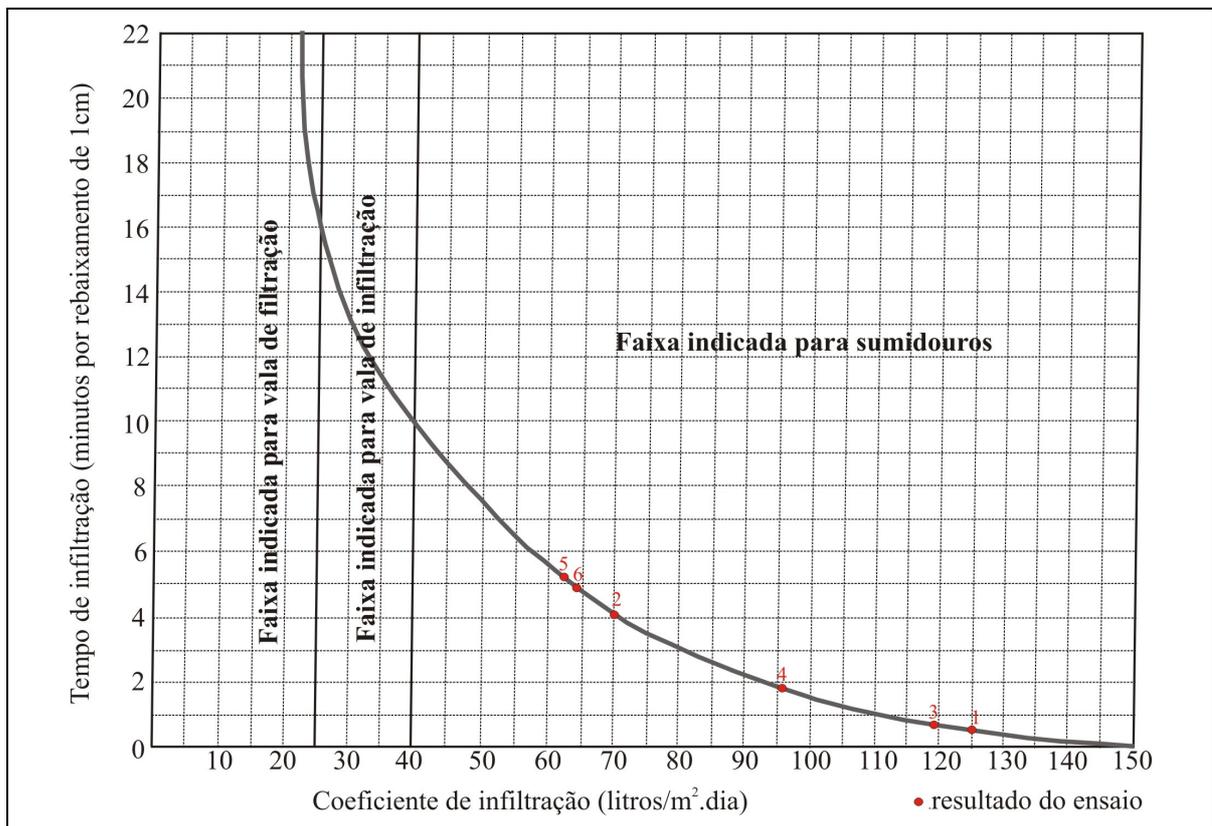


Figura 24. Gráfico de coeficiente de percolação de água. Fonte: adaptado de NBR 7229:1982

O perfil I, sobre o Latossolo Vermelho Eutroférico, textura muito argilosa apresenta um bom coeficiente de absorção de água do solo. Na superfície o coeficiente de absorção é de 125litros/m<sup>2</sup>.dia (ponto 1, Fig. 24) e em profundidade 70litros/m<sup>2</sup>.dia (ponto 2, Fig. 24).

No perfil II, onde se desenvolve o Latossolo Vermelho Eutroférico, textura argilo-siltosa em superfície apresenta coeficiente de 117litros/m<sup>2</sup>.dia (ponto 3, Fig. 24), enquanto em profundidade sob textura muito argilosa alcançou 96litros/m<sup>2</sup>.dia (ponto 4, Fig. 24).

O perfil III, sob Cambissolo Háptico Eutroférico de textura argilosa em superfície apresenta um coeficiente de absorção de 62litros/m<sup>2</sup>.dia (ponto 5, Fig. 24) e na alterita 64litros/m<sup>2</sup>.dia (ponto 6, Fig. 24). A partir da análise da figura 24, os dois coeficientes obtidos correspondem à faixa indicada para instalação de sumidouros. Neste perfil, situado na baixa vertente e predomínio de solos rasos, ressalta-se a proximidade da rocha-mãe como fator determinante para a redução da velocidade de percolação da água, mas mesmo assim, pelos valores obtidos no ensaio ainda é indicado para a instalação de sumidouros.

Conforme análise da figura 24, a capacidade de absorção nos três perfis corresponde à faixa indicada para instalação de sumidouros em decorrência a boa percolação.

A NBR7229:1982 dispõe de uma tabela (Tabela 8) de possíveis faixas de variação de coeficiente de absorção que prevê o comportamento de cada tipo de solo de acordo com suas características. Considera que os solos arenosos são os mais propícios por apresentarem coeficiente de absorção superior a 90litros/m<sup>2</sup>.dia, enquanto os solos argilosos deveriam apresentar baixos coeficientes de absorção em torno de 20 a 40litros/m<sup>2</sup>.dia. Os resultados obtidos nos testes de coeficiente de absorção dos perfis I e II mostram que os solos argilosos também são bastante permeáveis por serem altamente porosos e ao seu elevado grau de desenvolvimento, conferindo-lhes elevada permeabilidade.

Tabela 8. Possíveis faixas de variação de coeficiente de infiltração

Faixa	Constituição aprovável dos solos	Coeficiente de infiltração litros/m <sup>2</sup> .dia
1	Rochas, argilas compactas de cor branca, cinza ou preta, variando a rochas alteradas e argilas mediantemente compactadas de cor avermelhada	Menor que 20
2	Argilas de cor amarela, vermelha ou marrom mediantemente compactada, variando a argilas pouco siltosas e/ou arenosas	20 a 40
3	Argilas arenosas e/ou siltosas, variando a areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom	40 a 60
4	Areia ou silte pouco argiloso, ou solo a arenoso com humos e turfas, variando a solos constituídos predominantemente a areias e siltes	60 a 90
5	Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa com cascalho	Maior que 90

Fonte: NBR 7229:1982

## 5.7 Determinação do índice de erodibilidade dos materiais

A metodologia para a determinação do índice de erodibilidade dos materiais foi desenvolvida no intuito de caracterizar solos tropicais para medidas de prevenção da erosão em taludes em rodovias no estado São Paulo (NOGAMI; VILLIBOR, 1979). Esses autores verificaram que a erosão de talude está associada com: o índice de infiltração da água da chuva no solo; o efeito da secagem de solos saturados. Pejon (1992) aprimorou o ensaio modificando o gráfico de disposição dos resultados, alterou o valor da reta do gráfico de 52 para 40, a fim de separar os materiais com alta erodibilidade dos de baixa erodibilidade. Segundo esse autor, a erodibilidade dos materiais também está relacionada com a destacabilidade e a transportabilidade das partículas.

- **Ensaio de absorção e de perda de massa por imersão**

O ensaio de absorção de água permite verificar o tempo que uma amostra necessita até alcançar a saturação total. Variáveis que interferem nesse ensaio são: umidade natural da amostra, teor de matéria orgânica, textura, estrutura e porosidade.

A capacidade de infiltração e a umidade do solo também interferem na destacabilidade das partículas. Quanto melhor a capacidade de infiltração da água menor será o escoamento superficial e o transporte das partículas. Quanto mais úmido se encontrar o solo maior e mais rapidamente será saturado gerando o escoamento superficial (PEJON, 1992).

Durante a investigação foram analisadas treze amostras, coletadas nos três perfis estudados de maneira que fossem obtidas amostras em profundidades diferentes em cada horizonte. Do total das amostras sete (7) apresentaram baixo índice de erodibilidade e seis (6) com alto índice de erodibilidade (Tabela 9).

A figura 25 mostra a reta que separa no gráfico as amostras com alto índice de erodibilidade daquelas com baixo índice de erodibilidade. A importância de separar os materiais a partir de uma reta pode ser justificada pela relação no gráfico, uma vez que esse relaciona o tempo de absorção de água com a perda de massa por imersão. De maneira geral, as amostras que apresentaram alto índice de erodibilidade, mostraram rápida absorção de água, sendo rapidamente saturada a qual levou a destruição da estrutura dos solos.

Outros fatores podem contribuir no comportamento do solo frente aos processos erosivos. As amostras coletadas mais próximas à superfície apresentaram uma capacidade de absorção da água mais lenta do que aquelas de profundidade. Isto se deve a mudança de estrutura, porosidade e teor de matéria orgânica.

Tabela 9. Determinação do índice de erodibilidade dos materiais

Anostr	Profundidade cm	Horizonte	S	P	E= 40S/P	E<1 alta erodibilidade E>1baixa erodibilidade
Perfil I						
1	5	Ap	0,128	0,78	E= 6,60	Baixa erodibilidade
2	10	Ap	0,495	2,43	E= 8,14	Baixa erodibilidade
3	40	Bw1	0,529	11,68	E=1,81	Baixa erodibilidade
4	80	Bw2	0,874	74,42	E= 0,46	Alta erodibilidade
5	130	Bw2	0,548	73,10	E= 0,29	Alta erodibilidade
6	200	Bw2	0,565	78,46	E= 0,28	Alta erodibilidade
Perfil II						
7	5	Ap	0,245	0,61	E= 16,0	Baixa erodibilidade
8	13	AB	0,255	18,52	E= 0,55	Alta erodibilidade
9	55	Bw1	0,459	27,74	E= 0,66	Alta erodibilidade
10	130	Bw2	0,715	15,40	E= 1,85	Baixa erodibilidade
11	200	Bw2	0,612	77,17	E= 0,31	Alta erodibilidade
Perfil III						
12	6	Ap	0,222	0,76	E= 11,73	Baixa erodibilidade
13	20	Bi	0,216	1,62	E= 5,35	Baixa erodibilidade

S:Índice de absorção de água; P:Perda de massa por imersão; E: Índice de erodibilidade

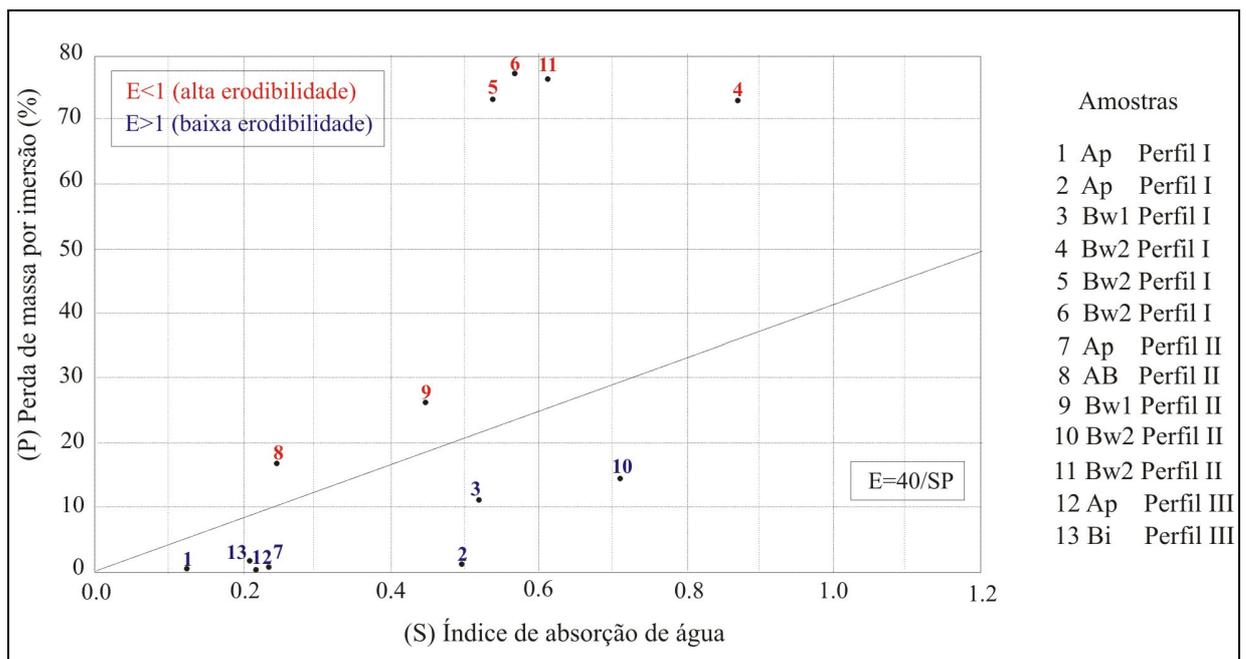


Figura 25. Demonstração do índice de erodibilidade das amostras analisadas

Na tabela 9 foi possível verificar que a maioria dos horizontes Bw2 apresentaram alto índice erodibilidade devido a predominância da estrutura microagregada, pouca presença de matéria orgânica, alto teor de argila floclada e elevada porosidade (maior que 60%) o que facilita a circulação da água.

## 5.8 As propriedades do solo e o desabamento das fossas

Diante dos resultados obtidos podemos fazer relações entre o desabamento das fossas e as propriedades dos solos.

- **Matéria orgânica**

A matéria orgânica tem papel fundamental na redução dos processos erosivos. Quando presente no solo contribui com suas cargas elétricas na reestruturação do mesmo, aumenta o grau de floculação das partículas, deixando-as mais aglutinadas. Essa matéria orgânica ainda contribui na formação de grumos mais estáveis os quais reduzem a erosão e atuam como agentes cimentantes entre os agregados do solo (MEURER, 2000).

Dessa maneira, é possível comprovar a partir dos resultados a importante contribuição da matéria orgânica na redução da destacabilidade das partículas. Como se observou nos resultados dessa pesquisa, as amostras do horizonte Ap que possuíam maior teor de matéria orgânica apresentaram índice de erodibilidade mais baixo e maior capacidade de troca catiônica. Esse fato reafirma que a matéria orgânica adsorve elementos químicos e reorganiza as partículas do solo, formando grumos, estabilizando o solo frente aos processos erosivos.

- **Porosidade**

As amostras apresentam valores de porosidade em torno de 60%, não se observou diferença significativa entre horizontes superficiais (Ap) e horizontes subsuperficiais (Bw). A elevada porosidade é decorrente do desenvolvimento do solo e sua boa estruturação. Os valores elevados da porosidade parecem influenciar na destacabilidade das partículas, porém não pode ser considerado como fator determinante para justificar esse fato, uma vez que algumas amostras com diferentes valores de porosidade mostram comportamento semelhante frente ao processo de destacabilidade de partículas. Acredita-se, portanto, que só a porosidade não explica desabamento das fossas negras.

- **Dispersão e floculação das argilas**

Como já foi mencionado, quando as argilas estão dispersas elas são mais propensas à erosão, isso se aplica a erosão da partícula. Observou-se que quando as argilas estão floculadas e expostas a um corte abrupto (talude), pode haver o destacamento do microagregado. Neste sentido, o grau de floculação indica um agrupamento das partículas de argila por adsorção, pois suas características químicas as fazem se reorganizar e aglutinar

formando microagregados de solo (MEURER, 2000). Nos horizontes superficiais onde predominam as argilas dispersas a matéria orgânica pode reorganizar as partículas do solo aumentando o seu grau de flocculação, já nos horizontes subperfciais o grau de flocculação das argilas é resultante do estágio de desenvolvimento do solo.

- **Granulometria**

As amostras analisadas apresentaram textura argilosa a muito argilosa, assim não foi possível obter uma relação entre a erodibilidade e a argila total. Os materiais verificados com alto e baixo índice de erodibilidade apresentam concentrações de argila que variam entre 60 a 83%.

Estudos realizados por Sala (2005) verificaram que solos mais arenosos possuem uma tendência maior à erosão do que solos argilosos. Desse modo, é possível afirmar que os teores de argila total nesse caso, pouco interferem para a destacabilidade das partículas e conseqüentemente para o desabamento das fossas.

- **Densidade**

Os valores de densidade global como de densidade de partícula se mostraram muito semelhantes nos três perfis analisados e nos horizontes superficiais e subperfciais, não podendo ser tomado como parâmetro para explicar o desabamento das fossas.

- **Capacidade de troca catiônica**

Verificou-se que os materiais mais erodíveis apresentam uma capacidade de troca catiônica mais baixa que os materiais de baixa erodibilidade, podendo estabelecer uma relação. A matéria orgânica favorece a adsorção de cátions de macronutrientes do solo, os quais desenvolvem pequenas estruturas e que influenciam na flocculação argilas. A maior presença de T em superfície mostra que há adsorção de cátions pela matéria orgânica, criando uma maior estabilidade, contudo, em profundidade demonstra que há menos estabilidade por ter menos matéria orgânica (IBRAHIN, 2002). Acredita-se que a menor estabilidade em profundidade esteja relacionada com a redução da matéria orgânica.

- **Mineralogia da fração argila**

Não foi possível estabelecer uma relação o desabamento das fossas e a mineralogia da fração argila, uma vez que foi identificado como mineral secundário a caulinita nos três perfis

analisados. Pejon (1992) afirma que esse argilomineral é pouco ativo, e que os solos tropicais apresentam em sua maioria minerais secundários pertencentes a esse grupo associado a grande quantidade de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. Além disso, as caulinitas são argilominerais que não apresentam características expansivas (MEURER, 2000), portanto, não exercem papel importante no desabamento das fossas.

- **Capacidade de absorção de água do solo**

Durante o ensaio de capacidade de absorção do solo, observou-se que ao contato com a água, os agregados se desprenderam das paredes da cava. Como o ensaio foi aplicado em superfície (0cm) e em profundidade (200cm) foi possível comparar os dois comportamentos. Foi verificado que em profundidade (Bw), a infiltração foi mais lenta do que em superfície (Ap), assim, a água ficou mais tempo em contato com os agregados desestabilizando-os fazendo com que houvesse o destacamento dos agregados.

A destacabilidade dos agregados origina uma reentrância nas paredes junto a base da fossa negra que auxilia aos abatimentos dos materiais superiores. Acredita-se, portanto, que o uso contínuo e sem manutenção também pode ser uma das causas dos desabamentos das fossas. A presença dos dejetos na base da fossa, em longo prazo, eleva o nível de ação dos efluentes líquidos sobre os agregados destacando-os da base até atingir os horizontes superficiais, assim, faz com que toda a parede se abate para o interior da fossa.

A maior estabilidade em superfície, horizonte Ap, se explica por possuir maior teor de matéria orgânica e presença de raízes que favorecem a agregação e estabilidade dos agregados por relações físico-químicas.

- **Descrição morfológica**

Na descrição morfológica do solo foi possível perceber que no terço inferior há uma predominância da circulação subperiférica ao longo da vertente da água, o que faz com que haja um menor desenvolvimento da estrutura microagregada, retenção de elementos químicos e depósito da fração argila no horizonte Bw1. Os solos mais desenvolvidos com estrutura microagregada mostraram maior facilidade em se destacar em água e mais fragilidade diante da pressão dos dedos sobre o torrão analisado. Com isso pode-se considerar que o desenvolvimento do solo está ligado a sua resistência a desagregação em água, o perfil I contém características mais frágeis a destacar-se que o perfil II e III.

Os três perfis analisados apresentaram diferentes graus de estruturação dos materiais que está diretamente relacionado com o grau de desenvolvimento do solo e também pelo teor

de matéria orgânica. Como já mencionado anteriormente, a matéria orgânica influencia na adsorção de cargas do solo e na formação e estabilização de agregados.

Nos ensaios realizados nesse estudo, verificou-se que as amostras que possuíam estrutura microagregada apresentaram um comportamento frágil ao contato com a água. Isso pode ser constatado durante os ensaios de capacidade de absorção de água e no ensaio de perda de massa por imersão. Assim, houve uma elevada destacabilidade dos agregados quando estes entraram em contato com a água, apesar dos elevados teores de argila flocculada.

A estrutura microagregada bem desenvolvida tipo “pó de café”, apesar de conter alto teor de argila, apresenta comportamento similar ao da areia ou materiais mais grosseiros destacando-se com mais facilidade. Segundo Fontes (2002), os solos com altas concentrações de óxidos de ferro têm boas características físicas, a considerar: alta porosidade, baixa densidade do solo, estrutura granular estável. Para o autor essas características proporcionam aos agregados um comportamento semelhante àquele da fração areia.

- **Índice de erodibilidade dos materiais**

Os ensaios indicaram predominância de alto índice de erodibilidade ( $E < 1$ ) nos horizontes subperficiais, Bw1 e Bw2. As amostras desses horizontes apresentaram elevada porosidade elevada, textura argilosa a muito argilosa, estrutura microagregada, baixo teor de matéria orgânica, baixa capacidade de troca catiônica (T), elevada capacidade de absorção de água e alto grau de flocculação, essas amostras em contato com a água se destacaram com facilidade mostrando maior fragilidade.

Comprovou-se que as amostras que apresentaram baixo índice de erodibilidade ( $E > 1$ ) estavam situadas de forma geral nos perfis superficiais, Ap e AB. Essas amostras continham elevado teor de matéria orgânica, T e maior presença de raízes. Como já mencionado, a matéria orgânica adsorve elementos químicos fazendo com que haja uma maior retenção desses elementos químicos e uma maior agregação das partículas, devido a essa reorganização química as partículas de argila que se encontram dispersas podem passar por uma estruturação e aumentar a sua flocculação mesmo em horizonte superficial. Essas características deixam o solo mais estável frente à erosão.

Vale ressaltar que todas as amostras analisadas possuíam textura argilosa a muito argilosa, o que poderia ser uma característica determinante para a redução da erodibilidade, entretanto ressalva-se que, esses solos são ricos em nódulos de óxidos de ferro e possuem estrutura microagregada e elevada porosidade, que demonstram que o que ocorre é a desestabilização do agregado e não da partícula do solo.

- **Desabamento das fossas**

A figura 26 mostra a localização do perfil topográfico que foi traçado da alta à baixa vertente, no intuito de se analisar o comportamento físico hídrico nos diferentes solos e com freqüências de desabamentos das fossas diferenciadas, para entender se o tipo de solo era um determinante no desabamento das fossas. Nessa seqüência de solos foram encontrados dois Latossolo Vermelho Eutroférico e um Cambissolo Háplico Eutroférico, esses solos possuíam diferenças no grau de desenvolvimento decorrente da circulação hídrica.

Nesse mapa não foi possível estabelecer uma relação entre tipos de solos e o desabamento das fossas, mas na divisão dos perfis foi possível entender melhor o comportamento dos materiais que compõe o solo e identificar uma fragilidade do solo.

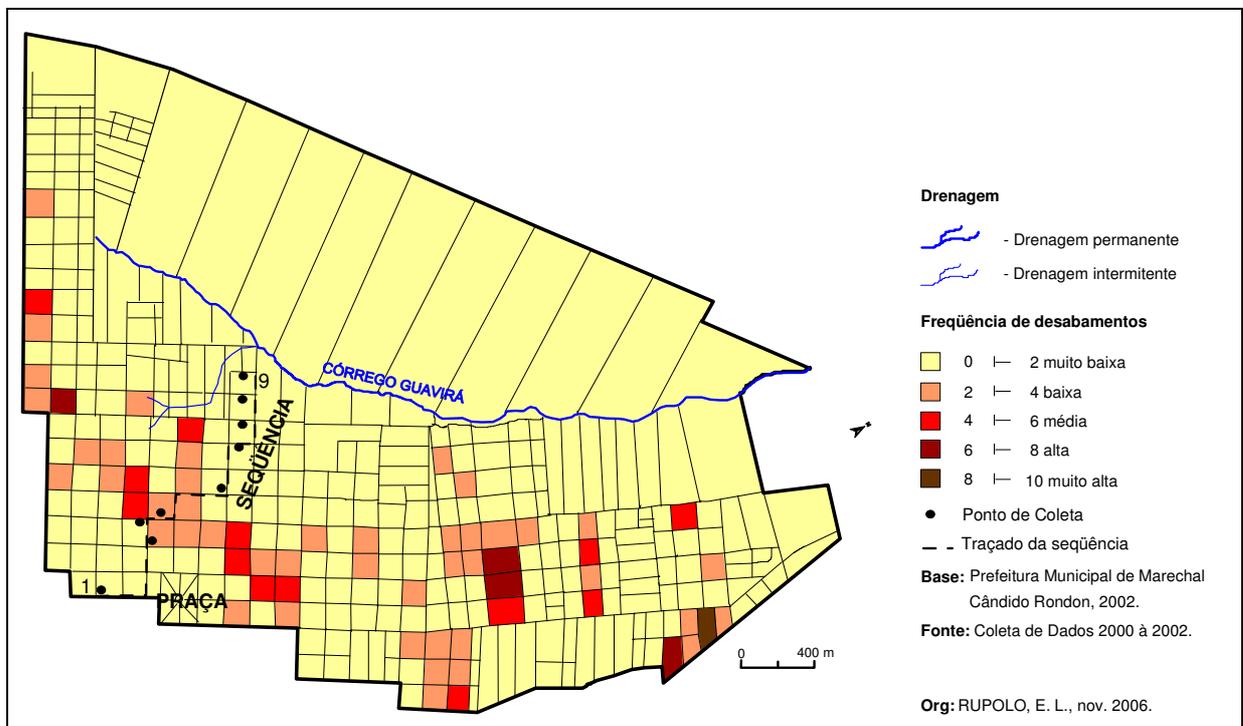


Figura 26. Freqüência de desabamentos de fossas por quadra: trecho superior do córrego Guavirá - Marechal Cândido Rondon, PR. Fonte: RUPOLO, 2006

A circulação hídrica determina o grau de desenvolvimento do solo e suas características. Cada horizonte possui propriedades específicas que podem interferir na sua fragilidade e determinar uma tendência erosiva, como foi identificado no horizonte Bw de estrutura microagregada.

Assim, a partir das características dos horizontes que possibilitaram a percepção das mudanças decorrentes da circulação hídrica e de seu grau de desenvolvimento em relação aos perfis I, II e III.

Ressalta-se que as fossas que apresentaram problemas erosivos são constituídas apenas de um poço sem revestimentos de concreto e têm problemas em médio e em longo prazo. Os ensaios aplicados mostraram que o solo tem uma boa capacidade de infiltração dos efluentes líquidos, sendo indicado para a instalação de sumidouros e fossas, porém possui fragilidade no horizonte Bw. Diante do exposto, é possível considerar que o problema de desabamento das fossas em Marechal Cândido Rondon, além das características do solo é decorrente das ações antrópicas pela má construção e falta de inspeção das mesmas.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que as propriedades dos solos observados não diferem dos dados presentes em outros trabalhos com solos semelhantes, e também não diferem de outros locais da cidade, pois não demonstraram variação significativa entre os três perfis estudados.

Na relação entre as propriedades do solo e o desmoronamento das fossas, percebeu-se que as amostras mais erodíveis possuíam baixa capacidade de troca catiônica (T), baixo teor de matéria orgânica, alto grau de flocculação das argilas, estrutura microagregada, porosidade elevada e textura argilosa a muito argilosa. Os ensaios de índice de erodibilidade indicaram uma predominância de alto índice de erodibilidade ( $E < 1$ ) no horizonte Bw.

Na identificação da mineralogia da fração argila, constatou-se a presença da caulinita, com estrutura do tipo 1:1, que não apresenta características expansivas, portanto não interfere no desabamento das fossas negras.

Os resultados do ensaio de capacidade de absorção de água do terreno mostraram que o solo urbano de Marechal Cândido Rondon é indicado para instalação de fossas por possuir uma boa capacidade de absorção dos efluentes líquidos.

Esses resultados manifestam a necessidade de construção de fossas negras com revestimento de concreto para garantir uma maior estabilização como indica a NBR 7229:1982 e NBR 13696:1997.

Diante do exposto, o desmoronamento das fossas negras da cidade, além de relacionado com a tendência erosiva no horizonte Bw, está associado com a má construção e a falta de manutenção das mesmas. O problema está associado também à forma de uso e ocupação pela sociedade.

Durante o desenvolvimento da presente pesquisa percebeu-se a necessidade de estudos complementares na área para se ter uma posição mais clara quanto ao comportamento mecânico do solo. Acredita-se que a mecânica dos solos podem trazer resultados mais claros frente ao problema dos desabamentos dos solos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERS, A. P. F.; MELCHIADES, F. G.; MACHADO, R.; BALDO, J. B.; BOSCHI, A. O. Um método simples de caracterização de argilominerais por difração de raio X. **Cerâmica**. n. 48, jan/fev/mar., p. 34-37. 2002.

AMARAL JR, A. F. **Mapeamento geotécnico aplicado a análise de processos de movimentos de massa gravitacionais: Costa Verde-RJ-escala 1:10.000**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

ARNDT, M. A. **Mapeamento do uso do solo no trecho superior do córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon (PR)**. 2006. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia) - Campus de Marechal Cândido Rondon, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR 7229**: Construção e instalação de fossas sépticas e disposição dos efluentes finais. Rio de Janeiro, 1982.

AZEVEDO, A. C.; BONUMÁ, A. S. Partículas coloidais, dispersão e agregação em latossolos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 609-617, mar-abr, 2004.

BASTOS, C. A. B.; MILITITSKY, J.; GEHLING, W. Avaliação da erodibilidade dos solos sob o enfoque geotécnico - pesquisas e tendência. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**. n. 1, p. 17-25, nov. 2000.

BASTOS, C. A. B.; MILITITSKY, J.; DIAS, R. D. Avaliação geotécnica da erodibilidade de solos residuais da Região Metropolitana de Porto Alegre. In: VI SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 1998, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente: ABGE, 1998.

BELINCANTA, A.; BRANCO, C. J. C. Resultados de investigações geotécnicas no norte e noroeste do Paraná. In: I ENCONTRO GEOTÉCNICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE, 2003, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2003. 1CD-ROM.

BORGES, A. C. **Topografia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.191 p.

BOULET, R. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. In: MONIZ, A.; FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P. R.; FREITAS, S. S. (org.) **A responsabilidade social da ciência do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Campinas. pp. 79- 89. 1988.

BOULET, R.; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et cartographie en pédologie: I - prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique. **Cah. O.R.S.T.O.M.**, sér. Pédol. v. 19, n. 4, p. 300-321.1982.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898 p.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em:< <http://www.in.gov.br> >Acesso em: 15/10/2006.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1986. 93 p.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. Vol. 2, Livros Técnicos e Científicos: Rio de Janeiro, 1987.

CARPENEDO, V. **Compressibilidade de solos em sistemas de manejo**. 1994. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1994.

COOPER, M. **Influência das condições físico-hídricas nas transformações estruturais entre horizontes B latossólico e B textural sobre Diabásio**. 1999. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1999.

CUNHA, J. E. **Funcionamento hídrico e susceptibilidade erosiva de um sistema pedológico constituído por um Latossolo e um Argissolo no município de Cidade**

**Gaúcha-PR**. 2002. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

DELVIGNE, J.; STOOPS, G. Morphology of mineral weathering and neoformation: I. Weathering of most common silicates. **International Training Center for Post - Graduate Soil Scientist**. Ghent Publication, v. 09, n. 89, p 471- 481, jul. 1990.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 212p.

EMBRAPA. IAPAR. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Oeste do Paraná**. Bol. Téc. n. 39. (Divisão de Pesquisa Pedológica). Curitiba. 1972. p. 95

FERNANDEZ, O. V. Q.; ARNDT, M. A.; Características físicas de habitats aquáticos em córregos da região Oeste do Paraná, Brasil. In: SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2006, Maringá, **Anais...** Maringá: UEM, 2006. 1CD-ROM.

FERREIRA, B. A.; FABRIS, J. D.; SANTANA, D.P.; CURI, N. Óxidos de ferro das frações areia e silte de um nitossolo desenvolvido de basalto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. n. 27, p. 405-413, 2003

FIORI, P. A.; CARMIGNANI, L. **Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: aplicações na estabilidade de taludes**. Curitiba: Ed UFPR, 2001.

FONTES, M. P. F. Iron oxide-clay mineral association in brasilian oxisols: A magnetic separation study. **Clays Clay Min.**, v.40, p. 175-179, 1992.

GASPARETTO, N. V. L., SANTOS, M. L. dos. Emprego de minerais pesados como indicadores da proeminência da cobertura pedológica do Arenito Caiuá na região Noroeste do Paraná. **Pesquisas em Geociências**. Porto Alegre. p. 0-6. 2005.

GHIDIN, A. A.; MELO, V. F.; LIMA, V. C.; LIMA, J. M. J. C. Topossequências de latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 30, p. 293-306, 2006.

GÜITHS, L. D. **Do mapeamento geo-ambiental ao planejamento urbano de Marechal Cândido Rondon (PR): um estudo de caso (1950/97)**. 1999. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

GUTIERREZ, N. H. M. **Interferências de aspectos estruturais no colapso de solos no norte do Paraná**. 2005. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

IBRAHIN, L. **Caracterização física, química, mineralógica e morfológica de uma seqüência de solos em Lins/SP**. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

JANJAR, C. **Estudo morfológico de uma vertente do trecho superior do córrego Guavirá – Marechal Cândido Rondon – PR**. 2001. Relatório final de Iniciação Científica, PIBIC/UNIOESTE/PRPPG, Marechal Cândido Rondon, 2001 (inédito).

KLEIN, V. S. **Diagnóstico de poços/fossas, trecho superior do córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon/PR**. 2001. Relatório final de Iniciação Científica, PIBIC/UNIOESTE/PRPPG, Marechal Cândido Rondon, 2001 (inédito).

LARACH, J. O. I. (Org) **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. SUDESUL-EMBRAPA. EMBRAPA (SNLCS), Bol. Téc., n. 57, IAPAR, Bol. Téc., n. 16, Governo do Paraná (IAPAR), Londrina. 1984.

LEMONS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2 ed. Campinas: SBCS, SNLCS. 1984.

MAACK, R. **Geografia física do Paraná**. Curitiba: Pap.Max. Roesner, 1981.

MAGALHÃES, V. L.; CUNHA, J. E.; NÓBREGA, M. T.; BRAND, E. P. Degradação ambiental no fundo de vale as sanga Creoula, Distrito de Margarida, Oeste do Paraná, Brasil. In: SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2006, Maringá, **Anais...** Maringá: UEM, 2006. 1CD-ROM.

MARECHAL CÂNDIDO RONDON. **Lei complementar nº. 005/1996**. Institui o plano diretor, estabelece diretrizes para as ações de planejamento do município de Marechal

Cândido Rondon e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mcr.pr.gov.br>>  
Acesso em 16/10/2006.

MELFI, A. J. **Lateritas e processos de laterização: aula inaugural de 1994**. São Carlos. 1997. 29 p.

MELFI, A. J.; PEDRO, G. Estudo Geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 7. 1977.

MEURER, E. J. **Fundamentos de química dos solos**. Porto Alegre: Gênese, 2000. 174p.

MORESCO, M. D. **Características físicas dos solos da toposequência Frentino na margem direita do trecho superior do córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon- PR**. 2003. Relatório final de Iniciação Científica. PIBIC/UNIOESTE/PRPPG, Marechal Cândido Rondon, 2003 (inédito).

MORESCO, M. D. **Indicadores de riscos a erosão em uma toposequência de solos no trecho superior do córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon – PR**. 2004. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia) - Campus de Marechal Cândido Rondon, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, 2004.

MORESCO, M. D. **Estudo de paisagem no município de Marechal Cândido Rondon-PR**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Campus de Maringá, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

NAKASHIMA, P.; NÓBREGA, M. T. Solos do Terceiro Planalto do Paraná – Brasil. In: I ENCONTRO GEOTÉCNICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE, 2003, Maringá, **Anais...** Maringá: UEM, 2003. 1CD-ROM.

NASCIMENTO, G. A. **Saneamento básico em áreas urbanas pobres: planejamento e gestão de programas na região sul do Brasil**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. Soil characterization of the mapping units for highway purposes in a tropical area. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, n. 19, p. 196-199, 1979.

OLIVEIRA, D. **Estudo macro e micromorfológico de uma toposseqüência na bacia do córrego do Retiro em Sao Pedro- SP.** 1997. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PAVAN, A. M.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H. C.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade.** Londrina: IAPAR, 1992. 40 p. (circular n. 76)

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia.** Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

PEJON, O. J. **Mapeamento geotécnico da folha de Piracicaba – SP (escala 1: 100.000): Estudo de aspectos metodológicos de caracterização e d apresentação doa atributos.** 1992. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

PEJON, O. J.; ZUQUETTE, L. V. Carta de predisposição a erosão acelerada – área de Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil: metodologia e avaliação dos resultados. **Geotecnia**, n. 93, p. 33-60, nov. 2001.

PFLUCK, L. D. **Mapeamento geo-ambiental e planejamento urbano: Marechal Cândido Rondon – PR (1950-1997).** Cascavel: Edunioeste, 2002. 127p.

PICCIN, E. M. **Saneamento de poços/fossas da área urbana do trecho superior do córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon, PR.** 2002. Relatório final de iniciação científica, PIBIC/UNIOESTE/PRPPG, Marechal Cândido Rondon, 2002 (inédito).

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, 2003, Maringá, **Anais...** Maringá: UEM, 2003. 1CD-ROM.

PÓLVORA, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias.** 5 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1995. 439 p.

PRADO, R. M.; CENTURION, J. F. Alterações na cor e no grau de floculação de um Latossolo Vermelho Escuro sob o cultivo contínuo da cana de açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 197-203, jan., 2001.

**RESOLUÇÃO SEMA nº 031, de 24 de agosto de 1998.** Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/meioambiente/iap>> Acesso em: 05/03/2007.

RUELLAN, A. Contribuição das pesquisas em zona tropical ao desenvolvimento da ciência do solo. *In*: MONIZ, A.; FURLANI, A. M. C.; FURLANI, P. R.; FREITAS, S. S. (org.) **A responsabilidade social da ciência do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Campinas. pp. 79- 89. 1988.

RUPOLO, E. L. **Riscos ambientais: poços/fossas da área urbana do trecho superior do córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon, PR**. 2003. Relatório final de Iniciação Científica, PIBIC/UNIOESTE/PRPPG, Marechal Cândido Rondon, 2003 (inédito).

RUPOLO, E. L. **Levantamento das propriedades físicas dos solos na vertente urbanizada do córrego Guavirá em Marechal Cândido Rondon (PR)**. 2006. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Geografia) - campus de Marechal Cândido Rondon, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2006.

SANDER, C. **Variação espaço temporal da densidade de drenagem e mudanças antrópicas na cabeceira do córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon (PR)**. 2003. Dissertação (Mestrado em Geografia). Campus de Maringá, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

SALA, M.G. **Indicadores de fragilidade ambiental na bacia do ribeirão Maringá- PR**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Campus de Maringá, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 5 ed., 2005.

SCHLOSSER, M. T. S. **Nas ondas do rádio: a viabilização da modernização agrícola no Oeste de Paraná (1960-1980)**. 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Campus de Maringá, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2001.

SCHWERTNER, R. W.; MARTINS, V. M. Coleta e impregnação de amostras de solos de uma toposeqüência localizada no trecho superior da bacia do Córrego Guavirá- M.C. Rondon-PR. *In*: EXPEDIÇÃO GEOGRÁFICA DA UNIOESTE “CAMINHOS DA GEOGRAFIA PARA O SÉCULO XXI”, 2002, Marechal Cândido Rondon, **Anais...** Cascavel: EDUNIOESTE, pp.103-104. 2002.

SCHWERTNER, R. W.; JANJAR, C.; SCHROEDER, C.A.; RUPOLO, E.L. Estudo de processos erosivos nas principais cabeceiras de drenagem da Cidade de Marechal Cândido Rondon, PR. In: SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2006, Maringá, **Anais....** Maringá: UEM, 2006. 1CD-ROM.

SILVEIRA, S. S. B.; SANT'ANNA, F. S. P. Poluição Hídrica. In: MAGULIS, S. **Meio ambiente**: aspectos técnicos e econômicos. 2 ed. Brasília: IPEA, 1996. pp. 57-84.

SOARES, R. **Água no solo sua importância para os estudos em toposequências exemplo de aplicação em Marechal Cândido Rondon – PR**. 2004. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia) - campus de Marechal Cândido Rondon, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2004.

STROOSNIJDER. L. Measurement of erosion: Is it possible? **Catena**, n. 64, p.162–173, 2005.

TIZ,G. J.; CUNHA, J. E.; MAGALHÃES, V. L.; BRAND, E. P. Influência da expansão urbana no desenvolvimento de processos erosivos no perímetro urbano de Marechal Cândido Rondon, Oeste do Paraná, Brasil. In: SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2006, Maringá, **Anais...** Maringá: UEM, 2006. 1CD-ROM.

TOMÉ JR, J. B. **Manual para interpretação de análise do solo**. São Paulo: Ática, 1997.

VELOSO, H.P. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 1991. 124p.

VIANA, J.H.M.; FERNANDES FILHO, E.I.; SCHAEFER, C.E.G.R. Efeitos de ciclos de umedecimento e secagem na reorganização da estrutura microgranular de latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 28, p.11-19, 2004.

TODD, D. K. **Hidrologia de águas subterâneas**. (trad. Araken Silveira e Evelyn B. S. Silveira). São Paulo: Ed. Edgar Blucher, 1959. pp. 240-264.

WHITE, I.C. **Relatório final da comissão de estudos das minas de carvão de pedra do Brasil**. Relatório sobre “coal measures” e rochas associadas do sul do Brasil. Parte I, Geologia, 1908. 201p.

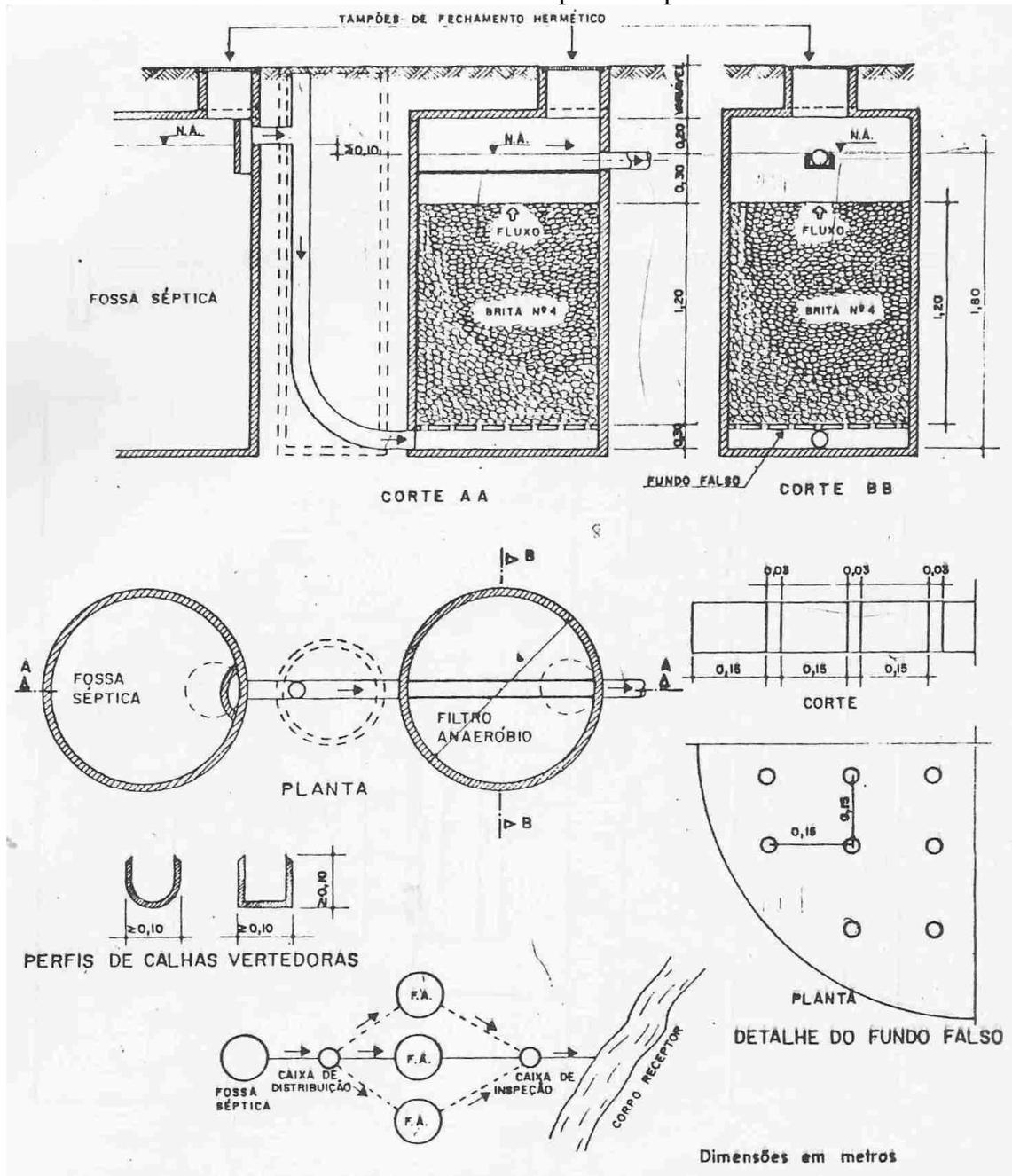
# **ANEXOS**

Anexo 1. Tabela dos dados de precipitação pluviométrica (total mensal, máxima diária e total anual), período de 1965 à janeiro de 2006, Marechal Cândido Rondon - PR.

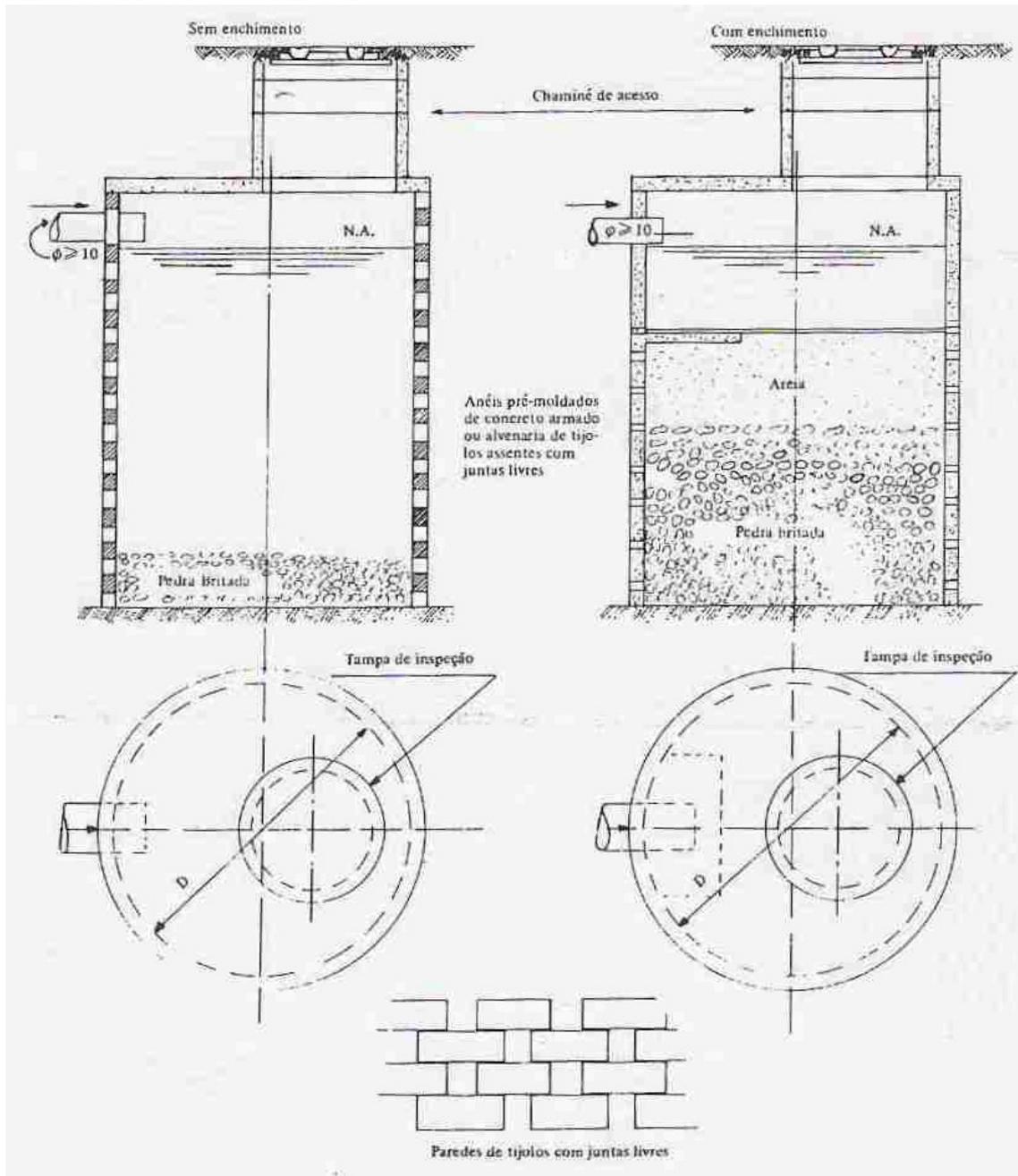
M A	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
65	167/42	<b>241/87</b>	<b>241/87</b>	<b>237/86</b>	169/57	<b>153/53</b>	50/17	117/32	147/44	425/71	<b>78/52</b>	569/99	2592
66	124/21	161/30	<b>88/55</b>	<b>57/51</b>	<b>102/43</b>	<b>187/94</b>	<b>61/38</b>	<b>56/42</b>	<b>63/30</b>	318/51	<b>46/28</b>	108/23	1525
67	233/57	218/40	<b>69/32</b>	<b>08/05</b>	<b>40/40</b>	168/56	175/51	91/27	<b>10/08</b>	151/47	77/21	88/27	1328
68	213/55	<b>94/38</b>	149/39	<b>134/89</b>	<b>136/55</b>	<b>79/39</b>	<b>53/20</b>	101/33	61/17	<b>172/73</b>	<b>66/32</b>	252/82	1606
69	<b>181/66</b>	<b>101/43</b>	<b>128/105</b>	<b>205/77</b>	<b>356/123</b>	<b>179/86</b>	<b>51/24</b>	54/17	<b>50/28</b>	227/52	209/70	216/61	1957
70	<b>108/39</b>	<b>97/36</b>	<b>101/44</b>	<b>70/39</b>	<b>41/18</b>	134/36	<b>111/47</b>	<b>21/08</b>	176/72	185/45	<b>124/62</b>	239/47	1407
71	230/68	<b>131/56</b>	148/40	152/46	164/38	194/47	<b>200/123</b>	<b>75/25</b>	192/68	85/20	<b>47/28</b>	104/32	1722
72	73/22	134/37	<b>115/46</b>	<b>96/34</b>	<b>123/62</b>	56/21	<b>197/102</b>	<b>219/86</b>	228/51	242/68	252/61	134/43	1869
73	188/56	188/48	<b>145/67</b>	159/51	<b>115/51</b>	<b>179/61</b>	69/26	129/25	105/21	189/38	106/29	181/46	1753
74	<b>184/69</b>	<b>139/56</b>	<b>102/49</b>	<b>83/41</b>	<b>107/44</b>	155/47	<b>48/21</b>	279/74	<b>33/16</b>	137/37	<b>199/71</b>	125/36	1591
75	<b>114/56</b>	185/57	86/27	303/62	109/35	118/36	<b>79/72</b>	<b>68/24</b>	151/43	215/40	246/51	143/37	1817
76	224/52	<b>265/94</b>	<b>67/38</b>	<b>132/55</b>	92/26	<b>125/87</b>	<b>37/23</b>	<b>94/34</b>	<b>110/53</b>	<b>249/83</b>	<b>202/72</b>	255/72	1852
77	351/97	<b>78/42</b>	96/28	<b>37/23</b>	37/12	187/49	<b>22/16</b>	<b>63/25</b>	<b>88/38</b>	<b>42/21</b>	246/52	110/26	1357
78	<b>42/15</b>	<b>4/004</b>	<b>99/40</b>	<b>01/01</b>	<b>57/37</b>	<b>35/13</b>	164/45	<b>102/51</b>	<b>148/75</b>	<b>126/79</b>	120/38	<b>108/38</b>	1006
79	113/33	89/26	<b>150/94</b>	293/86	292/75	<b>15/06</b>	99/32	202/59	<b>190/93</b>	<b>226/94</b>	239/68	326/82	2234
80	124/39	<b>171/78</b>	<b>72/35</b>	<b>23/18</b>	183/46	<b>75/31</b>	<b>137/73</b>	<b>118/45</b>	191/57	<b>188/67</b>	<b>89/40</b>	<b>14/12</b>	1385
81	164/-	113/-	242/-	248/-	<b>14/12</b>	<b>131/47</b>	0/0	<b>37/16</b>	38/10	283/57	<b>115/40</b>	627/97	2012
82	<b>34/30</b>	191/53	<b>77/31</b>	46/15	104/33	<b>180/60</b>	176/53	<b>132/53</b>	<b>72/41</b>	203/40	464/54	<b>107/47</b>	1787
83	<b>141/54</b>	123/34	271/66	286/88	465/106	<b>272/94</b>	172/52	<b>18/11</b>	310/79	200/64	<b>120/46</b>	<b>61/29</b>	2439
84	268/78	119/33	187/53	209/39	<b>127/45</b>	34/14	<b>31/31</b>	127/32	<b>60/26</b>	<b>126/59</b>	106/32	318/83	1712
85	<b>61/25</b>	133/26	<b>106/48</b>	190/42	182/49	<b>48/46</b>	<b>99/40</b>	<b>48/33</b>	39/16	124/34	<b>66/39</b>	94/51	1190
86	222/53	283/82	181/43	<b>142/64</b>	290/52	<b>23/15</b>	68/16	194/56	160/53	120/32	<b>103/71</b>	280/79	2056
87	139/31	<b>227/112</b>	<b>128/55</b>	<b>298/134</b>	298/49	114/39	<b>144/79</b>	<b>58/56</b>	<b>61/28</b>	188/56	154/46	152/45	2022
88	154/45	173/37	47/16	175/45	275/53	98/27	<b>09/07</b>	<b>15/08</b>	<b>15/08</b>	215/63	<b>28/13</b>	<b>106/62</b>	1310
89	240/32	211/58	<b>120/42</b>	172/38	56/19	180/57	<b>96/52</b>	363/89	196/52	<b>188/67</b>	<b>79/30</b>	138/32	2039
90	<b>374/127</b>	<b>30/24</b>	249/64	174/51	176/49	84/23	<b>158/62</b>	174/53	<b>264/115</b>	<b>201/82</b>	145/55	135/32	2171
91	<b>222/98</b>	<b>119/95</b>	<b>107/75</b>	<b>144/67</b>	81/26	162/46	<b>43/16</b>	<b>24/12</b>	162/46	<b>213/81</b>	<b>93/38</b>	311/60	1681
92	<b>21/08</b>	<b>210/126</b>	<b>180/78</b>	<b>251/122</b>	569/179	122/43	171/40	<b>130/46</b>	169/41	<b>228/88</b>	232/55	<b>128/47</b>	2411
93	211/36	<b>89/62</b>	96/32	<b>38/30</b>	<b>182/121</b>	<b>91/48</b>	<b>163/74</b>	<b>02/02</b>	287/64	173/51	181/56	65/28	1568
94	<b>141/68</b>	182/32	<b>105/65</b>	94/28	162/40	169/49	81/25	<b>27/24</b>	<b>83/35</b>	186/47	307/55	157/32	1694
95	317/44	141/43	<b>153/73</b>	<b>174/98</b>	<b>19/08</b>	<b>62/29</b>	<b>131/84</b>	<b>25/25</b>	<b>231/94</b>	163/51	<b>228/83</b>	234/62	1878
96	<b>176/67</b>	217/72	315/56	<b>60/21</b>	75/21	<b>43/30</b>	<b>28/20</b>	<b>69/39</b>	147/37	187/59	<b>195/102</b>	295/79	2007
97	313/40	<b>331/148</b>	69/22	<b>22/10</b>	<b>210/112</b>	274/74	<b>76/57</b>	<b>114/50</b>	256/77	253/87	319/56	<b>117/52</b>	2337
98	<b>206/62</b>	<b>292/103</b>	262/65	351/65	<b>146/100</b>	<b>71/25</b>	<b>32/14</b>	350/99	287/36	275/67	209/52	276/70	2757
99	<b>236/79</b>	119/41	140/34	<b>67/38</b>	<b>179/81</b>	192/47	<b>65/42</b>	0/0	<b>107/37</b>	<b>67/25</b>	<b>50/22</b>	<b>248/98</b>	1470
00	<b>193/50</b>	<b>194/47</b>	<b>64/36</b>	<b>69/31</b>	96/25	191/43	<b>104/32</b>	182/46	200/48	<b>224/67</b>	193/51	209/70	1920
01	<b>305/92</b>	<b>364/118</b>	146/37	<b>205/69</b>	129/38	<b>67/28</b>	<b>56/23</b>	<b>70/27</b>	176/44	<b>51/23</b>	265/80	<b>127/68</b>	1961
02	<b>216/101</b>	<b>105/48</b>	<b>38/30</b>	<b>59/24</b>	411/85	<b>18/11</b>	<b>61/25</b>	<b>73/27</b>	<b>123/38</b>	220/40	398/72	182/51	1904
03	<b>318/99</b>	293/54	<b>111/42</b>	<b>124/42</b>	<b>81/45</b>	<b>80/46</b>	<b>88/27</b>	<b>41/17</b>	<b>141/47</b>	<b>177/68</b>	<b>213/70</b>	<b>241/76</b>	1908
04	<b>105/72</b>	<b>67/40</b>	<b>86/51</b>	<b>184/80</b>	315/89	<b>87/52</b>	<b>49/15</b>	<b>115/41</b>	<b>51/42</b>	330/56	<b>191/64</b>	<b>103/34</b>	1683
05	176/36	<b>4/2</b>	<b>7/5</b>	<b>117/43</b>	<b>135/41</b>	251/71	<b>38/18</b>	<b>163/82</b>	<b>178/58</b>	<b>395/121</b>	<b>103/35</b>	<b>68/33</b>	1635
06	111/33	<b>90/32</b>	<b>148/60</b>	<b>127/96</b>	<b>10/8</b>	107/29	<b>49/25</b>	<b>150/60</b>	216/38	<b>170/52</b>			

Os números em negrito correspondem à máxima diária igual ou superior a 30% do total do respectivo mês

Anexo 2. Modelo de fossa e filtro anaeróbio disposto no plano diretor



## Anexo 3. Modelo de sumidouro.



Anexo 4. Tabela de leituras do ensaio de absorção de água

Ponto	Profundidade (cm)	Massa Solo+anel(g) Limpeza	Massa Solo + Anel (g) (7 dias seco ar)	Massa Anel(g)	Massa Solo (g)	Altura Anel (g)	Diametro Anel (cm)
Perfil I	10cm	74,58	64,09	16,37	47,72		
Tempo (seg)	Leitura (cm)	Anel n°	Diâmetro Tubo (mm)	Área Tubo	Q	T <sup>1/2</sup>	Descrição do Solo
5	0	5			0	0,08	Superfície, com matéria orgânica e raízes.
10	0				0	0,16	
20	3,1				0,0691083	0,33	
25	11,1				0,2474522	0,41	
30	17,3				0,3856688	0,5	<b>Perdas por Imersão – 24 Horas</b>
45	39,4				0,8783439	0,75	
60	60,5				1,3487261	1	1,09g
90	76,2				1,6987261	1,5	<b>Raízes e M.O.</b>
120	77,3				1,7232484	2	
150	77,8				1,7343949	2,5	Presente em menor quantidade que a anterior
180	78,2				1,7433121	3	
210	78,5				1,75	3,5	
240	78,7				1,7544586	4	<b>Umidade após de 7 dias secando ao ar</b>
270	78,9				1,7589172	4,5	
300							10,49g
<b>Descrição Anel</b>							

Q= volume do tubo/ área da base do anel, T<sup>1/2</sup>= tempo em minutos decimais, Volume do tubo = 0,28cm<sup>3</sup>, Área da base do anel= 12,56cm<sup>2</sup>