UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ELABORAÇÃO DE UM MAPA DE RISCO POTENCIAL À PROCESSOS GEOLÓGICOS DA BACIA GUAVIRUTUBA, VISANDO A PREVENÇÃO DO ASSOREAMENTO DA REPRESA GUARAPIRANGA

Juliana Keiko Tsugawa

Orientador: Prof. Dr. Uriel Duarte
Co-orientadores: Geól. Fernando Campagnoli e
Geól. José Luis Ridente Júnior

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF/98-09)

SÃO PAULO
1998

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ELABORAÇÃO DE UM MAPA DE RISCO POTENCIAL À PROCESSOS GEOLÓGICOS DA BACIA GUAVIRUTUBA, VISANDO A PREVENÇÃO DO ASSOREAMENTO DA REPRESA GUARAPIRANGA

DEDALUS - Acervo - IGC

30900002813

Juliana Keiko Tsugawa

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
14513
U. S. P.

Orientador: Prof. Dr. Uriel Duarte
Co-orientadores: Geól. Fernando Campagnoli e
Geól. José Luis Ridente Júnior

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF/98-09)

SÃO PAULO
1998

TF
T882
JK. e

SUMÁRIO

RESUMO II

ABSTRACT II

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO 1

1.1 OBJETIVOS 1
1.2.LOCALIZAÇÃO 1
1.3.CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES REALIZADAS 2

CAPÍTULO 2: BASES CONCEITUAIS 3

2.1. CARTA GEOTÉCNICA 3
2.1.1. INTRODUÇÃO 3
2.1.2. TIPOS DE CARTAS GEOTÉCNICAS: 4
2.1.3. PRINCIPAIS METODOLOGIAS BRASILEIRAS: 4
2.2.. RISCO GEOLÓGICO 5
2.2.1. CONCEITOS: 6
2.2.2. RISCO POTENCIAL E RICO ATUAL: 6
2.2.3. Erosão 7
2.2.3.1. Conceitos: 7
2.2.3.2. Fatores que influem na erosão: 8
2.2.3.3. Causas e Conseqüências: 10
2.2.4. ASSOREAMENTO 10
2.2.4.1. Processo de Transporte de sedimentos: 10
2.2.4.2 Conceitos: 10
2.2.4.3. Métodos de determinação da produção de sedimentos: 12
2.2.4.3.1. Medidas dos sedimentos em suspensão: 12
2.2.4.3.2. Medidas de Assoreamento: 12
2.2.5. ESCORREGAMENTO 13
2.2.5.1. Introdução e Conceitos: 13
2.2.5.2. Fatores que atuam na deflagração dos escorregamentos: 14
2.3. SOLO 15
2.3.1. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS 16
2.3.1.1. Cor 16
2.3.1.2. Textura 16
2.3.1.3. Estrutura 17
2.3.1.4. Porosidade 18
2.3.1.5. Cerosidade 18
2.3.1.6. Consistência 18
2.3.2. OS FATORES DE FORMAÇÃO DO SOLO 19
2.3.2.1. Material de origem 19
2.3.2.2. Clima 19
2.3.2.3. Relevo 20
2.3.2.4.. Organismos 20
2.3.2.5. Tempo 21
2.3.3. PERFIL DO SOLO 21
2.3.3.1. Horizontes diagnósticos de subsuperfície 22
2.3.3.2. Horizontes diagnósticos de superfície 22

2.3.4. Erodibilidade do solo 23

CAPÍTULO 3: CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO 25

3.1. Geologia 25
3.1.1. Trabalhos Anteriores 25
3.1.2. Contexto Geológico Regional 25
3.1.3. Contexto Geológico Local 26
3.1.3.1. Migmatitos 26
3.1.3.2. Quartzo diorito 27
3.1.3.3. Sedimentos Quaternários 27
3.2. Estrutural 27
3.2.1. Contexto Tectônico 27
3.2.2. Estruturas 28
3.3. Geomorfologia 28
3.3.1. Trabalhos Anteriores 28
3.3.2. Contexto Geomorfológico 29
3.3.2.1. Planalto Paulistano 29
3.3.2.2. Planalto de São Paulo 29
3.4. Clima 30
3.4.1. Introdução 30
3.4.2. Metodologia 30
3.4.3. Caracterização Climática 31
3.4.3.1. Pluviometria 31
3.5. Caracterização Pedológica 34
3.5.1. Tipos de Solo da Bacia Guavirutuba 34
3.5.1.1. Cambissolo 35
3.5.1.2. Litólicos 35
3.5.2. Erodibilidade dos Solos 35
3.5.2.1.Introdução 35
3.5.2.2.Considerações 35
3.6. Uso e Ocupação do Solo 36
3.6.1. Padrões de uso e ocupação do solo 36
3.6.2. Infra estrutura 40
3.7. Qualidade da Água 41
3.7.1. Breve histórico: 41
3.7.2.. Introdução: 41
3.7.3. Comentários sobre a qualidade da água 42
3.7.3.1. Sólidos Transportados 43

CAPÍTULO 4: METODOLOGIA E RESULTADOS 44

4. Elaboração da Carta de Risco à Erosão 44
4.1. Metodologia para o Cálculo da Erodibilidade 45
4.1.1. Amostragem: 45
4.1.2. Análise granulométrica 46
4.2. Mapa de Declividade 46
4.3. Metodologia de Elaboração do Mapa de Uso e Ocupação 47
4.4. Caracterização da Suscetibilidade à erosão 47
4.5. Matriz de cruzamento 48

CAPÍTULO 5: MAPA DE RISCO POTENCIAL A EROSÃO E DEMAIS PROCESSOS 48

5.1. Introdução: 48
5.2. Classes de Risco Potencial de Erosão 49

5.2.1. CLASSE I - RISCO POTENCIAL À EROSÃO BAIXO: 49
5.2.1.1. Recomendações 49
5.2.2. CLASSE II - RISCO POTENCIAL MÉDIO 50
5.2.2.1. Recomendações 51
5.2.3. CLASSE III - RISCO POTENCIAL ALTO 51
5.2.3.1. RECOMENDAÇÕES: 52
5.2.4. CLASSE IV - RISCO POTENCIAL MUITO ALTO 52
5.2.4.1. Recomendações 53

CAPÍTULO 6 : CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES 53

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 58

ANEXOS

ANEXO A: Descrição Morfológica dos Solos

ANEXO B: Tabela dos cálculos do Índice de Dispersão e do Índice de Boyoucos

ANEXO C: Resolução CONAMA n º 20 de 18 de junho de 1986 (parcial)

ANEXO D: Gráficos das análises físico-químicas da água

ANEXO E: Mapa de Isoietas dos totais anuais para o período de 1990 a 1997

ANEXO F: Documentação Fotográfica

ANEXO G: Mapas na escala 1:10.000

MAPA 1 - Mapa Topográfico

MAPA 2 - Mapa Geológico

MAPA 3 - Mapa de Fotos da Bacia Guavirutuba

MAPA 4 - Mapa de Declividade

MAPA 5 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo

MAPA 6 - Carta de Risco à Erosão

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Bacia do Guarapiranga dentro do Estado de São Paulo e da Bacia do Ribeirão Guavirutuba dentro da Bacia do Guarapiranga 2
Figura 2 - Classificação dos acidentes ambientais 6
Figura 3 - Roteiro para determinação da produção de sedimentos e para a estimativa de vida útil de um reservatório 11
Figura 4 - Ilustração dos parâmetros utilizadas para o cálculo de volume 13
Figura 5 - Classes texturais de acordo com Soil Survey Manual 17
Figura 6 - Classificação textural simplificada da Embrapa 17
Figura 7 - Comparação entre as escalas texturais de ATTERBERG e a AMERICANA 17
Figura 8 - Diagrama triangular de classificação de sedimentos clásticos segundo Shepard 17
Figura 9 - Perfil de solo hipotético 22
Figura 10 - Características dos horizontes diagnósticos 23
Figura 11 - Características dos postos pluviométricos 31
Figura 12 - Gráfico da média/máxima mensal de chuva - P12059 32
Figura 13 - Gráfico da média/mínima mensal de chuva - P12059 32
Figura 14 - Gráficos dos totais anuais de chuva no período de 1990 a 1997 32
Figura 15 - Gráfico da média/máxima mensal de chuva - P21 33
Figura 16 - Gráfico da média/mínima mensal de chuva - P21 33
Figura 17 - Gráfico dos totais anuais de chuva no período de 1990 a 1997 - P21 33
Figura 18 - Gráfico dos totais anuais de chuva para seis postos 33
Figura 19 - Gráfico do Índice de Boyoucos no horizonte A 36
Figura 20 - Gráfico do Índice de Boyoucos no horizonte C 36
Figura 21 - Localização dos pontos de amostragem de água 42
Figura 22 - Gráfico dos sólidos totais X vazão 43
Figura 23 - Gráfico da média anual da vazão 43
Figura 24 - Fluxograma representativo das etapas para elaboração da carta de risco 45
Figura 25 - Classes de uso e ocupação da Bacia Guavirutuba 47
Figura 26 - Matriz de cruzamento entre a suscetibilidade, declividade e uso e ocupação atual do solo 48

RESUMO

A interação Homem e meio ambiente tem resultado em sérios danos à natureza, e principalmente, à população. A profunda degradação dos recursos naturais se dá, entre vários outros fatores, devido à forma inadequada de uso e ocupação do solo, onde na maioria das vezes, não é respeitado a fragilidade natural de cada terreno. Este fato é norteado pela falta de poder econômico e cultura ambiental da população, ou melhor ainda, a falta do pode público no que se refere a preservação ambiental. Problemas de ordem geológico-geotécnicos, como a erosão e o assoreamento, é apenas uma conseqüência dramática desta interação, cujos resultados são: perda de volume de água em reservatórios, redução da profundidade de canais e conseqüente perda da eficiência de obras hidráulicas, produção de cheias mais freqüentes e mais intensas, retenção de poluentes nos depósitos, implicando em deterioração da qualidade da água, que por sua vez implica na alteração e morte da vida aquática, maior proliferação de doenças de veiculação hídrica, prejuízo ao lazer, etc.

Assim, propõem-se a utilização de cartas de risco, resultado da interação entre o meio físico (tipo de solo, declividade, geologia) e a forma de uso do terreno, como ferramenta ao planejamento urbano, prevenindo e minimizando os impactos ao meio ambiente, já que apresentam recomendações e restrições a ocupação urbana.

ABSTRACT

The interaction between Men and the environment has been resulted in serious damages to mother nature, and manly to population. The deep degradation of natural resources happen, in another way, due the inadequate use and occupacity of it's ground, where on the most of the time, it's not respected the natural fragility in each soil. This fact is guided by the lack of economical power and ambiental culture by the part of population, still, the lack of the public cut on the subject wich relates to the environmental preservation. Geological-geotechnical order problems , like soil erosion and assort, is only a dramatical consequence of this interaction, wich results are: water volume loss in reservoirs, reduction on the stream depths and in consequence, efficience loss in hydraulic work, production of intense and frequent floods, retention of pollution in the deposits, causing deterioration in water quality wich leads on altering and killing submarine life, bigger proliferation of hydrical veiculation diseases, leisure prejudice, etc...

Thus, is offered the utilization of risk maps, result on the interaction between the physical environment (type of soil, declivity, geology) and the form of ground utilization, as a tool to urban planning, preventing and minimizing the impacts to the environment, once that is showed recommendations and restrictions to urban occupation.

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

A área de estudo compreende uma sub-bacia pertencente à Bacia do Guarapiranga, que recebe o nome de Ribeirão Guavirutuba. A Bacia do Guarapiranga abrange uma área total de 637,7 km^2 incluindo-se o reservatório que cobre 26,6 km^2. As porções consideradas como área urbana atingem 95 km^2, ou seja, praticamente 15% da área total da bacia. Está situado à 740 metros de altitude (IPT, 1992).

A Bacia do Ribeirão Guavirutuba, abrange uma área total de aproximadamente 5 km^2. As porções consideradas como área urbana atingem praticamente 100% da área total da bacia. O Ribeirão Guavirutuba está situado a 790m de altitude no seu ponto mais alto, possuindo uma diferença de cota em relação ao reservatório de 50m. Apresenta-se como uma vertente esquerda do reservatório.

Trata-se de uma região ainda em consolidação, onde percebe-se o aumento progressivo da ocupação do solo que vêm acarretando uma degradação deste sistema, sendo uma primeira conseqüência a disposição de detritos diretamente nos córregos, e consequentemente no próprio Ribeirão Guavirutuba, que por sua vez carreia sedimentos, matéria orgânica e lixo doméstico ao Reservatório Guarapiranga. Isso implica na poluição e no assoreamento desta represa, cuja conseqüência principal é a perda de sua capacidade de armazenamento de água e qualidade da água, prejudicando a distribuição de água na Região Metropolitana de São Paulo, principalmente para a região sul.

1.1 Objetivos

O principal objetivo do trabalho é o estudo da interação entre a ocupação urbana e o meio ambiente, estabelecendo relação entre a fragilidade natural do terreno e a forma de ocupação no processo de degradação do meio ambiente, comum a qualquer área de expansão urbana.

Portanto, como uma forma de prevenir os processos que acarretam a degradação ambiental, como a erosão e conseqüente assoreamento, que é um dos objetivos do trabalho, optou-se pela elaboração de um mapa de risco potencial à processos geológicos, que se caracteriza por ser uma importante ferramenta de prevenção, com recomendações e restrições à ocupação urbana.

1.2.Localização

A Bacia Guavirutuba, sub-bacia da Bacia do Guarapiranga, localiza-se próxima a barragem do reservatório, na porção nordeste da Bacia do Guarapiranga, onde desemboca. Está inserida no Bairro da Riviera, entre as coordenadas UTM: 319500 e 322000 (EW) e 7382000 e 7378800 (NS). (figura 1)

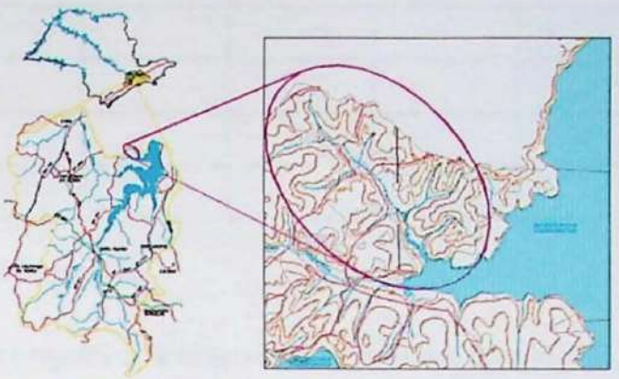


Figura 1 - Localização da Bacia do Guarapiranga dentro do Estado de São Paulo e da Bacia do Ribeirão Guavirutuba dentro da Bacia do Guarapiranga. (Fonte: modificado do relatório IPT de 1996, nº 34.540)

A Bacia do Guavirutuba é cortada por diversas estradas e ruas, a maioria já envolvida pelo tráfego urbano. O acesso principal se dá pela Av. Guarapiranga que dá acesso à Estrada M'Boi Mirim e a Estrada do Guarapiranga. É cortada ainda, pela Estrada da Riviera e Guavirutuba.

O acesso à Av. Guarapiranga é através da Av. das Nações Unidas (Marginal Pinheiros) na Ponte do Socorro. A Av. Guarapiranga se bifurca em duas outras estradas: Estrada M'Boi Mirim e a Estrada de Guarapiranga.

A Estrada de M'Boi Mirim, praticamente delimita a bacia na sua porção norte e noroeste, já que no trecho da bacia, tal estrada apresenta-se com direção EW e NW. A Estrada de Guarapiranga assume direção EW e praticamente delimita a bacia na sua porção NNE. Esta estrada chega a atravessar a parte central da Bacia do Guavirutuba assumindo direção NNW, e acaba onde começa a Estrada Guavirutuba de direção EW. Ainda pela estrada de Guarapiranga há acesso a duas outras estradas: Estrada da Riviera e Estrada da Baronesa.

A Estrada do Riviera possui direção praticamente NS, e corta a bacia desde sua porção central até sua porção sul. A Estrada da Baronesa possui direção SW-NE e corta a bacia desde sua porção central até sua porção SW.

Outro acesso à Av. Guarapiranga é através da Av. 23 de Maio, continuando na Av. Rubem Berta até a Av. Washington Luis, onde pela Av. Vitor Manzini, atravessa-se a Ponte do Socorro e chega-se à Av. Guarapiranga.

1.3.Cronograma das Atividades Realizadas

Atividades	abril	maio	Junho	julho	agosto	setembro	Outubro	novembro
1								
2								
3								
4								

5								
6								
7								
8								

1. Leitura e análise de bibliografias
2. Fotointerpretação
3. Preparação de base topográfica e mapas preliminares (geológico, geomorfológico, pedológico, declividade...)
4. Elaboração do mapa de uso atual do solo
5. Trabalho de campo para coleta de amostras de solo e caracterização pedológica (dois dias de campo)
6. Análise conjunta dos mapas e elaboração do mapa de risco potencial à processos geológicos
7. Preparação do relatório final e pôster e elaboração da apresentação pública
8. Campo para reconhecimento e checagem de mapas

CAPÍTULO 2: BASES CONCEITUAIS

2.1. CARTA GEOTÉCNICA

2.1.1. Introdução

Podemos diferenciar um mapa de uma planta geotécnica levando-se em consideração a escala de trabalho, sendo um mapa elaborado em escala grande, enquanto uma planta em escala pequena, assim temos (Zuquette, 1987 *apud* Silva, 1998):

- mapa geotécnico: representação dos atributos geotécnicos levantados, sem realização de análise interpretativa e sempre em escalas inferiores a 1:10.000.
- planta geotécnica: representação gráfica realizada em escalas grandes, maiores que 1:10.000, normalmente voltadas para locais onde serão executadas obras específicas.
- carta geotécnica: representação dos resultados da interpretação dos atributos que estão num mapa.

Segundo CERRI (1990) *apud* SILVA, 1998, as cartas geotécnicas visam a melhor utilização do meio físico, objetivando uma melhor conservação ambiental dos recursos naturais, expondo medidas técnicas para a recuperação e ocupação prevenindo riscos geológicos, além de apresentar orientações no estudos específicos para obras de engenharia.

Segundo PRANDINI *et al.*(1995), as cartas geotécnicas são uma ferramenta ao enfrentamento dos problemas impostos pelo uso e ocupação do solo, como uma forma de reverter o desempenho da interação entre a ocupação e o meio físico, bem como os próprios conflitos entre as diversas formas de uso do solo Tendo como objetivo orientar

medidas preventivas e corretivas no sentido de minimizar riscos nos empreendimentos de uso do solo.

2.1.2. Tipos de Cartas Geotécnicas:

Segundo BITAR *et al.* (1992) as cartas geotécnicas podem ser divididas em quatro grandes grupos:

- Cartas Geotécnicas Dirigidas: quando, a partir da identificação de problemas de natureza geológico-geotécnica decorrentes do uso do solo, expõem as limitações e potencialidades dos terrenos, estabelecem alternativas de solução destes problemas e apontam as diretrizes para o adensamento e a expansão da ocupação ante uma ou mais formas de uso urbano do solo.
- Cartas Geotécnicas Convencionais: quando apresentam a distribuição geográfica das características dos terrenos, a partir de atributos do meio físico e de determinados parâmetros geológico-geotécnicos, muitas vezes sem considerar as interações existentes entre o meio físico e as diferentes formas de uso urbano do solo.
- Cartas de Suscetibilidade: quando indicam a potencialidade de ocorrência de processos geológicos naturais e induzidos em áreas de interesse ao uso urbano do solo, expressando as suscetibilidades segundo classes de probabilidade de ocorrência.
- Carta de Risco Geológico: quando prepondera a avaliação de dado potencial à ocupação, expresso segundo diferentes graus de risco, resultantes da conjugação da probabilidade de ocorrência de manifestações geológicas naturais e induzidas e das conseqüências sociais e econômicas decorrentes.

Para BITAR *et al.* (1992), as **cartas de risco geológico** expressam os danos potenciais à ocupação, em razão da possibilidade de ocorrência de processos geológicos, naturais e/ou induzidos.

Conforme PRANDINI *et al.* (1995) as **cartas de risco geológico** demonstram as situações nas quais prepondera a avaliação de dano potencial à ocupação, ante uma ou mais características ou fenômenos naturais ou induzidos pelo uso do solo.

2.1.3. Principais Metodologias brasileiras:

Existem duas principais metodologias para a elaboração de uma carta geotécnica no Brasil: a metodologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, e a metodologia adotada pela Escola de Engenharia de São Carlos.

A ***Metodologia do Instituto de pesquisas Tecnológicas*** segue os seguintes procedimentos (PRANDINI *et al.*, 1995): **formulação de uma hipótese/modelo inicial orientativo**: identificação objetiva dos recursos ou problemas existentes e os esperados, utilizando-se o conhecimento da dinâmica da ocupação local, envolvendo assim, o conhecimento das solicitações e transformações inerentes às formas de uso do solo, e dos

elementos fundamentais dos processos e comportamentos da geologia, geomorfologia e da geotecnia local, já do ponto de vista do uso, este deve ser da compartimentado ante aos problemas e recursos esperados; **análise fenomenológica e de desempenho**: análise e identificação das causas e do desenvolvimento dos fenômenos ou situações geradoras dos problemas pré-detectados, estabelecendo-se para cada determinado problema as características fisiográficas de interesse para a ocupação; **mapeamento e compartimentação**: estabelecimento das principais evidências acessíveis à investigação de tais características de interesse, sendo fundamental o que se refere a litologia, estruturas, intemperismo/pedogênese, geomorfologia; busca orientada das informações e das expressões geográficas das características de interesse, utilizando-se de todo o tipo de informação, desde informações fornecidas por moradores até reconhecimento/mapeamento com recursos de sensoriamento remoto e investigações "in situ" e laboratoriais; determinação de compartimentos homogêneas segundo a maior probabilidade de ocorrência do problema, ou segundo às características de interesse, ou ainda, mais interpretativamente, unidades homogêneas quanto à aptidão a determinada forma de uso e ocupação, que incorpora orientações específicas de uso e recomendações de práticas minimizadoras de efeitos indispensáveis; **representação**: de modo a dar acesso facilitando ao público interessado e respeitando as técnicas de representações cartográficas.

A ***Metodologia adotada pela Escola de Engenharia de São Carlos*** está dividida em três fases (ZUQUETTE, 1993 *apud* SILVA, 1998): **primeira fase**: esquematização do problema a ser investigado; definição de uma hipótese de trabalho para o mapeamento geotécnico, definindo-se os atributos do meio físico a analisar, em função da interrelação com outros atributos e da finalidade de estudo; **segunda fase** - fase indutiva e criativa; criam-se teorias por meio das hipóteses indutivas através de um raciocínio analógico, levando a um processo classificatório do meio; deve-se dividir a área em unidades, em função das propriedades e relações dos atributos previamente escolhidos, representando por zonas homogêneas, quanto às características dos componentes do meio físico analisados; este é o princípio do zoneamento geotécnico, utilizado em vários países; **terceira fase** - fase dos métodos experimentais; comprovação das hipóteses no mapeamento geotécnico, com as zonas previamente definidas, comprovadas por meio de ensaios, envolvendo métodos estatísticos. Tal proposta visa um mapeamento preventivo em regiões carentes de informações básicas, exigindo a obtenção de dados fundamentais e específicos. Baseia-se em vários documentos gráficos com a representação de diversos componentes e atributos do meio físico que, relacionados entre si, possibilitam uma avaliação da viabilidade da ocupação, bem como, a priorização e hierarquização das áreas quanto à adequabilidade.

2.2.. Risco Geológico

2.2.1. Conceitos:

Os Riscos Geológicos podem ser entendidos como uma circunstância ou situação de perigo, perda ou dano, social e econômico, causada por uma condição geológica ou por uma possibilidade de ocorrência de processo geológico, induzido ou não (AUGUSTO FILHO, *et al.*,1990).

Segundo AYALA CARCEDO (1987) *apud* OGURA (1995) risco geológico é todo processo, situação ou evento no meio geológico, de origem natural, induzida ou mista que pode gerar um dano econômico ou social para alguma comunidade, e em cuja previsão, prevenção ou correção hão de empregar critérios geológicos.

Os riscos geológicos estaria englobados em uma classe de risco natural, que por sua vez, estariam englobados na classe de riscos ambientais, assim segundo OGURA (1995) teríamos:

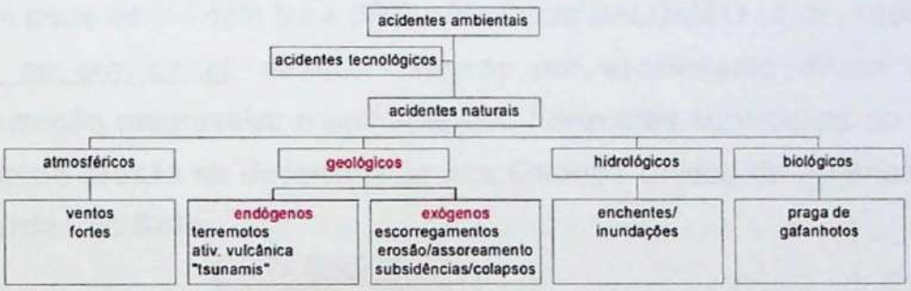


Figura 2 - Classificação dos acidentes ambientais (modificado de OGURA, 1995)

Os riscos geológicos podem ser subdividido, segundo a natureza dos processos em exógenos estão associados aos processos que ocorrem na superfície da terra, enquanto os endógenos associados à dinâmica interna do planeta.

2.2.2. Risco Potencial e Rico Atual:

Podemos ainda, classificar dois tipos de risco, o risco potencial e o risco atual. O **Risco Potencial** é definido pela possibilidade de deflagração ou avanço de um processo (suscetibilidade: fator constante de cada tipo de terreno), seja ele endógeno ou exógeno, frente a um tipo de intervenção humana (uso e ocupação do solo). Assim teríamos a seguinte equação para representar o Risco Potencial (IPT, 1997 a):

Risco Potencial = suscetibilidade natural X uso atual do solo

O **Risco Atual** é dada pela possibilidade de um determinado fenômeno ocorrer (criticidade: tipo de processo, tamanho, formas de combate, grau de estabilização frente à possibilidade de seu avanço) e a perda socio-econômica associada (perda de vidas humanas, destruição de moradias, danos ao patrimônio público) (AUGUSTO FILHO *et al.*,

1990 e IPT, 1997a). Assim, poderíamos representar o risco atual pela seguinte equação (IPT, 1997a) :

Risco Atual = possibilidade X conseqüência

2.2.3. Erosão

2.2.3.1. Conceitos:

Erosão é o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais). A erosão pode ser: natural ou geológica quando desenvolve-se em condições de equilíbrio com a formação do solo, e acelerada ou antrópica cuja intensidade é superior à formação do solo, não permitindo sua recuperação natural. A erosão acelerada pode ser de dois tipos (IPT, 1986 *apud* SALOMÃO *et. al.*, 1995):

Erosão laminar ou em lençol: quando causada por escoamento difuso das chuvas, resultando na remoção progressiva e uniforme dos horizontes superficiais do solo. Para o estudo deste tipo de erosão foi desenvolvida nos Estados Unidos da América a **Equação Universal de Perdas de Solo**:

$$A = RKLSCP$$

onde,
A: índice que representa a perda de solo por unidade de área
R: índice de erosividade da chuva
K: índice de erodibilidade
L: índice relativo ao comprimento da encosta
S: índice relativo à declividade da encosta
C: índice relativo ao uso e manejo do solo
P: índice relativo à prática conservacionista adotada

Erosão linear: causada por concentrações das linhas de fluxo da água, resultando em pequenas incisões na superfície do terreno, em forma de sulcos que podem evoluir para ravinas ou até boçorocas, que possuem desenvolvimento de "piping"(erosão interna ou tubular, onde não só o fluxo superficial é responsável, mas também o lençol freático).

Os **sulcos** são pouco profundos (menor que 50 cm) facilmente corrigido através de manejo do solo. As **ravinas** possuem um porte maior, com profundidade variável , de forma alongada, onde atuam mecanismos de desprendimento de material dos taludes laterais e transporte de partículas do solo, não atingindo o nível da água subterrânea. As **boçorocas** são de maiores dimensões que as ravinas e são geralmente ramificadas, já que o "piping" provoca remoção de partículas do interior do solo, formando canais que evoluem em sentido contrário ao do fluxo d'água, podendo dar origem a colapsos do terreno, com desabamento que alargam a boçoroca ou criar novos ramos. A boçoroca é palco de diversos fenômenos: erosão superficial, erosão interna, solapamentos, desabamentos e escorregamentos.

2.2.3.2. Fatores que influem na erosão:

O principal agende de remoção do solo sem dúvida é a água, que por sua vez tem como fonte a chuva, que faz com que partículas do solo se desprendam devido o seu impacto, transportam por salpicamento as partículas desprendidas e imprimem energia, em forma de turbulência, à água de superfície.

A erosão hídrica é causada por forças ativas, como as características da chuva, a declividade e comprimento do declive do terreno e a capacidade que tem o solo de absorver água, e por forças passivas, como a resistência que exerce o solo à ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal (BERTONI & LOMBARDI, 1985).

A **chuva** causa erosão a partir do impacto das gotas sobre a superfície do solo e através do escorrimento por enxurrada (SALOMÃO *et al.*, 1995). Sua ação erosiva depende da intensidade da chuva, duração e freqüência. A intensidade é o fator mais importante, quanto maior a intensidade maior a perda de solo por erosão. A duração de chuva é um complemento da intensidade, sendo que com a combinação dos dois se determina a chuva total. A freqüência da chuva influi da seguinte forma: se os intervalos entre elas são curtos, o teor de umidade do solo é alto, e assim as enxurradas são mais volumosas

A **infiltraçã**o é o movimento das águas na superfície do solo. Quanto maior sua velocidade, menor a intensidade de enxurrada na superfície, e consequentemente reduz-se a erosão. O movimento de água através do solo é realizado pelas forças de gravidade e de capilaridade. O tamanho e a disposição dos espaços porosos têm a maior influência na velocidade de infiltração de um solo, assim quanto maior o tamanho dos poros interconectados, maior a infiltração. A variação da textura no perfil também é um fator importante na infiltração. A umidade do solo no começo da chuva afeta a velocidade de infiltração: o material coloidal tende a se dilatar quando molhado, reduzindo o espaço poroso e consequentemente a infiltração; já quando o material coloidal apresenta-se seco, este tende a se romper resultando em alta velocidade de infiltração até que as fendas se saturem de água. O grau de agregação do solo é outro fator que afeta a infiltração: se as partículas mais finas são bem agregadas, os espaços porosos entre elas são maiores, proporcionando maior velocidade de infiltração (BERTONI & LOMBARDI, 1985).

A influência da **topografia** do terreno na intensidade erosiva verifica-se principalmente pela declividade e comprimento de rampa (SALOMÃO *et al.*, 1995). Do grau de declividade depende diretamente o volume e a velocidade das enxurradas. Segundo AYRES (1936) *apud* BERTONI *et al* (1985): a velocidade da água varia com a raiz quadrada da distância vertical que ela percorre, e a sua energia cinética, de acordo com o quadrado da velocidade: a energia cinética é a capacidade erosiva. Assim, se o declive do terreno aumenta quatro vezes, a velocidade de escorrimento da água aumenta duas vezes e a capacidade erosiva quadruplica. O comprimento da rampa também é um fator importante,

pois quanto maior o comprimento da rampa, mais enxurrada se acumula e maior é a velocidade de escoamento, resultando em uma erosão maior. O efeito simultâneo dessas duas características topográfica – grau de declividade e comprimento de rampa pode ser expresso pela seguinte equação proposta por BERTONI (1959) *apud* BERTONI & LOMBARDI, 1985:

$$T = 0{,}018\ D^{1{,}18}\ C^{1{,}63}$$

T: perda de solo (quilogramas por unidade de largura)
D grau de declividade em porcentagem
C: comprimento de rampa em metros

A **cobertura vegetal** é a defesa natural de um terreno contra erosão. O efeito da vegetação pode ser assim enumerado: a) proteção direta contra o impacto das gotas de chuva; b) dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo; c) decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumentam a infiltração da água; d) melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água; e) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície. Quando cai em um terreno coberto com densa vegetação, a gota de chuva se divide em inúmeras gotículas, diminuindo também sua força de impacto (BERTONI & LOMBARDI, 1985).

A erosão é diferente para cada tipo de solo. As propriedades físicas do solo como: textura, estrutura, permeabilidade, densidade, características químicas, biológicas e mineralógicas, conferem aos solos maior ou menor resistência à ação das águas. A textura, ou seja, o tamanho das partículas, influi na quantidade de partículas arrastadas pela erosão, já que está diretamente ligada ao tamanho dos poros e consequentemente à capacidade de infiltração e de absorção da água da chuva. A estrutura, ou seja, modo como se arranjam as partículas no solo, também influem na capacidade de infiltração e absorção da água da chuva, e na capacidade de arraste das partículas. Os solos que possuem estrutura micro-agregada possuem maior porcentagem de poros e portanto, alta permeabilidade, o que implica em elevada infiltração. A permeabilidade corresponde a maior ou menor capacidade de infiltração, e está diretamente relacionada com a porosidade do solo. A densidade, relação entre a massa total e o volume é inversamente proporcional à porosidade e permeabilidade. Quanto mais compacto, maior a densidade e menor a quantidade de macroporos e portanto, mais erodível o solo. As propriedades químicas, biológicas e mineralógicas influem no estado de agregação entre as partículas, aumentando ou diminuindo a resistência do solo à erosão. Solos ricos em bases (Na, Ca, Mg...) possuem baixa porosidade e baixa permeabilidade, já os solos ricos em matéria orgânica apresentam maior agregação e coesão, constituindo um solo mais estável com a água, mais poroso e com maior poder de retenção de água, portanto, maior capacidade de infiltração. Solos

menos espessos permitem a rápida saturação do solo, favorecendo as enxurradas (modificado de SALOMÃO *et al.*, 1995).

2.2.3.3. Causas e Conseqüências:

Sem maiores dúvidas, o maior responsável pela erosão do solo é o homem. O processo se desencadeia a partir do desmatamento de áreas ocupadas por matas ou florestas, sendo milhares de hectares desmatados anualmente. Tais terras são posteriormente ocupadas pelo homem que as utilizam para o cultivo, construção de estradas, criação de animais e expansão de cidades. Estas práticas quando realizadas de modo inadequado, não respeitando a fragilidade natural de cada tipo de solo, torna-se o principal deflagrador do processo erosivo.

BERTONI, 1985 estima que 80% da área cultivada esteja sofrendo processo erosivo além dos limites de tolerância, representando uma perda anual de aproximadamente 200 milhões de toneladas de terra, com prejuízos econômicos fabulosos.

A erosão causa triplo prejuízo: primeiramente para a terra de onde se originou, segundo para a água que o transporta e em terceiro lugar, para o local onde ele é depositado (PEREIRA *et al.*, 1981) A remoção de solo destrói as camadas férteis que são carreadas pela enxurrada, por sua vez, estes sedimentos traz problemas para as área adjacentes topograficamente mais baixas, causando o turvamento da água, entupimento de canalizações de drenagens, assoreamento de cursos d'água ou de reservatório.

2.2.4. Assoreamento

2.2.4.1. Processo de Transporte de sedimentos:

Existem duas maneiras de se transportar sedimentos pela água: transporte de fundo: que consiste no transporte de material relativamente grosseiro do sedimento junto ou nas proximidades do leito (arraste, saltitação, etc...); e o transporte em suspensão: que consiste no transporte da parte mais fina do sedimento distribuído ao longo da seção transversal. Assim, existem os materiais de fundo e os materiais lavados que provém da lavagem do solo quando da ocorrência de precipitação, ou seja, a presença deste tipo de sedimento é temporária, somente presente na fase em que ocorre escoamento superficial (CINTRA *et al.*, 1981).

2.2.4.2 Conceitos:

O assoreamento é uma das várias conseqüências provenientes do processo erosivo. Este processo causas sérios problemas ambientais como (OLIVEIRA, 1995):

- perda de volume de reservatórios;
- redução de profundidade de canais;
- perda de eficiência de obras hidráulicas;
- produção de cheias mais intensas e freqüentes;

- deterioração da qualidade das águas pela retenção de poluentes nos depósitos;
- alteração e morte da vida aquática;
- prejuízos ao lazer.

O assoreamento, segundo este autor, deve ser considerado como um quadro de desequilíbrio ambiental de vários caracteres: geomorfológicos, porque o relevo faz parte de um conjunto de processos modelados do relevo; pedológico, porque o assoreamento responde à erosão que acompanha importantes transformações dos solos, tanto física quanto quimicamente; e também hidrológico, porque todos os processos respondem a alterações significativas do comportamento hídrico dos terrenos. Portanto, o assoreamento é conseqüência de um problema maior, que pode ser designado como degradação dos recursos naturais (solos e água), provocadas pelo uso inadequado do solo urbano (OLIVEIRA, 1995).

O problema do assoreamento vêm sendo abordado em função de seu equacionamento, sendo este método aplicado em reservatórios. Fundamenta-se no conhecimento do aporte sólido e sua relação com as vazões que afluem ao reservatório, na capacidade do reservatório, em relação à vazão afluente e na sua eficiência de retenção. As cargas sólidas totais que atingem o reservatório são estimadas com base na medidas de sedimentos em suspensão. As cargas de fundo são deduzidas através de fórmulas que as relacionam às cargas de suspensão (OLIVEIRA, 1995).

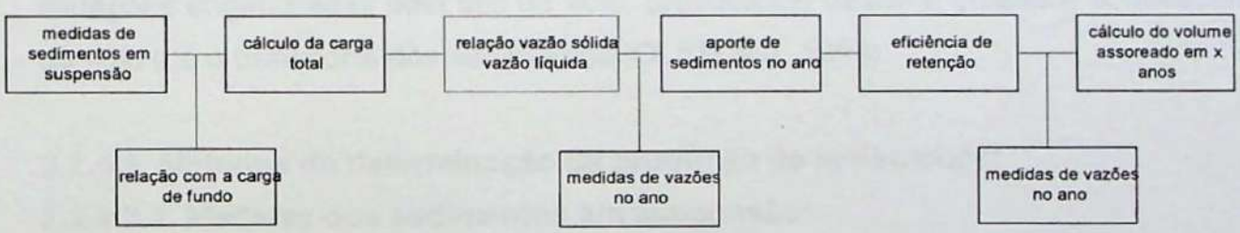


Figura 3: Roteiro para determinação da produção de sedimentos e para a estimativa de vida útil de um reservatório (OLIVEIRA, 1995)

O assoreamento pode ser considerado como sedimentação, sendo o ambiente de sedimentação o meio ambiente atual, sob a ação do homem no uso do solo. Assim, torna-se essencial o conhecimento das características de uma bacia hidrográfica, especialmente de sua dinâmica atual ante o uso do solo. Qualifica-se o ambiente como atual para se destacar que os processos atuais são acelerados e relativos às transformações tectogênica da paisagem ou morfogênese antrópica, extremamente veloz e intensa. Neste ambiente o homem é o mais recente agente geológico.

Dentre os processos a ser considerados no processo de assoreamento, destaca-se a erosão como ponto de partida, sob a ação determinante do uso do solo. Um dos métodos mais usados para se determinar a erosão é a Equação Universal de Perdas de Solo,

entretanto, perda de solo não significa necessariamente produção de sedimentos.. a relação existente entre perdas de solos de uma bacia e a produção de sedimentos, medida no exutório dessa bacia, é definida pela **Relação de Liberação de Sedimentos (RLS)**, que nada mais é que a relação entre o sedimento produzido por uma bacia e a erosão total, expressa por:

$$RLS = PS/ET$$

onde, PS é a produção de sedimentos em t ou m^3/ha/ano e ET é a erosão total

Vários fatores influem no valor de RLS, ou seja, na transformação da quantidade de perda de solo em quantidade de sedimentos que saem de uma bacia: 1) tamanho da área fonte e sua proximidade da saída da bacia: áreas pequenas e mais próximas podem Ter maior RLS que áreas grandes e mais distantes, portanto quanto maior a distância, menor a RLS; 2) tamanho das partículas, que estão diretamente ligado ao tipo de solo: quanto mais grosseiro o sedimento, menor a RLS; 3) declividade e a forma do relevo (atuantes no transporte pela vertente): quanto mais rupturas de declive maior é o favorecimento da deposição e portanto, menor a RLS; 4) forma dos canais, composição litológica, características geomorfológicas e hidráulicas dos cursos d'água (no transporte fluvial); 5) densidade da drenagem da bacia (que é a relação entre o comprimento dos cursos d'água e a área da bacia): quanto maior a densidade maior a RLS; 6) uso do solo: interfere através do tipo de manejo e da implantação de obras que provocam a concentração do escoamento superficial favorecendo a erosão e o transporte de sedimentos; 7) chuvas: dinamizam as situações engendradas pelo uso do solo, provocando desde a erosão e conseqüente perda do solo até o transporte dos sedimentos (OLIVEIRA, 1995).

2.2.4.3. Métodos de determinação da produção de sedimentos:

2.2.4.3.1. Medidas dos sedimentos em suspensão:

Este é um método tradicional na Engenharia Hidráulica. As medidas são feitas por amostragem da água na saída da bacia. As medidas em mg/L de sedimentos em suspensão, são transformados em t/dia com base na vazão do dia da coleta, ou seja, multiplica-se a descarga líqüida pela concentração. Assim sendo, para cada valor de vazão pode-se obter o correspondente valor da concentração, ou seja, a curva de sedimentação. Com a medida das vazões durante um ano, pode-se calcular a produção anual de sedimentos da bacia. (Oliveira, 1995 e Cintra *et al.*, 1981).

2.2.4.3.2. Medidas de Assoreamento:

A medida do volume assoreado pode subsidiar uma estimativa dos sedimentos produzidos pela bacia. Entretanto, os depósitos acumulados não correspondem diretamente

à produção dos sedimentos, tendo em vista a eficiência, maior ou menor, de retenção do reservatório e a variação da densidade dos depósitos com o tempo (OLIVEIRA, 1995).

O volume a ser calculado é feito tomando-se como base um nível de referência e conhecendo-se a seção transversal do reservatório, que pode ser construído a partir de medidas de batimetria e construindo-se portanto um mapa de isópacas. O nível de referência pode ser a própria calha antiga do rio, que pode ser definida fazendo-se vários furos de sondagem. Para isso, pode-se realizar amostragens com piston core.

O volume pode ser determinado a partir da seguinte equação de Vanoni (CINTRA *et al.*, 1981):

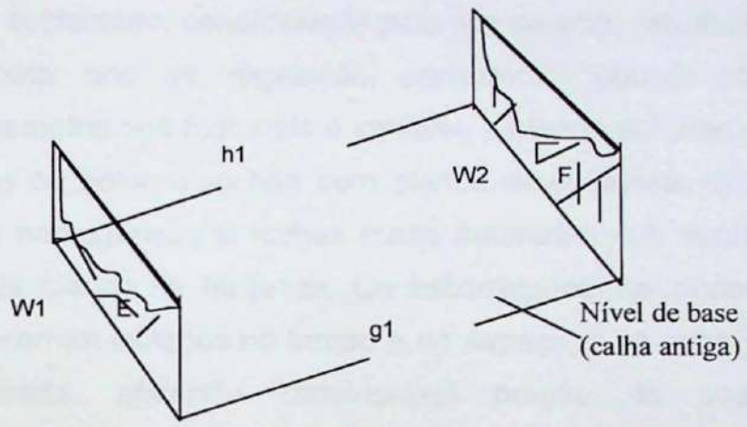


Figura 4: Ilustração dos parâmetros utilizadas para o cálculo de volume (CINTRA, 1981)

$$V = A/3\ (E+F/W1+W2) + A/3\ (E/W1 + F/W2)$$

onde,

$$A = (W1\ h1 + W2\ g1)\ 1/2$$

Além destes métodos podemos usar àquele já citado de se utilizar a Equação de Perda de Solos e aplicá-la na Relação de Liberação de Sedimentos (RLS).

2.2.5. ESCORREGAMENTO

2.2.5.1. Introdução e Conceitos:

Os escorregamentos constituem-se um dos processos mais importantes associados à dinâmica superficial do território brasileiro. Esta importância é decorrente das elevadas freqüências e da grande extensão de áreas com potencialidades para ocorrência destes processos. Este quadro é resultado das características geológicas, geomorfológicas e climáticas do Brasil, acrescidas de alguns processos sócio-econômicos verificados no país, como a intensa urbanização (85% da população em áreas urbanas – IBGE, 1992 *apud* CNEC/JNS, 1997), e ao empobrecimento geral da população. Estes fatores contribuem para a instalação de situações de risco nas cidades, a partir da ocupação de áreas naturalmente suscetíveis a escorregamentos sem os critérios técnicos recomendados (AUGUSTO FILHO, 1995).

Os processos de transporte de matéria sólida da dinâmica superficial; do nosso planeta podem ser subdivididos em movimentos gravitacionais de massa, induzidos pela

aceleração da gravitacional, e em movimentos de transporte de massa, onde o material é movimentado por um meio qualquer (HUTCHINSON, 1968 *apud* AUGUSTO FILHO, 1995).

Os movimentos gravitacionais de massa pode ser dividido em:

Rastejo: apresentam velocidade muito baixa a baixa (cm/ano) que decrescem com a profundidade, possui vários planos de deslocamento, apresentando movimentos constantes, sazonais ou intermitentes, geralmente são constituídos por solos, depósitos, rocha alterada ou fraturas, a geometria é indefinida.

Escorregamentos: movimentos gravitacionais rápidos (velocidade em m/s) que ocorrem em áreas de relevo acidentado, condicionado pelo tipo de solo, estrutura da rocha, declividade e forma da encosta, tipo de vegetação; apresentam poucos planos de deslocamento (externos), a geometria dos materiais é variável, podendo ser planares apresentando solos pouco espessos ou solos e rochas com planos de fraqueza, circulares, constituídos por solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas, em cunha apresentando solos e rochas com dois planos de fraqueza. Os escorregamentos podem ser de dois tipos: os esparsos que ocorrem isolados no tempo e no espaço, e os generalizados que ocorrem de forma concentrada, afetando considerável porção da costa. Existe ainda, os escorregamentos induzidos que são aqueles potencializados pela ação antrópica (modificado de AUGUSTO FILHO, 1992, 1995 e IPT, 1988).

Quedas: não apresentam planos de deslocamento, movimento tipo queda livre ou em plano inclinado, apresentam velocidades muito altas (m/s), é constituído por material rochoso, sendo deslocado pequenos volumes, apresentam geometria variável (lascas, placas, blocos...).

Corridas: apresentam muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação), a massa se comporta como um líqüido viscoso, movimentam grandes volumes das encostas, sendo transportadas através das linhas principais de drenagem, apresentam elevada capacidade de transporte dada a sua viscosidade, carreando até blocos de rocha, o que implica em alto poder destrutivo, assume altas velocidades, atingem consideráveis distâncias mesmo em áreas planas adjacentes a áreas de relevo acidentado. São desencadeadas pelo rompimento de barramentos naturais que acumulam material mobilizado pelos escorregamentos (IPT, 1988 e AUGUSTO FILHO, 1995).

2.2.5.2. Fatores que atuam na deflagração dos escorregamentos:

Os escorregamentos são decorrentes de uma série de causas e efeitos quando as solicitações são maiores que a resistência dos terrenos. Assim, podemos agrupar os fatores que deflagram os escorregamentos naqueles que aumentam as solicitações, e os que diminuem a resistência dos terrenos. Os **fatores que aumentam as solicitações** podem ser subdivididos em: remoção de massa: erosão, escorregamentos, cortes; sobrecarga: acúmulo natural de material, construção de estruturas, aterros, peso da água da chuva, etc.;

solicitações dinâmicas: terremotos, ondas, vulcões, explosões, tráfego, sismos induzidos...; pressões laterais: água em trincas, congelamento, ,material expansivo, etc. Os **fatores que reduzem a resistência** são subdivididos em: características inerentes ao material: características geomecânicas, tensões, geometria, estruturas, etc.; mudanças ou fatores variáveis: intemperismo, que reduz a coesão e elevação do nível d'água (AUGUSTO FILHO, 1995).

Alguns autores utilizam a terminologia de agentes e causas, discutindo os fatores propostos por AUGUSTO FILHO (*op.cit*). Assim, os **agentes** podem ser: predisponentes: complexo geológico, morfológico, climático-hidrogeológico, gravidade, calor solar, tipo de vegetação original; e efetivos que são divididos em: *preparatórios*(pluviosidade, erosão pela água e vento, congelamento e degelo, variação da temperatura, dissolução química, ação de fontes e mananciais, oscilação de nível de lagos e marés e do lençol freático, ação de animais e humana, inclusive desflorestamento), e *imediatos* (chuvas intensas, fusão do gelo e neve, erosão, terremotos, ondas, vento, ação do homem, etc.). As **causas** podem ser: *internas* (oscilações térmicas, redução dos parâmetros de resistência por intemperismo), *externas* (mudanças na geometria do sistema, vibrações, mudança natural na inclinação das camadas) e intermediárias (elevação do nível piezométrico em massas homogêneas, elevação da coluna d'água em descontinuidades, rebaixamento rápido do lençol freático, erosão subterrânea retrogressiva – piping, diminuição do efeito de coesão aparente) (GUIDICINI, NIEBLE, 1976 *apud* AUGUSTO FILHO, 1995).

A chuva é o principal agente deflagrador dos escorregamentos já que contribuem diretamente na instabilização das encostas através dos seguintes mecanismos: alteamento do nível d'água e geração de forças de percolação; preenchimento temporário de fendas, trincas com gerações de pressões hidrostáticas; formação de frentes de saturação, reduzindo a resistência dos solos pela perda de coesão. O índices pluviométricos críticos dependem do tipo de processo de instabilização. Por exemplo: os escorregamentos induzidos necessitam de índices pluviométricos menores que os escorregamentos naturais para serem deflagrados, enquanto as corridas necessitam de índices muito maiores.

O homem atualmente é o maior agente modificador da dinâmica das encostas, sendo assim, a ação antrópica é um importante indutor de escorregamentos no Brasil. As principais modificações antrópicas são:

- remoção da cobertura vegetal;
- lançamento e concentração de águas pluviais e/ou servidas;
- vazamentos na rede de abastecimento, esgoto e presença de fossas;
- execução de cortes com geometria incorreta (altura/inclinação);
- execução deficiente de aterros (compactação geometria, fundação);
- lançamento de lixo nas encostas/taludes.

2.3. SOLO

2.3.1. Principais Características Morfológicas

As descrições completas dos solos, que devem ser feitas quando do estudo do perfil do campo, devem incluir a identificação dos horizontes e as descrições das características morfológicas de cada um, individualmente. As características mais importantes a observar em cada horizonte do perfil de solo são: cor, textura, estrutura, porosidade, cerosidade, consistência, cimentação, nódulos e concreções minerais e eflorescência (sais cristalinos na forma de revestimentos) (LEMOS & SANTOS.,1984).

2.3.1.1. Cor

É a sensação visual que se manifesta na presença da luz e, de certo modo, reflete a quantidade de matéria orgânica e óxidos de ferro, além da classe de drenagem do solo (Prado, 1995). A cor das amostras de solo coletadas na Bacia Guavirutuba foi determinada comparando-se a cor da amostra em estudo com as cores existentes na escala Munsell de cores para solos (Munsell Soil Color Charts, 1954 *apud* PRADO, 1995). As cores nesta escala são dadas por números onde constam o *matiz* (ou pigmento), o *valor* (ou tonalidade) e o *croma* (ou intensidade). O **matiz** refere-se a combinação dos pigmentos vermelho e amarelo, e varia de 5R (100% de vermelho a 0% de amarelo) a 5Y (0% de vermelho e 100% de amarelo). Se por exemplo a notação do matiz for 7,5YR significa que há combinação de 62,5% de amarelo (Y) e 37,5% de vermelho (R). O **valor** indica a proporção de cor de cinza e varia de 0 a 10. Se por exemplo, o valor é 2, significa que a cor branca contribui com 20% e a preta com 80%. O **croma** indica a contribuição do matiz, que varia de 0 a 20. Se o croma é zero, significa Qua a cor é neutra, ou seja, não há contribuição do amarelo nem do vermelho.

A cor do solo varia com o teor de umidade, assim deve-se lembrar que as amostras descritas para a Bacia Guavirutuba foram descritas quando ainda úmidas.

2.3.1.2. Textura

A textura mede em porcentagem as porções de argila, silte e areia, e tem sido utilizada como sinônimo de granulometria do solo. As diferentes proporções desses constituintes são agrupadas em classes texturais e representadas no triângulo de classificação textural (PRADO, 1995). Lemos & Santos, 1984 apresentam uma classificação textural modificada da classificação americana de acordo com "Soil Survey Manual" (1951) *apud* PRADO, 1995 **(figura 5)**. Existe ainda, uma classificação textural simplificada, segundo a EMBRAPA (1979) *apud* PRADO, 1995 **(figura 6)**.

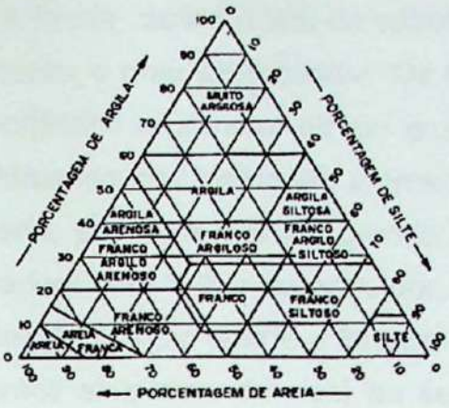


Figura 5 --Classes texturais (retirado LEMOS & SANTOS, 1984)

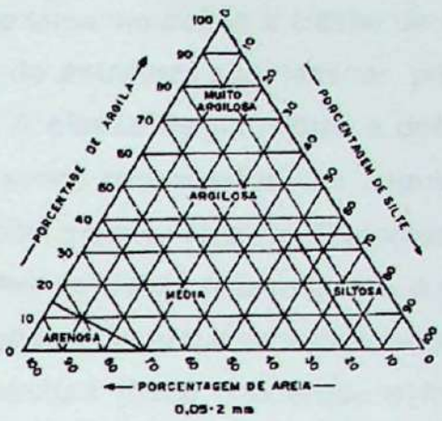


Figura 6- Classificação textural simplificada da EMBRAPA, 1979 (retirado de PRADO, 1995)

A escala textural americana engloba os seguintes intervalos: 2,0 - 0,2mm (areia grossa) 0,2 - 0,053mm (areia fina), 0,053 - 0,002mm (silte), inferior a 0,002mm (argila). Existem outras escalas texturais além da americana (2), uma delas é a de Atterberg ou internacional (1), que difere da primeira devido à fração silte assumir valor de 0,02 em vez de 0,053. A análise granulométrica revela que o teor de silte é maior quando se usa a escala americana do que quando se usa a internacional (PRADO, 1995).

Figura 7- comparação entre as escalas texturais de ATTERBERG (1) E A AMERICANA (2), ESTADOS UNIDOS, 1967 (figura retirada de PRADO, 1995).

Vária outras escalas texturais existem, como a de Shepard, 1954:

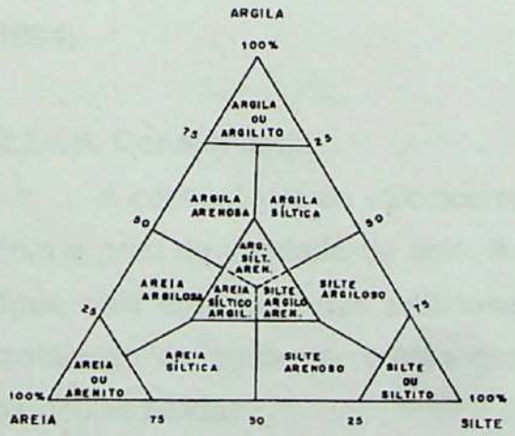


Figura 8 - Diagrama triangular de classificação de sedimentos clásticos segundo SHEPARD, 1954 (retirado de SUGUIO, 1973)

2.3.1.3. Estrutura

A classificação mais generalizada da estrutura do solo é a de Nikiforoff utilizado no Soil Survey Manual, com ligeiras modificações. A classificação de estrutura é fundamentada em três características: forma, tamanho e grau de desenvolvimento das unidades

estruturais. A forma define o tipo de estrutura, o tamanho define a classe de estrutura, e o desenvolvimento, o grau de estrutura. Os **tipos de estrutura** são: laminar, prismática, em blocos ou poliédrica e granular ou em grumos. A **classe de estrutura** é determinada em função do tamanho das unidades estruturais, sendo reconhecidas as seguintes classes: muito pequena, pequena, média, grande e muito grande. Nessas diferentes classes, os diâmetros variam com o tipo de estrutura. O **grau de desenvolvimento** é a manifestação das condições de coesão dentro e fora de agregados. Os graus de estrutura pode ser: sem estrutura (grãos simples e maciça) ou sem estrutura (fraca, moderada e forte, que são definidas em função do grau de resistência de agregados e pela proporção entre materiais agregados e não agregados) (LEMOS & SANTOS, 1984).

2.3.1.4. Porosidade

É o volume do solo ocupado pela água e pelo ar. Assim, para solos com estrutura granular e grumosa temos a seguinte classificação quanto ao tamanho dos poros: sem poros visíveis, poros muito pequenos (inferiores a 1mm de diâmetro), pequenos (1 a 2mm de diâmetro), médios (2 a 5mm de diâmetro), grandes (5 a 10mm de diâmetro), muito grandes (superiores a 10mm de diâmetro). Quanto à quantidade de poros, temos: poucos poros, poros comuns, muitos poros (LEMOS E SANTOS, 1984).

2.3.1.5. Cerosidade

Sua presença é observada devido a um aspecto brilhante e ceroso que ocorre por vezes na superfície das unidades de estrutura, manifestada freqüentemente por um brilho matizado. É decorrente de película de material coloidal depositada nas superfícies das unidades estruturais, material este constituído por argilas ou óxido de ferro. Quanto ao grau de desenvolvimento, serão usados os termos: fraca, moderada e forte Lemos e Santos, 1984).

2.3.1.6. Consistência

A consistência do solo ocorre em função das forças de adesão e coesão, que variam com o grau de umidade do solo. A força de adesão refere-se à atração das moléculas de água pela superfície das partículas sólidas. A força de coesão refere-se à atração das moléculas de água por outras moléculas de água, ou então de partículas sólidas com partículas sólidas.

A consistência varia de acordo com a textura, quantidade de matéria orgânica, quantidade e natureza coloidal e o teor de água. Numa descrição morfológica, a constância é descrita nos estado seco, úmido e molhado.

A *consistência no estado* seco é caracterizada pela dureza e tenacidade, podendo ser classificada em : solta (não coerente), macia (pouco coerente e frágil), ligeiramente dura

(fracamente resistente à pressão), duro (moderadamente resistente à pressão), muito duro (muito resistente à pressão), extremamente duro (extremamente resistente à pressão, não podendo ser quebrado com as mãos).

A *consistência no estado úmido* é caracterizada pela friabilidade, podendo ser classificada em: solta (não coerente), muito friável (esboroa-se com uma pressão muito leve), friável (esboroa-se facilmente sob pressão), firme (esboroa-se sob pressão moderada), muito firme (esboroa-se sob forte pressão), extremamente firme (esboroa-se sob pressão muito forte).

A *consistência no estado úmido* é caracterizada pela plasticidade e pela pegajosidade. A plasticidade é a propriedade que pode apresentar o solo de mudar continuamente de forma, e de manter a forma imprimida quando cessa a ação da força. Podemos classificar o solo quanto a plasticidade usando os seguintes termos: não plástico, ligeiramente plástico (facilmente deformado), plástico (moderadamente deformado), muito plástico (necessário muita pressão para deformá-lo). A pegajosidade é a propriedade de aderência do solo, podendo ser classifica em: não pegajosos (nenhuma aderência), ligeiramente pegajoso (desprende-se facilmente das mãos), pegajosos (rompe-se ao invés de desprender-se das mãos) e muito pegajosos (alonga-se quando afastamos as mãos).

2.3.2. Os Fatores de Formação do Solo

Os solos diferenciam-se devido à ação dos seus fatores de formação, cuja atuação é de caráter interdependente. Os cinco fatores de formação são: material de origem, clima, relevo, organismos e tempo (JENNY, 1941 *apud* PRADO, 1995).

2.3.2.1. Material de origem

É o material intemperizado não consolidado, de natureza mineral ou orgânica que deu origem aos solos por processos pedogenéticos. Esse material pode ter sofrido transporte e deposição, sendo chamados de alóctones, ou podem ter origem do próprio substrato rochoso subjacente, sendo assim, chamado de autóctone.

O material de origem é constituído por minerais com diferentes graus de suscetibilidade ao processo de intemperismo o qual pode ser físico, químico e biológico. Ele pode estar relacionado com vários atributos do solo: químico, granulométrico, morfológico e mineralógico. A relação do material de origem com a morfologia dos solos existe em relação à coloração e à textura (PRADO, 1995).

2.3.2.2. Clima

Os elementos do clima, cuja atuação sobre a pedogênese é mais direta são: radiação solar (calor), precipitação pluvial e pressão atmosférica (vento). O calor influi

diretamente nas atividades das reações químicas e processos biológicos qe ocorrem no perfil do solo.

A água promove a reação de hidrólise (refere-se ao ataque de íons H+ à estrutura de minerais, provocando o rompimento da ligação Al-O-Si com conseqüente colapso e destruição dos minerais) onde são liberados cátions para a solução do solo, ou a reação de hidratação dos constituintes do solo. A água excedente atua no desenvolvimento do perfil de solo, geralmente dando origem a solos evoluídos (mais profundo e com baixa atividade coloidal, já que a intensidade dos processos pedogenéticos são acelerados).

O vento causa erosão eólica e o ressecamento do perfil do solo. O clima relaciona-se diretamente com o tipo de vegetação natural do local, que pode ter grandes variações botânicas (PRADO, 1995).

2.3.2.3. Relevo

Para a grande maioria dos solos existe uma estreita relação com o tipo de relevo. O relevo relaciona-se com o clima quanto à distribuição de energia, ao escorrimento da água, à drenagem do solo, à exposição do solo à luz solar e aos ventos.

A água da precipitação pluvial encontra, no relevo pouco movimentado, condições favoráveis para se infiltrar no solo, e o escorrimento superficial não é tão acentuado. Assim os solos que ocorrem neste tipo de relevo são, em geral, mais profundos que em áreas declivosas, onde o escorrimento superficial é maior que a infiltração. Isso pode ser atribuído à menor erosão superficial e à maior quantidade de água infiltrada no solo mais profundo, ocorrendo o inverso em solo mais raso.

O relevo pode também relacionar-se com os demais fatores de formação do solo de uma forma interdependente, relacionando-se com o clima quanto à distribuição de energia, ao escorrimento da água, à drenagem do solo, à exposição do solo à luz solar e ao vento.

2.3.2.4.. Organismos

Os organismos compreendem a microflora, a microfauna, a macroflora, a macrofauna e o homem. Eles desempenham papel importante na diferenciação dos horizontes do solo, pois a microflora (algas, fungos e bactérias) e a microfauna (especialmente os protozoários e nematóides) decompõem os restos vegetais e animais e, em conseqüência, liberam o húmus, que é uma mistura complexa de substâncias amorfas e coloidais (PRADO, 1995).

A ação da macrofauna na diferenciação dos horizontes decorre da quantidade de material orgânico adicionado ao solo, que varia conforme a espécie vegetal. Esse material interfere na troca catiônica, participa no estoque de nutrientes, os quais retornam ao solo pelo processo de reciclagem e protege o solo dos efeitos erosivos, assim, a macroflora contribui para que o perfil de solo não seja truncado, evitando que haja remoção do solo. A macroflora (tatu, minhoca, cupim e formiga) aumenta a circulação de ar no solo, devido à

ação escavadora. O homem pode agir sobre alguns atributos do solo através de certas práticas de manejo, tais como: a drenagem (oxidação do solo), calagem (aumento da CTC efetiva do solo), gessagem (processo de eleminação dos sais solúveis), adubação (aumento do grau de acidez do solo) e uso de herbicidas (PRADO, 1995).

2.3.2.5. Tempo

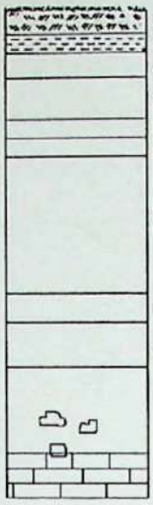
O tempo é o fator de formação que define o quanto a ação do clima e dos organismos ocorreram sobre o material de origem, em um determinado tipo de relevo. Todas as propriedades morfológicas requerem tempo para se manifestarem no perfil do solo (PRADO, 1995).

2.3.3. Perfil do Solo

No processo de intemperismo ocorre um conjunto de processos físicos, químicos e biológicos, que atuam sobre as rochas, desintegrando-os e decompondo-os quimicamente. A ação do intemperismo propicia a formação do material de origem do solo juntamente com a lixiviação, que é uma conseqüência da alteração química. Estes processos prosseguem durante todo o desenvolvimento do perfil do solo. A medida que as rochas intemperizam-se e são lixiviados, os elementos constituintes das rochas são removidos formando-se no regolito os horizontes ou as camadas que se diferenciam entre si.

Horizonte é uma seção de constituição mineral ou orgânica, geralmente paralela à superfície do terreno, que possui propriedades geradas por processos formadores do solo, que lhe conferem características de inter-relacionamento com outros horizontes do perfil. Os horizontes diferenciam-se pela diversidade de propriedades resultantes da ação da pedogênese. Camada difere de horizonte pelo fato de o conjunto de propriedades não ser resultante, ou então pouco influenciada pela ação dos processos pedogenéticos (PRADO, 1995).

PRADO (1995) esquematiza um perfil hipotético representando os principais horizontes e camadas, que por questão de gênese não ocorrem todos simultaneamente no mesmo perfil:



O: caracteriza-se pelo acúmulo de matéria orgânica;
H: composto de resíduos orgânicos acumulados sob condições de estagnação de água;
A: mistura de matéria orgânica e as frações minerais;
E: horizonte onde ocorre a remoção de materiais, como argila, óxidos de ferro e alumínio, matéria orgânica, apresentando assim, uma cor mais clara que o horizonte A;
B: é o horizonte onde ocorre o acúmulo de materiais que foram removidos dos demais horizontes, podendo ser: textural, latossólico, incipiente, nátrico e podzol. Apresenta o grau máximo de desenvolvimento de cor, textura, estrutura, consistência, etc., sendo considerado como um horizonte diagnóstico de subsuperfície;
C: horizonte ou camada mineral de material inconsolidado, relativamente pouco afetado pelos processos pedogenéticos;
F: horizonte ou camada de material mineral consolidado, rico em ferro e alumínio e pobre em matéria orgânica;
R: camada mineral consolidado de natureza variável (rocha)

Figura 9- perfil de solo hipotético (retirado e modificado de PRADO, 1995)

Utilizam-se números para identificar horizontes com descontinuidades litológicas e letras (a, b, c ...) para designar características dos horizontes e camadas, como por exemplo acumulação de concreções e nódulos (c), acentuada decomposição da matéria orgânica (d), etc.

2.3.3.1. Horizontes diagnósticos de subsuperfície

Os horizontes diagnósticos de subsuperfície são os seguintes: **B latossólico** (Bw): horizonte mineral não iluvial e muito intemperizado com teor de argila semelhante ao horizonte A; **B textural** (Bt): horizonte mineral iluvial com concentração de argila translocada do horizonte A, com teor de argila mais elevado que o horizonte A; **B nátrico** (Btn): horizonte B textural rico em sódio trocável; **B incipiente** (Bi): horizonte mineral não iluvial, com menor grau de intemperização do que o B latossólico e com teor de argila semelhante ao horizonte A; **B podzol** (Bh ou Bhs): horizonte mineral iluvial com concentração de matéria orgânica e/ou ferro translocados do horizonte A.

2.3.3.2. Horizontes diagnósticos de superfície

O horizonte diagnóstico de superfície é o A, sendo este de sete tipos: A moderado, A fraco, A chernozêmico, A proeminente, A húmico, A antrópico e turfoso. Distinguem-se, principalmente, com base nos critérios de coloração, espessura, saturação por bases, carbono orgânico, P_2O_5 total, além dos indícios de formação antrópica **(figura 10).**

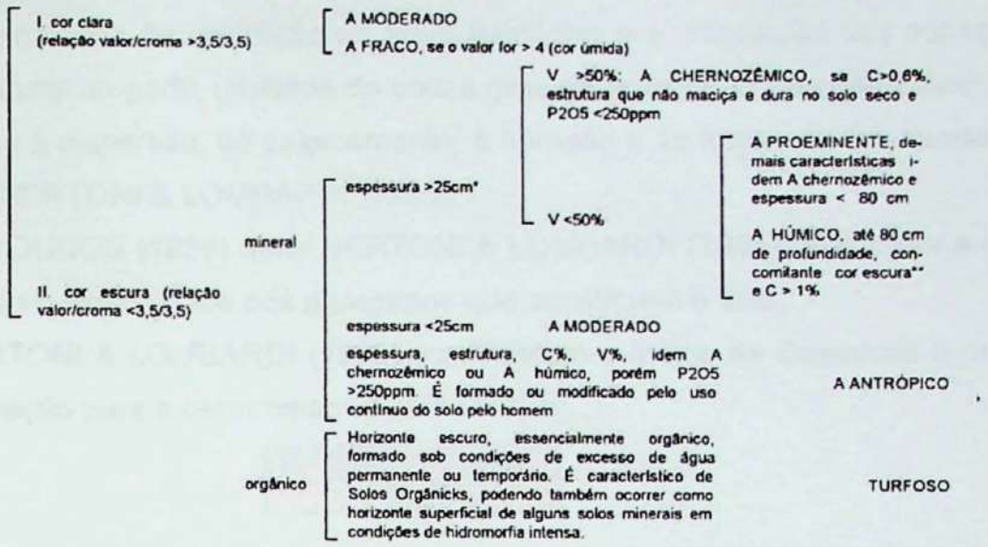


Figura 10 - Características dos horizontes diagnósticos (retirado de PRADO, 1995)

2.3.4. Erodibilidade do solo

A erodibilidade está diretamente relacionada aos principais atributos físicos do solo. Este parâmetro reflete a suscetibilidade do solo aos processos erosivos, assim, um solo que apresenta um alto valor de erodibilidade sofrerá mais erosão que outros com baixa erodibilidade quando sujeito às mesmas condições ambientais (BERTONI & LOMBARDI, 1985). Ou seja, podemos definir a erodibilidade como sendo a suscetibilidade natural de um solo à erosão , levando em consideração apenas suas características físicas. Na tentativa de quantificar ou medir a erodibilidade para diferentes solos, autores como Middleton (1930), Boyoucos (1935) *apud* IPT, 1991, Bertoni & Lombardi (1985) etc., relacionaram a erodibilidade com: a distribuição e estabilidade dos agregados que constituem o solo, propriedades hidrodinâmicas, propriedade de retenção de água, calor de umidecimento e técnicas da gota de chuva e simulação de chuva, e chegaram a vários índices, sendo que alguns serão descritos neste trabalho.

Uma técnica muito conhecida de estimativa da erodibilidade é o ábaco de WISCHMEIER, que relaciona características texturais (%silte + %argila por %areia), quantidade de matéria orgânica, estrutura do solo e permeabilidade. A utilização deste ábaco para as regiões tropicais pode não ser adequada, pois as características texturais e de composição química destes solos divergem daquelas prevalecentes para os solos americanos que subsidiaram a composição do referido monograma (HENKLAIN & FREIRE, 1983 *apud* PONÇANO *et al.*, 1987).

As propriedades do solo que influenciam a erodibilidade pela água são: (1)as que afetam a velocidade de infiltração da água (tamanho e a disposição dos espaços porosos, variação textural no perfil, umidade do solo e grau de agregação das partículas); (2) aquelas que resistem à dispersão, ao salpicamento, à abrasão e às forças de transporte da chuva e enxurrada (BERTONI & LOMBARDI, 1985).

BOYOUCOS (1935) *apud* BERTONI & LOMBARDI (1985) relacionou a erodibilidade à distribuição e estabilidade dos agregados que constituem o solo.

BERTONI & LOMBARDI (1985) modificaram o índice de Boyoucos e propuseram a seguinte relação para a determinação deste índice:

$$IB = \frac{\%\text{areia} + \%\text{silte}}{\%\text{argila}}$$

Desta relação nota-se que a erodibilidade está intimamente relacionada à textura do solo. A conclusão dos estudos realizados por WISCHEMEIER & SMITH (1958), WISCHEMEIER *et ali.* (1971), RESENDE & RESENDE (1983), ANGULO et al. (1984) e RESENDE (1985) *apud* IPT, 1991, entre outros, baseando-se na análise granulométrica dos solos, é que a erodibilidade tende a aumentar quando os teores de areia fina e silte são elevados, e a diminuir, com a elevação dos teores de argila e matéria orgânica (relatório IPT n º 29.788, 1991).

As argilas comportam-se como elemento agregante do solo, em conseqüência da alta superfície específica, o que proporciona grande atividade eletro-química. A areia é transportada com dificuldade devido ao seu peso, por outro lado, o silte é a porção textural mais suscetível aos agentes erosivos, pois não possui nem a característica agregante da argila, nem o peso da areia (IPT, 1991).

A caracterização da estabilidade dos agregados do solo é fundamental para a definição do grau de erodibilidade, uma vez que influencia diretamente a dispersão das partículas e a capacidade de absorção e armazenagem de água no solo. Solo com agregados instáveis são altamente suscetíveis à dispersão das partículas. Isto por sua vez, altera a geometria do espaço poroso do solo, diminuindo a sua condutividade hidráulica e a sua capacidade de armazenagem de água (IPT, 1991).

MIDDLETON (1930) *apud* BERTONI & LOMBARDI (1985) baseou-se nas propriedades físicas do solo para estabelecer um índice de erodibilidade através do qual determinou um valor limite para determinar solos erodíveis:

$$\textbf{Relação de dispersão} = \frac{\text{silte + argila no estado disperso}}{\text{total de silte + argila}}$$

BERTONI & LOMBARDI (1985) modificaram este índice para:

$$\textbf{Relação de dispersão} = \frac{\text{teor de argila natural}}{\text{teor de argila dispersa}}$$

$$\text{Relação de erosão} = \frac{\text{relação de dispersão}}{\text{argila dispersa/umidade equivalente}}$$

A relação de dispersão reflete o grau de coerência das partículas, enquanto que a relação de erosão, o grau de suscetibilidade do solo aos processos de degradação do meio físico, naturais e induzidos.

CAPÍTULO 3: CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

3.1. GEOLOGIA

3.1.1. Trabalhos Anteriores

COUTINHO (1972) apresenta o seu Mapa Geológico do Estado de São Paulo e arredores na escala 1:100.000, confeccionado em 1967, onde acha-se cartografada pela primeira vez parte da área da Bacia do Guarapiranga em nível não regional. Posteriormente, outros trabalhos de síntese regional e de integração geológica incluíram a área da Bacia do Guarapiranga. Assim são: Algarte *et al.* (1974), IPT (1981), Bistrichi *et al.* (1981), Machado Filho *et al.* (1981), IPT (1995) *apud* IPT, 1996 - relatório 34.540, Mapa Geológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000 de 1981 - IPT, Carta Geológica da Região Metropolitana da Grande São Paulo na escala 1:100.000 (Emplasa, 1980).

Em 1996 o IPT, realizou um levantamento geológico e geomorfológico abrangendo toda a Bacia do Guarapiranga na escala 1:25.000. Esse mapa é resultado do mapa geológico de compilação do próprio IPT na escala 1:50.000, que considerou os mapas geológicos da Emplasa (1980), IPT (1981) e Vieira (1989), mais os trabalhos de campo realizados pelo IPT em 1996, onde foram descritos os litotipos presentes, seu grau de alteração, principais estruturas, etc (IPT, 1996 - relatório 34.540).

3.1.2. Contexto Geológico Regional

Segundo o mapa geológico elaborado pelo IPT em 1996 (relatório 34.540, vol. II), a área da Bacia do Guarapiranga é constituído por rochas do Complexo Embu, que historicamente foram referidas como pertencentes ao Grupo Açungui, reconhecido e denominado primeiramente no norte do Estado do Paraná por Derby (1873).

Devido à heterogeneidade do Grupo Açungui, gerou-se conceituações diversas. Hasui & Sadowski (1976) dividiu o Grupo Açungui em Complexo Embu composto pelo conjunto gnáissico migmatítico, e em Complexo Pilar composto pelos ectinitos. Com o passar do tempo passou-se a considerar este conjunto de rochas como Complexo Embu apenas (IPT, 1981 - Mapa Geológico do Estado de SP, texto explicativo).

3.1.3. Contexto Geológico Local

Na Bacia do Guarapiranga, o Complexo Embu é constituído predominantemente por migmatitos de estruturas diversas (diatexíticas ou metatexíticas), sendo que o neossoma é constituído em geral, por granitóides a pegmatitos de granulação média a grossa e composição granítica a granodiorítica. Já o mesossoma é representado principalmente por micaxistos, quartzo micaxistos, gnaisses e quartzitos. Subordinadamente, ocorrem quartzo diorito de granulação fina à média, cor cinza médio, por vezes gnáissico.

Os depósitos cenozóicos têm expressão considerável, sendo representado na área da Bacia do Guavirutuba por depósitos quaternários das planícies aluvionares (IPT, 1996).

3.1.3.1. Migmatitos

Na Bacia do Guavirutuba afloram os migmatitos homogêneos ou diatexítos e os migmatitos heterogêneos ou metatexítos.

Os **migmatitos homogêneos** são a litologia predominante que aflora na Bacia Guavirutuba, ocorrendo em quase toda a sua extensão. As estruturas predominantes são: schilieren, oftalmítica, nebulítica e schollen. O neossoma, que predomina sobre o mesossoma, é constituído por rochas granitóides e pegmatóides, aos quais intercalam-se irregularmente corpos de micaxistos, gnaisses, quartzitos, quartzitos calcio-silicáticos e raros anfibolitos.

Os granitóides são muito variados desde isótropos fortemente orientados, até miloníticas, de coloração desde cinza médio a leucocrática e composição de tonalítica a granítica, média a grossa. Associa-se freqüentemente aos pegmatitos em geral centimétricos a decimétricos.

O mesossoma é constituído por gnaisses e micaxistos, bastante feldspatizados, já que foram afetados pelo processo de migmatização. Concentrações biotíticas de granulação média são comuns em faixas centimétrica a decimétricas. Geralmente estas concentrações oferecem maior resistências aos processos intempéricos.

Ao quartzitos e quartzitos calcio-silicáticos ocorrem com menor freqüência, na forma de *boudins* e/ou *resisters* decimétricos a métricos (raros) (IPT, 1996).

Os **migmatitos heterogêneos** ocorrem na parte leste da Bacia do Guavirutuba. As estruturas mais freqüentes são: estrutura bandada, dobrada, ptigmática e flebítica, sendo subordinada estruturas de migmatito evoluído. São predominantes as porções metamórficas, em contra posição aos migmatitos homogêneos, que incluem micaxistos, quartzo micaxisto, quartzitos, gnaisses finos e quartzitos calcio-silicáticos incluídos no mesossoma, sendo este predominante sobre o neossoma. O neossoma é constituído por granitóides e pegmatitos.

Estas rochas também sofreram forte estiramento e transposição, visto que aparecem freqüentemente em corpos lenticularizados e boudinados.

Problemas geotécnicos esperados: erosão em sulcos em cortes e aterros, escorregamentos em taludes, dificuldade de cravação de estacas e escavação, possibilidade de recalques em fundações, instabilidade e queda de matacões (IPT, 1990).

3.1.3.2. Quartzo diorito

Na Bacia do Guavirutuba afloram na porção central da bacia, mais precisamente na margem direita do Ribeirão Guavirutuba.

O corpo apresenta-se alongado na direção NS, e possui aproximadamente 1km de extensão e aproximadamente 500m EW. A forma de afloramento destas rochas mais freqüentemente observada é constituindo matacões ou em cortes de rocha pouco alterada, apresentando homogeneidade granulométrica e composição com alta porcentagem em máficos. Possuem coloração cinza médio, localmente escuro, equigranulares de granulação médio, as vezes fina com tênue orientação dos minerais. Localmente observa-se veios e bolsões pegmatíticos centimétricos a decimétricos.

Este corpo representa um importante magmatismo dentro do Complexo Embu. Em termos de idade, supõe-se que sejam posteriores ao magmatismo básico, embora tenham sido admitido também amplo intervalo de tempo (todo o Proterozóico) para tais manifestações.

3.1.3.3. Sedimentos Quaternários

São depósitos aluvionares que se localizam em ambas as margens do Ribeirão Guavirutuba, tanto na parte onde o ribeirão se torna de terceira ordem, quanto na parte que ele é de segunda ordem. Apresenta largura em torno de 100 a 200 metros em toda a sua extensão São em geral constituídos por alternância de areias, areias conglomeráticas e cascalhos, com lentes de lama argilo-arenosas. Muitas vezes mostram extensas lentes de argila escura.

Problemas geotécnicos esperados: estabilidade precária das paredes de escavação, recalque das fundações, danificação das redes subterrâneas, danificação das vias (IPT, 1990).

3.2. ESTRUTURAL

3.2.1. Contexto Tectônico

A Bacia do Guarapiranga em posição eqüidistante das Zonas de Cisalhamento Caucaia e Cubatão, guardando suas rochas certa influência destas estruturas no seu

traçado interno. Este sistema proporciona a divisão dos terrenos Proterozóicos paulista em blocos (Hasui, 1973; Hasui & Sadowski, 1976; Hasui *et al.*, 1978 *apud* IPT, 1996).

O Complexo Embu estende-se essencialmente sobre os terrenos do chamado Bloco Juquitiba, parte do sistema de dobramentos Apiaí, do ponto de vista tectônico. (Hasui *et al.*, 1975 *apud* IPT, 1996).

3.2.2. Estruturas

Na Bacia do Guavirutuba a principal feição estrutural é o Alinhamento Santa Rita-Embu Guaçu-Eixo do Reservatório que corta a Bacia do Guarapiranga de SW para NE. Na área da Bacia Guavirutuba (nordeste da Bacia do Guarapiranga) apresenta-se com direção N25E. É de pouca expressão nas fotos aéreas e mais ainda no campo, onde as rochas não indicam grandes deformações. Supõem-se que as estruturas associadas ao Alinhamento sejam predominantemente de caráter rúptil, sendo os afloramentos basicamente de direções ENE e NNE. Entretanto observa-se estruturas de direção NW como um lineamento fotogeológico na área. Na sua maioria as estruturas NW são observadas em escala de afloramento como fraturas e juntas.

Supõem-se que as estruturas remontam predominantemente ao Neoproterozóico e adentram o Fanerozóico. Além destas estruturas, podemos observar sinformas e antiformas interpretados a partir de medidas de foliação (IPT, 1996).

3.3. GEOMORFOLOGIA

3.3.1. Trabalhos Anteriores

Almeida, 1958 em um dos capítulos do livro A cidade de São Paulo, formaliza a criação do Planalto Paulistano, no qual se encontra a totalidade do município de São Paulo e adjacências da Grande São Paulo. Em 1964, este mesmo autor, apresenta uma divisão geomorfológica para o Estado de São Paulo, com base principalmente na constituição geológica (morfologia estrutural) do relevo paulista, sem considerar os processos morfoclimáticos atuantes na forma do relevo.

IPT, 1981 apresentam o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo na escala 1:1.000.000, sendo utilizado e redefinidos alguns dos compartimentos anteriormente definidos por Almeida (1958, 1964), e criam novas subzonas (IPT, 1997). IPT, 1997 apresenta o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000, que baseou-se em de Penck (1953), Gerasimov & Mercerjakov (1968) que de desenvolveram o conceito de morfoestrutura e morfoescultura, que conforme Ross (1990) a concepção destes autores fornecem uma nova concepção teórica metodológica para os estudos de geomorfologia. Foi utilizada parcialmente a concepção metodológica de Ross (1992), que

estabeleceu uma nova ordem taxonômica para o relevo terrestre, dividindo-o em seis taxons.

3.3.2. Contexto Geomorfológico

A Bacia do Guavirutuba está enquadrada dentro do Planalto Paulistano como uma subdivisão do Planalto Atlântico, sendo que, segundo o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo do IPT, 1981 (1:1.000.000), tal área situa-se mais precisamente na sub-zona Morraria Embu e na sub-zona Colinas de São Paulo.

Já segundo o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo do IPT, 1997 (1:500.000), a Bacia do Guavirutuba situa-se na Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico e na Unidade Morfoescultural do Planalto Paulistano/Alto Tietê, sub divisão da Unidade Morfoescultural do Planalto Atlântico. Pequena parte da bacia, segundo este mesmo mapa, insere-se na unidade Morfoestrutural de Bacias Sedimentares Cenozóicas/Depressões Tectônicas e na Unidade Morfoescultural do Planalto de São Paulo.

O Planalto Atlântico ocorre em uma faixa de orogênia antiga (IPT, 1997 – Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Segundo Ab'Saber (1970), constitui-se por formas de topos convexos, elevada densidade de canais de drenagem e vales profundos, sendo esta a área de "Domínio dos Mares de Morros" (IPT, 1997 – Mapa Geomorfológico...).

3.3.2.1. Planalto Paulistano

O Planalto Paulistano é constituído basicamente por morros médios e altos (IPT, 1997), com declividades acima de 15% e amplitudes locais inferiores a 100 m (IPT, 1981). As altimetria predominantes estão entre 800 e 1000 m (IPT, 1997). O entalhamento dos vales variando entre 20 e 40 m (IPT, 1997), caracterizando-se por ser um vale fechado (IPT, 1981).

Os morros ocorrem nas porções de interflúvio entre as drenagens e suas cabeceiras, diminuindo suas amplitudes na direção dos talvegues, passando para morrotes (IPT, 1996 – relatório 34.540) alongados paralelos (IPT, 1981) e, nas proximidades das calhas de drenagem, para morrotes baixos a colinas, rampas, até atingirem a planície de inundação.

A drenagem apresenta um padrão dendrítico, as vezes obedecendo às direções estruturais regionais as em alguns casos podem ser traçados independentes das direções estruturais regionais (IPT, 1997).

Por ser uma unidade de formas de dissecação média a alta, com vales entalhados em forma de "V" e densidade de drenagem média a alta, esta área, apresenta um nível de fragilidade potencial médio, estando portanto, sujeita a fortes atividades erosivas, inclusive com movimentos de massa (IPT, 1997).

3.3.2.2. Planalto de São Paulo

A morfoescultura Planalto de São Paulo pertence a morfoestrutura da Bacia Sedimentar de São Paulo, abrigando o município de São Paulo e grande parte da Região Metropolitana de São Paulo (IPT, 1997).

Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionais constituído por colinas (IPT, 1997) com espigões locais (IPT, 1981) e patamares aplanados (IPT, 1997) a arredondados (IPT, 1981), destacando-se vales com cabeceiras bastante entalhadas, enquanto os patamares apresenta entalhamento pequeno em torno de 20 m. Predominam interflúvios sem orientação, vertentes ravinadas com perfis convexos a retilíneos (IPT, 1981) e com declividades que oscilam entre 20% e 30% (IPT, 1997). Predominam altimetrias entre 700 e 800 metros. Apresenta nível de fragilidade potencial média e formas de dissecação média a alta, drenagem de média a baixa densidade, padrão subparalelo à dendrítico, vales fechados, desse modo, caracterizam-se por serem áreas sujeitas a forte atividade erosiva (IPT, 1981).

3.4. CLIMA

3.4.1. Introdução

Os elementos do clima (precipitação, temperatura, pressão, umidade relativa, entre outros) definem o clima e o estado de tempo de um determinado lugar, e variam de acordo com fatores geográficos (relevo, altitude, latitude, etc.). Destes elementos os mais estudados são a precipitação e temperatura, pela disponibilidade e facilidade de registro dos dados.

O clima exerce também papel na organização econômica do espaço e na modificação do ambiente (reflete as interferências dos produtos da ação humana na atmosfera).

A caracterização climática e particularmente a pluviométrica é de suma importância em uma análise de risco, já que a chuva é um dos principais deflagradores de processos geológicos como escorregamento e erosão. Assim, torna-se necessário uma análise dos meses mais chuvosos, suas magnitudes e distribuição no mês, a fim de se planejar a época mais adequada para se efetuar obras que envolvam remoção de terra, evitando o carreamento de partículas sólidas (solo) até o ribeirão.

3.4.2. Metodologia

Os dados pluviométricos referem-se a seis postos pertencentes a Sabesp, todos localizados na Bacia Guarapiranga **(ver localização no ANEXO E)**. O período de dados levantados foi de 1990 a 1998. Esta série foi adotada considerando-se o período de dados disponíveis para todos os postos.

Posto	Estação	Local	UTM	
P12059	Barragem	São Paulo	323.887,9	7.381.141,2
P16	Sítio São João	Itapecerica da Serra	313.856,6	7.383.323,9
P17	Itararé	Embu-Guaçu	314.871,5	7.370.414,2
P18	Ressaca	Embu-Guaçu	309.242,0	7.380.741,1
P21	Chácara Souza	Itapecerica da Serra	317.326,7	7.377.829,6
P28	Casa Grande	São Paulo	325.430,6	7.368.330,7

Fonte: Sabesp, 1998

Figura- 11 – Características dos postos pluviométricos

3.4.3. Caracterização Climática

O clima da Bacia Paulistana é controlada por massa tropicais e polares, conferindo clima úmido na sua parte oriental e sub tropical dos continentes, portanto, encontra-se no limite entre duas zonas climáticas intertropical e subtropical (MONTEIRO, 1973).

A penetração ou extravasamento das perturbações litorâneas associadas às oscilações térmicas, confere à Bacia Paulistana um período seco com características bastante especiais, portanto, pancadas de chuva, garoa e outros tipos de hidrometeoros próprios da área ocorrem (MONTEIRO, *op. cit.)*.

Além do mais, a atividade humana que avoluma cada vez mais o complexo urbano e industrial deve ser considerado como importante fator de modificação através do tempo e de individualização climática no espaço.

3.4.3.1. Pluviometria

O território paulista recebe farta quantidade de chuvas, oscilando seus índices anuais entre 1100 e 2000 mm (Monteiro, 1973). Já segundo DAEE (1993), no período de 1976 até 1991 os índices de chuvas anuais oscilaram entre 1200 e 2600 mm, ou seja foi um período mais chuvoso.

No verão, a distribuição das chuvas pelo território estadual apresentam o seu máximo, se faz no sentido decrescente de leste para oeste. As chuvas geralmente são intensas nesta estação. No outono, ocorre uma sensível redução nas quantidades e na intensidade das chuvas. Com a chegada do inverno produz-se o mínimo de chuvas e, salvo no litoral e no sudeste do Estado, a freqüência do fenômeno reduz-se consideravelmente, constituindo o auge da seca. No decorrer da primavera, as chuvas voltam a se intensificar e aumentar de freqüência (MONTEIRO, 1973).

Utilizando-se os dados fornecidos pela Sabesp, foi possível a caracterização pluviométrica da Bacia Guavirutuba a partir da construção de um Mapa de Isoietas da Média do Total Anual para o período de 1990 a 1997 **(ANEXO E)**. Para a construção deste mapa utilizou-se as médias do total anual de chuvas dos seis postos, com dados relativos ao

período de 1990 a 1997. Pode-se observar neste mapa que a Bacia do Ribeirão Guavirutuba apresenta índice de chuvas anuais variando de 1300 mm a 1350mm.

A caracterização pluviométrica da bacia foi elaborada, ainda, em duas escalas temporais: mensal e anual. Para esta análise trabalhou-se com os postos P12059 e P21, devido às suas proximidades, estando respectivamente a 2 e a 6 km de distância em relação a Bacia Guavirutuba **(ver localização no mapa do ANEXO E)**.

Os gráficos elaborados para o posto P12059, a nível mensal indicam que o período mais chuvoso vai de outubro a março, e o período menos chuvoso se concentra entre abril e setembro, sendo os meses mais chuvosos janeiro e fevereiro. Os valores de precipitação máxima mensal no período de 1990 a 1997 foram: janeiro de 1997 (308 mm), fevereiro de 1995 (401 mm) e março de 1991 (334 mm). Os valores de precipitação mínima mensal se concentram-se no período de junho, julho, agosto e setembro (0 a 8 mm). **(figuras 12 e 13)**

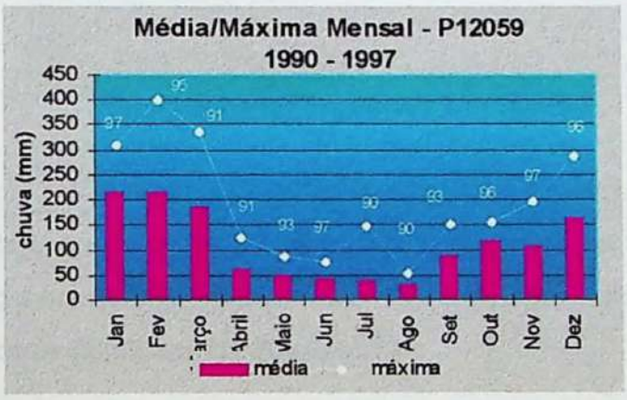


Figura 12 - Média e máxima mensal

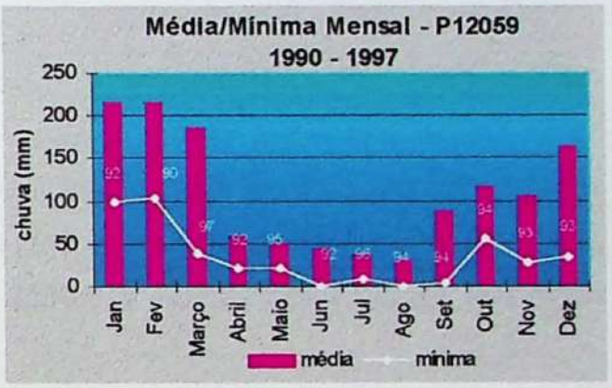


Figura 13 - Média e mínima mensal

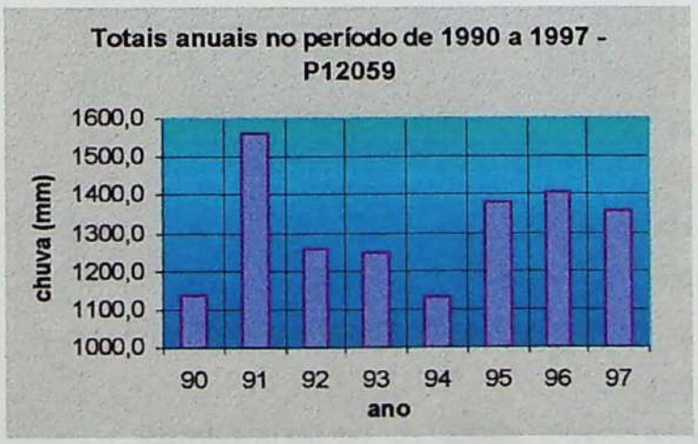


Figura 14 - Totais anuais

O ano de 1991 apresentou-se como o mais chuvoso (1560,7 mm), seguido de 1996 (1404,8 mm), e 1994 como o menos chuvoso no período analisado (1133,3 mm). O valor médio do total anual no período foi de 1309,3mm, sendo que 50% dos valores totais anuais estiveram abaixo dessa média **(figura 14).**

Os dados registrados no posto P21, a nível mensal, indicam que o período chuvoso é de outubro a março, e o período menos chuvoso se estende de abril a agosto, sendo os meses mais chuvosos janeiro, fevereiro e março. Os valores de precipitação máxima mensal registrados foram: fevereiro de 1995 (540,6 mm), seguidos por janeiro e março de 1996 (330,5 e 346,4 mm respectivamente). Os valores de precipitação mínima mensal registraram três meses com valores de 0 mm (junho de 92, julho de 92 e agosto de 94). O valor máximo de precipitação no período menos chuvoso foi de 121 mm em julho de 1990 **(figuras15 e 16)**.

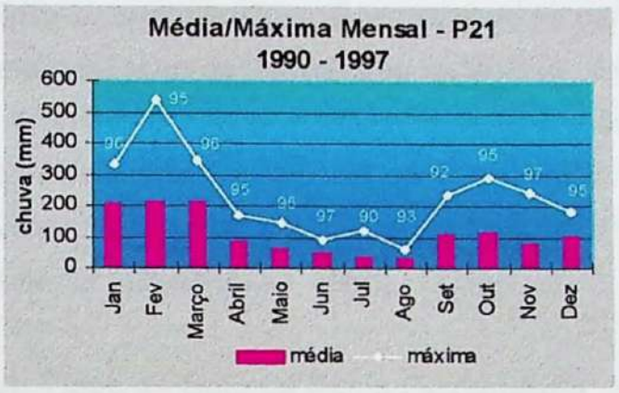


Figura 15 - Média e máxima mensal

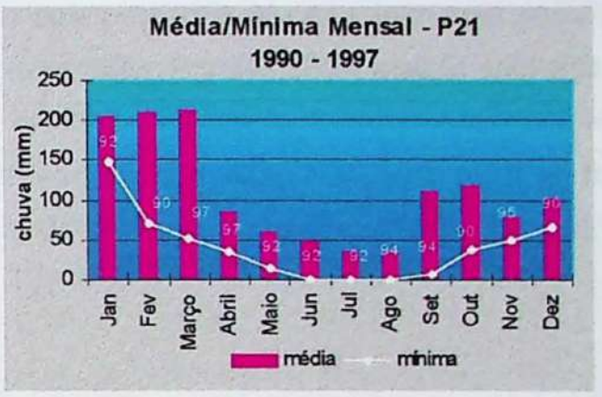


Figura 16 - Média e mínima mensal

O ano de 1995 foi o mais chuvoso do período (1999 mm), seguido de 1991 (1500,5 mm); inversamente o ano menos chuvoso foi 1996 (988,9 mm). O valor médio do total anual do período de 1990 a 1997 foi de 1268,9 mm, e 25% dos valores totais anuais estiveram acima desta média **(figura17)**.

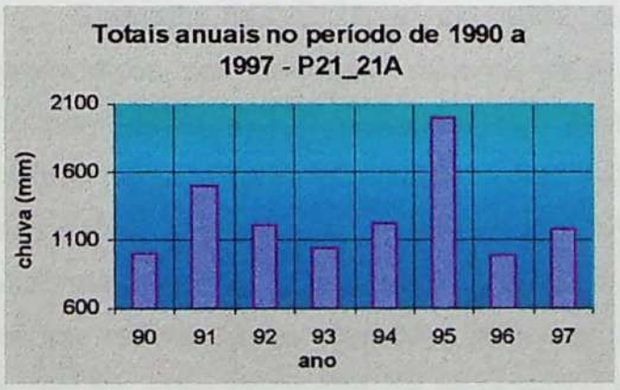


Figura 17 -Totais anuais

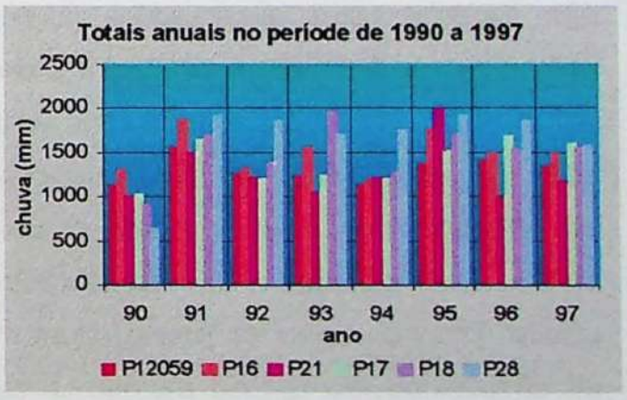


Figura 18 - Totais anuais par os 6 postos

Comparando-se os totais pluviométricos anuais nos seis postos analisados, no período de 1990 a 1997, observou-se que os dois postos mais próximos a bacia apresentaram, de maneira geral, valores mais baixos que os demais **(figura 18)**.

SANTÁNNA NETO (1997) no seu trabalho acerca de mudanças climáticas no Estado de São Paulo, revela que ocorreu um aumento na pluviosidade nos últimos 100 anos, em cerca de 10%. E observa que para cada ano mais chuvoso ou menos chuvoso segue-se outro de característica oposto.

3.5. CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA

Segundo o Mapa Pedológico do IBGE, 1983 (Folha São Paulo) na escala 1:250.000, a área da Bacia do Guavirutuba encontra-se sob o domínio de Cambissolo álico.

Ocorrem em relevo predominantemente ondulado, forte ondulado ou montanhoso, e geralmente não é profundo. É comum ocorrer também em terraços de rios ou riachos. O teor de argila é semelhante entre os horizontes A e B, sendo que a textura pode ser média, argilosa ou muito argilosa. É identificado no campo pela presença de mica na massa do solo e pela sensação de sedosidade na textura, devido ao silte. Por ser álico, possui saturação por alumínio > 50%, apresentando limitações quanto ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas em profundidade. A mecanização agrícola é dificultada se o relevo for movimentado. A compactação do solo também constitui limitação, especialmente se o teor de silte for alto (PRADO, 1995).

3.5.1. Tipos de Solo da Bacia Guavirutuba

A partir de um reconhecimento de campo baseando-se na geologia e declividade, foi possível identificar a presença de dois tipos de solos na Bacia do Guavirutuba: os cambissolos e os litólicos, sendo que, ambos apresentam-se como solos rasos pouco desenvolvidos, onde a rocha alterada encontra-se a menos de 1 m de profundidade.**(ANEXO-A)**

Segundo OLIVEIRA *et al.*, 1992 Cambissolos compreende solos minerais não hidromórficos, com drenagem variando de acentuada até imperfeita, horizonte A seguido de B incpiente, não plínico, de textura franco-arenosa ou mais fina. O horizonte A pode ser de qualquer tipo, excluido o chernozêmico, quando a argila do Bi for de atividade alta. São solos rasos a profundos, possuindo seqüência de horizonte A-Bi-C, com variação de horizontes modesta. A textura varia desde franco-arenosa até muito argilosa. Os teores de silte são relativamente elevados. Os teores variam muito pouco ao longo do perfil, exceto em alguns solos derivados de sedimentos aluviais. É comum ocorrer um decréscimo de argila ao longo do perfil. Quando derivados de rochas como gnaisses, granitos, migmatitos, é usual a presença de relevantes teores de fragmentos de rocha e/ou de minerais primários. Os cambissolos são derivados dos mais diversos materiais de origem e encontrados sob condições climáticas variadas.

Solos Litólicos são solos minerais não hidromórficos, rudimentares, pouco evoluídos, rasos, com horizonte A diretamente sobre a rocha dura, ou cascalheira espessa, ou sobre o horizonte C. São portanto, solos com seqüências de horizontes A-R, ou A-C-R. Usualmente contém elevados teores em minerais primários pouco resistentes ao intemperismo e blocos de rocha semi-intemperizada de diversos tamanhos. Os Litossolos, por sua vez, abrangem

os constituídos por um horizonte A seguido de rocha dura e coerente. Estes solos apresentam grande diversificação morfológica, sendo também bastante heterogêneo no que concerne aos atributos químicos, físicos e mineralógicos.

3.5.1.1. Cambissolo

Apresentam-se como solos muito pouco desenvolvidos, sendo portanto, solos muito rasos com espessuras variando de 20 a 40 cm. Possuem seqüência de horizonte A-Bi-C, com pouca variação de horizontes . A textura, segundo a classificação da Soil Survey Manual (1951), varia de argila a franco argiloso arenoso passando por franco argiloso siltoso **(ver análises granulométricas ANEXO B)**. Os teores de silte variam de 20 a 40%. Observa-se que ocorre um decréscimo de argila ao longo do perfil. É comum a presença de fragmentos de rocha (seixos e grânulos) e minerais primários. **(fotos 1 e 2-ANEXO F)**

3.5.1.2. Litólicos

São solos pouco evoluídos e muito rasos, muitas vezes aflorando diretamente a rocha alterada (horizonte C), geralmente o horizonte A encontra-se diretamente sobre a rocha, ou sobre o C. Constituem, na área, solos de seqüência A-R, A-C-R ou A/C-C. São constituídos de elevados teores de minerais primários, onde observa-se a presença de elevada quantidade de micas. Apresentam ainda, blocos de rocha semi-intemperizada de diversos tamanhos. Apresentam elevada quantidade de silte, variando de 27 a 51%. **(foto 3 e 4-ANEXOF)**

3.5.2. Erodibilidade dos Solos

3.5.2.1.Introdução

Como a erodibilidade está diretamente relacionada aos principais atributos do solo, que por sua vez, está em grande parte relacionada à rocha de origem e ao relevo, tentou-se quantificar o grau de erodibilidade destes solos em função das diferentes litologias e classes de declividade, com objetivo de se caracterizar e hierarquizar a suscetibilidade a erosão para os solos provenientes dos migmatitos homogêneos, migmatitos heterogêneos e quartzo diorito. Pois, na literatura, devido a escala de trabalho adotada pela maioria dos autores, o embasamento, sem distinção de litologia, é enquadrado na mesma classes de suscetibilidade à erosão. Assim, considerando que cada solo terá características geotécnicas, em parte, estabelecida pela rocha mãe, optou se por este procedimento de análise.

3.5.2.2.Considerações

Tanto o índice de Boyoucos como a relação de dispersão, indicaram que os solos da Bacia Guavirutuba são muito erodíveis. Este resultado é muito coerente quando comparado com dados de literatura, onde cambissolos e litólicos são classificados como solos do grupo

de resistência à erosão D (muito poucos resistentes à erosão) segundo o Manual Técnico e Conservação de Solo e Água (1994).

A partir do Índice de Boyoucos (modificado), conclui-se que, de uma forma geral, o quartzo diorito é relativamente menos erodível que os migmatitos, tanto para o horizonte A quanto para o C **(figuras 19 e 20)**, sendo esta diferença algo muito sutil.

Quando se trata da relação de dispersão a interpretação dos resultados torna-se mais complicada, não sendo possível observar qualquer relação entre litologia e erodibilidade. Para testar a aplicabilidade deste método, seria necessário maior número de amostras analisadas e maior domínio sobre o mesmo.

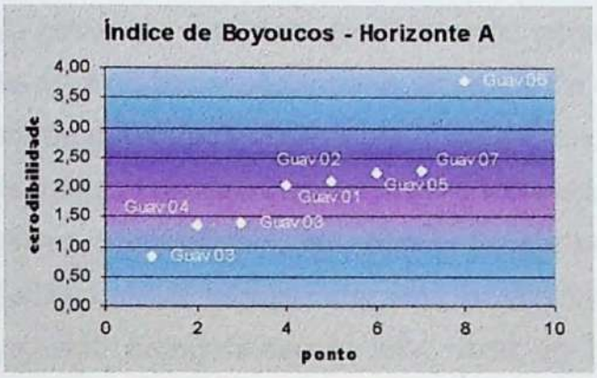


Figura 19 - Erodibilidade do horizonte A

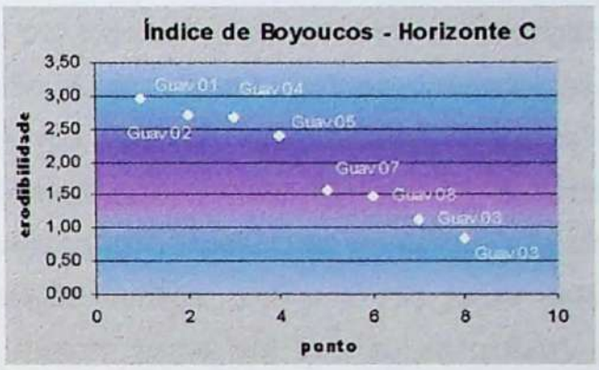


Figura 20 - Erodibilidade do horizonte C

A partir dos dados disponíveis conclui-se que o Índice de Boyoucos apresenta maior aplicabilidade para os cambissolos e litólicos, sendo a relação de dispersão mais eficiente para solos mais desenvolvidos, como mostra a experiência de IPT, 1991 e AGENA, 1998 (verbal).

Os teores de silte para todos os solos da bacia são elevados **(ANEXO B)**, o que permitiu considerar a suscetibilidade à erosão como sendo muito alta, mas não sendo possível hierarquizá-las, já que os valores encontram-se muito próximos, e não foi possível encontrar na literatura os intervalos classificatórios do índice de Boyoucos,

Assim, na elaboração da carta de risco à erosão e demais processos considerou as litologias e os solos presentes na área com comportamentos geológico-geotécnicos homogêneos entre si.

3.6. Uso e Ocupação do Solo

3.6.1. Padrões de uso e ocupação do solo

A Bacia do Guavirutuba apresenta uma ocupação predominantemente habitacional, e vem sendo palco de um desenvolvimento urbano desordenado, ultrapassando os parâmetros estabelecidos pela legislação vigente. Esta região é caracterizada por uma rede

urbana compacta que cresce continuamente na forma de loteamentos pouco estruturados e, em geral, com altas densidades de ocupação do solo (CNEC & JNS, 1997).

A Bacia do Ribeirão Guavirutuba é um exemplo claro da sobreposição de áreas nobres à áreas periféricas, sendo possível observar ocupações com habitações de alto padrão **(foto 5-ANEXO F)** situados próximo às margens do reservatório, em contraposição as habitações de baixo padrão, muitas vezes podendo ser classificadas como favelas.

Nesta bacia predomina a ocupação por população de baixa e muito baixa renda **(foto 6-ANEXO F)**, sendo subordinada a presença de ocupação de alta renda. A ocupação é caracterizada por apresentar-se ainda em fase de expansão e consolidação, estando a maioria das moradias ainda em fase de construção **(foto7-ANEXOF)** É comum a presença de casas de materiais de construção espalhadas por toda a bacia, comum e característico de área de expansão urbana. Este tipo de ocupação de certa forma ainda desordenada, traz sérios problemas ambientais à bacia, sendo comum a remoção de terra para a construção de novas moradias ou execução de obras públicas, sendo comum a presença de corte-aterro nas encostas dos morrotes. Esta prática utilizada principalmente em áreas com alta declividade é empregada sem a mínima orientação técnica, muitas vezes feitas pelos próprios proprietários do lote, dada ao próprio quadro social em que se encontram. A população de baixa renda, ocupa tanto as encostas dos morros, que muitas vezes ultrapassam os 45% de declividade **(fotos 8, 9 e 10-ANEXO F)**, quanto na área de várzea do ribeirão Guavirutuba, sendo muito comum aterrarem o próprio ribeirão no processo da busca de espaço.

A partir da fotointerpretação, trabalhos de campo e mapas auxiliares, pudemos dividir a bacia nas seguintes classes de ocupação:

Mata: apresenta porte geralmente superior a 5 metros, ocorre discriminação muito acentuada das copas das árvores, sendo possível a identificação de diversas árvores emergentes com altura superior às demais.

Capoeirão: a vegetação apresenta características semelhantes à capoeira, diferenciando-se pelo porte mais elevado, e por tratar-se de um estágio mais avançado de crescimento, onde as árvores começam a apresentar alturas e copas diferenciadas.

Capoeira: área coberta de vegetação arbórea de pequeno porte, tratando-se de indivíduos de segundo crescimento, que têm desenvolvimento contemporâneo.

Várzea: local ainda não ocupado da planície aluvial, apresentando-se recoberto por assoreamento e vegetação tipo gramínea.

Campo: áreas com vegetação de gramíneas que cobrem o terreno de forma contínua, aparecendo por vezes, pequenos arbustos. Podem tratar-se também de lotes desocupados dentro da áreas urbana recoberto por algum tipo de vegetação.

Ocupação de Padrão Médio a Alto: os lotes encontra-se na faixa de 250 a 500 m^2 de área (CNEC & JNS), muitas vezes ocupados com uma edificação principal e um anexo cobrindo boa parte do lote, mas sempre conservando áreas descobertas (sempre com gramas), recuos e jardins. As edificações apresentam padrão arquitetônico diferenciado e taxa de ocupação baixa. São loteamentos implantados com maior rigor técnico, e geralmente situados em áreas de declividade pouco acentuada. Possuem alguns lotes vagos recobertos por reflorestamento, capoeirão ou vegetação constituída por pequenos arbustos. As ruas, em geral, têm largura de 12 metros ou mais, conformando um sistema viário contínuo, regular e muito arborizado. Muitas ruas permanecem sem qualquer pavimentação, principalmente àquelas mais próximas ao reservatório, mas a maioria das ruas apresentam-se pavimentadas e com sistema de drenagem constituído por guias, sarjetas, bocas de lobo, etc. Constitui-se uma área, na sua grande maioria, servida pela rede de água, mas a maioria das edificações ainda não estão ligadas a rede de esgoto, permanecendo a utilizar as fossas. São áreas de condomínios fechados com atendimento por infra-estrutura apresentando nível médio.

Área Comercial: caracteriza-se por apresentar muitas lojas de materiais de construção, padaria, lanchonetes, pequenos restaurantes, e comércio em geral. São áreas situadas próximas às principais vias públicas da bacia, que apresentam-se todas pavimentadas. Tais áreas são as que mais possuem equipamentos públicos como iluminação de ruas, sistema de água e esgoto, sistema de drenagem de águas pluviais, coleta de lixo, etc.

Ocupação de Padrão Médio a Baixo: constitui áreas próximas as vias de maior circulação, com maior ocorrência de comércio e serviços, sendo maior a ocorrência de equipamentos sociais. As edificações apresentam médio padrão construtivo, ocupando quase totalmente o lote, conformando uma área construída compacta. Os loteamentos apresentam-se com vias mais regulares, mas implantados de forma pouco adequada, não considerando os condicionantes do relevo (as vias geralmente são perpendiculares às curvas de nível). Apresentam características de uso e ocupação do solo semelhantes às encontradas no padrão de ocupação baixo, porém dotada de uma infra-estrutura boa, com nível de atendimento bom. São entretanto, áreas urbanisticamente pouco estruturadas e com alta incidência de favelas. São áreas servidas por abastecimento de água, coleta de esgoto, pavimentação e serviço de limpeza pública com nível de atendimento satisfatório. Além disso, são áreas servidas por transporte coletivo e iluminação pública.

Ocupação de Padrão Baixo: caracteriza-se por loteamentos de ruas estreitas de traçado pouco regular, muitas vezes interrompidas (ruas sem saída), conformando uma rede descontínua e precária. Em geral, as edificações não respeitam as condições de relevo, nem parâmetros urbanísticos e de projeto mínimos, sendo grande o número de áreas enquadradas como loteamentos irregulares. Poucas são as áreas livres dentro e fora da propriedade, sendo as áreas remanescentes em geral ocupadas por favelas. Os lotes possuem em média 60 a 70 m^2, e são em alguns casos resultantes de desdobramentos de loteamentos regulares (CNEC & JNS). As construções são de baixo padrão construtivo, normalmente sem acabamento, ocupando toda a extensão do lote, muitas vezes desenvolvendo-se em mais de um pavimento. Vale ressaltar que as favelas descritas anteriormente confundem-se, algumas vezes, com este padrão de ocupação. Ocupam áreas onde a declividade, muitas vezes é muito acentuada, apresentando alta densidade de ocupação, e em alguns locais, ainda com muitos lotes desocupados, onde evidencia-se o solo exposto. A maioria das ruas não são pavimentadas e não possuem sistema de drenagem eficiente, apresentando infra-estrutura parcial a precário, restringindo-se a serviços de limpeza pública e pavimentação apenas nas vias de acesso aos loteamentos. Assim, corresponde a áreas que merecem cuidados especiais na sua apropriação, ou mesmo que oferecem riscos, sendo totalmente inadequados à ocupação por este tipo de urbanização.

Urbanização Precária (Favelas): são áreas caracterizadas pela presença de edificações dotadas de poucos e pequenos cômodos, disposta de forma compacta e desordenada pelo terreno, cuja propriedade individual do lote não é legalizada para aqueles que os ocupam, tratando-se portanto, de ocupação irregular ou clandestina. Em geral, as habitações são de alvenaria e, não raras encontram-se dispostas de maneira ordenada no terreno. Observa-se que nestes locais o sistema de saneamento é muito precário, limitando-se a sistema de coleta de lixo nas vias públicas dos entornos, além de sistema de abastecimento de água por torneiras coletivas. É comum a presença de muito lixo doméstico espalhados pelas vias públicas ou mesmo dentro das próprias habitações. Estas áreas caracterizam-se por apresentar constantes movimentos de terra, como solo exposto e perfis de corte aterro. A maioria das ruas e vielas não são pavimentadas e apresentam-se sem nenhum sistema de drenagem das águas pluviais.

Clube: existe um único clube na bacia, chamado de Clube do Menor, onde foi possível observar a presença de quadras poli-esportivas, piscinas, áreas de lazer, e áreas verdes.

Chácara: caracteriza-se por possuir lote relativamente grande, com a presença de diversas edificações. Possui muita área descoberta na forma de jardim ou pequenos pastos. Trata-se de antiga chácara ou sítio que foi posteriormente circundado pela urbanização.

Loteamento Parcialmente Ocupado: área que encontra-se dividida em quadras, onde os lotes ainda não estão totalmente ocupados, sendo o assentamento presente pouco significativo. Possuem todos os arruamentos pavimentados, e é possível observar um sistema de drenagem de águas pluviais composto por guias, sarjetas e bocas de lobo. Os lotes apresentam-se como grandes manchas de solo exposto ou recobertos por vegetação representada por gramíneas, pequenos arbustos e algumas árvores isoladas. Pôde-se observar hidrômetros em algumas casa construídas no loteamento, assim, torna-se evidente a presença de rede de água servida neste loteamento, e muito provavelmente a presença de rede de esgoto.

Solo Exposto: áreas onde o solo apresenta-se sem nenhum tipo de cobertura vegetal. Pode estar enquadrado nesta categoria: entulhos , aterros , campo de futebol e áreas onde observa-se qualquer movimentação ou remoção de terra.

3.6.2. Infra estrutura

Dados obtidos no relatório referente a Bacia Guarapiranga elaborado para o Projeto Guarapiranga pelo consórcio CNEC e JNS, indicam que na área da bacia do Guavirutuba cerca de 50% das quadras possuem ligação na rede de água, sendo que em praticamente 80% da bacia existe implantada a rede de água, e quase 100% da população é atendida por abastecimento. Neste estudo considerou-se a área atendida como aquela que conta com rede e/ou ligação. Nos núcleos caracterizados como favelas parte das ligações são feitas em torneiras coletivas. Estes núcleos correspondem as ocupações predominantemente locadas nas cabeceiras de drenagem. Além da rede oficial implantada, pela impossibilidade de obtenção de autorização para implantação de redes, existem redes implantadas de forma precária pelos próprio moradores, a partir de derivações clandestinas das linhas de adução da Sabesp.

Segundo dados do CNEC & JNS, 1997 o sistema de esgotamento é composto pela rede coletora e por um conjunto integrado de interceptores e elevatórias destinado a exportar os esgotos para fora da bacia do Guarapiranga, lançando-os atualmente na bacia do rio Pinheiros e, futuramente, nos interceptores que levará à ETE Barueri. Cerca de 67% da bacia possui rede coletora, sendo que aproximadamente 50% das quadras possuem ligação com esta rede, sendo portanto, um sistema de coleta ainda incompleto e ineficiente. Tal fato decorre, em muitos casos, das características do relevo da região, que impede fisicamente a instalação dos ramais prediais, além de inúmeros coletores-tronco e

interceptores praticamente fora de operação, cujos esgotos são lançados diretamente nos cursos d'água ou na rede de galerias pluviais. É comum na bacia, unidades residenciais que a despeito de fisicamente poderem contar com o serviço de coleta de esgoto, não estão conectadas a rede devido à condição financeira baixa, estando conectadas, muitas vezes, à rede de galerias pluviais. Apenas de 10 a 15% dos esgotos coletados na sub-bacia do córrego Guavirutuba chegam efetivamente a ser exportados, exemplificando as precárias condições de operação e manutenção do sistema de esgotamento.

A Bacia Guavirutuba é caracterizada como área de expansão urbana, assim, é muito comum a presenças de obras e remoção de terra. Recentemente pôde-se observar obras de ampliação da rede de esgoto desde o começo deste ano. Outra obra presente na área é a implantação de cinco pontos de captação de águas pluviais ao longo do Ribeirão Guavirutuba, que lançarão água diretamente no ribeirão.

3.7. Qualidade da Água

3.7.1. Breve histórico:

Na década de 70 iniciou-se o monitoramento regular do reservatório Guarapiranga pela CETESB, sendo os resultados apresentados nos relatórios de "Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. A partir de 1987 a SABESP inicia também um monitoramento regular do reservatório, com amostragens em diversos pontos.

Desde 1970, a SABESP vem registrando episódios de florações de algas no reservatório, os quais têm nos últimos anos, provocado problemas de qualidade das águas para o abastecimento, com entupimento dos filtros das estações de tratamento e também, conferindo gosto e odor à água. A partir do início da década de 80 o reservatório Guarapiranga passou a apresentar sinais evidentes de eutrofização acelerada, dos quais o mais conspícuo foi a ocorrência de florações de algas, influenciando o processo de tratamento da água destinada ao abastecimento e, por sua vez, o comprometimento do produto final. Em 1990, esse processo já era público, com a ocorrência de uma floração da alga *Anabaena solitaria* causadora de problemas de gosto e odor na água e de suspeita de provocar distúrbios gastrointestinais na população (JPE-EPAL-TAHAL).

Para resolver esses problemas de florações no reservatório, a SABESP vem utilizando sulfato de cobre no combate às algas. As altas concentrações de cobre obtidas no reservatório durante o ano de 1995, pelo monitoramento da qualidade das águas feito pela CETESB, apresentaram-se desenquadradas em relação ao padrão de classe I, adotado para análise desse corpo d'água (CETESB, 1996 *apud* JPE-EPAL-TAHAL).

3.7.2.. Introdução:

A Bacia Guarapiranga, atualmente, é o segundo maior produtor de água da Grande São Paulo, e abastece cerca de 20% da população, com 11 m^3/s. Assim, devido a sua grande importância, existe uma preocupação com relação à deterioração progressiva da qualidade das águas desse reservatório, devido ao aumento da ocupação do solo na região, que vem acarretando uma degradação deste sistema.

A Bacia Guavirutuba vem contribuindo, e muito, para este processo de poluição das águas do reservatório, já que a ocupação desta bacia foi feita, principalmente, por população de baixa renda, em favelas e loteamentos clandestinos, o que tem agravado a poluição na represa, pelo aumento significativo de nitrogênio amoniacal, coliformes totais e fósforo (JPE-EPAL-TAHAL).

De acordo com o Decreto n º 10.755, de 22 de novembro de 1997 (CETESB, 1982 *apud* JPE-EPAL-TAHAL), as águas do Guarapiranga estão enquadradas como sendo de classe I (RESOLUÇÃO CONAMA n º 20 de 1986) ou seja, são águas destinadas, dentre outros usos predominantes, à preservação das comunidades aquáticas. Em geral águas de classe I não são admitidos lançamentos de efluentes, mesmo tratados (ver resolução CONAMA n º 20 - **ANEXO C**).

3.7.3. Comentários sobre a qualidade da água

A partir do consórcio JPE-EPAL-TAHAL referentes ao Projeto de Diagnóstico Limnológico e Ecológico do Reservatório Guarapiranga, foram feitas análises químicas e físicas das águas do reservatório e de diversos tributários, inclusive o Ribeirão Guavirutuba. Os pontos de amostragem de água importantes para a caracterização do estado trófico das águas do Ribeirão Guavirutuba são: GU-103 e GU-220 **(figura 21)**.

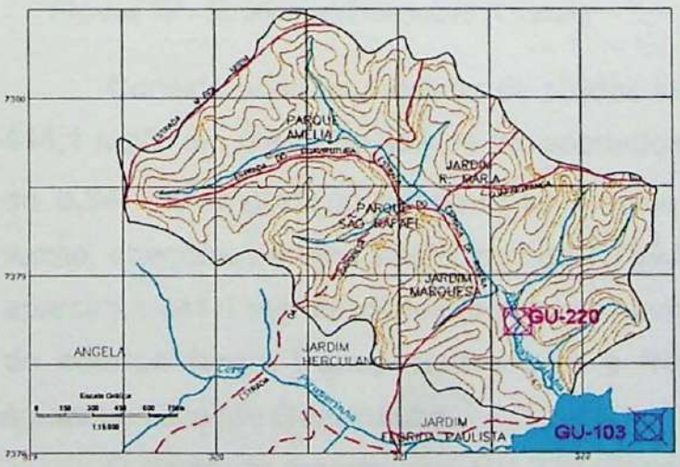


Figura 21 - localização dos pontos de amostragem de água

Assim, a partir dos dados fornecidos neste relatório do consórcio JPE-EPAL-TAHAL, foi possível calcular a quantidade de sólidos transportados pelas águas do Ribeirão Guavirutuba até o reservatório, além da elaboração de gráficos para as demais análises efetuadas para ambos os pontos (GU-220 e 103).

No ponto GU-220 as medidas de pH estão dentro do intervalo estabelecido pelo CONAMA n º 20 para águas de classe I. As análises para DBO, ferro, manganês e sulfeto encontraram-se acima do limite, enquanto as análises para zinco e sulfato apresentaram-se abaixo do limite CONAMA. As demais análises: bário, cádmio, chumbo,

cromo total, prata, mercúrio, OD, fenóis e arsênio encontraram-se abaixo do limite de detecção, estando aparentemente, abaixo do limite estabelecido **(ANEXO D).**

No ponto GU-103 as medidas de pH encontram-se dentro do intervalo estabelecido pela CONAMA. Já os teores de DBO, sulfato, cobre (mês de abril/97 e junho/97), OD (meses de maio, junho, julho e agosto para as medidas de superfície e meio) apresentaram-se acima do estabelecido. Os valores de nitrato e nitrito apresentaram-se abaixo do permitido. Para análises de DQO, sílica, nitrogênio total, fósforo total, clorofila e feofitina não encontrou-se um limite na Resolução Conama n ° 20 de 1986 **(ANEXO C).**

3.7.3.1. Sólidos Transportados

Podemos calcular o aporte de sedimentos transportados pelo Ribeirão Guavirutuba durante o período de dezembro de 1996 a outubro de 1997 a partir dos dados de sólidos totais transportados, obtido nos relatórios do consórcio JPE-EPAL-TAHAL e a Secretaria de Estado do Meio Ambiente, relativo ao Diagnóstico Limnológico e Ecológico do Reservatório Guarapiranga. A partir dos dados de vazões fornecidos pela Sabesp, para um período de 1991 a 1998, e os dados de sólidos totais, pôde-se construir os seguintes gráficos:

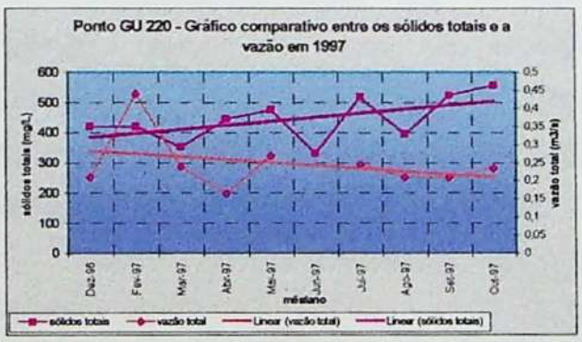


Figura 22 - Gráfico sólidos totais X vazão

Figura 23 - Média anual da vazão

Considerando as medidas de sólidos totais transportados, chegamos a um valor de **444,1 mg/L** em média de sólidos transportados para o ano de 1997 para uma vazão média de **0,247 m^3/s** (247L/s) referente ao mesmo período. Assim, considerando a média da vazão, chegamos a uma vazão total de **7.789.392.000 L** por ano. Como cada litro de água apresenta 441,1 mg de sólidos (em média) temos que: aproximadamente **3435,9 toneladas de sólidos foram transportados** para a Represa Guarapiranga em 1997, através das águas do Ribeirão Guavirutuba.

O ponto de amostragem GU-220 **(figura 21)** analisado para sólidos totais encontra-se na porção média do Ribeirão Guavirutuba sob coordenada UTM: 321.519 (EW) e 7.378.736 (NS). Dessa forma, a medida de sólidos totais é representativo para cerca de 90% da bacia, sendo que os sedimentos produzidos pela outra porcentagem da bacia não foram medidos, e portanto não foram considerados no cálculo de aporte médio de sedimentos transportados pelo ribeirão.

De acordo com os dados obtidos na medição dos sólidos totais transportados, notamos um aumento, partindo de 420 mg/L em dezembro de 1996 para 556 mg/L em outubro de 1997. Este fato está intimamente ligado ao aumento de obras de movimentação de terra na bacia, como obras de expansão da rede de água e esgoto, corte aterro para a construção de novas moradias e aumento da população da bacia hidrográfica.

A vazão também vem aumentando consideravelmente como observado no gráfico acima, onde a média da vazão diária subiu de 0,11 m^3/s em 1991 para 0,23 m^3/s em 1997. Este aumento está bastante relacionado com o aporte de água de abastecimento, além da crescente urbanização que provoca um escoamento superficial mais volumoso e rápido, devido a impermeabilização do solo, não permitindo a infiltração das águas da chuva.

CAPÍTULO 4: METODOLOGIA E RESULTADOS

4. Elaboração da Carta de Risco à Erosão

Um estudo do meio físico para a realização de um plano preventivo de controle de processos geológicos, como por exemplo a erosão e o assoreamento, necessita do levantamento de características como: geologia, geomorfologia, pedologia, formas e tipos de processos, cobertura vegetal e uso e ocupação atual do solo (CARLSTRON & PRANDINI, 1981), clima, pluviometria e declividade.

Assim, para a elaboração da Carta de Risco à Erosão foram necessárias as seguintes etapas:

- levantamento de dados básicos sobre a bacia (geologia, estrutural, geomorfologia, clima, tipos de solo...);
- elaboração do mapa de declividade;
- elaboração do mapa de uso e ocupação atual;
- análise granulométrica para se aplicar o Índice de Boyoucos à fim de se analisar a erodibilidade dos solos e consequentemente, sua suscetibilidade natural à erosão;
- elaboração da matriz de cruzamento

Podemos resumir a metodologia para a elaboração da Carta de Risco à Erosão no seguinte fluxograma **(figura 24)**:

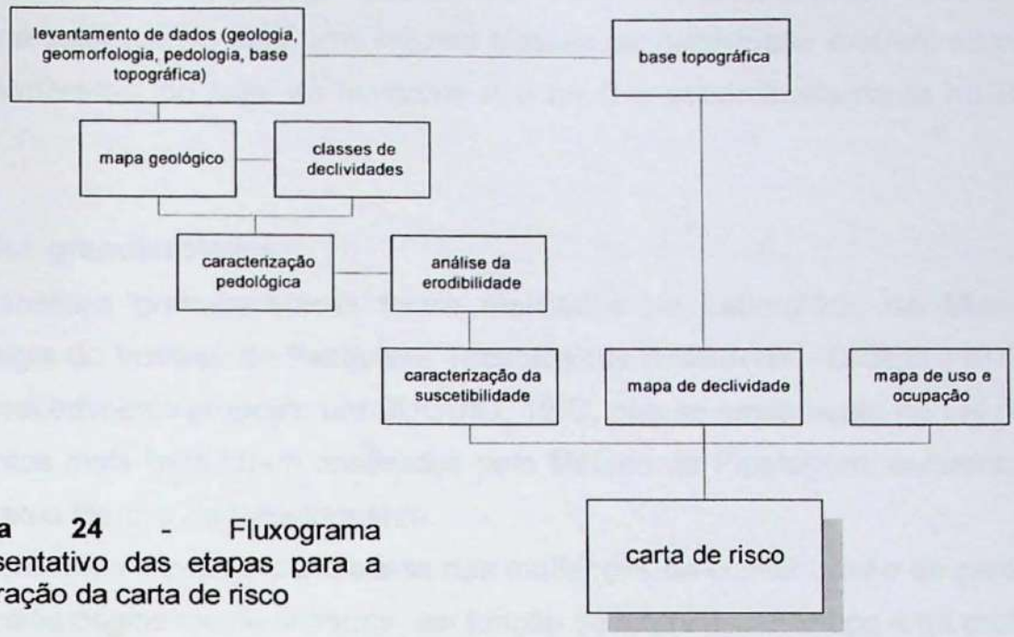


Figura 24 - Fluxograma representativo das etapas para a elaboração da carta de risco

4.1. Metodologia para o Cálculo da Erodibilidade

O roteiro metodológico adotado para a realização deste estudo de erodibilidade constou de:

- escolha de pontos de amostragem **(ANEXO A)** levando-se em consideração as diferentes litologias (migmatito homogêneo, migmatito heterogêneo e quartzo diorito) e as diferentes classes de declividade (3-12%, 12-30% e de 30 a >45%);
- coleta de amostras com estrutura deformada em cada uma das três litologias presentes na área, para cada classe de declividade, utilizando-se trado de caneco;
- ensaios laboratoriais: ensaio de granulometria utilizando-se o método da pipetagem para cada litologia e classe de declividade;
- quantificação da erodibilidade utilizando-se a relação de dispersão de Middleton (1930) e o Índice de Boyoucos (modificado por Bertoni e Lombardi, 1989).

4.1.1. Amostragem:

Foram feitos oito pontos de amostragem, sendo os pontos Guav 1 e Guav 2 localizados no migmatito homogêneo na declividade de 12-20% e 30-45% respectivamente. Não foi possível realizar amostragem nas classes de declividade de 3-12% devido a escassez desta classe em tal litologia. Os pontos Guav 3 e Guav 4 estão localizados no quartzo diorito nas classes de declividade de 12-20% e 30-45% respectivamente. Os pontos Guav 5, Guav 6, Guav 7 e Guav 8 estão localizados no migmatito heterogêneo nas classes de declividade de 12-20%, 6-12%, 20-30% e 6-12% respectivamente. Não foi possível coletar amostra na classes de declividade de 30-45% já que a bacia encontra-se densamente ocupada dificultando o trabalho de coleta nestas declividades, e devido a pouca

quantidade de declividades maiores que 30%. **(ANEXO A)**. Cada amostra foi separada por horizontes de solo, assim, para uma mesma classes de declividade existem amostras nos diferentes horizontes, ou seja, no horizonte A e no C e subordinadamente no Bi quando presente.

4.1.2. Análise granulométrica

As análises granulométricas foram realizadas no Laboratório de Mineralogia e Sedimentologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (LMS/ATR - DIGEO - IPT), onde é seguido o procedimento proposto por SUGUIO, 1973, que se fundamenta na Lei de Stokes. Os sedimentos mais finos foram analisados pelo Método da Pipetagem, enquanto os mais grosseiros, pelo Método do Peneiramento.

O Método de Pipetagem baseia-se nas mudanças de concentração de partículas em uma suspensão originalmente uniforme, em função do intervalo de tempo e da profundidade de sedimentação.

Foi realizado duas baterias de ensaios, sendo a primeira, ensaios de granulometria realizados sem adição de dispersante, e a segunda, com adição de dispersante. O dispersante adicionado foi o hexametafosfato de sódio. **(ver resultado no ANEXO B)**

4.2. Mapa de Declividade

O Mapa de declividades é uma ferramenta importante em análises de risco, já que é capaz de indicar os locais onde os processos de erosão e escorregamento serão esperados com maior freqüência, já que se trata de um detalhamento do relevo, e no caso da Bacia Guavirutuba, os demais elementos de análise, como a geologia e os tipos de solos, são muito homogêneos.

O mapa de declividade foi elaborado a partir do mapa topográfico (com curvas de 10 em 10 m e escala 1:10.000) com o auxílio de um ábaco.

O ábaco foi elaborado para classes de declividades específicas e construído em poliester transparente para que se pudesse passá-los sobre a carta topográfica. As classes de declividades foram as seguintes: 0-3%, 3-6%, 6-12%, 12-20%, 20-30%, 30-45% e >45% **(ver mapa de declividade - ANEXO G)**. Para a construção do ábaco temos a seguinte regra:

$$I = h/d$$

onde:

I: é o valor (em cm) correspondente ao intervalo de declividade
h: amplitude entre as curvas ou diferença de cotas
d: classe de declividade

Para se efetuar o cruzamento com o uso e a ocupação, as classes de declividade foram agrupadas da seguinte maneira: 0-3% (planície aluvial), 3-12%, 12-30% e >30%.

Sendo que, na planície ocorre mais intensamente deposição, de 3 a 30% ocorre mais intensamente erosão, e em declividades maiores que 30% escorregamento.

4.3. Metodologia de Elaboração do Mapa de Uso e Ocupação

O Mapa de Uso e Ocupação da Bacia do Guavirutuba **(ANEXO G)** foi elaborado a partir de fotointerpretação de fotografias aéreas de 1986 na escala 1:10.000. Foi realizado trabalho de campo, que teve por objetivo a observação da forma de uso e ocupação atual da bacia, a fim de se comparar o uso de dez anos atrás com o atual e verificar as mudanças ocorridas para uma melhor elaboração do mapa. O Mapa de Uso e Ocupação apresentado pelo consórcio CNEC e JNS em 1997 na escala 1:50.000 auxiliou na elaboração do Mapa de Uso e Ocupação apresentado neste trabalho, já que se trata de um mapa recentemente interpretado a partir de imagens de satélite.

Determinou-se 14 categorias de uso e ocupação do solo: mata, capoeirão, capoeira, campo, várzea, área comercial, ocupação de padrão médio a alto, ocupação de padrão médio a baixo, ocupação de baixo padrão, urbanização precária (favelas), chácara, clube, loteamento parcialmente ocupado e solo exposto. Para a elaboração da carta de risco estas categorias foram agrupadas em classes homogêneas de comportamento frente aos seus potenciais de acelerar e induzir, com maior ou menor intensidade, os processos erosivos. Assim temos em ordem crescente de potencial erosivo:

CLASSE A	Mata, capoeirão, capoeira, várzea
CLASSE B	Área comercial, ocupação de médio a alto padrão, ocupação de médio a baixo padrão, campo, chácara, clube
CLASSE C	Ocupação de baixo padrão e urbanização precária (favelas)
CLASSE D	Solo exposto e loteamento parcialmente ocupado

Figura 25 -Classes de uso e ocupação da Bacia Guavirutuba

4.4. Caracterização da Suscetibilidade à Erosão

A associação e interação dos elementos do meio físico (solo, rocha e relevo) definem unidades homogêneas à suscetibilidade natural dos terrenos à erosão. Estas unidades formam setores diferenciados do terreno, com características particulares que lhes conferem uma determinada identidade.

Na Bacia Guavirutuba, tanto o solo quanto as litologias presentes apresentaram-se muito homogêneas em termos de potencial à produção de processos erosivo, assim, a suscetibilidade dos terrenos está intimamente ligada ao relevo. Sendo o Mapa de declividades um detalhamento das formas de relevo presentes na área, considerou-se que a suscetibilidade está condicionada principalmente a declividade, além das próprias

características do solo, já que os teores em silte são muito elevados, e os solos são pouco desenvolvidos e pouco profundos, o que condicionam alto potencial de ocorrência dos processos de erosão e consequentemente assoreamento e escorregamento.

Assim, a área da Bacia do Guavirutuba, é classificada como sendo de ALTA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO onde as declividades são médias a acentuadas e o solo apresenta-se exposto ou coberto por vegetação como gramíneas. Nestes locais é comum a presença de sulcos e ravinas, e a erosão laminar é muito intensa.

A partir destas considerações montou-se uma matriz de cruzamento, relacionando a suscetibilidade a erosão, a declividade e as classes de uso e ocupação que foram agrupadas em categorias homogêneas frente a indução de processos erosivos.

4.5. MATRIZ DE CRUZAMENTO

Após várias etapas de integração de informações para confecção dos mapas temáticos (geologia, topográfico), mapa de declividade e mapa de uso e ocupação, foi elaborada uma matriz de cruzamento relacionando as diferentes classes de declividade ao uso atual dos terrenos, já que, a suscetibilidade à erosão é homogêneas para as diferentes litologias presentes. Neste escopo, a declividade passa a ser o fator do meio físico determinante para o desencadeamento dos processos geológico-geotécnicos. Os padrões de uso e ocupação foram agrupadas em categoria homogêneas frente ao potencial de indução à processos erosivos, desse modo, as categorias A até D representam um grau crescente de indução de erosão.

Assim, determinou-se classes de risco homogêneas frente aos processos erosivos, que são provocados e intensificados pelas formas de uso do solo. A matriz ou chave de cruzamento utilizada foi a seguinte:

Litologia	Declividade	Categorias de uso e ocupação			
		A	B	C	D
Quartzo diorito, migmatitos (alta suscetibilidade à erosão)	0-3%	I	I	II	III
	3-12%	I	II	III	III
	12-30%	II	II	III	IV
	>30%	II	III	IV	IV

classe I
classe II
classe III
classe IV

Figura 26 - Matriz de cruzamento entre a suscetibilidade, declividade e uso e ocupação atual do solo.

CAPÍTULO 5: MAPA DE RISCO POTENCIAL A EROSÃO E DEMAIS PROCESSOS

5.1. INTRODUÇÃO:

A carta de risco potencial de erosão apresenta a compartimentação dos terrenos em unidades homogêneas de comportamento frente aos processos erosivos, e as recomendações para a atenuação e diminuição do risco potencial atual em área não ocupadas, a minimização dos impactos causados pelas formas de uso do solo atuais e orientações para adequar as formas de uso às potencialidades e exigências dos terrenos (IPT, 1997 c).

Estabeleceu-se quatro classes de risco potencial de erosão: ***Muito Alta, Alta, Média e Baixa***. Estas classes são resultado do cruzamento matricial de três atributos: a caracterização da suscetibilidade à erosão, as classes de declividade e o uso e ocupação atual dos solos.

5.2. Classes de Risco Potencial de Erosão

5.2.1. Classe I - Risco Potencial à Erosão Baixo:

Corresponde à parte da planície fluvial do Ribeirão Guavirutuba que é uma planície relativamente ampla e caracteriza-se por apresentar relevo plano, com vales abertos e de fundo chato, onde o risco baixo é determinado pelo uso. Ocorrem a capoeira, a vegetação de várzea e parte da área comercial. Compreendem também áreas de topo e vertente, onde o uso é o fator determinante do baixo potencial à formação de processos erosivos Predomina as matas nos topos de declividade de 3-12% e vertente com declividade de 20-30%.

Apesar do risco potencial à erosão ser baixo é comum observar processos de erosão de margem de canal. Dos impactos e problemas observados destacam-se as enchentes, inundações e assoreamento do fundo do vale **(ver mapa de fotos-ANEXO G-foto 2)**. Além destes problemas, existe a questão da contaminação das águas superficiais, através do lançamento de efluentes domésticos e lixo nos córregos, o que é muito freqüente nesta bacia devido à deficiência na infra-estrutura.

A ação da erosão fluvial é verificada através do solapamento das margens caracterizando o estado de instabilidade de alguns trechos destes cursos **(foto 1-ANEXO G)**, juntamente com a movimentação de terra e degradação vegetal (mata ciliar).

Não são áreas recomendadas para a expansão urbana, exceto para o lazer e parques.

5.2.1.1. Recomendações

Os cuidados mais importantes refere-se à instalação de sistema de drenagem e saneamento. Além disso, é necessário um Plano diretor de controle das erosões por solapamento das margens, desassoreamento, obras de controle de enchentes e implantação de sistema de tratamento de esgoto em toda a bacia hidrográfica. É necessário

manter uma faixa de preservação da vegetação nos entornos das drenagens para prevenir a erosão e estabilizar as margens fluviais instáveis recompondo a mata ciliar.

Deve-se determinar uma faixa de preservação permanente para todos os cursos d' água perenes, no mínimo de 30 m em cada margem, providenciando a remoção das moradias instaladas na área de preservação, destinando-as para parques e praças de esporte e lazer.

Nos topos onde a mata ainda encontra-se preservada, antes da ocupação efetiva da área, deveriam ser feitos estudos para uma melhor implantação do sistema de drenagem e sistema viário, a fim de se minimizar a quantidade de cargas sólidas provenientes de tais regiões, além de se implantar sistema de esgoto e água para se evitar a contaminação da água.

Evitar a instalação de fossas negras ou fossas sépticas nos fundos de vales. Deve-se prever o dimensionamento adequado das calhas e travessias do sistema de drenagem e sistema viário. Deve-se evitar obras de movimentação de terra em períodos chuvosos (outubro a março). Realização de inspeção periódica dos sistemas de drenagem com desassoreamento constante dos sistemas obstruídos. Proibir através de fiscalização intensiva, as ocupações irregulares (favelas, loteamentos clandestinos, etc.), junto às planícies fluviais (várzea).

5.2.2. Classe II - Risco Potencial Médio

Correspondem área de relevo mais acidentado, sob o domínio dos morrotes e com declividades variado de baixas (planície fluvial) até muito alta (>30%). Nesta classe o potencial de risco é determinado pelo uso do solo e declividade. A cobertura pedológica está sob o domínio dos solos litólicos e dos cambissolos.

14513

Nas planícies ocorrem as seguintes classes de uso: ocupação de médio a baixo padrão e urbanização precária. Apesar do relevo não propiciar o processo de erosão de forma intensa, são áreas passíveis de enchentes e inundações, já que ocupam a área de inundação natural do rio. Outro impacto proveniente desta forma de ocupação é a contaminação das águas pelo lançamento de efluentes domésticos no ribeirão e nas proximidades das casas devido, na maioria das vezes, à falta de sistema de coleta de lixo. Na maioria dos casos a planície é aterrada para a ocupação com entulhos e lixos de todas as espécies, o que torna instável a fundação das casas, podendo causar a movimentação desta "massa instável" e provocar carreamento deste material pelo leito do rio se uma chuva torrencial ou muito prolongada se estabelecer, já que o ribeirão não é canalizado.

Nas vertentes com declividade variando de 3 a 30%, sob o domínio do risco potencial médio, encontra-se as seguintes categorias de ocupação: área comercial, ocupação de médio padrão, ocupação de alto padrão, campo, chácara e clube. A erosão, nestas áreas, restringem-se nos locais onde aparecem solo exposto, como por exemplo, terrenos baldios

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
— BIBLIOTECA —

ou movimentações de terra, que não foram possíveis de ser mapeados nesta escala de trabalho. Isto porque tratam-se de áreas mais consolidadas e com alta densidade de ocupação, onde a maioria das ruas apresentam-se pavimentadas e com sistema de drenagem e coleta de lixo e esgoto aceitáveis.

As declividades maiores que 30% e de 12-30% são ocupadas pelas matas e capoeiras. Estão classificadas como de risco médio devido às altas declividades. Assim, pode-se ocorrer erosão laminar e escorregamentos nas declividades maiores que 30% **(ver mapa de fotos-ANEXO G-foto 3)**, já que os solos são pouco profundos, estando o contato entre o solo e a rocha a poucos metros de profundidade, delimitando assim, uma descontinuidade que facilita este processo.

Estas áreas estão mais expostas a risco de formação de erosões do tipo laminar em função do uso presente, no entanto, sulcos podem ocorrer mais facilmente quando há aumento significativo da concentração do escoamento superficial e aumento da declividade dos terrenos **(ver mapa de fotos-ANEXO G-foto 4)**.

São área favoráveis à ocupação com exceção nos fundos de vales e áreas onde a declividade é muito acentuada.

5.2.2.1. Recomendações

Como a maior parte destas áreas apresentam-se consolidadas, com infra-estrutura completa, as recomendações referem-se apenas à manutenção das obras instaladas, principalmente o sistema de galerias de águas pluviais.

Deve-se tomar cuidados especiais quanto à água superficial que é lançada a jusante em locais ainda não consolidados, ou em terrenos de solo exposto, sendo este lançamento realizado através de sistema de dissipação adequado, procurando evitar a concentração de água em um único ponto. Devem-se evitar obras que envolvam movimentação de terra em épocas chuvosas (outubro a março). Outra medida importante é manter os lotes vazios sempre com cobertura vegetal. Inspeção periódica do sistema viário para verificar qualquer alteração face à ocorrência de erosão. Prever obras de drenagem com dissipadores de energia nas extremidades de saída das galerias. Providenciar reparo das obras de infra-estrutura viária.

5.2.3. Classe III - Risco Potencial Alto

O uso é o principal fator determinante das situações de alto risco potencial de erosão, principalmente em área ocupadas pelo loteamento parcialmente ocupado, solo exposto, urbanização precária (favelas) e ocupação de baixa renda.

A situação mais crítica é dada pela presença de solo exposto em declividades que variam de 0 a 12%, seguido pela ocupação precária, onde a ocupação é feita em

declividade de 3 a 30%. O loteamento parcialmente ocupado e as ocupações de baixo padrão também contribuem no risco alto à erosão.

Nestas classes o potencial de erosão é elevado, onde está presente a erosão laminar **(ver mapa de fotos-ANEXO G-foto 7)** e sulcos **(ver mapa de fotos-ANEXO G-foto 8)**, que começam a se formar rapidamente, já que os solos presentes possuem baixo poder de coesão entre as partículas. Outro impacto presente, é a degradação dos recursos hídricos superficiais pelo entupimento dos córregos com lixo e entulho, além de lançamento de esgoto diretamente nos córregos devido à falta de saneamento. Ocorre ainda problemas de enchentes em pontos isolados, onde a declividade não passa de 6%.

Mesmo nas área mais consolidadas, como é o caso das ocupações de médio a baixo padrão, situadas à montante dos trechos de maior declividade, esta é a principal causadora do aporte de água e consequentemente das erosões **(mapa de fotos- ANEXO G-fotos 5 e 6)** . Estas áreas apresentam-se com a maior parte das ruas pavimentadas, o que impede a infiltração da água, a maior parte do sistema viário corta as curvas de nível o que faz com que a água adquira muita energia e grande poder destruidor ao atingir regiões menos protegidas, como por exemplo, solos expostos ou favelas.

5.2.3.1. Recomendações:

Como trata-se de áreas com infra-estrutura precária, a medida mais urgente é a instalação de sistema de água e esgoto e coletas de lixo periódicas para toda a região, à fim de minimizar a contribuição destas áreas no processo de degradação da qualidade das águas. Outra recomendação é manter os locais com solo exposto sempre coberto com algum tipo de vegetação. Obras de controle de enchentes poderiam ser feitas, além das demais recomendações citadas anteriormente.

Nas favelas podem ser utilizados sistemas de drenagem alternativos, como terraços (curva de nível e camalhões), canaletas, dissipadores.

Outro aspecto que deve ser considerado é evitar a concentração do escoamento superficial de água em cabeceiras de drenagem desprovidas de sistema de drenagem adequado (captação, condução e dissipação, com as saídas em canais de escoamento protegidos).Evitar o escoamento de grandes volumes de águas pluviais nos leitos das vias ainda não pavimentadas e cabeceiras de drenagem, privilegiando o seu lançamento nas linhas de drenagem natural. Em caso de cortes e aterros, prever a revegetação imediata para proteção contra erosão.

5.2.4. Classe IV - Risco Potencial Muito Alto

Corresponde a áreas de declividade muito acentuada e cabeceiras de drenagem dos tributários do Ribeirão Guavirutuba. Em parte, esta classe é determinada pelo uso, onde

encontram-se favelas, ocupação de baixa renda, solo exposto e a maior parte do loteamento.

Nesta classes de risco é comum a ocorrência de erosão laminar, em sulcos e ravinas **(mapa de fotos-ANEXO G-fotos 9 e 10)** principalmente onde o solo está exposto ou coberto por gramíneas. Apesar do loteamento ser bem estruturado, com sistema de drenagem e pavimentação das ruas, devido a alta suscetibilidade do solo no desenvolvimento de processos erosivos, formou-se ravina em declividade de aproximadamente 20%.

Outro processo que pode atuar nesta classe de risco são os escorregamentos observados em vários pontos da Bacia Guavirutuba **(ver fotos 11, 13 e 14 do mapa de fotos)** devido a baixa coesão entre as partículas do solo. Todos os escorregamentos observados são circulares, o que faz concluirmos que talvez seja um padrão para estas litologias.

Demais impactos como assoreamento nos cursos d'água a jusante, poluição dos recursos hídricos superficiais, e risco a edificações também são esperados.

5.2.4.1. Recomendações

Esta unidade é a que apresenta as maiores restrições quanto à ocupação urbana e, por isso deve-se utilizar as recomendações das unidades anteriores. É necessário um plano de remoção das favelas que ocupam as cabeceiras de drenagem, se não for possível, um projeto de melhoria das condições sanitárias e de infra-estrutura de tais ocupações. Nas áreas de cabeceira de drenagem, onde a declividade é superior a 20%, prever após remoção das famílias, a recomposição e preservação da cobertura vegetal

Os lotes vagos, principalmente os presentes no loteamento parcialmente ocupado, manter sempre com vegetação e muros, pois estas medidas contribuem para a redução do escoamento superficial, através da retenção e infiltração da água no próprio lote. Em caso de cortes e aterros, mesmo que de pequenas dimensões, prever a proteção superficial através de revegetação para prevenção contra erosão e possíveis escorregamentos.

Os locais de declividade superior a 30% devem ser destinados a áreas de preservação permanente. Obras de contenção de taludes devem ser feitos quando colocar em risco vidas humanas.

Para todas as considerações consultou-se IPT, 1997b; IPT, 1998 e IPT *et al*,1986.

CAPÍTULO 6 : CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

A Bacia Guavirutuba situa-se a aproximadamente 2 km de distância do ponto de captação de água da Sabesp, o que a torna de considerável importância. Assim, é fundamental um estudo detalhado dos impactos sofridos por esta pequena bacia, já que, se

refletirão diretamente e muito rapidamente na qualidade da água captada e fornecida para a população.

Esta bacia hidrográfica apresenta um relevo muito acidentado, com declividades dominantes maiores que 12%, onde é comum e abundante trechos de 20 a 45% de declividade e rupturas de declive positivas. Não ocorrem solos muito diferenciados, estando a bacia sob o domínio de solos pouco desenvolvidos e rasos: os cambissolos e os litólicos. Estes solos possuem baixa resistência a erosão devido a alta quantidade de silte, já que o silte não apresenta agregação entre as partículas como as argilas, sendo facilmente "arrancada" do solo, e não são pesadas como as areias sendo mais facilmente translocadas. As análises de erodibilidade mostraram que tanto os migmatitos quanto o quartzo diorito são muito erodíveis, e de certa forma, muito homogêneas, estando os limites da erodibilidade muito próximas.

Por estas observações, do ponto de vista do meio físico, a área total da bacia é considerada como de alta suscetibilidade à erosão, não tendo sido encontrada nenhuma evidência além da declividade que evidenciasse limites diferenciados deste parâmetro. Assim, conclui-se que para a Bacia Guavirutuba, o fator determinante da ocorrência de processos erosivos e consequentemente do assoreamento, foram as altas declividades e o uso do solo, fator dinâmico e responsável pela indução de processos de erosão, escorregamento e assoreamento.

Cerca de 50% da bacia foi classificada como sendo de risco potencial à erosão médio, seguido do risco alto, muito alto e baixo respectivamente. O risco médio ocorre em áreas onde a ocupação é mais consolidada, com presença de infra-estrutura urbana como: pavimentação, sistema de água e esgoto. Conclui-se que o uso foi o fator determinante para este resultado, já que a bacia apresenta alta densidade de ocupação, sendo raro locais onde há solo exposto, como terrenos baldios, praças, etc... Assim, acredita-se que em épocas remotas, quando a bacia era pouco ocupada, o problema da erosão era mais evidente, ocorrendo mesmo em áreas onde a vegetação era pouco expressiva, como nos campos e pastagens, fato observado ainda hoje, cuja ocorrência de erosão (sulcos e ravina) em áreas de solo exposto ou coberto por vegetação de gramíneas é freqüente (loteamento parcialmente ocupado - (**ver mapa de fotos ANEXO-G-fotos 8, 9 e 10)**

Os escorregamentos são característicos de áreas onde a declividade é acentuada, ocorrendo de forma isolada em vários pontos da bacia **(mapa de fotos ANEXO-G - fotos 3, 12, 13 14)**. Além do fator uso e ocupação no processos de deflagração dos escorregamentos é importante lembrar das características e fragilidade natural dos terrenos, além da própria textura heterogênea dos migmatitos., cujo intemperismo propicia uma característica friável e arenosa em certas porções e mais resistentes em outras. Conclui-se que dada as características dos solos, os locais de solo exposto em altas declividades apresentam alto risco a escorregamentos, principalmente na épocas das chuvas (outubro a

março). Assim, deve-se evitar movimentos de terra ou obras de construção civil em tais épocas.

O assoreamento que observamos atualmente na foz do Ribeirão Guavirutuba **(mapa de fotos em ANEXO foto 2)** é em grande parte, resultado das épocas de maior intensidade nos processos erosivos, com graves reflexos na atualidade, cujos impactos não são apenas de ordem local, mas regional. O assoreamento prejudica o abastecimento de água na Região Metropolitana de São Paulo, pois diminui a capacidade de armazenamento do reservatório, além de reter grande quantidade de poluentes como metais pesados cujo comportamento é de colóide.

Outra séria conseqüência do assoreamento é o aumento das magnitudes e freqüência das cheias, afetando grande parte da população e causando sérios danos de ordem socio-econômica. Esta questão está intimamente ligada à crescente urbanização, que é responsável pela impermeabilização do terreno, diminuição da infiltração, redução na capacidade de armazenamento e a retenção no leito do rio, nas várzeas e nas demais depressões da bacia. Com estes fatos e levando-se em conta a natureza/tipo do assoreamento (entulho, matéria orgânica, esgoto doméstico), concluí-se que a população ribeirinha que ocupa as áreas planas e situadas na várzea do ribeirão ou sobre o próprio, por habitarem a área alagadiça, sofrem sérios riscos à saúde quando da ocorrência de enchentes, já que encontram-se em contato direto com a água destes córregos, que se tornou um dos principais focos transmissores de doenças dada às condições atuais.

Um outro aspecto importante na dinâmica do processos de assoreamento e conseqüente cheias do ribeirão Guavirutuba é a presença de ruas e avenidas fortemente inclinadas, não respeitando as leis nacionais e estaduais de parcelamento de solos, que admitem declividades máximas de ruas e avenidas de 10% **(ver mapa de fotos-foto 6 e ANEXO F foto 11)**. Esta é uma questão delicada, pois, as ruas com ou sem pavimentação constituem-se de caminhos preferenciais de escoamento das águas pluviais, o que proporciona ganho na velocidade de escoamento da água. Em ruas não pavimentadas, o volume de água da enxurrada é menor devido a infiltração natural, mas um problema observado é o carreamento de sedimentos, não esperado em uma rua asfaltada. Em ruas asfaltadas o volume de água que escorre na superfície é muito maior devido a sua característica impermeável, mas em contra partida, não ocorre remoção de solo. O maior problema é quando existe a presença de ruas não asfaltadas em níveis inferiores as ruas asfaltadas, já que sofrerão uma descarga de água com velocidade que é função da declividade do terreno e da rugosidade da superfície asfaltada e com um volume tanto maior quanto maior for o comprimento do percurso, o que condiciona uma maior remoção de solo, devido a concentração de água. Este fato ocorre em toda a Bacia do Guavirutuba, onde observa-se avenidas principais nos pontos mais altos da bacia, muitas vezes, coincidindo com o limite da própria bacia. Isso faz com que muito mais sedimentos sejam carreados

para o ribeirão Guavirutuba e consequentemente para o próprio reservatório Guarapiranga. Observa-se também ruas asfaltadas e não asfaltadas que desembocam diretamente na drenagem, sendo que os entornos desta drenagem, muitas vezes apresentam muita remoção de solo, entulhos e até aterros constituídos por sedimentos, entulho e lixo (ver **fotos 12, 13 e 14- ANEXO F)**, o que facilita o transporte de todo esse material (entulho, esgoto, lixo doméstico) e sedimentos produzidos por esta bacia de captação é diretamente carreado para o reservatório Guarapiranga,

Atualmente problemas como a deterioração da qualidade da água é um dos problemas mais sérios nesta bacia, onde ainda é comum o lançamento de eflúvios domésticos (esgoto e lixo) diretamente nas águas do ribeirão e córregos. A qualidade da água é prejudicada devido a alta quantidade de sólidos em suspensão, tendo como causa a erosão e conseqüência o assoreamento. Análises físico-químicas revelam altos teores de sólidos em suspensão nas águas do Ribeirão Guavirutuba, que contribuem com 3435,9 toneladas de sólidos transportados pelo ribeirão em um período de um ano. A partir dos dados de tais análises conclui-se que as águas do ribeirão são de baixa qualidade e não potáveis, estando assim, fora dos parâmetros estabelecidos pela CONAMA para águas de classe 1.

A ocupação da Bacia Guavirutuba deveria ter sido planejada e restrita nas áreas de menor declividade. As margens e a várzea do ribeirão não deveriam ser ocupadas respeitando-se os limites impostos pelas normas florestais, e a vegetação deveria ser preservada. Todas as cabeceiras de drenagem deveriam ser de preservação permanente, fato contraditório, já que atualmente as cabeceiras de drenagem são ocupadas por favelas, caracterizadas por ser a forma mais impactante quanto a poluição dos recursos hídricos. A remoção e reflorestamento de tais áreas, seria a forma mais adequada de se resolver uma série de problemas decorrentes da forma inadequada de uso, ou melhor ainda, que tais área jamais tivessem sido ocupadas.

Soluções para os impactos existem, mas com custos elevados. Uma forma mais econômica é evitar este tipo de problema, assim propõem-se elaboração de cartas de risco como subsídio técnico para as futuras ocupações em áreas como a Bacia Guavirutuba e demais áreas similares do Brasil.

São Paulo, 9 de Novembro de 1998.

Juliana Keiko Tsugawa
(aluna de graduação do Instituto de
Geologia - USP)

Prof. Dr. Uriel Duarte
(professor-orientador do Instituto de
Geociências - USP e diretor do CEPAS)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGUSTO FILHO, O.; CERRI, L. E. S.; AMENOMORI, C. J., 1990. Riscos Geológicos. Aspectos Conceituais

AUGUSTO FILHO, O., 1995. Escorregamentos em Encostas Naturais e Ocupadas: Análise e Controle. In: Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. IPT-ABGE. 1ª ed. p. 77-100.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F., 1985. Conservação do solo. 1ª ed. 392p.

BITAR. O.Y.; CERRI, L. E. S.; NAKAZAWA, V. A., 1992. Carta de Risco Geológico e Carta Geotécnica: uma diferenciação a partir de casos em áreas urbanas no Brasil. In: Simpósio Latino Americano sobre Risco Geológico Urbano, 2, SP. p. 35-41.

CARLSTRON, C.; PRANDINI, F. L. 1981. A erosão e o assoreamento nas bacias de captação e reservatórios de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo - Sistema Cantareira. In: II Simpósio sobre o Controle de Erosão. Vol. II, ABGE.

CINTRA, F.A.; IJICHI, T.; BRIGHETTI, G.; BARROS, M. T. L.; NAKAE, T., 1981. Avaliação do transporte sólido na Bacia do Alto Tietê - trecho cidade de São Paulo, visando otimizar sistema permanente de drenagem. In: II Simpósio sobre Controle de Erosão. Vol II, ABGE.

CONSÓRCIO CNEC & JNS. 1997. Relatório do Projeto Guarapiranga

CONSÓRCIO JPE-EPAL-TAHAL E SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, 1997. Diagnóstico Limnológico e Ecológico do Reservatório Guarapiranga. Relatório Técnico Parcial: 1, 2 e 3. Relatório de andamento II.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE):
Totais mensais de chuva do Estado de São Paulo (período de 1976 a 1991). DAEE-CTH, 1993.

EMPLASA. Mapa Topográfico do Levantamento Aerofotogramétrico de 1981. Folhas 2344 e 3333. Escala 1:10.000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT:

1981. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000. vol I.

1991. Determinação da erodibilidade de material proveniente da alteração de rochas do embasamento pré-Cambriano e da Bacia Sedimentar Terciária de São Paulo. Relatório n º 29.788.

1981a. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1:1.000.000

1990. Carta de Aptidão Física ao assentamento Urbano. Escala 1:50.000. Guia de utilização e as cartas Embu-Guaçu e São Paulo.

1992. Estudo da dinâmica da erosão - assoreamento em sub-bacias contribuintes do Reservatório de Capivara. Relatório n º 30.283.

1996. Adequação e controle da mineração na Bacia do Guarapiranga: levantamento geológico e geomorfológico. Relatório n º 34.540. Vol. I e II

1997. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000. vol I.

1997a. Programa de Controle de Erosão Urbana: projeto-piloto da Bacia do Rio Santo Anastácio. Relatório n º 35.980.

1997b. Subsídios técnicos para plano de controle preventivo e corretivo de erosão na área urbana do município de São José do Rio Preto, SP. Relatório n º 35.462.

1998. Subsídios técnicos para um Plano de Controle Preventivo e Corretivo de Erosão para a área urbana do município de Franca, SP. Relatório n º 7.149

IPT, SNM, SICCT, EMPLASA, GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1986. Loteamentos: Manual de Recomendações para elaboração de projeto. 2 ª ed.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D., 1984. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. 2 ª ed. 45p.

MONTEIRO, C. A , F., 1973. A dinâmica e as chuvas no Estado de São Paulo (dados de 1941 a 1970). Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo.

OGURA, A. T., 1995. Análise de Riscos Geológicos em Planos Preventivos de Defesa Civil. In: Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. IPT-ABGE. 1ª ed. p. 203-215.

OLIVEIRA, A.M.S. 1995. Assoreamento em cursos e Corpos d´água. In: Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. IPT-ABGE. 1ª ed. p.59-76.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P, K, T.; CAMARGO, M. N., 1992. Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. FUNEP. 201 p.

PEREIRA, V. P.; SOUZA, A. O.; BONADIO, J. D. B., 1981. Alguns aspectos de erosão em áreas urbanas. In: II Simpósio sobre Controle de Erosão. Vol II, ABGE.

PONÇANO, W. L.; CHRISTOFOLETTI, A., 1987. Procedimentos estimativos para taxas de erosão pluvial em regiões tropicais. In: 4 º Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Marília-SP de 15 a 19 de fevereiro de 1987. Anais.

PRADO, H., 1995. Manual de classificação de solos do Brasil. FUNEP. 2 ª ed.. 197p.

PRANDINI, F.L.; NAKAZAWA, V. A.; FREITAS, C. G. L.; DINIZ, N. C., 1995. Cartografia Geotécnica nos Planos Diretores Regionais e Municipais. In: Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. IPT-ABGE. 1ª ed. p. 187-202.

SABESP. 1998. Dados pluviométricos e fluviométricos referentes aos anos de 1990 a 1998.

SALOMÃO, F. X. T.; IWASA, O.Y. 1995. Erosão e a Ocupação Rural e Urbana. In: Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. IPT-ABGE. 1ª ed. p.31-57.

SANT'ANNA NETO, J. L., 1997. Mudanças climáticas no Estado de São Paulo: a variabilidade e a tendência das chuvas nos últimos 100 anos. In: Indicadores Geoambientais. Sorocaba: 1997, s. n., 266 p. il.

SILVA, J. A. F., 1998. Cartografia Geotécnica: ensaio de aplicação da sistemática do detalhamento progressivo no município de Rio Claro (SP). Fapesp - Iniciação Científica. Processo 96/3099-0. Relatório final. Inédito.

SUGUIO, K., 1973. Introdução à sedimentologia. 10 ª ed. p: 26-61.

ANEXO A: DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DOS SOLOS

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DO SOLO DA BACIA GUAVIRUTUBA

Os pontos de amostragem estão localizados no mapa de pontos que se segue:

Mapa de localização dos pontos de amostragem de solo

Perfil: Guav 1

Classificação Pedológica: **LITÓLICO**, A-fraco
Localização (UTM): 7.379.380 (N), 322.320 (E)
Situação: terço inferior de encosta
Relevo regional: ondulado - morrotes
Declividade: 12-20%
Litologia: migmatitos homogêneos (PeMhm)
Uso do solo: reflorestamento dentro de uma propriedade de alto padrão
Processos erosivos: laminar

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor (escala de Mansell)	Textura	Consistência Molhada
A	00-10	5YR 3/4 (bruno avermelhado escuro)	siltosa	muito plástica e muito pegajosa
C1	10-30	5YR 4/6 (vermelho amarelado)	siltosa	muito plástica e muito pegajosa
C2	30-40	5YR 4/6 (vermelho-amarelado)	siltosa c/ cascalhos	muito plástica e muito pegajosa
C3	40-100	Vermelho arroxeado a acizentado	areno-siltosa	não plástica e pouco pegajosa

Perfil: Guav 2

Classificação Pedológica: **CAMBISSOLO** A-moderado
Localização (UTM): 7.379.425 (N), 322.185 (E)
Situação: terço superior de encosta
Relevo regional: ondulado - morrotes
Declividade: 30-45%
Litologia: migmatitos homogêneos (PeMht)
Uso do solo: chácara
Processos erosivos: laminar

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor (escala de Mansell)	Textura	Consistência Molhada
A	00-20	5YR 3/4 (bruno avermelhado escuro)	síltico	muito plástica e pegajosa
Bi	20-40	5YR 4/6 (vermelho amarelado)	siltosa	muito plástica e pegajosa
C1	40-80	7,5YR 5/8 (bruna forte)	siltosa c/ cascalhos	pouco plástica e pegajoso
C2	80-120	Marrom arroxeado	siltosa c/ cascalhos	pouco plástica e pegajoso
C3	120-140	Arroxeado	arenosa	não plástica e não pegajosa

Perfil: Guav 3

Classificação Pedológica: **CAMBISSOLO**, A-moderado
Localização: 7.380.965 (N), 321.050 (E)
Situação: topo de vertente
Relevo regional: ondulado -morrotes
Declividade: 6-12%
Litologia: quartzo diorito (PeD)
Uso do solo: loteamento parcialmente ocupado
Processos erosivos: laminar, sulcos e ravinas

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor (escala de Mansell)	Textura	Consistência Molhada
*A	00-15	5YR 3/4 (bruno avermelhado escuro)	siltosa	plástico e pegajoso
*C	15-80	5YR 4/6 (vermelho amarelado)	siltosa	plástico e pegajoso
transição	80-100	7,5YR 4/4 (bruno escuro)	siltosa	plástico e pegajoso
**A	100-120	5YR 3/4 (bruno avermelhado escuro)	siltosa	plástico e pegajoso
**Bi	120-140	5YR 4/6 (vermelho amarelado)	siltosa	não plástico e pouco pegajoso
**C	140-200	7,5YR 5/8 (bruna forte)	siltosa	não plástico e pouco pegajoso

*solo do aterro
** solo natural do local

Perfi: Guav 4

Classificação Pedológica: **LITÓLICO**, A-moderado
Localização: 7.380.700 (N), 321.115 (E)
Situação: terço inferior de vertente
Relevo regional: ondulado - morrotes
Declividade: 30-45%
Litologia: quartzo diorito (PeD)
Uso do solo: loteamento parcialmente ocupado
Processos erosivos: laminar, sulcos e ravina

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor (escala de Mansell)	Textura	Consistência Molhada
A/C	00-40	2,5YR 3/4 (bruno avermelhado escuro)	siltosa	plástico e muito pegajoso
C	40-80	10R 3/6 (vermelho escuro acizentado)	siltosa	pouco plástico e pouco pegajoso

Perfil: Guav 5

Classificação Pedológica: **CAMBISSOLO**, A-moderado
Localização: 7.378.255 (N), 321.816 (E)
Situação: sopé da encosta (próximo a planície)
Relevo regional: ondulado - morrotes
Declividade: 12-20%
Litologia: migmatitos heterogêneos (PeMht)
Uso do solo: reflorestamento dentro do condomímio com ocupação de alto padrão
Processos erosivos: laminar, sulcos observado em ruas sem asfalto

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor (escala de Mansell)	Textura	Consistência Molhada
A	00-20	5YR 3/4 (bruno avermelhado escuro)	síltico-arenosa	plástico e muito pegajoso
Bi	20-40	5YR 4/6 (vermelho amarelado)	siltosa	muito plástico e pegajoso
C	40-60	5YR 4/6 (vermelho amarelado)	síltico-arenosa	pouco plástico e pouco pegajoso

Perfil: Guav 6

Classificação Pedológica: **LITÓLICO** c/ hidromorfia
Localização: 7.378.429 (N), 321.653 (E)
Situação: sopé de encosta
Relevo regional: ondulado - morrotes
Declividade: 6-12%
Litologia: migmatitos heterogêneos (PeMht)
Uso do solo: reflorestamento dentro do condomínio de alto padrão
Processos erosivos: laminar, sulcos nas ruas sem pavimentação

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor (escala de Mansell)	Textura	Consistência Molhada
A/C	00-20	10R 4/3 (vermelho acizentado a arroxeado)	síltico-arenosa	pouco plástica e pouco pegajosa

Perfil: Guav 7

Classificação Pedológica: **CAMBISSOLO**, A-fraco
Localização: 7.378.670 (N), 321.345 (E)
Situação: terço superior de encosta
Relevo regional: ondulado - morrotes
Declividade: 20-30%
Litologia: migmatito heterogêneo (PeMht)
Uso do solo: terreno vazio dentro do condomínio de alto padrão
Processos erosivos: laminar e sulcos nas ruas sem pavimentação

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor (escala de Mansell)	Textura	Consistência Molhada
A	00-20	7,5YR 3/4 (bruno escuro)	síltico-arenosa	plástico e pegajoso
A/C	20-80	10R 3/4 (bruno amarelado escuro)	síltico-arenosa c/ cascalhos	plástico e pegajoso
C	80-160	10YR 5/6 (bruno amarelado)	síltico-arenosa c/ cascalhos	pouco plástico e pegajoso

Perfil: Guav 8

Classificação Pedológica: **LITÓLICO**, A-ausente
Localização: 7.379.555 (N), 321.383 (E)
Situação: topo de encosta
Relevo regional: ondulado - morrotes
Declividade: 6-12%
Litologia: migmatito heterogêneo(PeMht)
Uso do solo: terreno vazio em área de ocupação de baixa renda
Processos erosivos: laminar, sulcos

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor (escala de Mansell)	Textura	Consistência Molhada
C	00-100	10R 4/6: vermelho (parte mais rasa) 2,5YR 4/6: vermelho (parte mais profunda)	síltico-argiloso	pouco plástica e pouco pegajosa

ANEXO B: TABELA DOS ÍNDICES DE DISPERSÃO E BOYOUCOS
&
RESULTADO DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

Indice de Dispersão e Índice de Boyoucos

Ponto	profundidade	horizonte	litologia	declividade	com dispersante				sem dispersante			ÍNDICE DE DISPERSÃO DE MIDDLETON (1930)	ÍNDICE DE BOYOUCOS (modificado por Lombardi & Bertoni, 1989)
					% silte	% argila	% areia	silte + argila	% silte	% argila	silte + argila	silte+argila disperso / silte+argila	%areia+%silte / %argila
Guav 01	00-20	A	PeMhm	12-20% (M)	27,32	32,81	39,74	60,13	40,97	17,18	58,15	0,97	2,04
	30-40	C	PeMhm	12-20% (M)	36,05	22,32	29,93	58,37	52,49	0,92	53,41	0,92	2,96
Guav 02	00-20	A	PeMhm	30-45% (A)	19,43	31,77	47,41	51,2	33,84	18,21	52,05	1,02	2,10
	20-40	B	PeMhm	30-45% (A)	23,08	36,06	38,15	59,14	41,33	19,94	61,27	1,04	1,70
	100-120	C	PeMhm	30-45% (A)	39,45	26,88	33,67	66,33	61,91	0,21	62,12	0,94	2,72
Guav 03	00-20	A	PeD	6-12% (B)	24,81	41,7	33,45	66,51	40,8	22,72	63,52	0,96	1,40
	60-80	C	PeD	6-12% (B)	13,49	53,83	32,62	67,32	70,13	0,13	70,26	1,04	0,86
	100-120	A	PeD	6-12% (B)	13,15	54,58	32,21	67,73	68,53	0,23	68,76	1,02	0,83
	120-140	B	PeD	6-12% (B)	12,59	49,58	37,74	62,17	66,07	0,36	66,43	1,07	1,02
	140-160	C	PeD	6-12% (B)	13,81	47,01	39,06	60,82	65,11	0,14	65,25	1,07	1,12
Guav 04	00-20	A/C	PeD	30-45% (A)	37,41	41,93	19,28	79,34	86,93	0,16	87,09	1,10	1,35
	40-60	C	PeD	30-45% (A)	51,57	27,14	20,95	78,71	76,6	0,1	76,7	0,97	2,67
Guav 05	00-20	A	PeMht	12-20% (M)	23,96	30,53	44,36	54,49	43,38	15,21	58,59	1,08	2,24
	20-40	B	PeMht	12-20% (M)	25,07	41,98	32,42	67,05	70,67	0,28	70,95	1,06	1,37
	40-60	C	PeMht	12-20% (M)	20,42	26,85	43,77	47,27	46,34	0,13	46,47	0,98	2,39
Guav 06	00-20	A/C	PeMht	6-12% (B)	51,86	20,67	26,65	72,53	60,66	17,95	78,61	1,08	3,80
Guav 07	00-20	A	PeMht	20-30% (M)	27,26	28,73	38,74	55,99	43,04	17,86	60,9	1,09	2,30
	40-60	A/C	PeMht	20-30% (M)	17,32	28,41	48,99	45,73	29,71	18,11	47,82	1,05	2,33
	100-120	C	PeMht	20-30% (M)	14,36	37,91	45,87	52,27	46,04	11,35	57,39	1,10	1,59
Guav 08	00-20	C	PeMht	6-12% (B)	37,03	40,12	22,57	77,15	67,83	0,35	68,18	0,88	1,49

Tabela 1 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 1 (0-20) (LPTR-541/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	31,42 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	30,75 g	Fator de correção:	1,02

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,04	0,13	0,13
1,400	-0,5	0,08	0,26	0,39
1,000	0,0	0,26	0,85	1,24
0,710	0,5	0,79	2,57	3,80
0,500	1,0	1,68	5,46	9,27
0,350	1,5	1,94	6,31	15,58
0,250	2,0	1,81	5,89	21,46
0,177	2,5	1,08	3,51	24,98
0,125	3,0	2,09	6,80	31,77
0,088	3,5	1,67	5,43	37,20
0,062	4,0	0,82	2,67	39,87
0,031	5,0	1,90	6,18	46,05
0,016	6,0	2,60	8,46	54,50
0,008	7,0	1,78	5,79	60,29
0,004	8,0	2,12	6,89	67,19
<0,004	>9,0	10,09	32,81	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,13	% de silte =	27,32
% de areia=	39,74	% de argila =	32,81

Classificação de Shepard (1954): areia síltico-argilosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	5,17	silte médio
Desvio Padrão	=	3,02	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,13	assimetria negativa
Curtose	=	0,61	muito platicúrtica

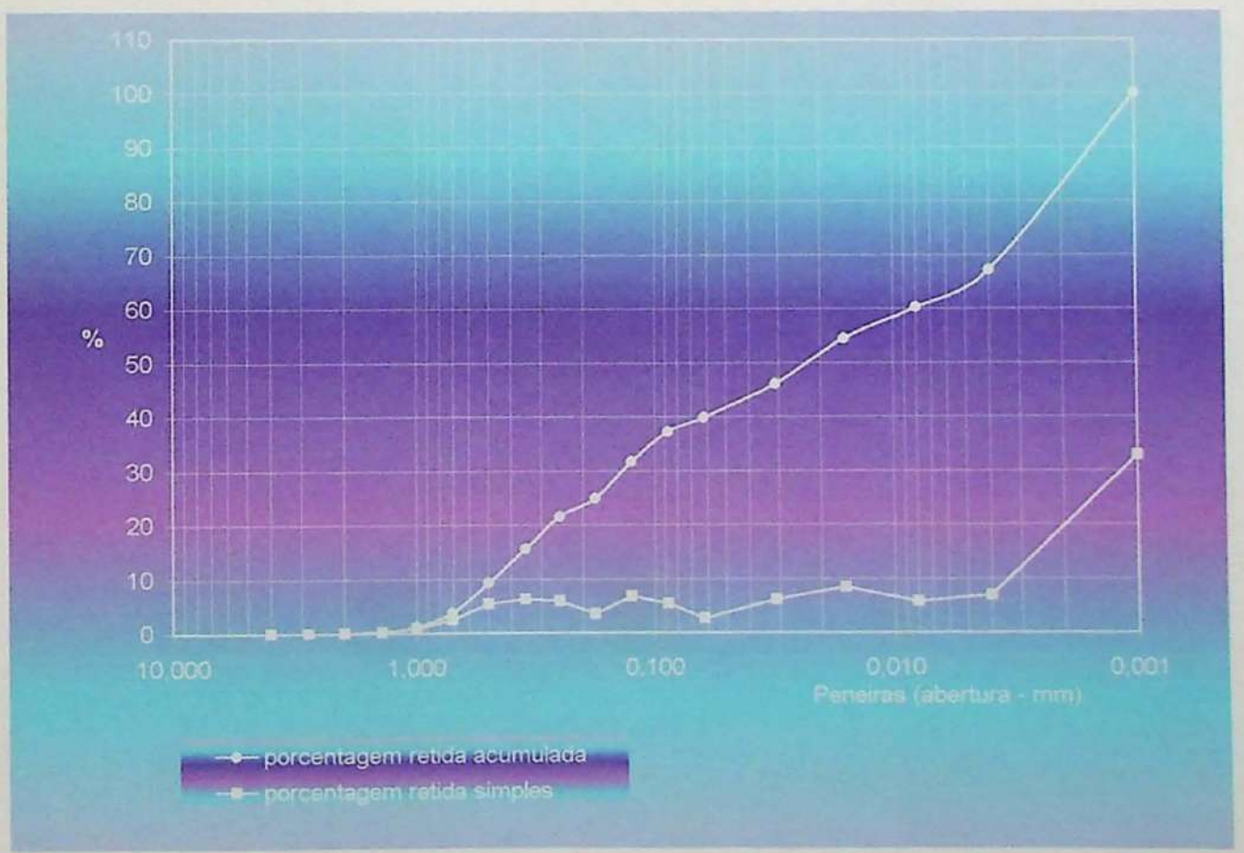


Figura 1 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-541/98, conforme Tabela 1.

Tabela 2 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 1 (0-20) (LPTR-541/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	38,39 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	37,20 g	Fator de correção:	1,03

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,05	0,13	0,13
1,400	-0,5	0,12	0,32	0,46
1,000	0,0	0,41	1,10	1,56
0,710	0,5	1,15	3,09	4,65
0,500	1,0	2,11	5,67	10,32
0,350	1,5	2,36	6,34	16,67
0,250	2,0	2,21	5,94	22,61
0,177	2,5	1,31	3,52	26,13
0,125	3,0	2,63	7,07	33,20
0,088	3,5	2,23	5,99	39,19
0,062	4,0	0,99	2,66	41,85
0,031	5,0	2,85	7,66	49,52
0,016	6,0	4,26	11,45	60,97
0,008	7,0	4,42	11,88	72,85
0,004	8,0	3,71	9,97	82,82
<0,004	>9,0	6,39	17,18	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,13	% de silte =	40,97
% de areia=	41,72	% de argila =	17,18

Classificação de Shepard (1954):			areia síltica
Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)			
Diâmetro Médio	=	4,85	silte grosso
Desvio Padrão	=	2,89	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,09	aproximadamente simétrica
Curtose	=	0,69	muito platicúrtica

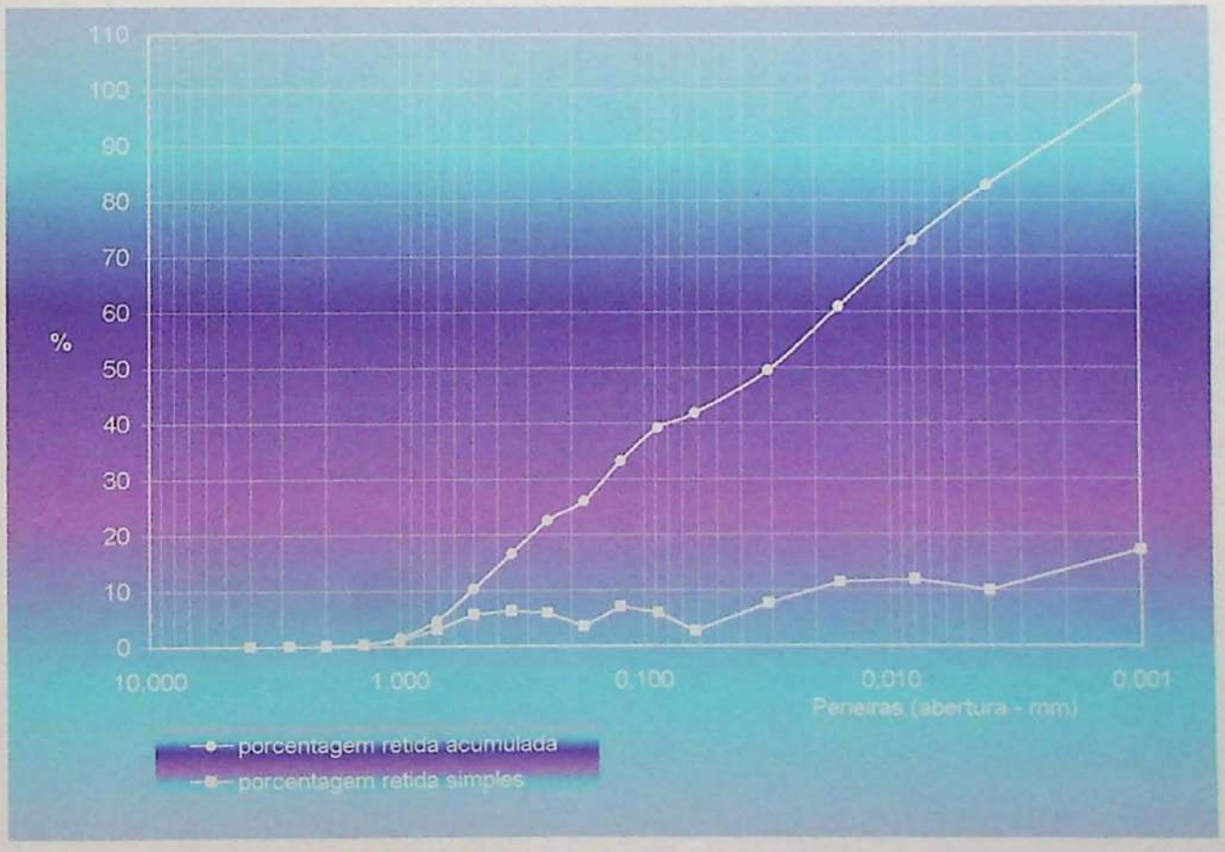


Figura 2 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-541/98, conforme Tabela 2.

Tabela 3 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 1 (30-40) (LPTR-542/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	35,10 g	peso de seixos	3,70 g
Peso total final:	34,45 g	Fator de correção:	1,02

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	3,70	10,74	10,74
2,800	-1,5	0,23	0,67	11,41
2,000	-1,0	0,10	0,29	11,70
1,400	-0,5	0,26	0,75	12,45
1,000	0,0	0,64	1,86	14,31
0,710	0,5	0,72	2,09	16,40
0,500	1,0	1,08	3,13	19,54
0,350	1,5	1,20	3,48	23,02
0,250	2,0	0,94	2,73	25,75
0,177	2,5	1,02	2,96	28,71
0,125	3,0	1,42	4,12	32,83
0,088	3,5	1,54	4,47	37,30
0,062	4,0	1,49	4,33	41,63
0,031	5,0	4,05	11,76	53,38
0,016	6,0	3,38	9,81	63,19
0,008	7,0	3,02	8,77	71,96
0,004	8,0	1,97	5,72	77,68
<0,004	>9,0	7,69	22,32	100,00

% de seixos=	10,74		
% de grânulos=	0,96	% de silte =	36,05
% de areia=	29,93	% de argila =	22,32

Classificação de Shepard (1954): silte argilo-arenoso

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	5,13	silte médio
Desvio Padrão	=	2,93	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,09	aproximadamente simétrica
Curtose	=	0,72	platicúrtica

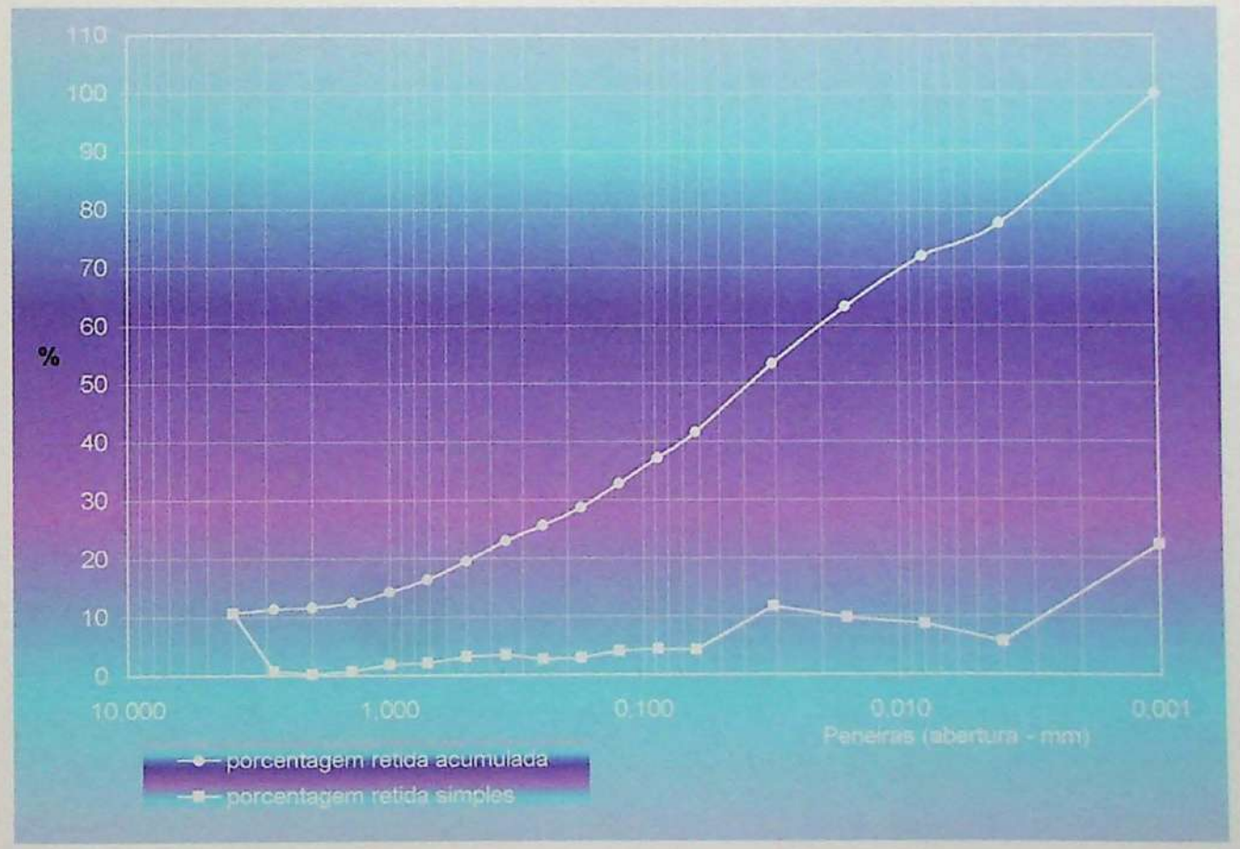


Figura 3 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-542/98, conforme Tabela 3.

Tabela 4 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 1 (30-40) (LPTR-542/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	36,41 g	peso de seixos	5,70 g
Peso total final:	34,88 g	Fator de correção:	1,04

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	5,70	16,34	16,34
2,800	-1,5	0,08	0,23	16,57
2,000	-1,0	0,11	0,32	16,89
1,400	-0,5	0,13	0,37	17,26
1,000	0,0	0,47	1,35	18,61
0,710	0,5	0,80	2,29	20,90
0,500	1,0	1,18	3,38	24,28
0,350	1,5	1,26	3,61	27,90
0,250	2,0	1,23	3,53	31,42
0,177	2,5	0,79	2,26	33,69
0,125	3,0	1,76	5,05	38,73
0,088	3,5	1,77	5,07	43,81
0,062	4,0	0,97	2,78	46,59
0,031	5,0	3,80	10,89	57,48
0,016	6,0	10,78	30,91	88,39
0,008	7,0	3,17	9,09	97,48
0,004	8,0	0,56	1,61	99,08
<0,004	>9,0	0,32	0,92	100,00

% de seixos=	16,34		
% de grânulos=	0,54	% de silte =	52,49
% de areia=	29,70	% de argila =	0,92

Classificação de Shepard (1954): silte arenoso

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	4,24	silte grosso
Desvio Padrão	=	1,99	pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,51	assimetria muito negativa
Curtose	=	0,93	mesocúrtica

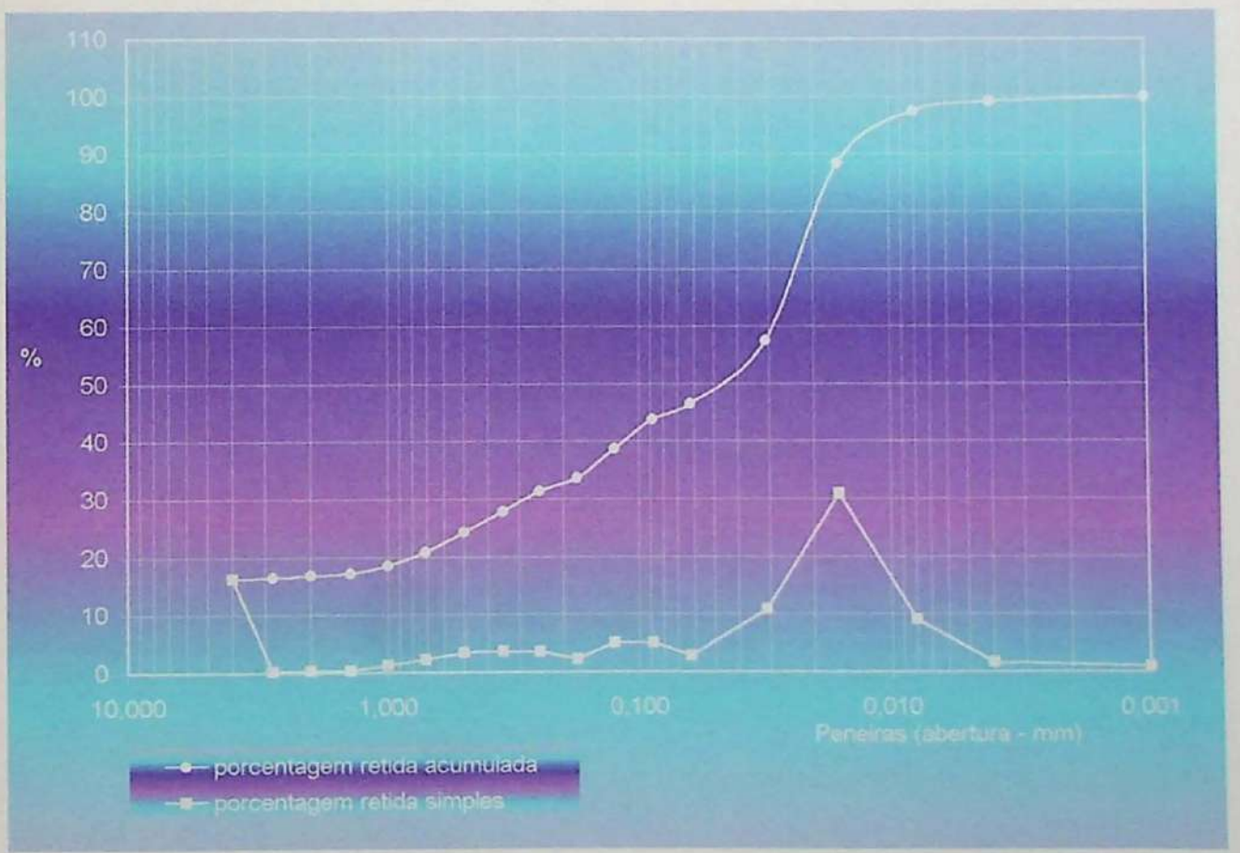


Figura 4 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-542/98, conforme Tabela 4.

Tabela 5 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 2 (0-20) (LPTR-543/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	41,85 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	40,86 g	Fator de correção:	1,02

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,05	0,12	0,12
2,000	-1,0	0,52	1,27	1,40
1,400	-0,5	0,52	1,27	2,67
1,000	0,0	1,28	3,13	5,80
0,710	0,5	1,66	4,06	9,86
0,500	1,0	2,94	7,20	17,06
0,350	1,5	2,87	7,02	24,08
0,250	2,0	2,37	5,80	29,88
0,177	2,5	2,26	5,53	35,41
0,125	3,0	2,46	6,02	41,43
0,088	3,5	1,85	4,53	45,96
0,062	4,0	1,16	2,84	48,80
0,031	5,0	2,00	4,89	53,70
0,016	6,0	1,67	4,09	57,78
0,008	7,0	1,87	4,58	62,36
0,004	8,0	2,40	5,87	68,23
<0,004	>9,0	12,98	31,77	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	1,40	% de silte =	19,43
% de areia=	47,41	% de argila =	31,77

Classificação de Shepard (1954): areia argilosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	4,55	silte grosso
Desvio Padrão	=	3,28	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	0,09	aproximadamente simétrica
Curtose	=	0,57	muito platicúrtica

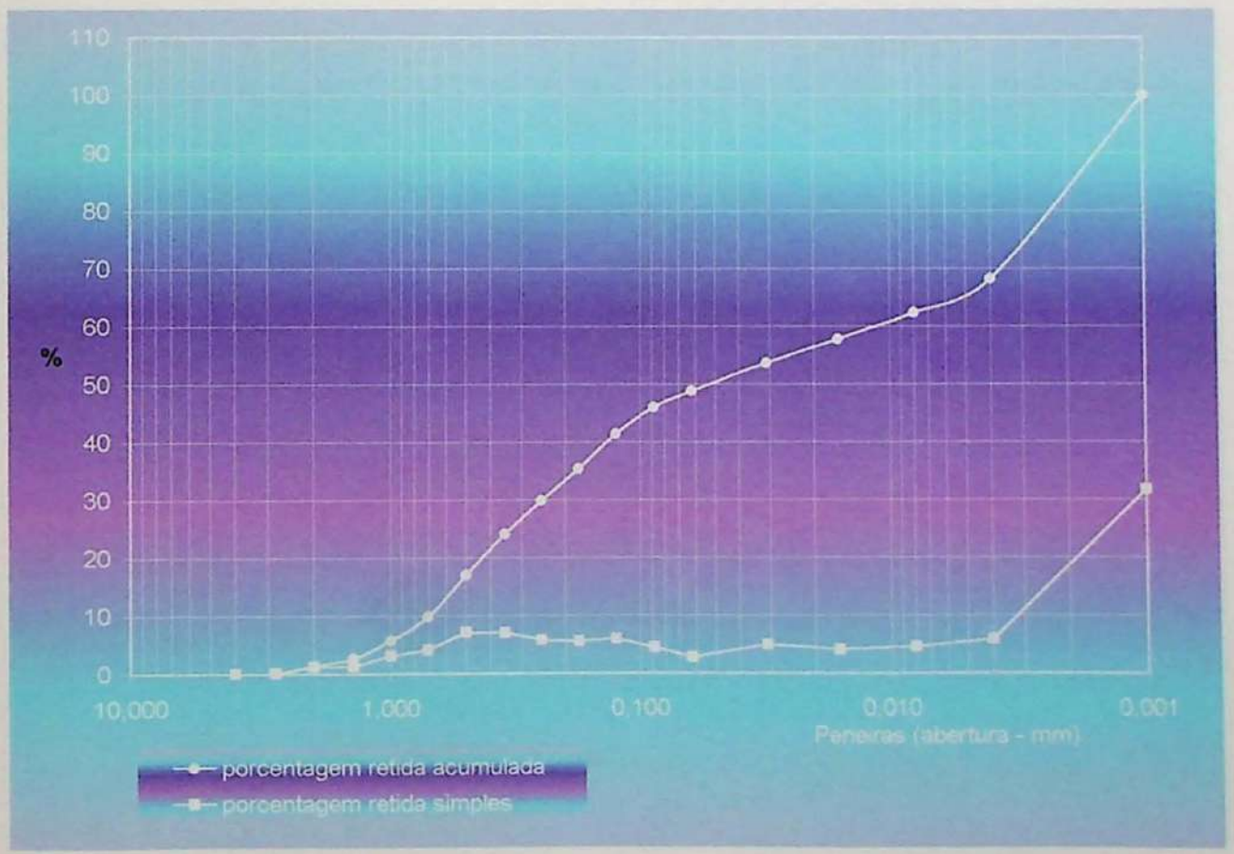


Figura 5 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-543/98, conforme Tabela 5.

Tabela 6 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 2 (0-20) (LPTR-543/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	36,83 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	35,37 g	Fator de correção:	1,04

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,20	0,57	0,57
2,000	-1,0	0,38	1,07	1,64
1,400	-0,5	0,33	0,93	2,57
1,000	0,0	0,74	2,09	4,66
0,710	0,5	1,80	5,09	9,75
0,500	1,0	2,22	6,28	16,03
0,350	1,5	2,22	6,28	22,31
0,250	2,0	2,17	6,14	28,44
0,177	2,5	1,35	3,82	32,26
0,125	3,0	2,70	7,63	39,89
0,088	3,5	2,01	5,68	45,58
0,062	4,0	0,84	2,37	47,95
0,031	5,0	3,75	10,60	58,55
0,016	6,0	2,65	7,49	66,04
0,008	7,0	2,98	8,43	74,47
0,004	8,0	2,59	7,32	81,79
<0,004	>9,0	6,44	18,21	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	1,64	% de silte =	33,84
% de areia=	46,31	% de argila =	18,21

Classificação de Shepard (1954): areia síltica

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	4,43	silte grosso
Desvio Padrão	=	3,10	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	0,08	aproximadamente simétrica
Curtose	=	0,67	platicúrtica

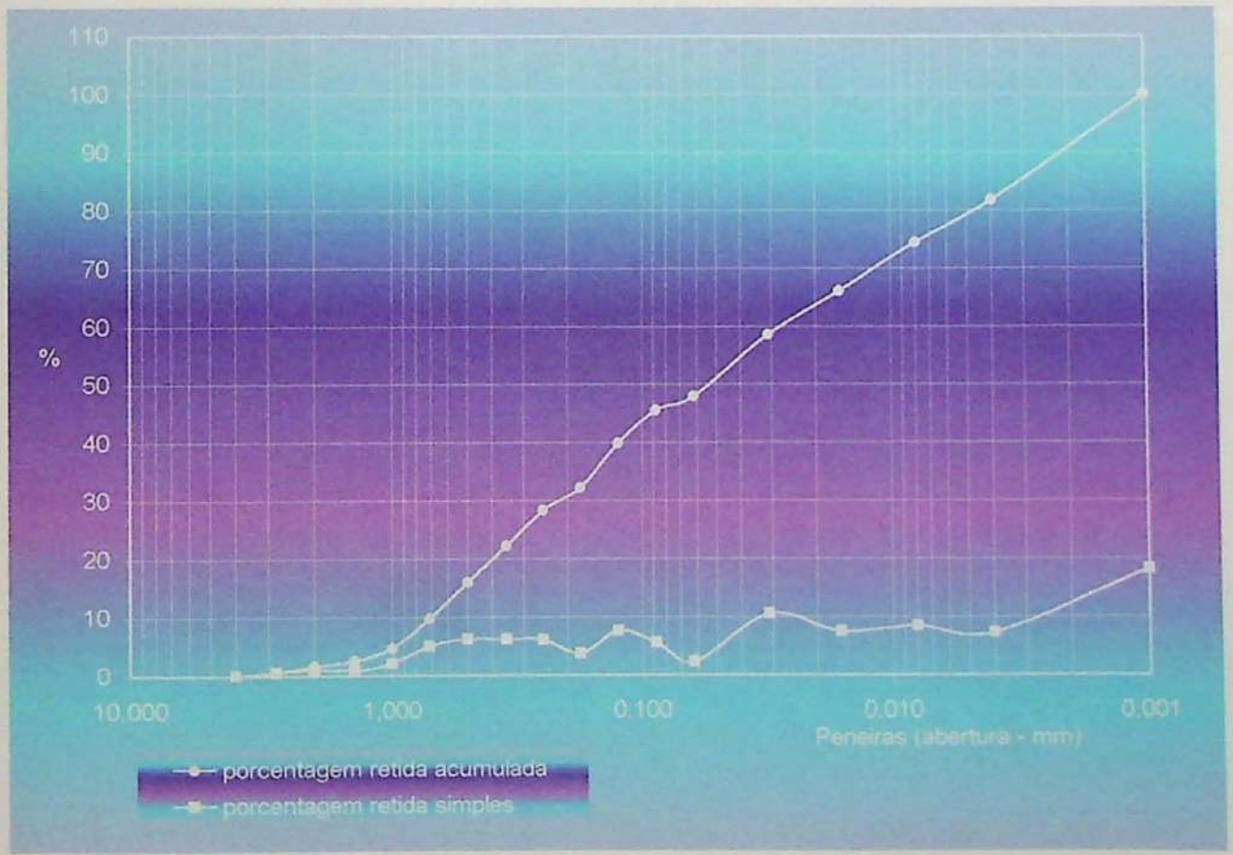


Figura 6 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-543/98, conforme Tabela 6.

Tabela 7 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 2 (20-40) (LPTR-544/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	36,13 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	34,84 g	Fator de correção:	1,04

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,16	0,46	0,46
2,000	-1,0	0,09	0,26	0,72
1,400	-0,5	0,19	0,55	1,26
1,000	0,0	0,67	1,92	3,19
0,710	0,5	1,30	3,73	6,92
0,500	1,0	1,63	4,68	11,60
0,350	1,5	1,82	5,22	16,82
0,250	2,0	1,81	5,20	22,01
0,177	2,5	1,16	3,33	25,34
0,125	3,0	2,30	6,60	31,95
0,088	3,5	1,70	4,88	36,83
0,062	4,0	0,71	2,04	38,86
0,031	5,0	2,15	6,17	45,03
0,016	6,0	1,72	4,94	49,97
0,008	7,0	1,58	4,54	54,51
0,004	8,0	2,59	7,43	61,94
<0,004	>9,0	13,26	38,06	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,72	% de silte =	23,08
% de areia=	38,15	% de argila =	38,06

Classificação de Shepard (1954): areia argilosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	5,35	silte médio
Desvio Padrão	=	3,14	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,28	assimetria negativa
Curtose	=	0,62	muito platicúrtica

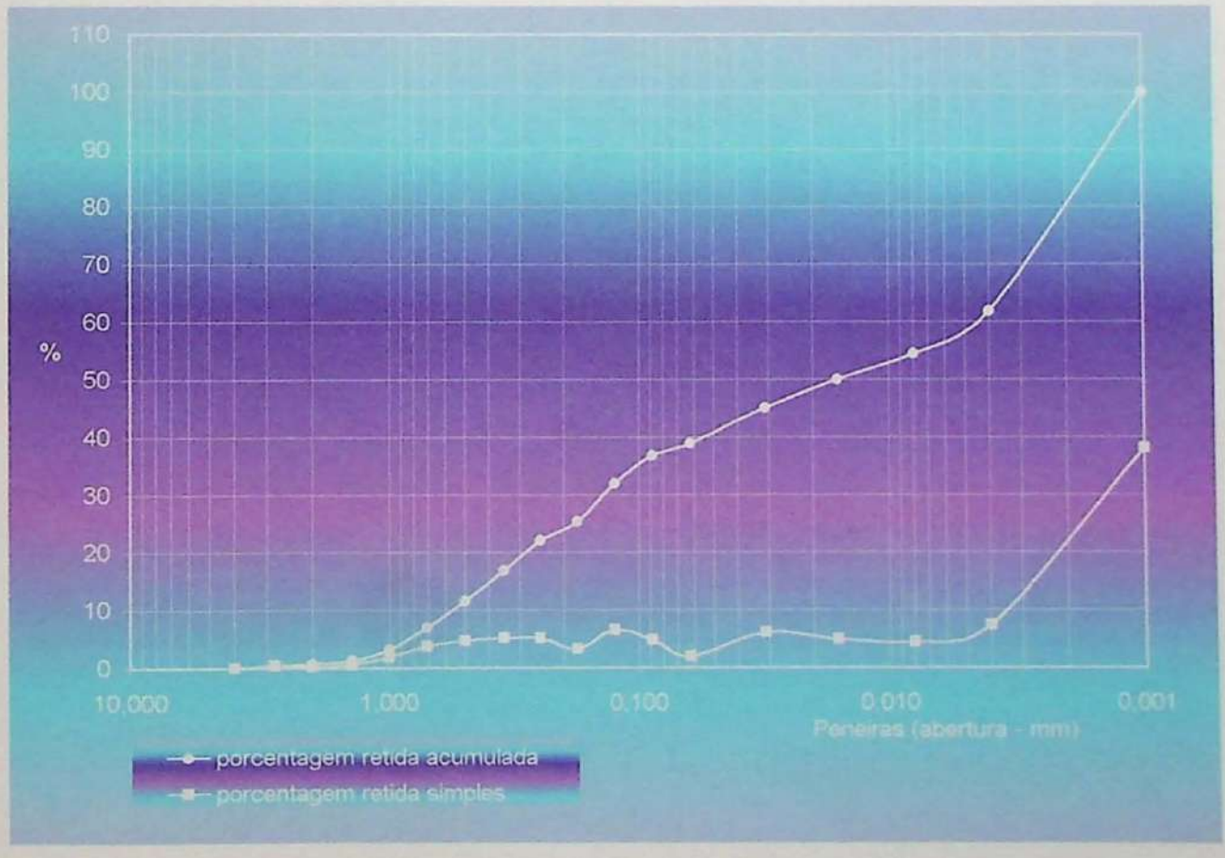


Figura 7 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-544/98, conforme Tabela 7.

Tabela 8 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 2 (20-40) (LPTR-544/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	31,29 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	30,44 g	Fator de correção:	1,03

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,19	0,62	0,62
2,000	-1,0	0,24	0,79	1,41
1,400	-0,5	0,23	0,76	2,17
1,000	0,0	0,80	2,63	4,80
0,710	0,5	0,93	3,06	7,85
0,500	1,0	1,42	4,66	12,52
0,350	1,5	1,58	5,19	17,71
0,250	2,0	1,26	4,14	21,85
0,177	2,5	1,31	4,30	26,15
0,125	3,0	1,54	5,06	31,21
0,088	3,5	1,31	4,30	35,51
0,062	4,0	0,98	3,22	38,73
0,031	5,0	3,40	11,17	49,90
0,016	6,0	3,38	11,10	61,01
0,008	7,0	3,36	11,04	72,04
0,004	8,0	2,44	8,02	80,06
<0,004	>9,0	6,07	19,94	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	1,41	% de silte =	41,33
% de areia=	37,32	% de argila =	19,94

Classificação de Shepard (1954):			silte arenoso
Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)			
Diâmetro Médio	=	4,84	silte grosso
Desvio Padrão	=	3,04	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,10	assimetria negativa
Curtose	=	0,72	platicúrtica

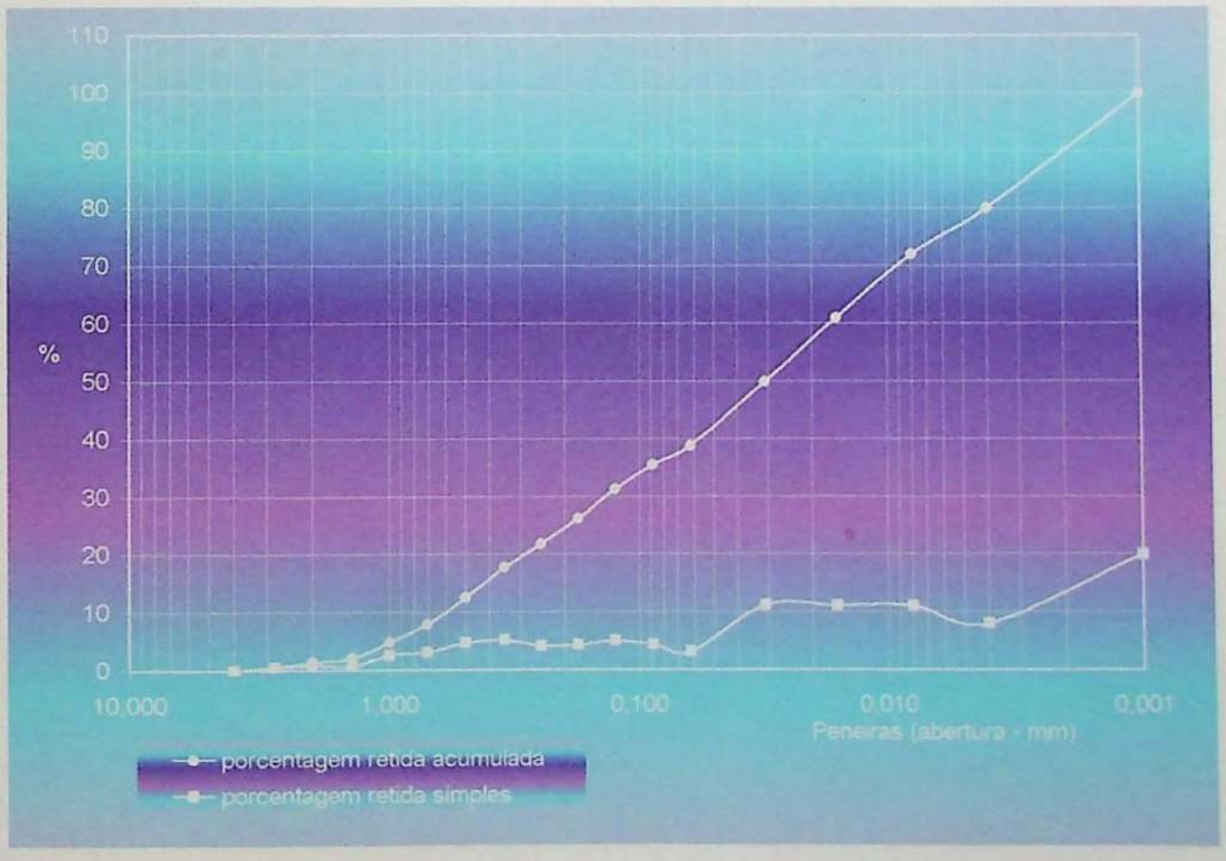


Figura 8 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-544/98, conforme Tabela 8.

Tabela 9 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 2 (100-120) (LPTR-545/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	35,41 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	34,78 g	Fator de correção:	1,02

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,00	0,00	0,00
1,400	-0,5	0,06	0,17	0,17
1,000	0,0	0,23	0,66	0,83
0,710	0,5	0,65	1,87	2,70
0,500	1,0	1,69	4,86	7,56
0,350	1,5	1,94	5,58	13,14
0,250	2,0	1,46	4,20	17,34
0,177	2,5	1,42	4,08	21,42
0,125	3,0	1,72	4,95	26,37
0,088	3,5	1,72	4,95	31,31
0,062	4,0	0,82	2,36	33,67
0,031	5,0	3,90	11,21	44,88
0,016	6,0	3,82	10,98	55,87
0,008	7,0	3,60	10,35	66,22
0,004	8,0	2,40	6,90	73,12
<0,004	>9,0	9,35	26,88	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,00	% de silte =	39,45
% de areia=	33,67	% de argila =	26,88

Classificação de Shepard (1954):			silte argilo-arenoso
Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)			
Diâmetro Médio	=	4,84	silte grosso
Desvio Padrão	=	3,04	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,10	assimetria negativa
Curtose	=	0,72	platicúrtica

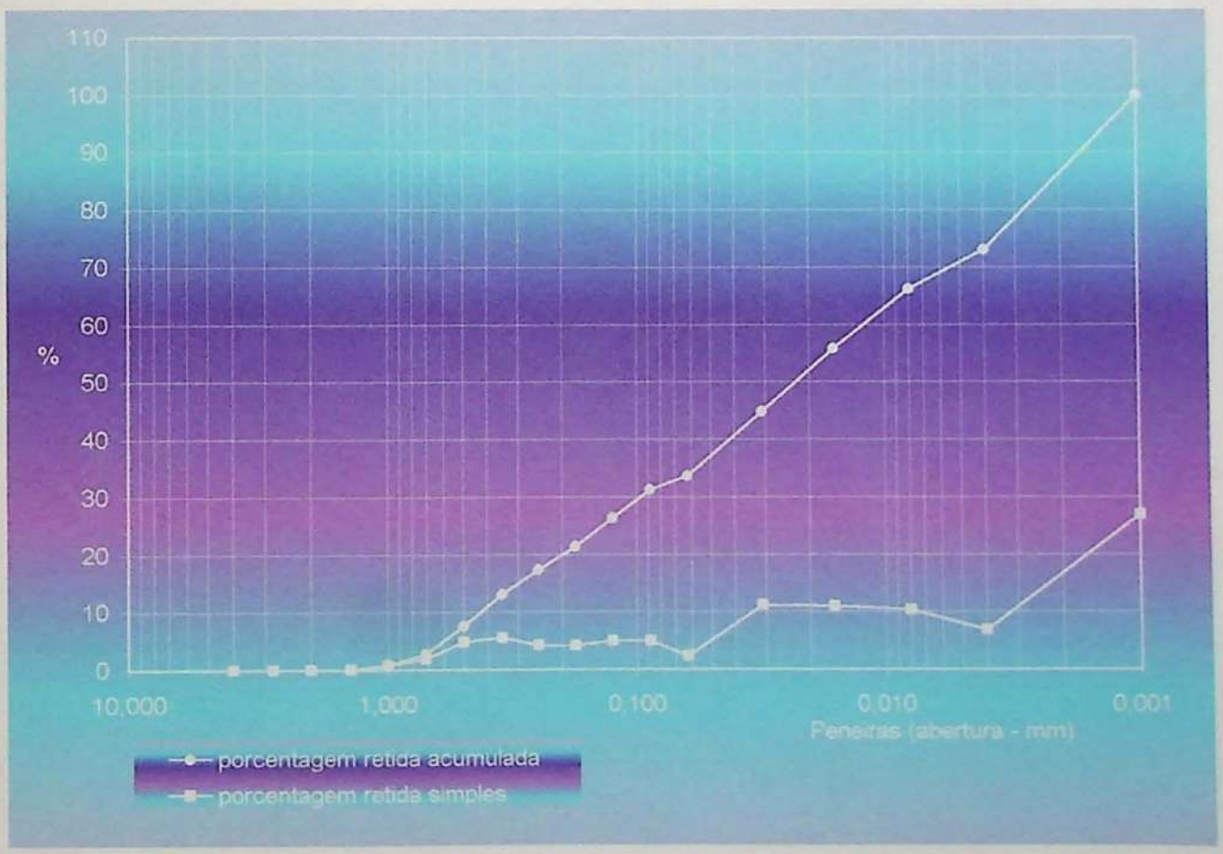


Figura 9 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-545/98, conforme Tabela 9.

Tabela 10 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 2 (100-120) (LPTR-545/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	42,91 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	42,83 g	Fator de correção:	1,00

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,19	0,44	0,44
1,400	-0,5	0,12	0,28	0,72
1,000	0,0	0,48	1,12	1,84
0,710	0,5	0,90	2,10	3,95
0,500	1,0	2,02	4,72	8,66
0,350	1,5	2,32	5,42	14,08
0,250	2,0	1,90	4,44	18,52
0,177	2,5	1,93	4,51	23,02
0,125	3,0	2,38	5,56	28,58
0,088	3,5	2,23	5,21	33,78
0,062	4,0	1,75	4,09	37,87
0,031	5,0	3,90	9,11	46,98
0,016	6,0	22,34	52,16	99,14
0,008	7,0	0,14	0,33	99,46
0,004	8,0	0,14	0,33	99,79
<0,004	>9,0	0,09	0,21	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,44	% de silte =	61,92
% de areia=	37,43	% de argila =	0,21

Classificação de Shepard (1954): silte arenoso

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	4,06	silte grosso
Desvio Padrão	=	1,69	pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,76	assimetria muito negativa
Curtose	=	0,79	platicúrtica

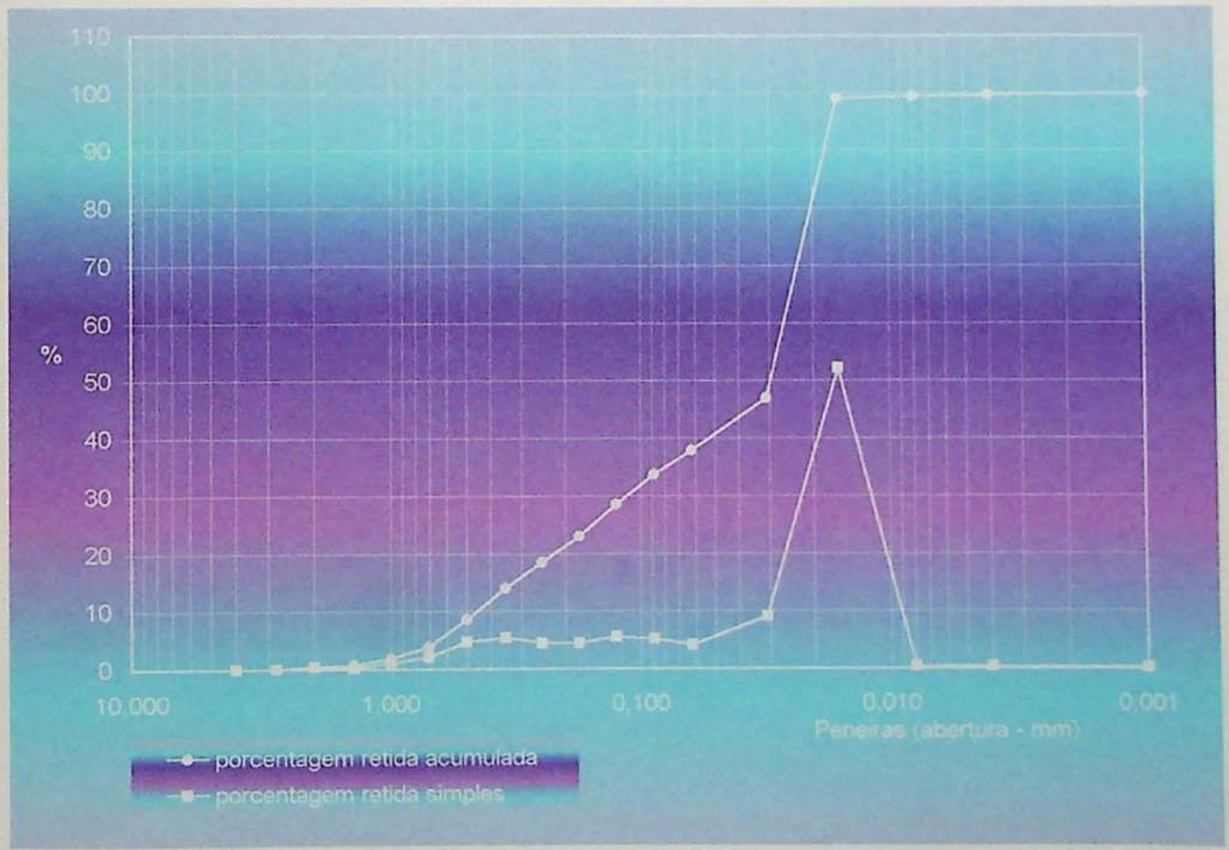


Figura 10 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-545/98, conforme Tabela 10.

Tabela 11 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 3 (0-20) (LPTR-546/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	34,72 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	33,45 g	Fator de correção:	1,04

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,01	0,03	0,03
1,400	-0,5	0,02	0,06	0,09
1,000	0,0	0,13	0,39	0,48
0,710	0,5	0,55	1,64	2,12
0,500	1,0	1,48	4,42	6,55
0,350	1,5	1,87	5,59	12,14
0,250	2,0	1,72	5,14	17,28
0,177	2,5	1,05	3,14	20,42
0,125	3,0	2,03	6,07	26,49
0,088	3,5	1,62	4,84	31,33
0,062	4,0	0,72	2,15	33,48
0,031	5,0	2,10	6,28	39,76
0,016	6,0	2,16	6,46	46,22
0,008	7,0	1,92	5,74	51,96
0,004	8,0	2,12	6,34	58,30
<0,004	>9,0	13,95	41,70	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,03	% de silte =	24,81
% de areia=	33,45	% de argila =	41,70

Classificação de Shepard (1954): argila arenosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	5,74	silte médio
Desvio Padrão	=	2,96	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,40	assimetria muito negativa
Curtose	=	0,62	muito platicúrtica

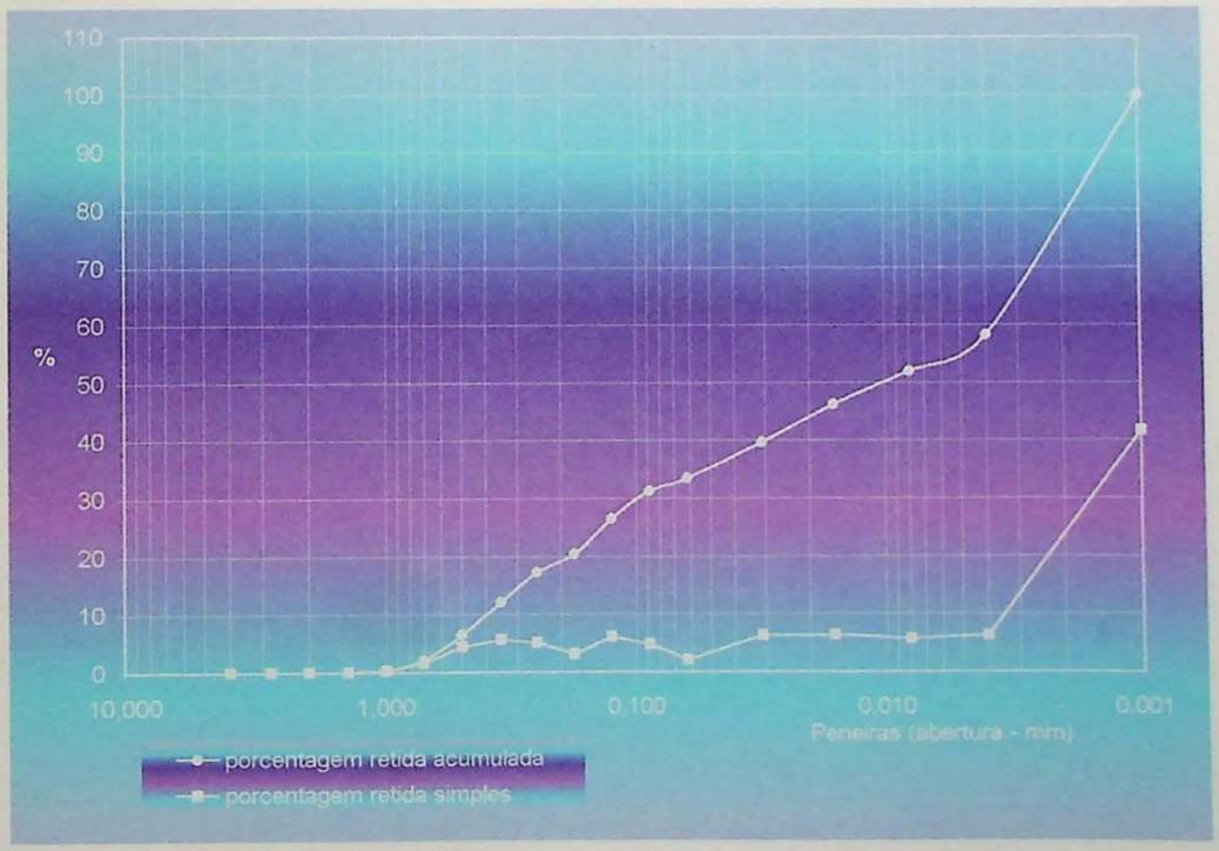


Figura 11 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-546/98, conforme Tabela 11.

Tabela 12 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 3 (0-20) (LPTR-546/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	30,64 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	29,36 g	Fator de correção:	1,04

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,00	0,00	0,00
1,400	-0,5	0,02	0,07	0,07
1,000	0,0	0,17	0,58	0,65
0,710	0,5	0,55	1,87	2,52
0,500	1,0	1,40	4,77	7,29
0,350	1,5	1,79	6,10	13,39
0,250	2,0	1,64	5,59	18,97
0,177	2,5	0,97	3,30	22,28
0,125	3,0	1,93	6,57	28,85
0,088	3,5	1,55	5,28	34,13
0,062	4,0	0,69	2,35	36,48
0,031	5,0	2,95	10,05	46,53
0,016	6,0	3,23	11,00	57,53
0,008	7,0	2,98	10,15	67,68
0,004	8,0	2,82	9,60	77,28
<0,004	>9,0	6,67	22,72	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,00	% de silte =	40,80
% de areia=	36,48	% de argila =	22,72

Classificação de Shepard (1954):			silte arenoso
Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)			
Diâmetro Médio	=	5,10	silte médio
Desvio Padrão	=	2,85	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,11	assimetria negativa
Curtose	=	0,66	muito platicúrtica

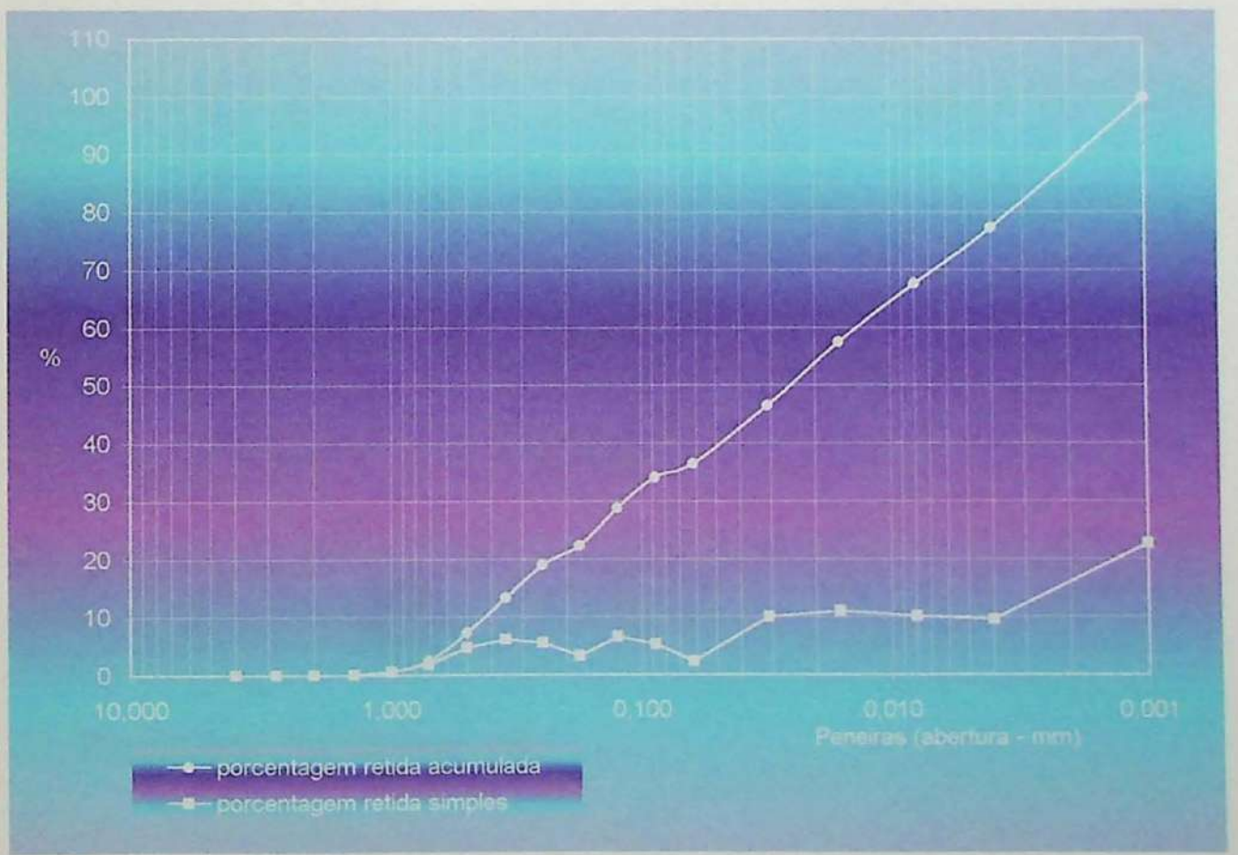


Figura 12 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-546/98, conforme Tabela 12.

Tabela 13 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 3 (60-80) (LPTR-547/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	38,70 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	36,69 g	Fator de correção:	1,05

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,02	0,05	0,05
1,400	-0,5	0,06	0,16	0,22
1,000	0,0	0,23	0,63	0,84
0,710	0,5	0,78	2,13	2,97
0,500	1,0	1,51	4,12	7,09
0,350	1,5	1,73	4,72	11,80
0,250	2,0	1,62	4,42	16,22
0,177	2,5	1,03	2,81	19,02
0,125	3,0	2,18	5,94	24,97
0,088	3,5	1,92	5,23	30,20
0,062	4,0	0,91	2,48	32,68
0,031	5,0	0,85	2,32	35,00
0,016	6,0	1,91	5,21	40,20
0,008	7,0	1,01	2,75	42,95
0,004	8,0	1,18	3,22	46,17
<0,004	>9,0	19,75	53,83	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,05	% de silte =	13,49
% de areia=	32,62	% de argila =	53,83

Classificação de Shepard (1954): argila arenosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	6,30	silte fino
Desvio Padrão	=	3,02	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,74	assimetria muito negativa
Curtose	=	0,63	muito platicúrtica

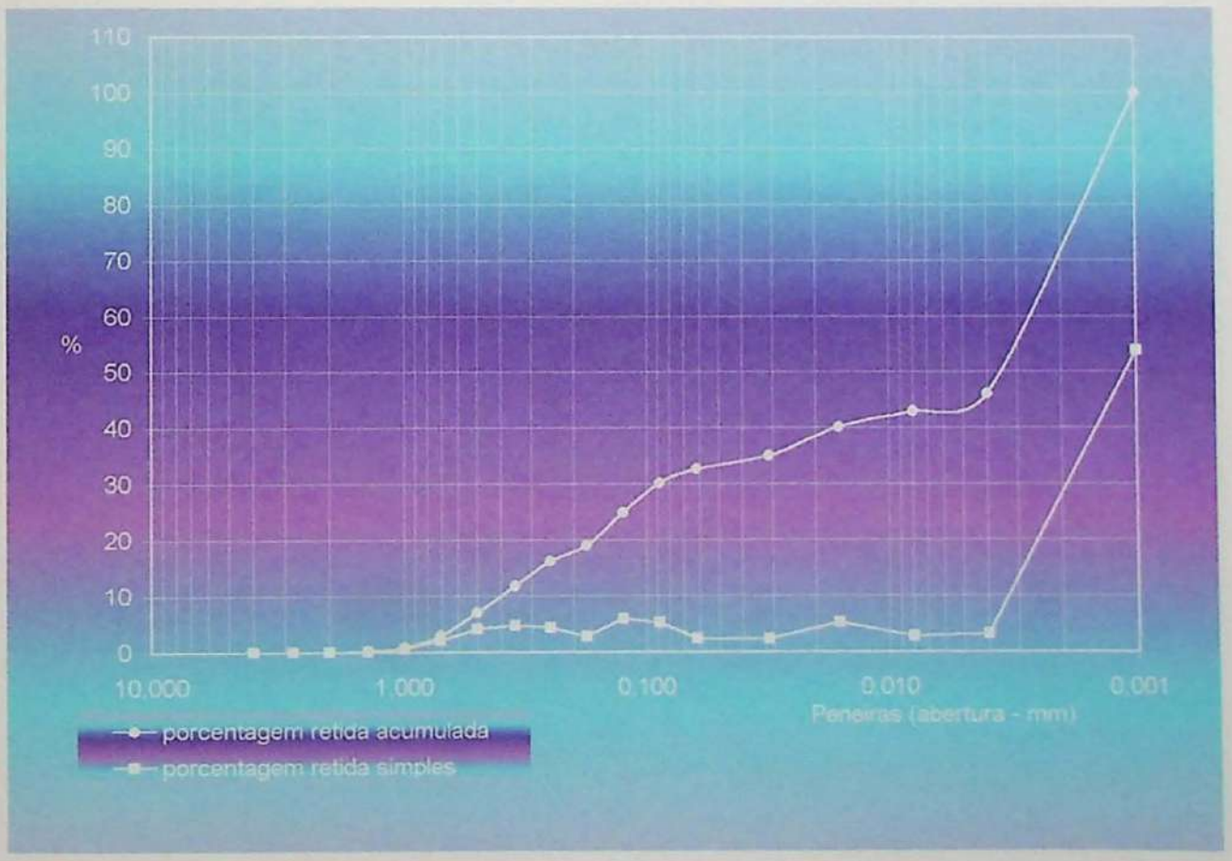


Figura 13 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-547/98, conforme Tabela 13.

Tabela 14 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 3 (60-80) (LPTR-547/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	39,67 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	38,23 g	Fator de correção:	1,04

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,08	0,21	0,21
1,400	-0,5	0,10	0,26	0,47
1,000	0,0	0,23	0,60	1,07
0,710	0,5	0,82	2,14	3,22
0,500	1,0	1,50	3,92	7,14
0,350	1,5	1,60	4,19	11,33
0,250	2,0	1,46	3,82	15,15
0,177	2,5	0,96	2,51	17,66
0,125	3,0	1,95	5,10	22,76
0,088	3,5	1,79	4,68	27,44
0,062	4,0	0,88	2,30	29,74
0,031	5,0	3,75	9,81	39,55
0,016	6,0	5,73	14,99	54,54
0,008	7,0	17,09	44,70	99,24
0,004	8,0	0,24	0,63	99,87
<0,004	>9,0	0,05	0,13	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,21	% de silte =	70,13
% de areia=	29,53	% de argila =	0,13

Classificação de Shepard (1954):			silte arenoso
Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)			
Diâmetro Médio	=	4,75	silte grosso
Desvio Padrão	=	1,94	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,67	assimetria muito negativa
Curtose	=	0,81	platicúrtica

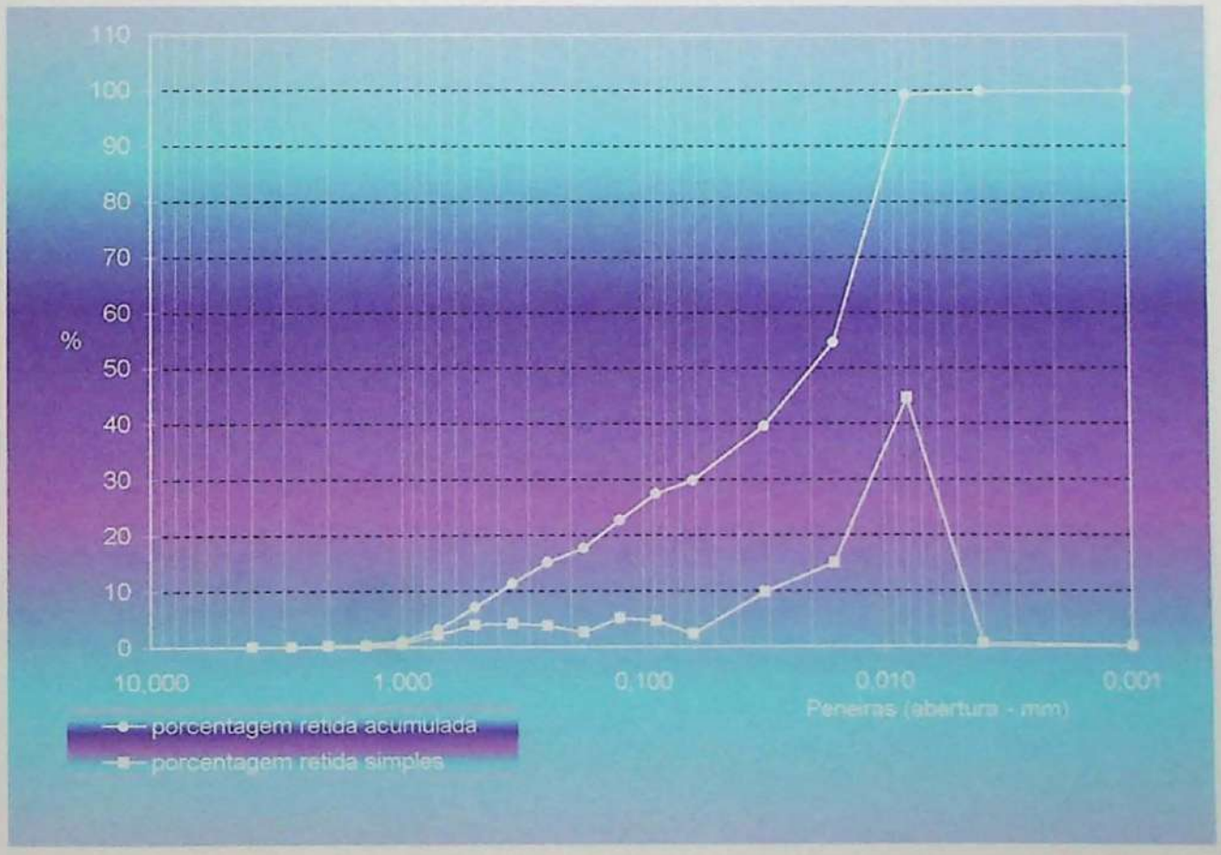


Figura 14 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-547/98, conforme Tabela 14.

Tabela 15 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 3 (100-120) (LPTR-548/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	37,38 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	36,26 g	Fator de correção:	1,03

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,02	0,06	0,06
1,400	-0,5	0,10	0,28	0,33
1,000	0,0	0,15	0,41	0,74
0,710	0,5	0,54	1,49	2,23
0,500	1,0	1,65	4,55	6,78
0,350	1,5	1,95	5,38	12,16
0,250	2,0	1,57	4,33	16,49
0,177	2,5	1,47	4,05	20,55
0,125	3,0	1,69	4,66	25,21
0,088	3,5	1,49	4,11	29,32
0,062	4,0	1,07	2,95	32,27
0,031	5,0	0,75	2,07	34,34
0,016	6,0	1,32	3,64	37,98
0,008	7,0	1,20	3,31	41,29
0,004	8,0	1,50	4,14	45,42
<0,004	>9,0	19,79	54,58	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,06	% de silte =	13,15
% de areia=	32,21	% de argila =	54,58

Classificação de Shepard (1954): argila arenosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	6,30	silte fino
Desvio Padrão	=	3,02	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,74	assimetria muito negativa
Curtose	=	0,63	muito platicúrtica

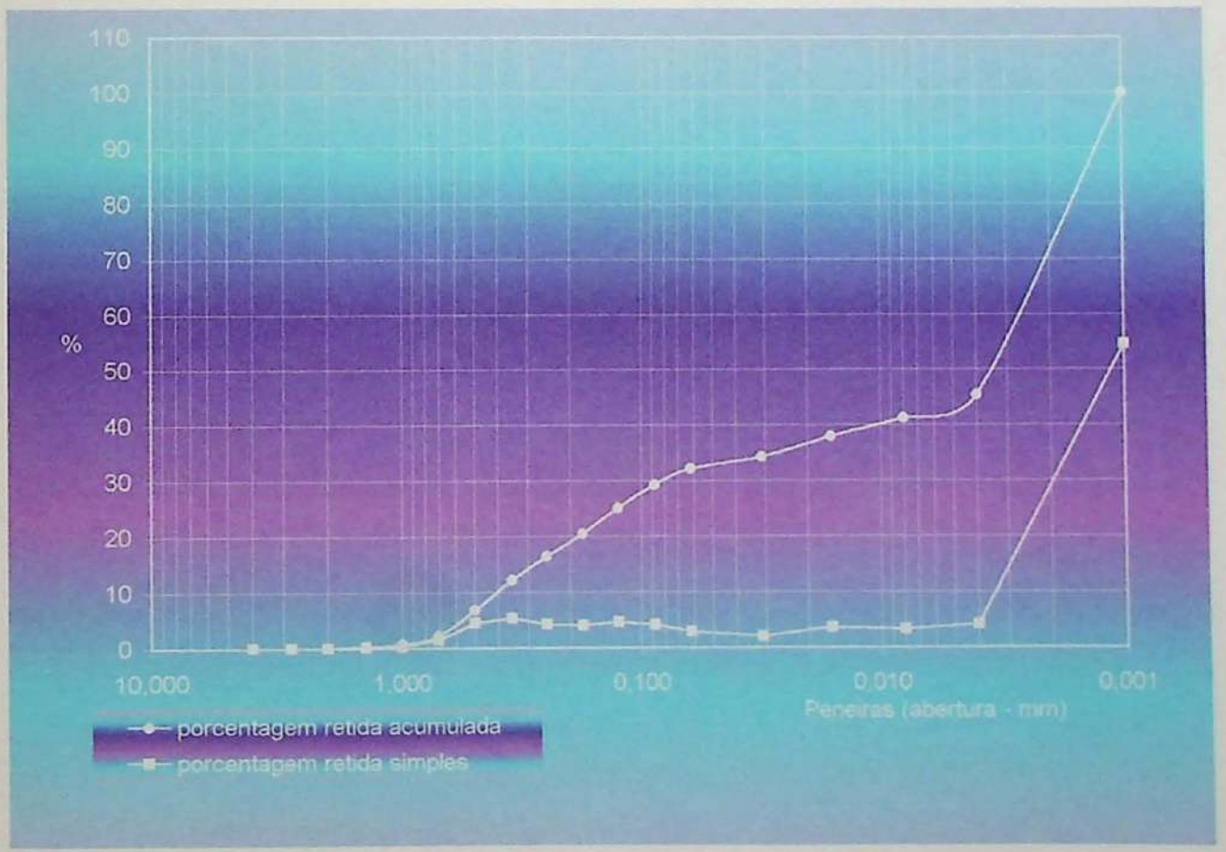


Figura 15 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-548/98, conforme Tabela 15.

Tabela 16 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 3 (100-120) (LPTR-548/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	39,80 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	38,70 g	Fator de correção:	1,03

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,04	0,10	0,10
1,400	-0,5	0,10	0,26	0,36
1,000	0,0	0,22	0,57	0,93
0,710	0,5	0,61	1,58	2,51
0,500	1,0	1,77	4,57	7,08
0,350	1,5	1,88	4,86	11,94
0,250	2,0	1,48	3,82	15,76
0,177	2,5	1,50	3,88	19,64
0,125	3,0	1,73	4,47	24,11
0,088	3,5	1,57	4,06	28,17
0,062	4,0	1,19	3,07	31,24
0,031	5,0	2,65	6,85	38,09
0,016	6,0	3,33	8,60	46,69
0,008	7,0	20,40	52,71	99,41
0,004	8,0	0,14	0,36	99,77
<0,004	>9,0	0,09	0,23	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,10	% de silte =	68,53
% de areia=	31,14	% de argila =	0,23

Classificação de Shepard (1954): silte arenoso

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	4,83	silte grosso
Desvio Padrão	=	1,98	pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,80	assimetria muito negativa
Curtose	=	0,75	platicúrtica

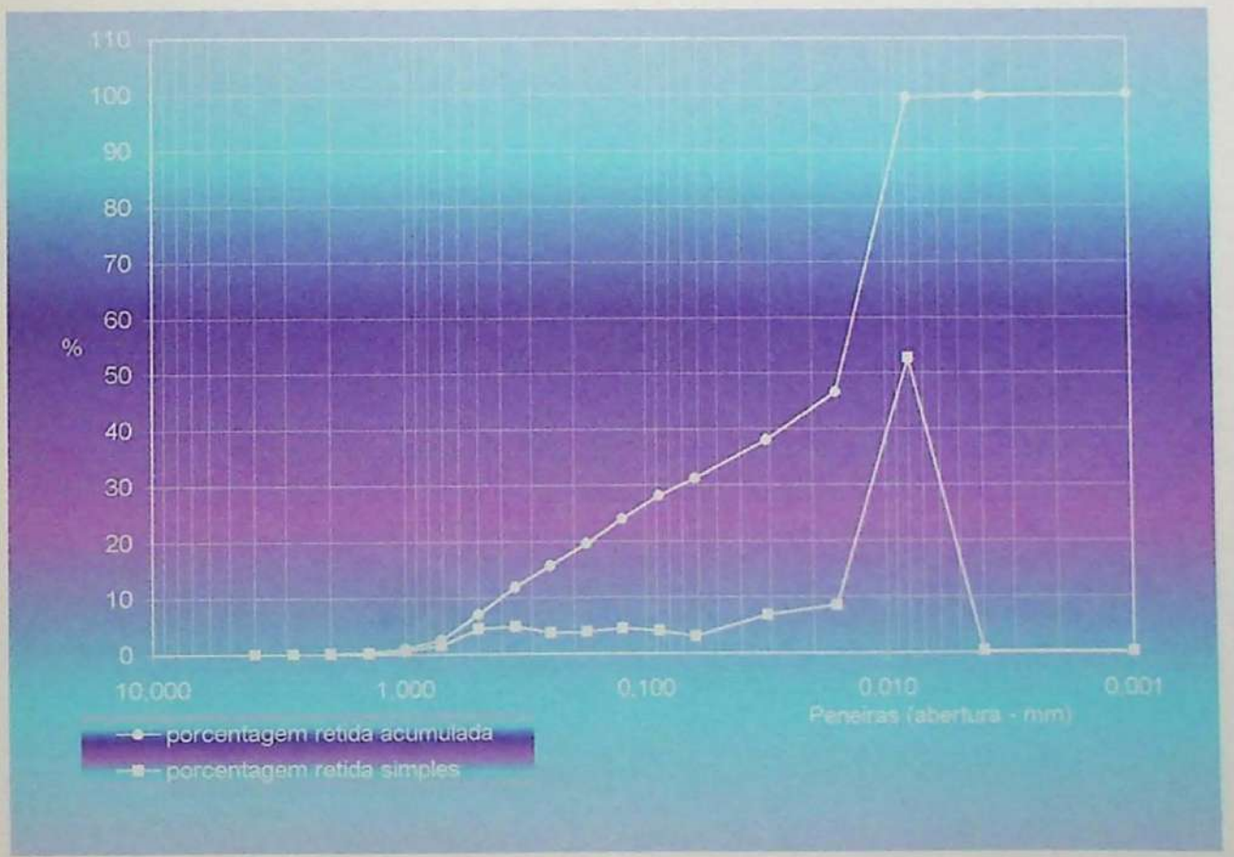


Figura 16 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-548/98, conforme Tabela 16.

Tabela 17 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 3 (120-140) (LPTR-549/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	43,00 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	41,31 g	Fator de correção:	1,04

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,04	0,10	0,10
1,400	-0,5	0,17	0,41	0,51
1,000	0,0	0,29	0,70	1,21
0,710	0,5	1,19	2,88	4,09
0,500	1,0	2,13	5,16	9,25
0,350	1,5	2,46	5,95	15,20
0,250	2,0	2,19	5,30	20,50
0,177	2,5	1,40	3,39	23,89
0,125	3,0	2,69	6,51	30,40
0,088	3,5	2,14	5,18	35,58
0,062	4,0	0,93	2,25	37,84
0,031	5,0	1,50	3,63	41,47
0,016	6,0	1,13	2,74	44,20
0,008	7,0	1,30	3,15	47,35
0,004	8,0	1,27	3,07	50,42
<0,004	>9,0	20,48	49,58	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,10	% de silte =	12,59
% de areia=	37,74	% de argila =	49,58

Classificação de Shepard (1954): argila arenosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	6,08	silte fino
Desvio Padrão	=	3,12	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,70	assimetria muito negativa
Curtose	=	0,60	muito platicúrtica

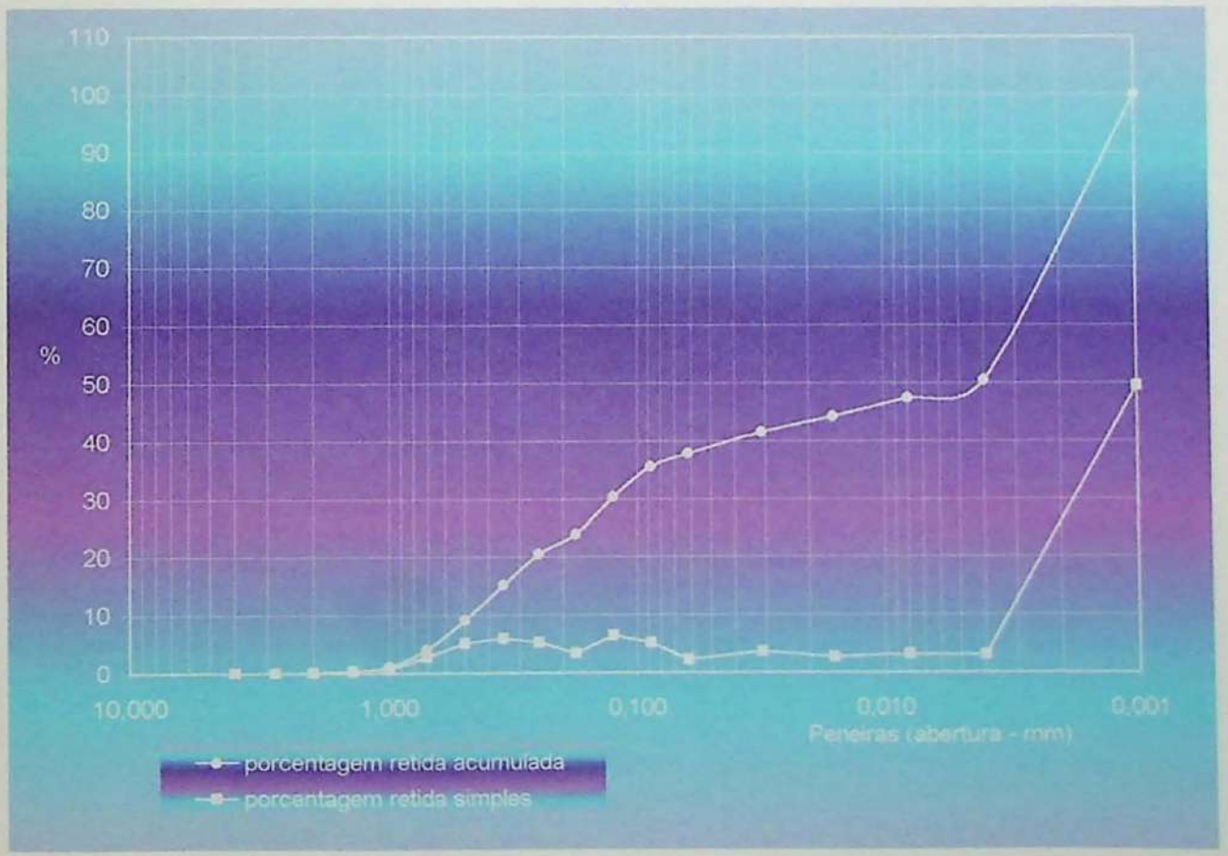


Figura 17 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-549/98, conforme Tabela 17.

Tabela 18 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 3 (120-140) (LPTR-549/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	50,50 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	50,45 g	Fator de correção:	1,00

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,04	0,08	0,08
1,400	-0,5	0,09	0,18	0,26
1,000	0,0	0,24	0,48	0,73
0,710	0,5	1,00	1,98	2,72
0,500	1,0	2,08	4,12	6,84
0,350	1,5	2,41	4,78	11,62
0,250	2,0	2,21	4,38	16,00
0,177	2,5	1,42	2,81	18,81
0,125	3,0	2,88	5,71	24,52
0,088	3,5	2,45	4,86	29,38
0,062	4,0	1,11	2,20	31,58
0,031	5,0	6,25	12,39	43,96
0,016	6,0	5,24	10,39	54,35
0,008	7,0	22,80	45,19	99,54
0,004	8,0	0,05	0,10	99,64
<0,004	>9,0	0,18	0,36	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,08	% de silte =	68,07
% de areia=	31,50	% de argila =	0,36

Classificação de Shepard (1954): silte arenoso

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	4,65	silte grosso
Desvio Padrão	=	1,97	pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,64	assimetria muito negativa
Curtose	=	0,75	platicúrtica

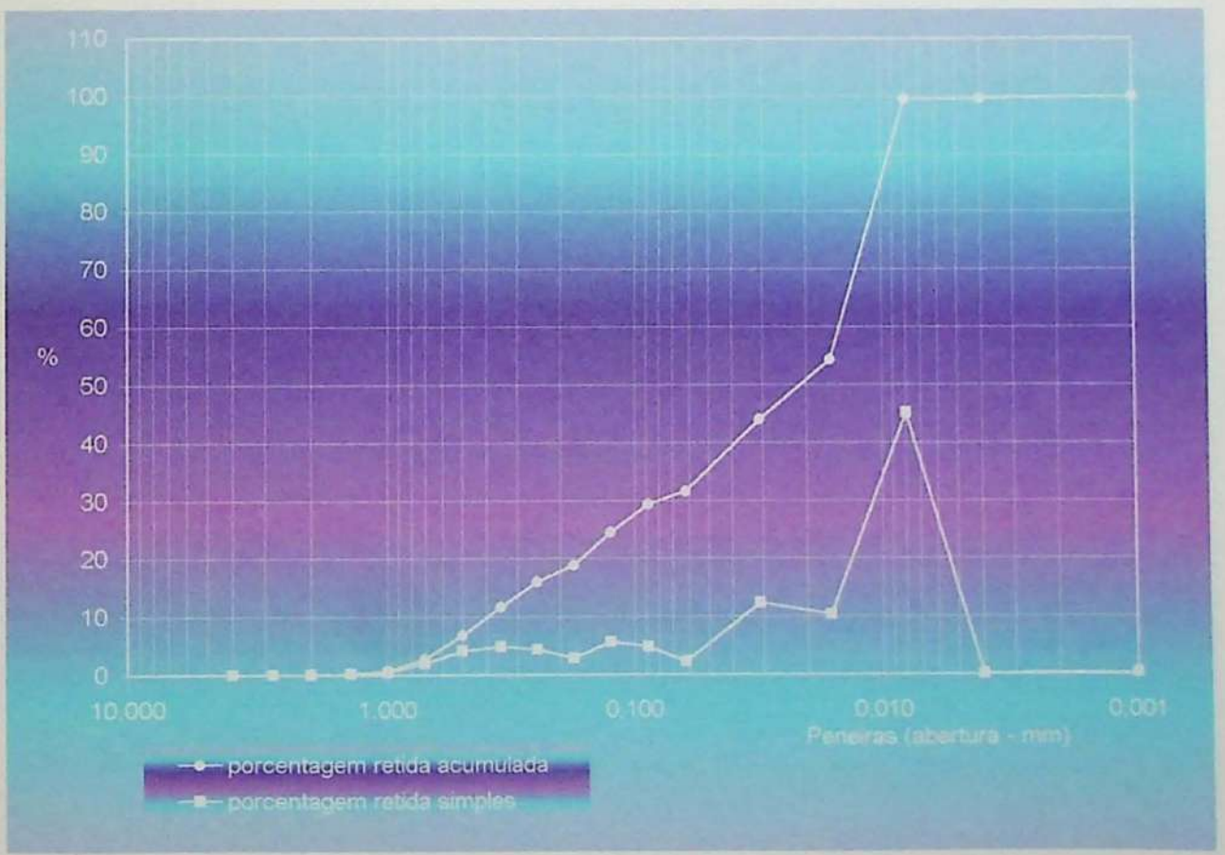


Figura 18 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-549/98, conforme Tabela 18.

Tabela 19 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 3 (140-160) (LPTR-550/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	36,16 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	34,46 g	Fator de correção:	1,05

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,04	0,12	0,12
1,400	-0,5	0,13	0,38	0,49
1,000	0,0	0,44	1,28	1,77
0,710	0,5	0,86	2,50	4,27
0,500	1,0	1,91	5,54	9,81
0,350	1,5	2,15	6,24	16,05
0,250	2,0	1,70	4,93	20,98
0,177	2,5	1,62	4,70	25,68
0,125	3,0	1,91	5,54	31,22
0,088	3,5	1,60	4,64	35,87
0,062	4,0	1,14	3,31	39,18
0,031	5,0	1,15	3,34	42,51
0,016	6,0	1,47	4,27	46,78
0,008	7,0	1,06	3,08	49,85
0,004	8,0	1,08	3,13	52,99
<0,004	>9,0	16,20	47,01	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,12	% de silte =	13,81
% de areia=	39,06	% de argila =	47,01

Classificação de Shepard (1954): argila arenosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	5,77	silte médio
Desvio Padrão	=	3,13	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,51	assimetria muito negativa
Curtose	=	0,59	muito platicúrtica

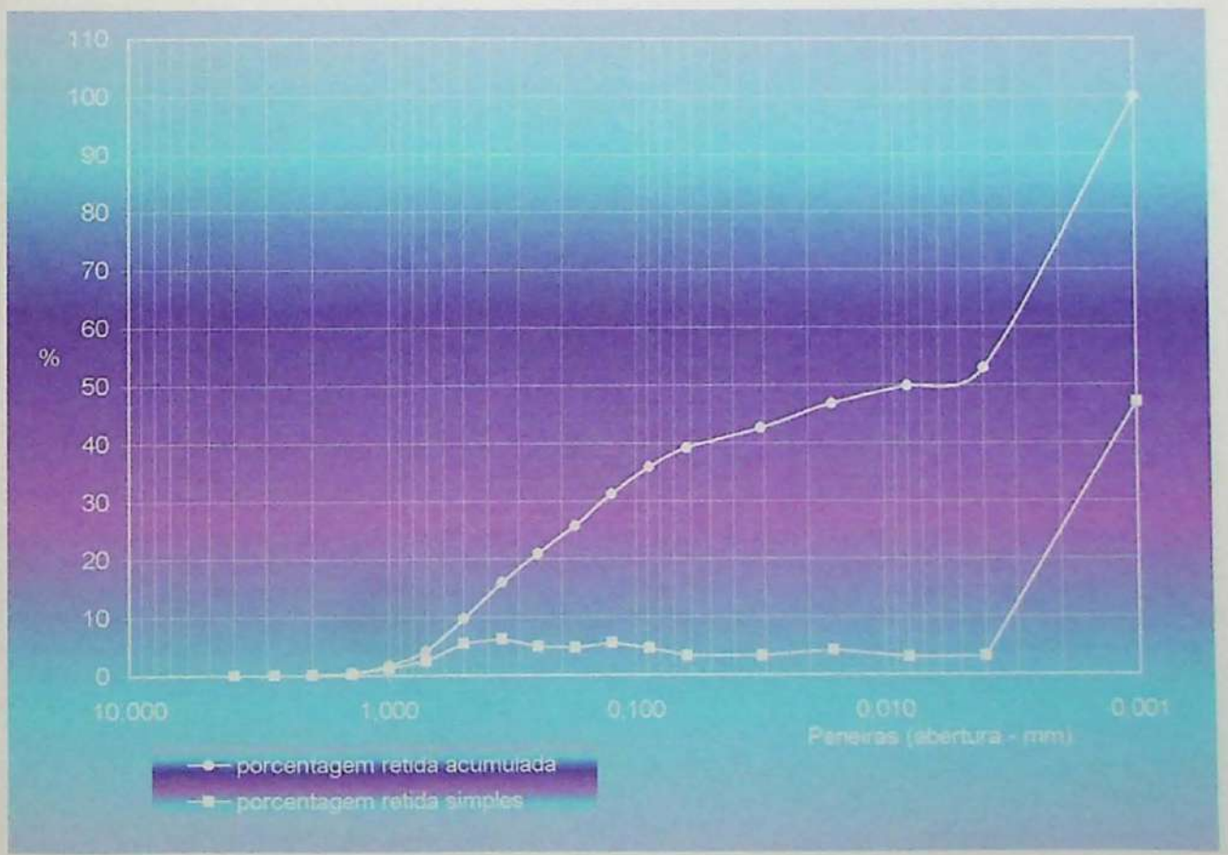


Figura 19 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-550/98, conforme Tabela 19.

Tabela 20 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 3 (140-160) (LPTR-550/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	36,49 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	36,00 g	Fator de correção:	1,01

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,07	0,19	0,19
1,400	-0,5	0,08	0,22	0,42
1,000	0,0	0,40	1,11	1,53
0,710	0,5	0,64	1,78	3,31
0,500	1,0	1,63	4,53	7,83
0,350	1,5	1,88	5,22	13,06
0,250	2,0	1,47	4,08	17,14
0,177	2,5	1,46	4,06	21,19
0,125	3,0	1,86	5,17	26,36
0,088	3,5	1,74	4,83	31,19
0,062	4,0	1,28	3,56	34,75
0,031	5,0	3,30	9,17	43,92
0,016	6,0	17,93	49,81	93,72
0,008	7,0	2,16	6,00	99,72
0,004	8,0	0,05	0,14	99,86
<0,004	>9,0	0,05	0,14	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,19	% de silte =	65,11
% de areia=	34,56	% de argila =	0,14

Classificação de Shepard (1954):			silte arenoso
Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)			
Diâmetro Médio	=	4,21	silte grosso
Desvio Padrão	=	1,77	pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,66	assimetria muito negativa
Curtose	=	0,84	platicúrtica

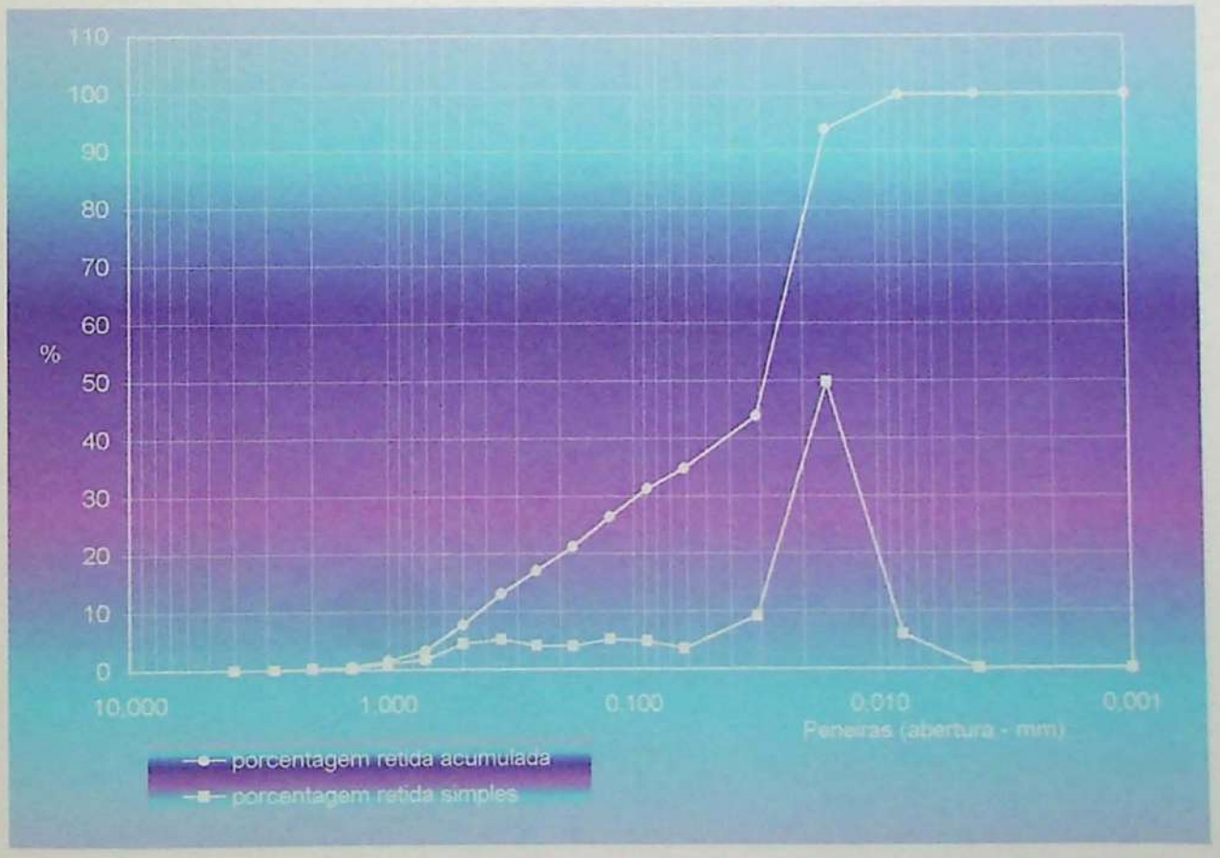


Figura 20 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-550/98, conforme Tabela 20.

Tabela 21 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 4 (0-20) (LPTR-551/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	35,39 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	34,70 g	Fator de correção:	1,02

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,04	0,12	0,12
2,000	-1,0	0,44	1,27	1,38
1,400	-0,5	0,39	1,12	2,51
1,000	0,0	0,67	1,93	4,44
0,710	0,5	0,62	1,79	6,22
0,500	1,0	0,43	1,24	7,46
0,350	1,5	0,39	1,12	8,59
0,250	2,0	0,43	1,24	9,83
0,177	2,5	0,37	1,07	10,89
0,125	3,0	1,11	3,20	14,09
0,088	3,5	1,48	4,27	18,36
0,062	4,0	0,80	2,31	20,66
0,031	5,0	3,00	8,65	29,31
0,016	6,0	3,19	9,19	38,50
0,008	7,0	3,50	10,09	48,59
0,004	8,0	3,29	9,48	58,07
<0,004	>9,0	14,55	41,93	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	1,38	% de silte =	37,41
% de areia=	19,28	% de argila =	41,93

Classificação de Shepard (1954): argila síltica

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	6,35	silte fino
Desvio Padrão	=	2,73	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,49	assimetria muito negativa
Curtose	=	0,96	mesocúrtica

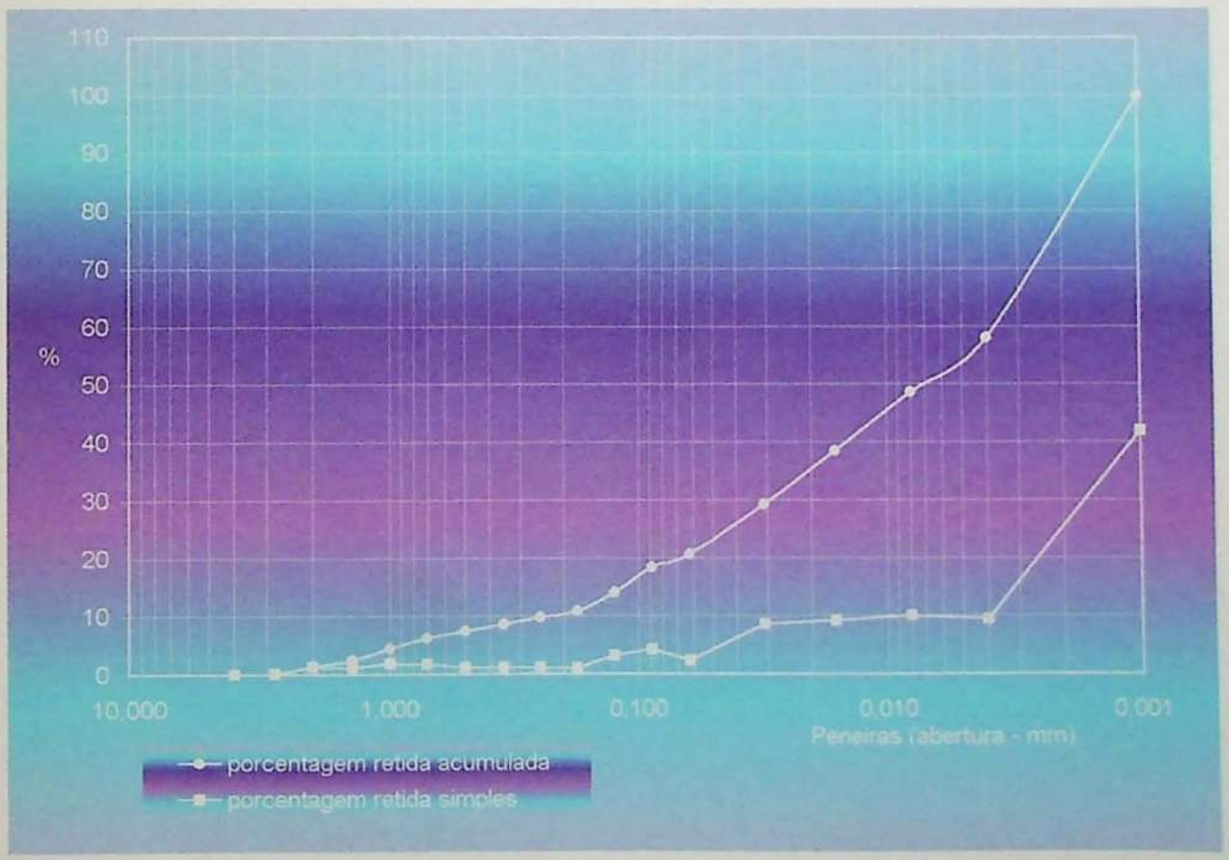


Figura 21 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-551/98, conforme Tabela 21.

Tabela 22 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 4 (0-20) (LPTR-551/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	31,97 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	31,37 g	Fator de correção:	1,02

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,11	0,35	0,35
1,400	-0,5	0,18	0,57	0,92
1,000	0,0	0,45	1,43	2,36
0,710	0,5	0,18	0,57	2,93
0,500	1,0	0,34	1,08	4,02
0,350	1,5	0,25	0,80	4,81
0,250	2,0	0,21	0,67	5,48
0,177	2,5	0,18	0,57	6,06
0,125	3,0	0,59	1,88	7,94
0,088	3,5	0,94	3,00	10,93
0,062	4,0	0,62	1,98	12,91
0,031	5,0	2,85	9,09	22,00
0,016	6,0	6,47	20,62	42,62
0,008	7,0	17,86	56,93	99,55
0,004	8,0	0,09	0,29	99,84
<0,004	>9,0	0,05	0,16	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,35	% de silte =	86,93
% de areia=	12,56	% de argila =	0,16

Classificação de Shepard (1954): silte

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	5,59	silte médio
Desvio Padrão	=	1,38	pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,73	assimetria muito negativa
Curtose	=	1,95	muito leptocúrtica

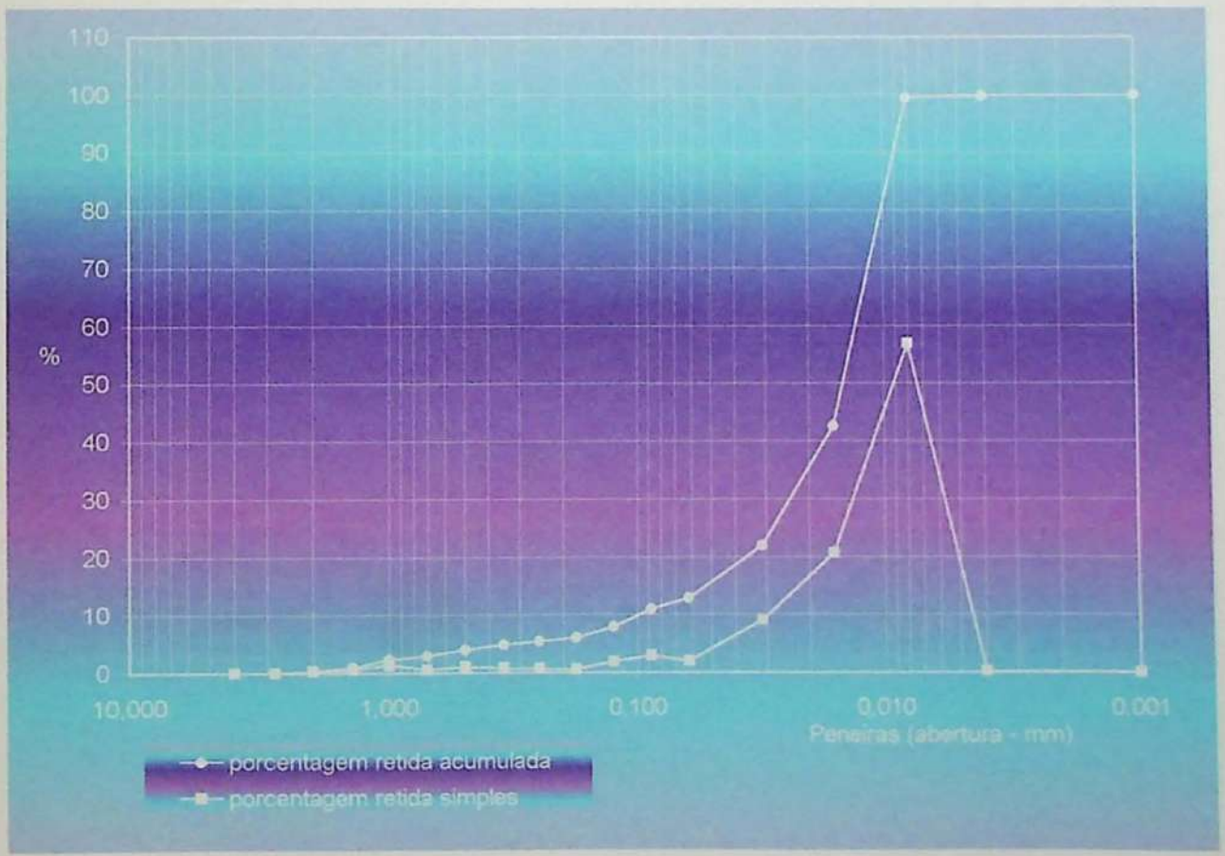


Figura 22 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-551/98, conforme Tabela 22.

Tabela 23 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 4 (40-60) (LPTR-552/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	41,19 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	40,72 g	Fator de correção:	1,01

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,14	0,34	0,34
1,400	-0,5	0,09	0,22	0,56
1,000	0,0	0,29	0,71	1,28
0,710	0,5	0,48	1,18	2,46
0,500	1,0	0,52	1,28	3,73
0,350	1,5	0,52	1,28	5,01
0,250	2,0	0,54	1,33	6,34
0,177	2,5	0,43	1,06	7,39
0,125	3,0	1,88	4,62	12,01
0,088	3,5	2,64	6,48	18,49
0,062	4,0	1,14	2,80	21,29
0,031	5,0	5,75	14,12	35,41
0,016	6,0	6,17	15,15	50,56
0,008	7,0	5,18	12,72	63,29
0,004	8,0	3,90	9,58	72,86
<0,004	>9,0	11,05	27,14	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,34	% de silte =	51,57
% de areia=	20,95	% de argila =	27,14

Classificação de Shepard (1954):			silte argiloso
Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)			
Diâmetro Médio	=	5,89	silte médio
Desvio Padrão	=	2,40	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,12	assimetria negativa
Curtose	=	0,81	platicúrtica

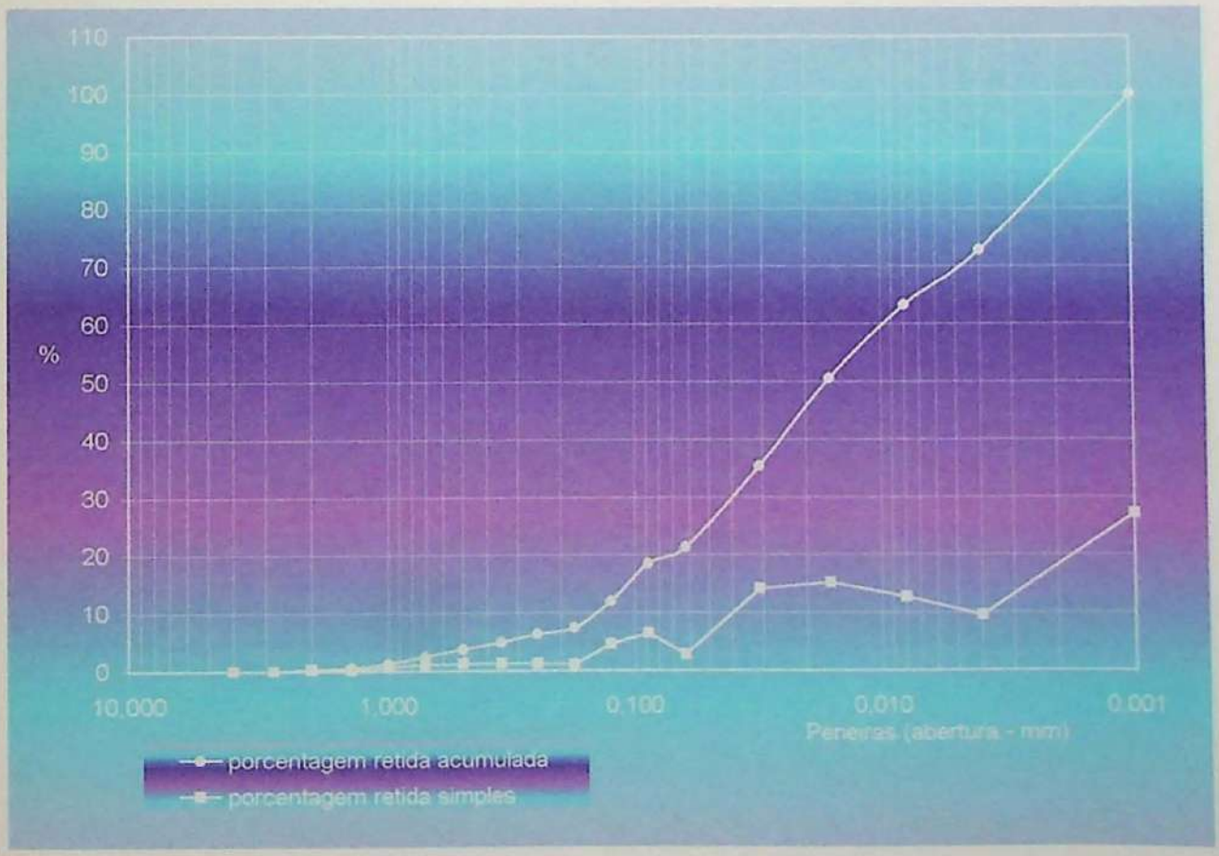


Figura 23 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-552/98, conforme Tabela 23.

Tabela 24 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 4 (40-60) (LPTR-552/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	51,44 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	50,76 g	Fator de correção:	1,01

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,01	0,02	0,02
1,400	-0,5	0,11	0,22	0,24
1,000	0,0	0,36	0,71	0,95
0,710	0,5	0,43	0,85	1,79
0,500	1,0	0,64	1,26	3,05
0,350	1,5	0,60	1,18	4,24
0,250	2,0	0,51	1,00	5,24
0,177	2,5	0,89	1,75	6,99
0,125	3,0	2,18	4,29	11,29
0,088	3,5	3,24	6,38	17,67
0,062	4,0	2,86	5,63	23,31
0,031	5,0	9,10	17,93	41,23
0,016	6,0	29,45	58,02	99,25
0,008	7,0	0,24	0,47	99,72
0,004	8,0	0,09	0,18	99,90
<0,004	>9,0	0,05	0,10	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,02	% de silte =	76,60
% de areia=	23,29	% de argila =	0,10

Classificação de Shepard (1954): silte

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	4,64	silte grosso
Desvio Padrão	=	1,10	pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,66	assimetria muito negativa
Curtose	=	1,27	leptocúrtica

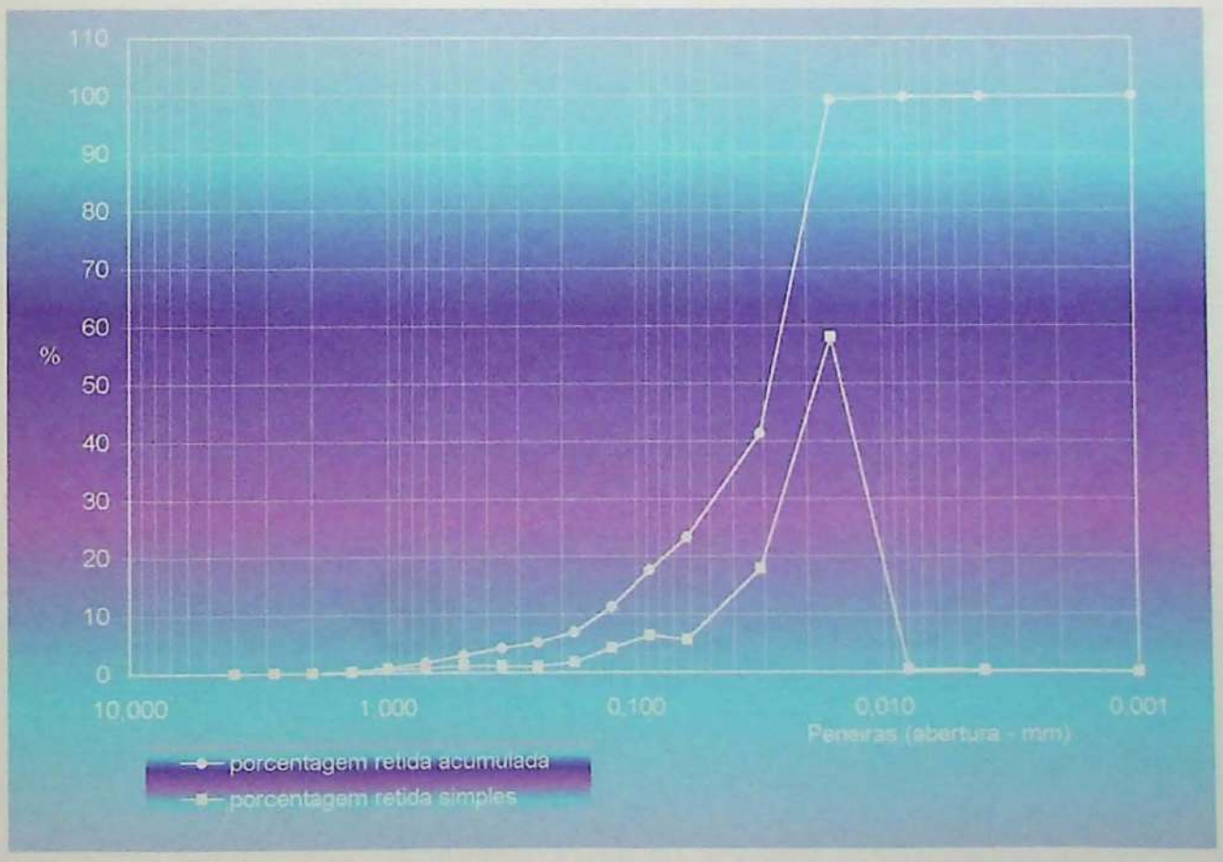


Figura 24 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-552/98, conforme Tabela 24.

Tabela 25 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 5 (0-20) (LPTR-553/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	36,11 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	35,44 g	Fator de correção:	1,02

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,15	0,42	0,42
2,000	-1,0	0,26	0,73	1,16
1,400	-0,5	0,64	1,81	2,96
1,000	0,0	1,44	4,06	7,03
0,710	0,5	1,36	3,84	10,86
0,500	1,0	1,69	4,77	15,63
0,350	1,5	1,76	4,97	20,60
0,250	2,0	1,61	4,54	25,14
0,177	2,5	1,69	4,77	29,91
0,125	3,0	2,26	6,38	36,29
0,088	3,5	1,91	5,39	41,68
0,062	4,0	1,36	3,84	45,51
0,031	5,0	2,50	7,05	52,57
0,016	6,0	2,06	5,81	58,38
0,008	7,0	1,44	4,06	62,44
0,004	8,0	2,49	7,03	69,47
<0,004	>9,0	10,82	30,53	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	1,16	% de silte =	23,96
% de areia=	44,36	% de argila =	30,53

Classificação de Shepard (1954): areia argilosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	4,71	silte grosso
Desvio Padrão	=	3,26	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,01	aproximadamente simétrica
Curtose	=	0,62	muito platicúrtica

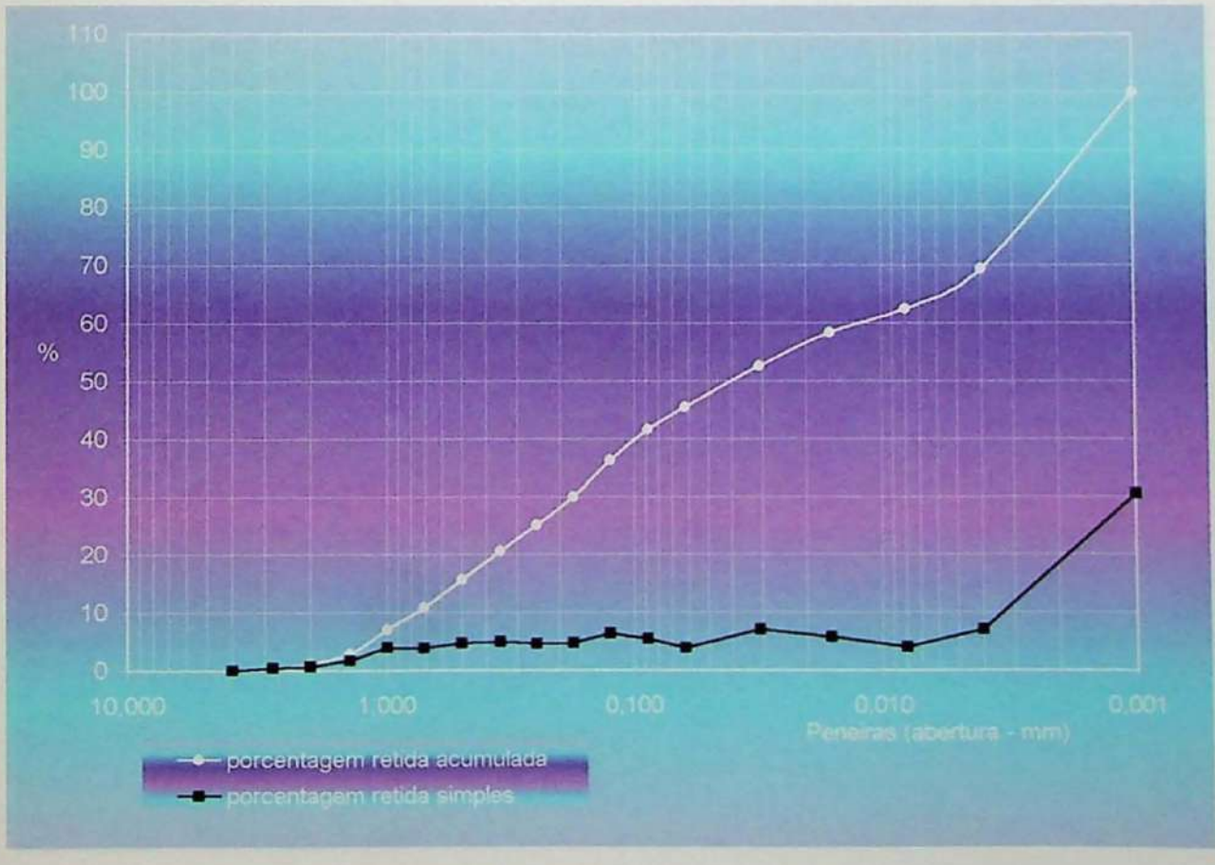


Figura 25 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-553/98, conforme Tabela 25.

Tabela 26 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 5 (0-20) (LPTR-553/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	33,84 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	32,16 g	Fator de correção:	1,05

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,06	0,19	0,19
2,000	-1,0	0,21	0,65	0,84
1,400	-0,5	0,36	1,12	1,96
1,000	0,0	1,25	3,89	5,85
0,710	0,5	1,60	4,98	10,82
0,500	1,0	1,40	4,35	15,17
0,350	1,5	1,22	3,79	18,97
0,250	2,0	1,16	3,61	22,57
0,177	2,5	0,87	2,71	25,28
0,125	3,0	2,09	6,50	31,78
0,088	3,5	2,10	6,53	38,31
0,062	4,0	1,00	3,11	41,42
0,031	5,0	3,40	10,57	51,99
0,016	6,0	3,09	9,61	61,60
0,008	7,0	3,84	11,94	73,54
0,004	8,0	3,62	11,26	84,79
<0,004	>9,0	4,89	15,21	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,84	% de silte =	43,38
% de areia=	40,58	% de argila =	15,21

Classificação de Shepard (1954):			silte arenoso
Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)			
Diâmetro Médio	=	4,61	silte grosso
Desvio Padrão	=	3,03	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,10	assimetria negativa
Curtose	=	0,77	platicúrtica

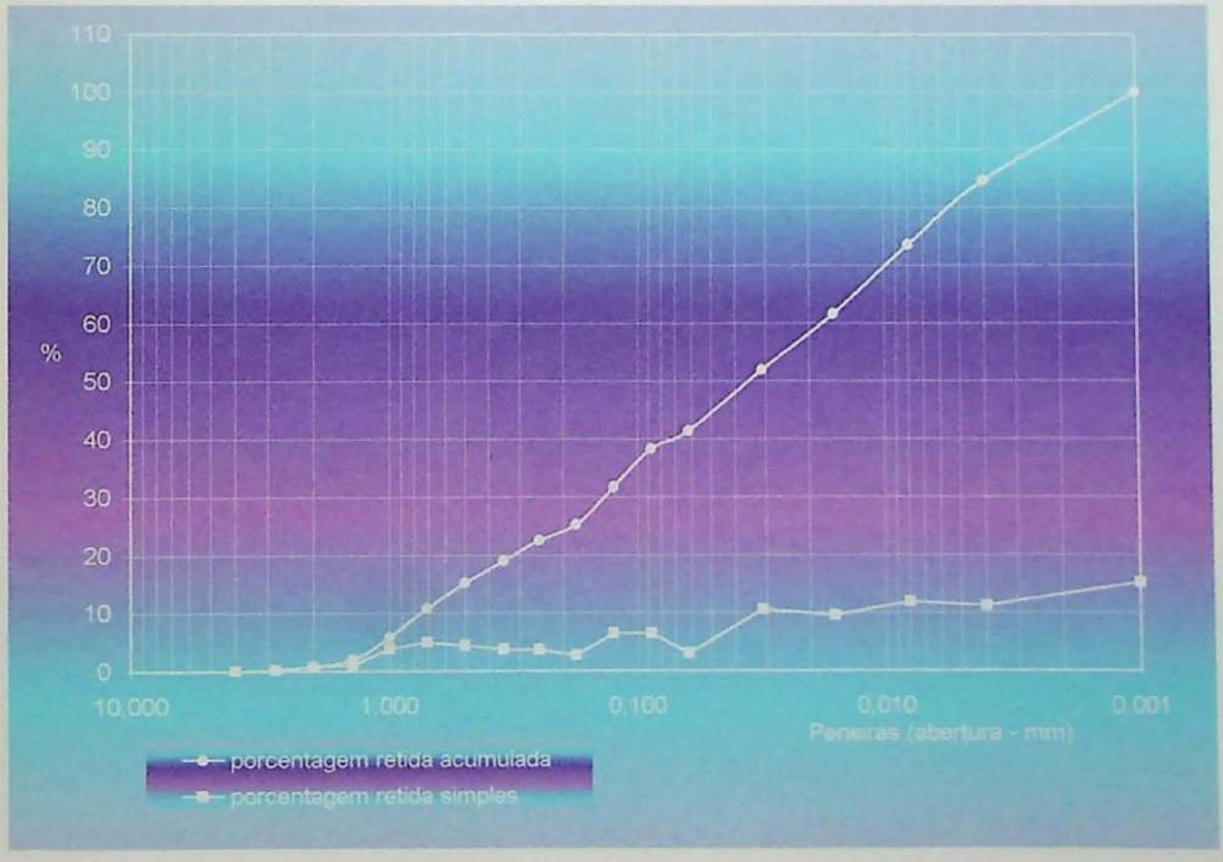


Figura 26 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-553/98, conforme Tabela 26.

Tabela 27 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 5 (20-40) (LPTR-554/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	35,63 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	33,90 g	Fator de correção:	1,05

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,08	0,24	0,24
2,000	-1,0	0,10	0,29	0,53
1,400	-0,5	0,20	0,59	1,12
1,000	0,0	0,73	2,15	3,27
0,710	0,5	0,70	2,06	5,34
0,500	1,0	1,21	3,57	8,91
0,350	1,5	1,21	3,57	12,48
0,250	2,0	1,02	3,01	15,49
0,177	2,5	1,14	3,36	18,85
0,125	3,0	1,64	4,84	23,69
0,088	3,5	1,72	5,07	28,76
0,062	4,0	1,42	4,19	32,95
0,031	5,0	2,45	7,23	40,18
0,016	6,0	2,01	5,93	46,11
0,008	7,0	1,97	5,81	51,92
0,004	8,0	2,07	6,11	58,02
<0,004	>9,0	14,23	41,98	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,53	% de silte =	25,07
% de areia=	32,42	% de argila =	41,98

Classificação de Shepard (1954): argila síltico-arenosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	5,81	silte médio
Desvio Padrão	=	2,98	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,40	assimetria muito negativa
Curtose	=	0,68	platicúrtica

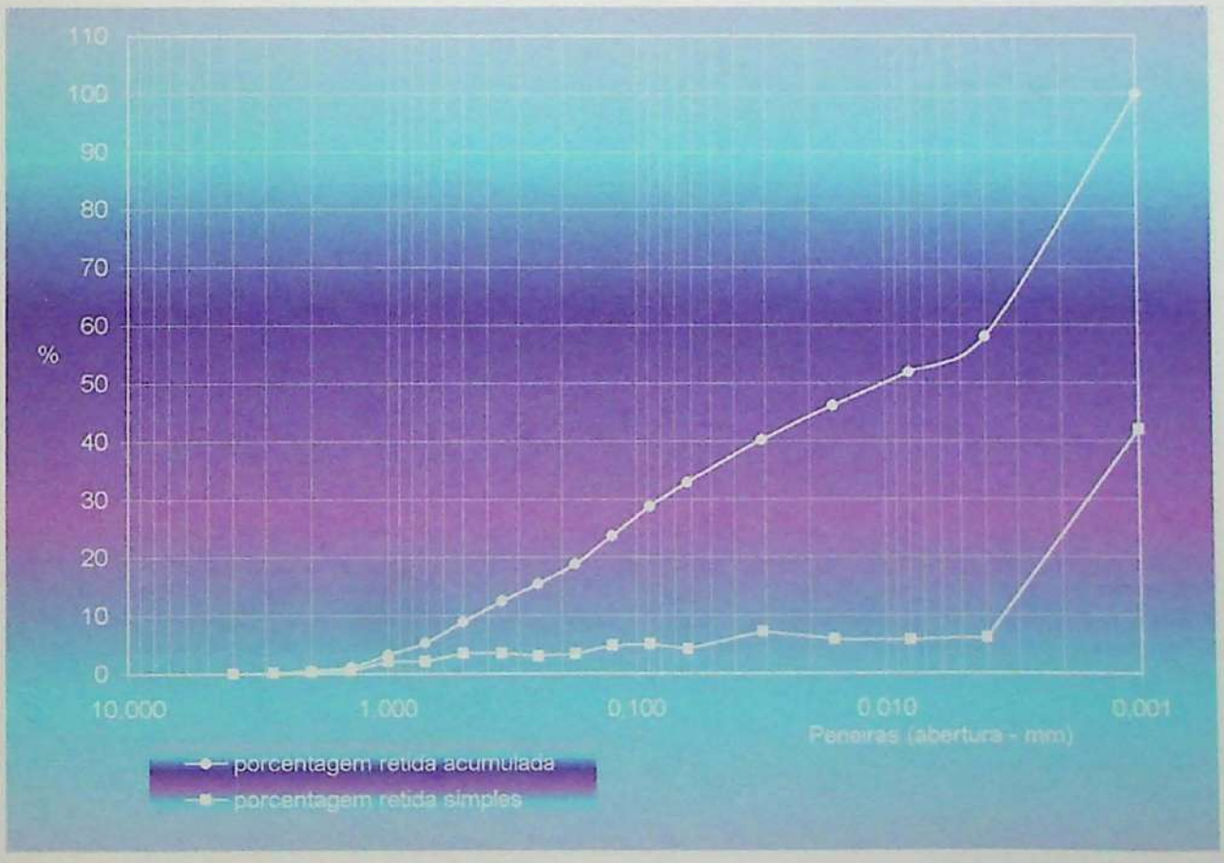


Figura 27 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-554/98, conforme Tabela 27.

Tabela 28 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 5 (20-40) (LPTR-554/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	33,32 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	32,25 g	Fator de correção:	1,03

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,10	0,31	0,31
1,400	-0,5	0,26	0,81	1,12
1,000	0,0	0,56	1,74	2,85
0,710	0,5	0,72	2,23	5,09
0,500	1,0	0,96	2,98	8,06
0,350	1,5	0,96	2,98	11,04
0,250	2,0	0,96	2,98	14,02
0,177	2,5	0,69	2,14	16,16
0,125	3,0	1,57	4,87	21,02
0,088	3,5	1,70	5,27	26,29
0,062	4,0	0,89	2,76	29,05
0,031	5,0	4,35	13,49	42,54
0,016	6,0	7,50	23,26	65,80
0,008	7,0	10,85	33,64	99,44
0,004	8,0	0,09	0,28	99,72
<0,004	>9,0	0,09	0,28	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,31	% de silte =	70,67
% de areia=	28,74	% de argila =	0,28

Classificação de Shepard (1954):			silte arenoso
Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)			
Diâmetro Médio	=	4,69	silte grosso
Desvio Padrão	=	1,88	pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,54	assimetria muito negativa
Curtose	=	0,91	mesocúrtica

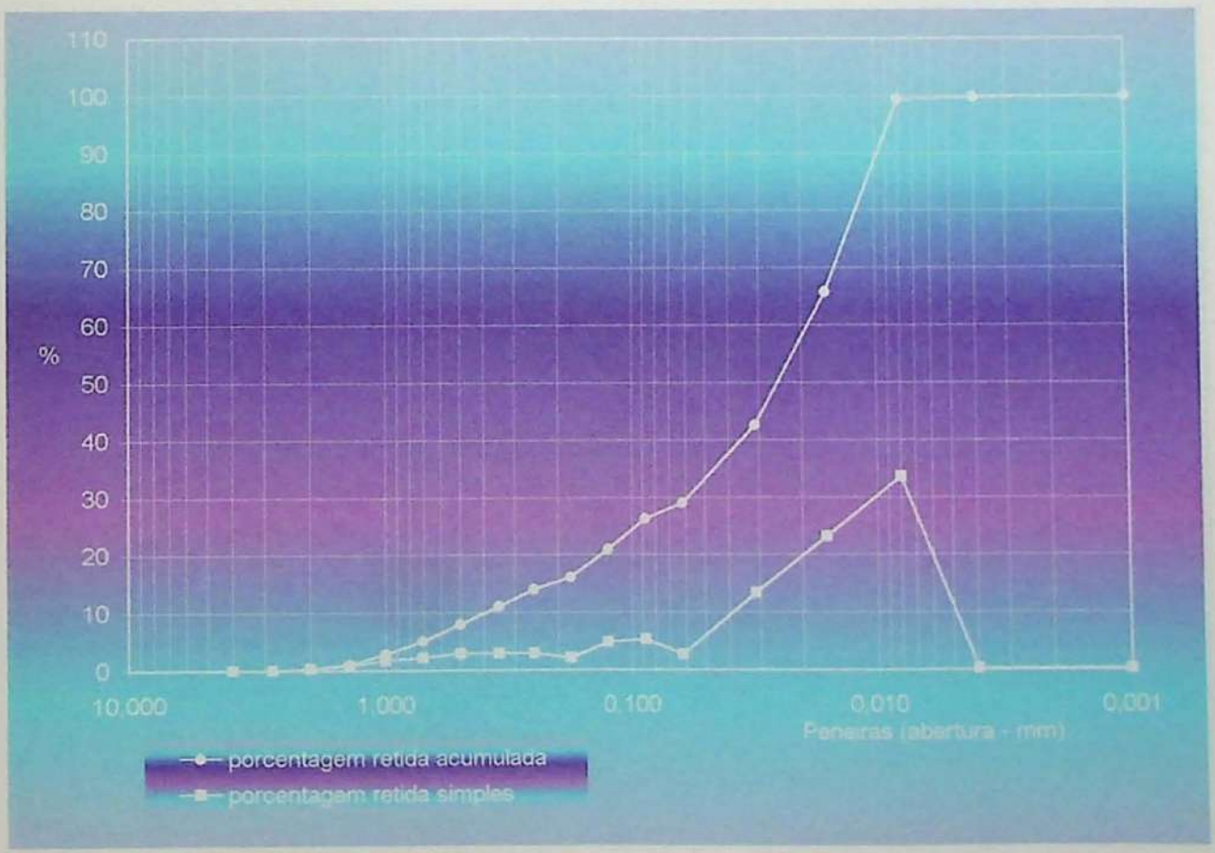


Figura 28 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-554/98, conforme Tabela 28.

Tabela 29 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 5 (40-60) (LPTR-555/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	36,68 g	peso de seixos	1,18 g
Peso total final:	35,50 g	Fator de correção:	1,03

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	1,18	3,32	3,32
2,800	-1,5	0,77	2,17	5,49
2,000	-1,0	1,23	3,46	8,96
1,400	-0,5	1,32	3,72	12,68
1,000	0,0	1,92	5,41	18,08
0,710	0,5	2,16	6,08	24,17
0,500	1,0	1,84	5,18	29,35
0,350	1,5	1,46	4,11	33,46
0,250	2,0	1,30	3,66	37,13
0,177	2,5	0,88	2,48	39,61
0,125	3,0	2,03	5,72	45,32
0,088	3,5	1,76	4,96	50,28
0,062	4,0	0,87	2,45	52,73
0,031	5,0	2,40	6,76	59,49
0,016	6,0	1,47	4,14	63,63
0,008	7,0	1,92	5,41	69,04
0,004	8,0	1,46	4,11	73,15
<0,004	>9,0	9,53	26,85	100,00

% de seixos=	3,32		
% de grânulos=	5,63	% de silte =	20,42
% de areia=	43,77	% de argila =	26,85

Classificação de Shepard (1954): areia argilosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	4,08	silte grosso
Desvio Padrão	=	3,61	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	0,07	aproximadamente simétrica
Curtose	=	0,57	muito platicúrtica

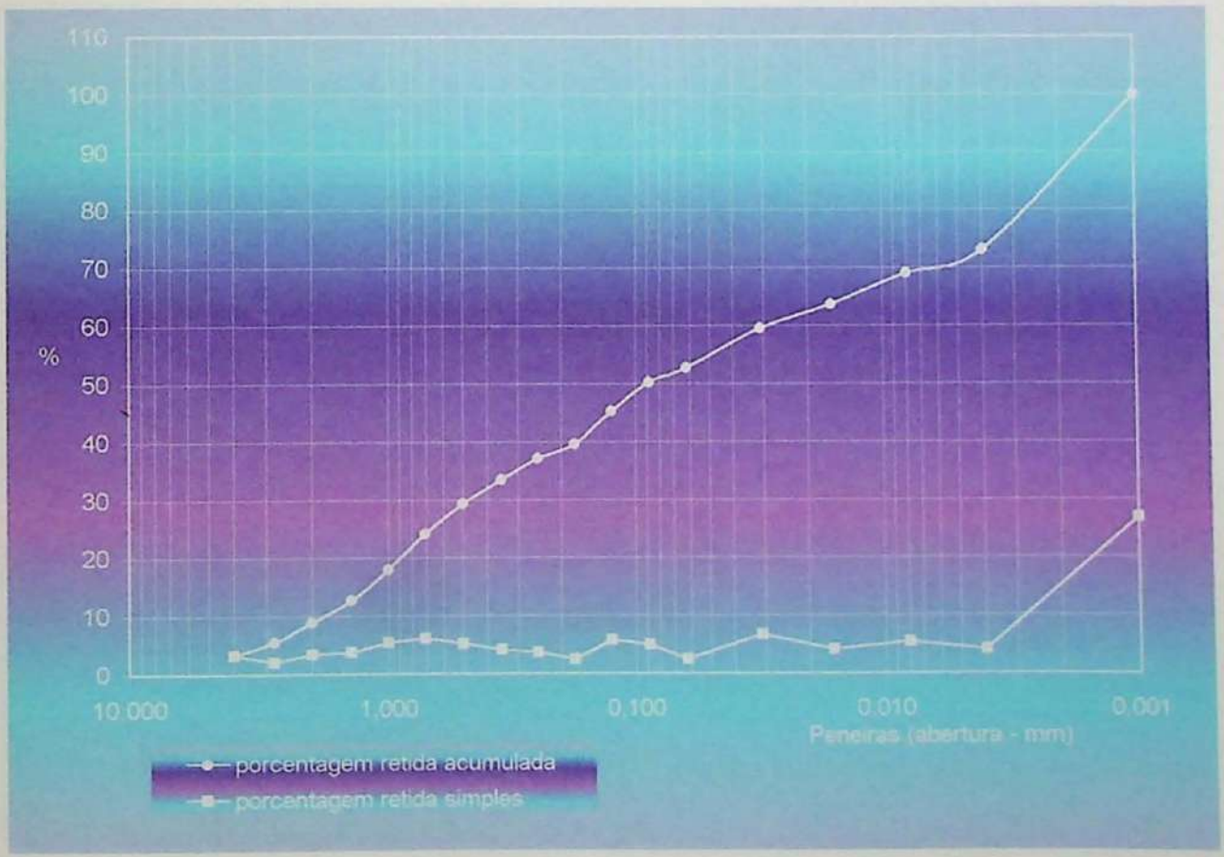


Figura 29 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-555/98, conforme Tabela 29.

Tabela 30 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 5 (40-60) (LPTR-555/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	39,60 g	peso de seixos	2,08 g
Peso total final:	39,49 g	Fator de correção:	1,00

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	2,08	5,27	5,27
2,800	-1,5	0,35	0,89	6,15
2,000	-1,0	1,13	2,86	9,01
1,400	-0,5	1,21	3,06	12,08
1,000	0,0	2,31	5,85	17,93
0,710	0,5	1,89	4,79	22,71
0,500	1,0	2,19	5,55	28,26
0,350	1,5	1,81	4,58	32,84
0,250	2,0	1,44	3,65	36,49
0,177	2,5	1,57	3,98	40,47
0,125	3,0	1,99	5,04	45,51
0,088	3,5	1,81	4,58	50,09
0,062	4,0	1,36	3,44	53,53
0,031	5,0	2,30	5,82	59,36
0,016	6,0	15,53	39,33	98,68
0,008	7,0	0,38	0,96	99,65
0,004	8,0	0,09	0,23	99,87
<0,004	>9,0	0,05	0,13	100,00

% de seixos=	5,27		
% de grânulos=	3,75	% de silte =	46,34
% de areia=	44,52	% de argila =	0,13

Classificação de Shepard (1954): silte arenoso

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	3,18	areia muito fina
Desvio Padrão	=	2,23	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,42	assimetria muito negativa
Curtose	=	0,64	muito platicúrtica

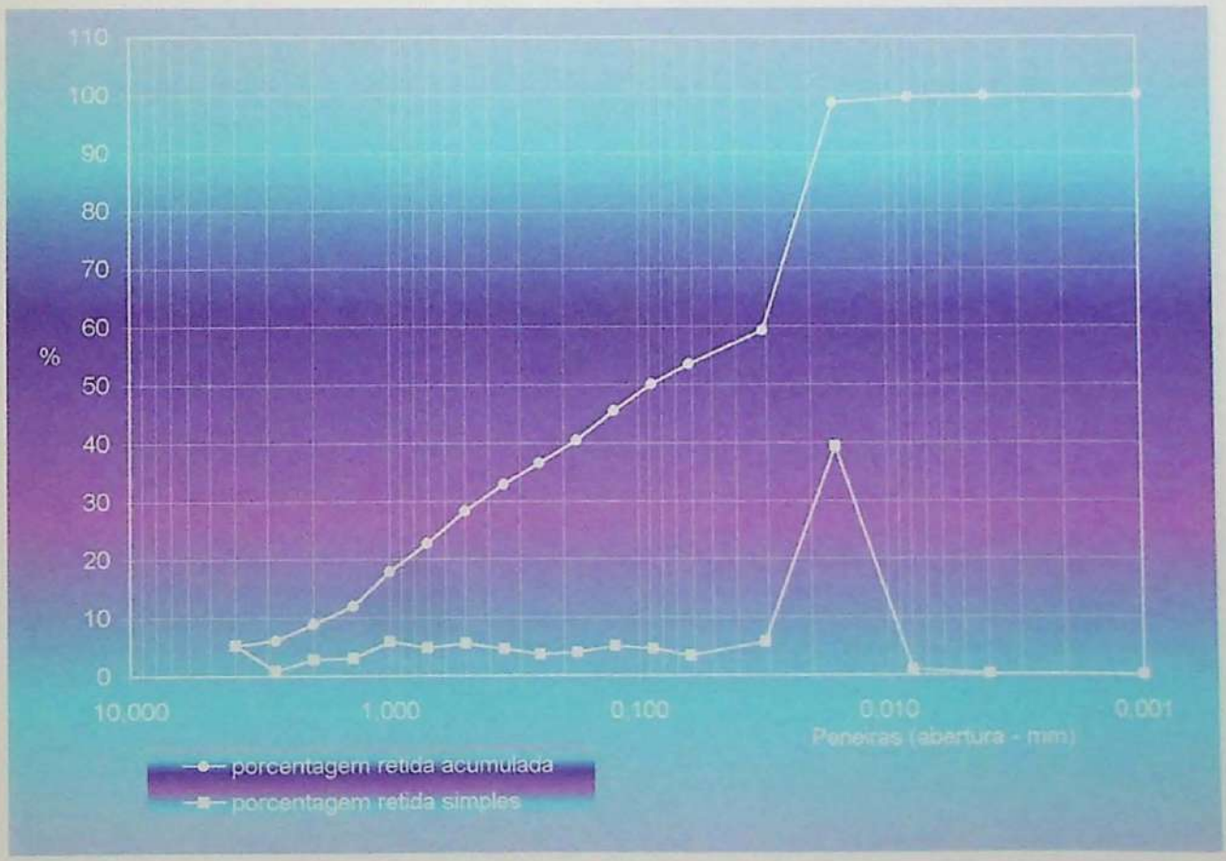


Figura 30 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-555/98, conforme Tabela 30.

Tabela 31 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 6 (0-20) (LPTR-556/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	36,73 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	36,58 g	Fator de correção:	1,00

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,13	0,36	0,36
2,000	-1,0	0,17	0,46	0,82
1,400	-0,5	0,25	0,68	1,50
1,000	0,0	0,71	1,94	3,44
0,710	0,5	0,78	2,13	5,58
0,500	1,0	1,10	3,01	8,58
0,350	1,5	0,98	2,68	11,26
0,250	2,0	0,75	2,05	13,31
0,177	2,5	0,83	2,27	15,58
0,125	3,0	1,31	3,58	19,16
0,088	3,5	1,52	4,16	23,32
0,062	4,0	1,52	4,16	27,47
0,031	5,0	5,05	13,81	41,28
0,016	6,0	5,64	15,42	56,70
0,008	7,0	4,75	12,99	69,68
0,004	8,0	3,53	9,65	79,33
<0,004	>9,0	7,56	20,67	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,82	% de silte =	51,86
% de areia=	26,65	% de argila =	20,67

Classificação de Shepard (1954): silte arenoso

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	5,44	silte médio
Desvio Padrão	=	2,69	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,15	assimetria negativa
Curtose	=	0,91	mesocúrtica

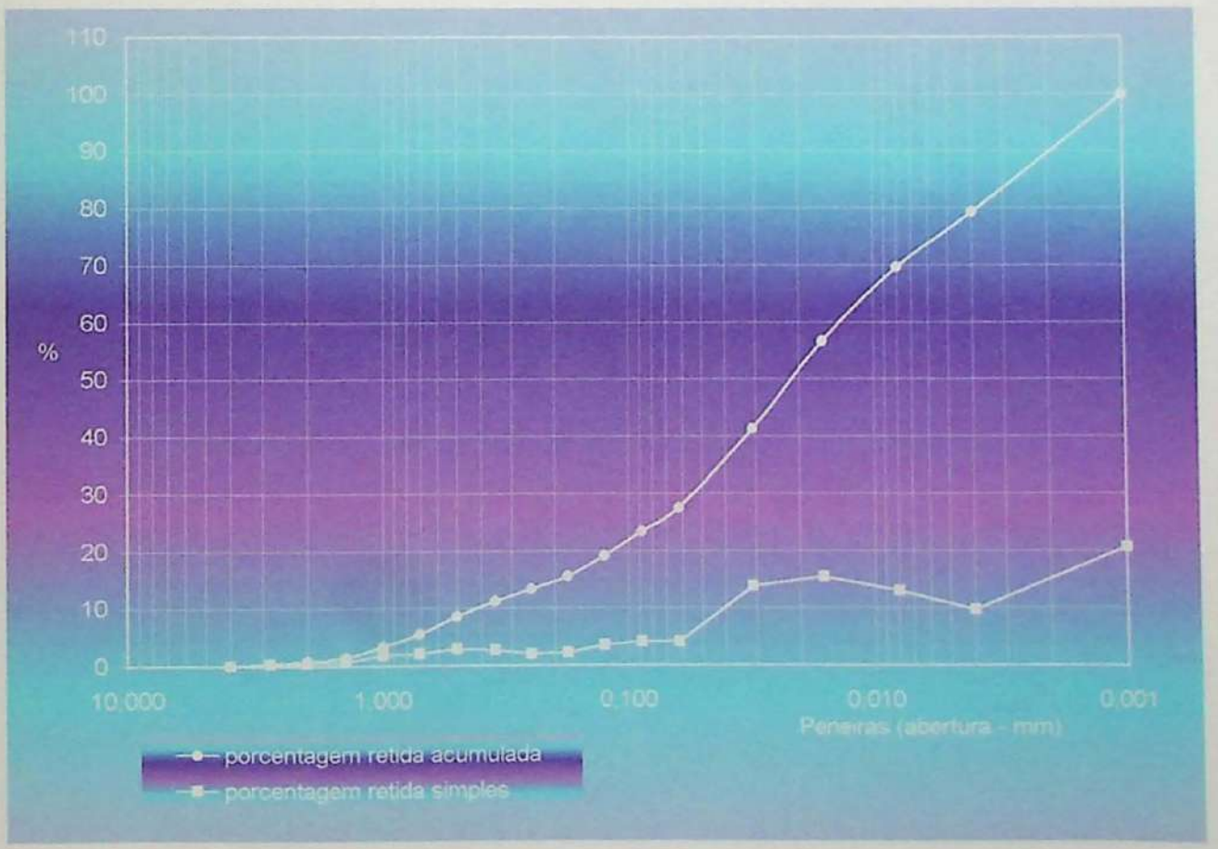


Figura 31 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-556/98, conforme Tabela 31.

Tabela 32 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 6 (0-20) (LPTR-556/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	37,71 g	peso de seixos	0,34 g
Peso total final:	37,16 g	Fator de correção:	1,01

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,34	0,91	0,91
2,800	-1,5	0,08	0,22	1,13
2,000	-1,0	0,10	0,27	1,40
1,400	-0,5	0,16	0,43	1,83
1,000	0,0	0,44	1,18	3,01
0,710	0,5	0,91	2,45	5,46
0,500	1,0	1,06	2,85	8,32
0,350	1,5	0,82	2,21	10,52
0,250	2,0	0,63	1,70	12,22
0,177	2,5	0,41	1,10	13,32
0,125	3,0	0,97	2,61	15,93
0,088	3,5	1,24	3,34	19,27
0,062	4,0	0,79	2,13	21,39
0,031	5,0	5,55	14,94	36,33
0,016	6,0	9,90	26,64	62,97
0,008	7,0	3,89	10,47	73,44
0,004	8,0	3,20	8,61	82,05
<0,004	>9,0	6,67	17,95	100,00

% de seixos=	0,91		
% de grânulos=	0,48	% de silte =	60,66
% de areia=	19,99	% de argila =	17,95

Classificação de Shepard (1954): silte arenoso

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	5,58	silte médio
Desvio Padrão	=	2,48	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,09	aproximadamente simétrica
Curtose	=	1,17	leptocúrtica

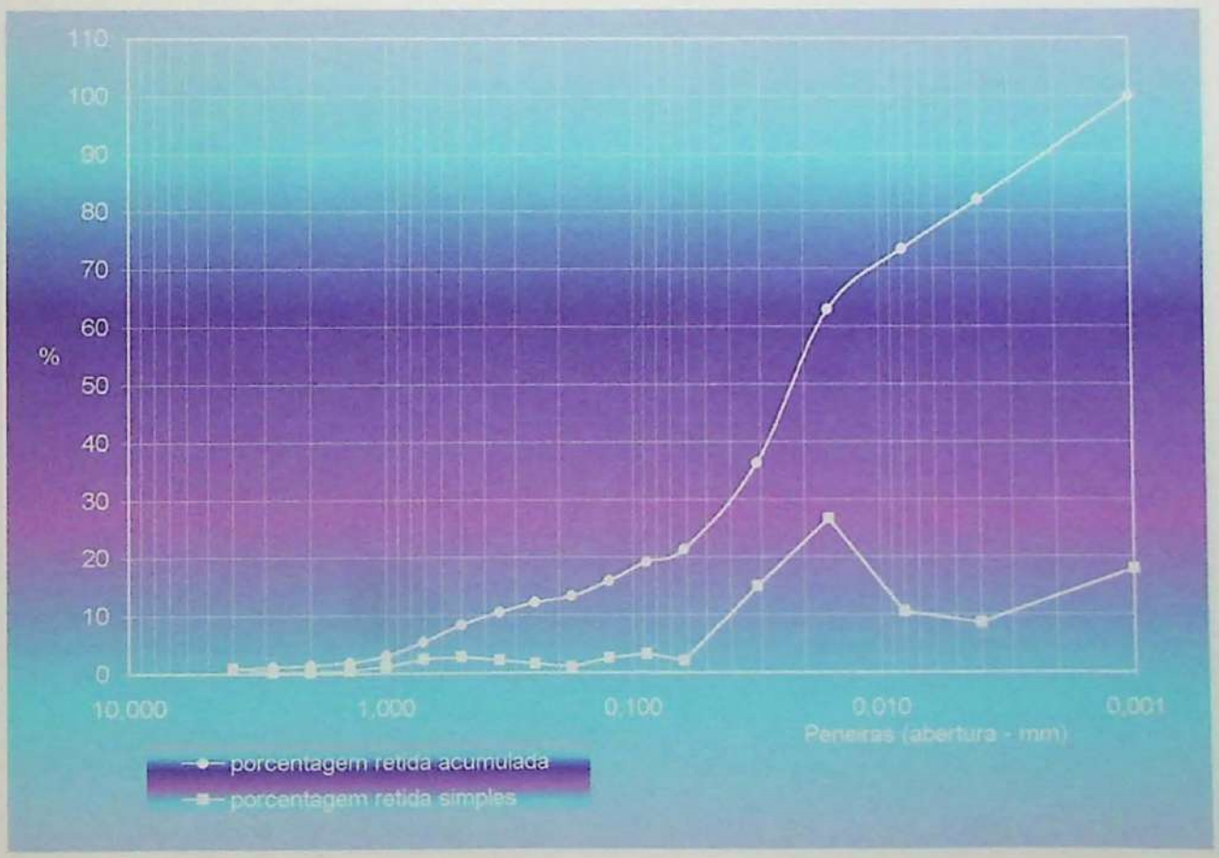


Figura 32 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-556/98, conforme Tabela 32.

Tabela 33 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 7 (0-20) (LPTR-557/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	34,47 g	peso de seixos	0,88 g
Peso total final:	34,15 g	Fator de correção:	1,01

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,88	2,58	2,58
2,800	-1,5	0,25	0,73	3,31
2,000	-1,0	0,67	1,96	5,27
1,400	-0,5	0,71	2,08	7,35
1,000	0,0	1,51	4,42	11,77
0,710	0,5	1,18	3,46	15,23
0,500	1,0	1,48	4,33	19,56
0,350	1,5	1,34	3,92	23,48
0,250	2,0	1,16	3,40	26,88
0,177	2,5	1,29	3,78	30,66
0,125	3,0	1,76	5,15	35,81
0,088	3,5	1,58	4,63	40,44
0,062	4,0	1,22	3,57	44,01
0,031	5,0	2,65	7,76	51,77
0,016	6,0	1,96	5,74	57,51
0,008	7,0	2,54	7,44	64,95
0,004	8,0	2,16	6,33	71,27
<0,004	>9,0	9,81	28,73	100,00

% de seixos=	2,58		
% de grânulos=	2,69	% de silte =	27,26
% de areia=	38,74	% de argila =	28,73

Classificação de Shepard (1954): areia síltico-argilosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	4,74	silte grosso
Desvio Padrão	=	3,34	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,11	assimetria negativa
Curtose	=	0,64	muito platicúrtica

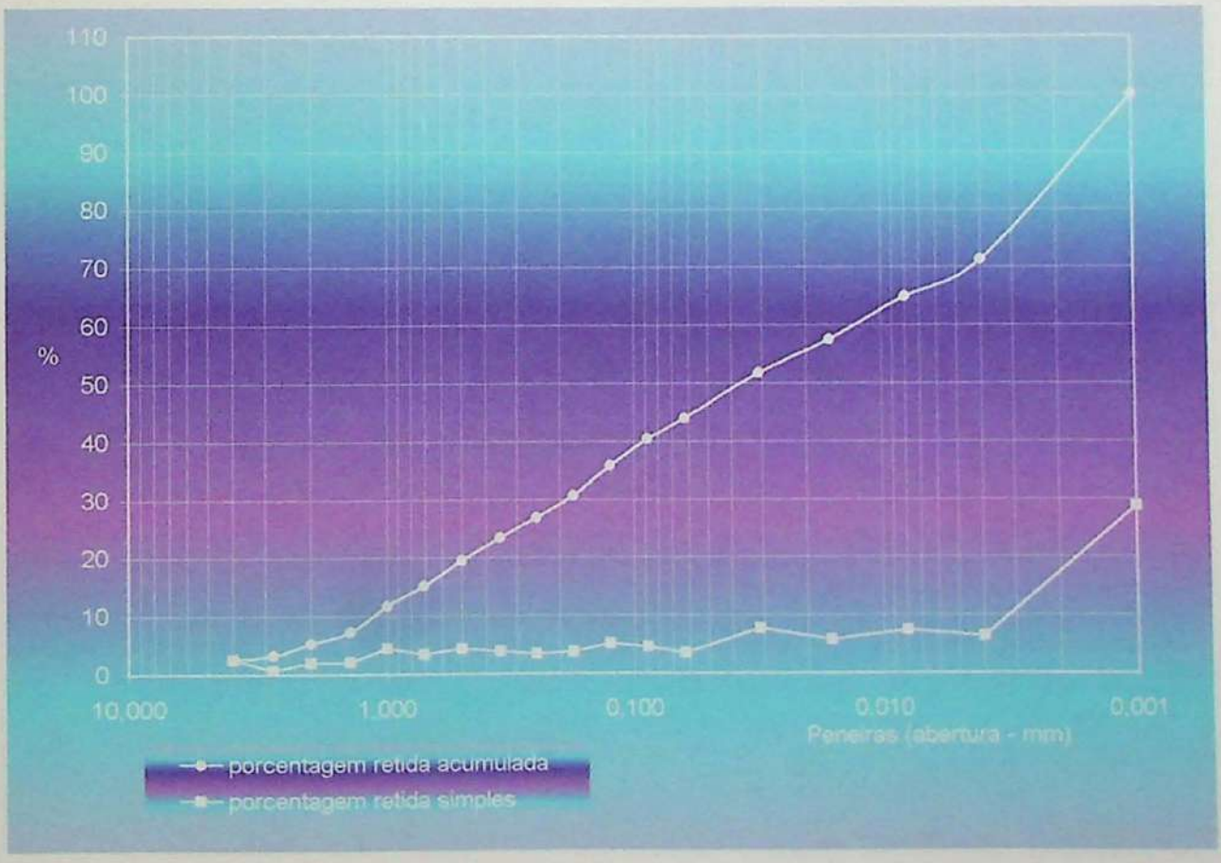


Figura 33 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-557/98, conforme Tabela 33.

Tabela 34 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 7 (0-20) (LPTR-557/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	35,26 g	peso de seixos	0,59 g
Peso total final:	34,50 g	Fator de correção:	1,02

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,59	1,71	1,71
2,800	-1,5	0,47	1,36	3,07
2,000	-1,0	0,29	0,84	3,91
1,400	-0,5	0,65	1,88	5,80
1,000	0,0	1,45	4,20	10,00
0,710	0,5	1,77	5,13	15,13
0,500	1,0	1,19	3,45	18,58
0,350	1,5	0,94	2,72	21,30
0,250	2,0	0,89	2,58	23,88
0,177	2,5	0,66	1,91	25,80
0,125	3,0	1,74	5,04	30,84
0,088	3,5	1,90	5,51	36,35
0,062	4,0	0,95	2,75	39,10
0,031	5,0	3,75	10,87	49,97
0,016	6,0	3,58	10,38	60,35
0,008	7,0	4,18	12,12	72,46
0,004	8,0	3,34	9,68	82,14
<0,004	>9,0	6,16	17,86	100,00

% de seixos=	1,71		
% de grânulos=	2,20	% de silte =	43,04
% de areia=	35,19	% de argila =	17,86

Classificação de Shepard (1954):			silte arenoso
Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)			
Diâmetro Médio	=	4,67	silte grosso
Desvio Padrão	=	3,20	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,18	assimetria negativa
Curtose	=	0,79	platicúrtica

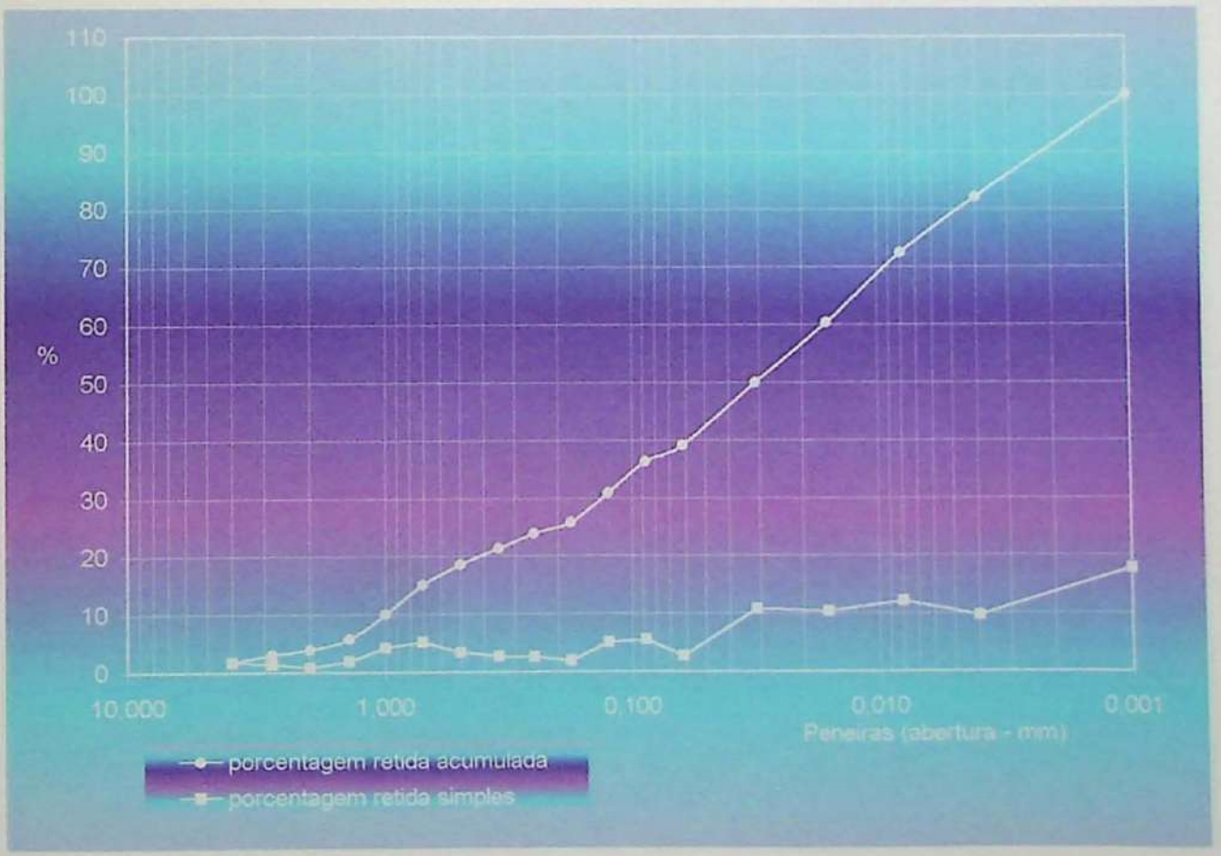


Figura 34 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-557/98, conforme Tabela 34.

Tabela 35 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 7 (40-60) (LPTR-558/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	33,15 g	peso de seixos	0,15 g
Peso total final:	32,74 g	Fator de correção:	1,01

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,15	0,46	0,46
2,800	-1,5	0,66	2,02	2,47
2,000	-1,0	0,92	2,81	5,28
1,400	-0,5	1,06	3,24	8,52
1,000	0,0	2,35	7,18	15,70
0,710	0,5	1,75	5,35	21,04
0,500	1,0	1,88	5,74	26,79
0,350	1,5	1,65	5,04	31,83
0,250	2,0	1,46	4,46	36,29
0,177	2,5	1,52	4,64	40,93
0,125	3,0	1,85	5,65	46,58
0,088	3,5	1,51	4,61	51,19
0,062	4,0	1,01	3,08	54,28
0,031	5,0	1,25	3,82	58,09
0,016	6,0	1,57	4,80	62,89
0,008	7,0	1,30	3,97	66,86
0,004	8,0	1,55	4,73	71,59
<0,004	>9,0	9,30	28,41	100,00

% de seixos= 0,46

% de grânulos= 4,83 % de silte = 17,32

% de areia= 48,99 % de argila = 28,41

Classificação de Shepard (1954): areia argilosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	3,96	areia muito fina
Desvio Padrão	=	3,60	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	0,16	assimetria positiva
Curtose	=	0,57	muito platicúrtica

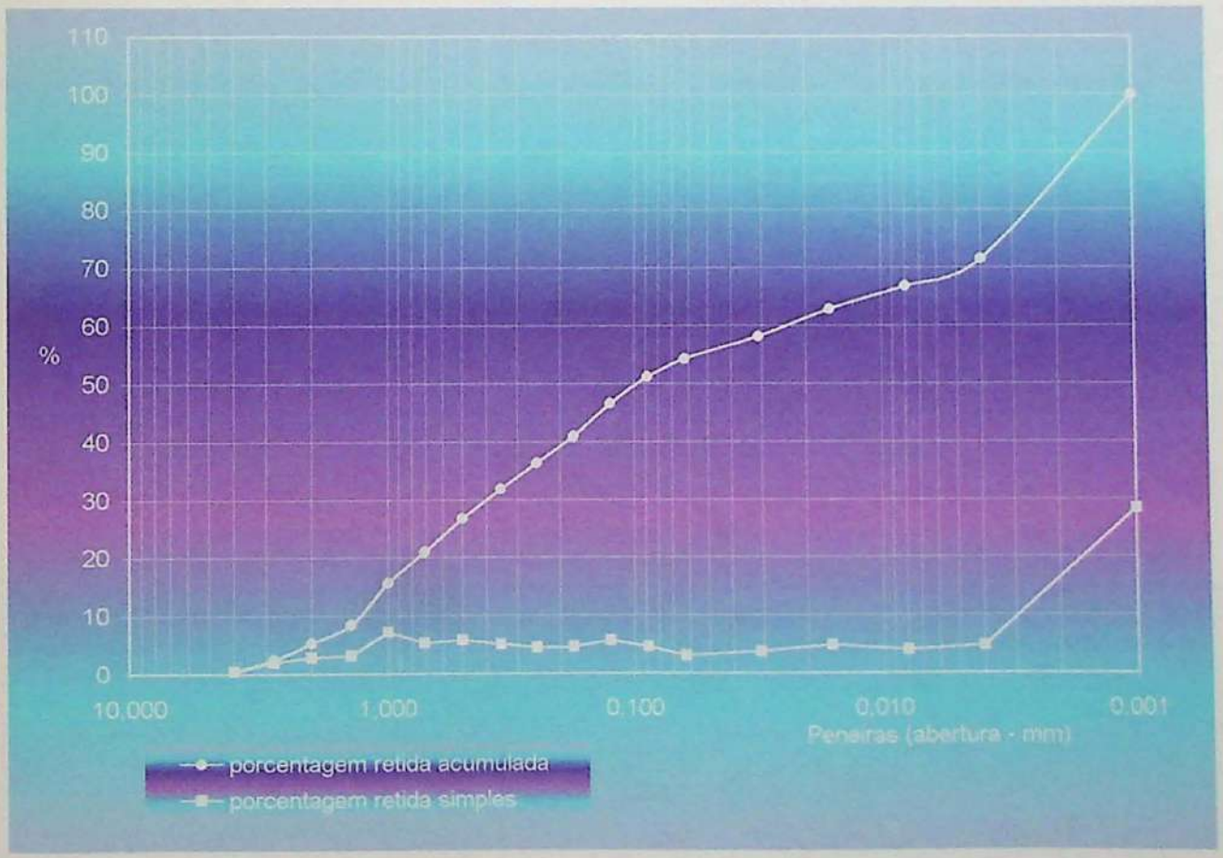


Figura 35 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-558/98, conforme Tabela 35.

Tabela 36 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 7 (40-60) (LPTR-558/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	34,92 g	peso de seixos	0,30 g
Peso total final:	33,52 g	Fator de correção:	1,04

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,30	0,89	0,89
2,800	-1,5	0,26	0,78	1,67
2,000	-1,0	0,99	2,95	4,62
1,400	-0,5	0,66	1,97	6,59
1,000	0,0	1,68	5,01	11,61
0,710	0,5	2,12	6,32	17,93
0,500	1,0	1,79	5,34	23,27
0,350	1,5	1,61	4,80	28,07
0,250	2,0	1,71	5,10	33,17
0,177	2,5	1,18	3,52	36,69
0,125	3,0	2,46	7,34	44,03
0,088	3,5	1,93	5,76	49,79
0,062	4,0	0,80	2,39	52,18
0,031	5,0	2,15	6,41	58,59
0,016	6,0	2,35	7,01	65,60
0,008	7,0	3,02	9,01	74,61
0,004	8,0	2,44	7,28	81,89
<0,004	>9,0	6,07	18,11	100,00

% de seixos=	0,89		
% de grânulos=	3,73	% de silte =	29,71
% de areia=	47,55	% de argila =	18,11

Classificação de Shepard (1954): areia síltica

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	4,05	silte grosso
Desvio Padrão	=	3,35	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	0,13	assimetria positiva
Curtose	=	0,67	muito platicúrtica

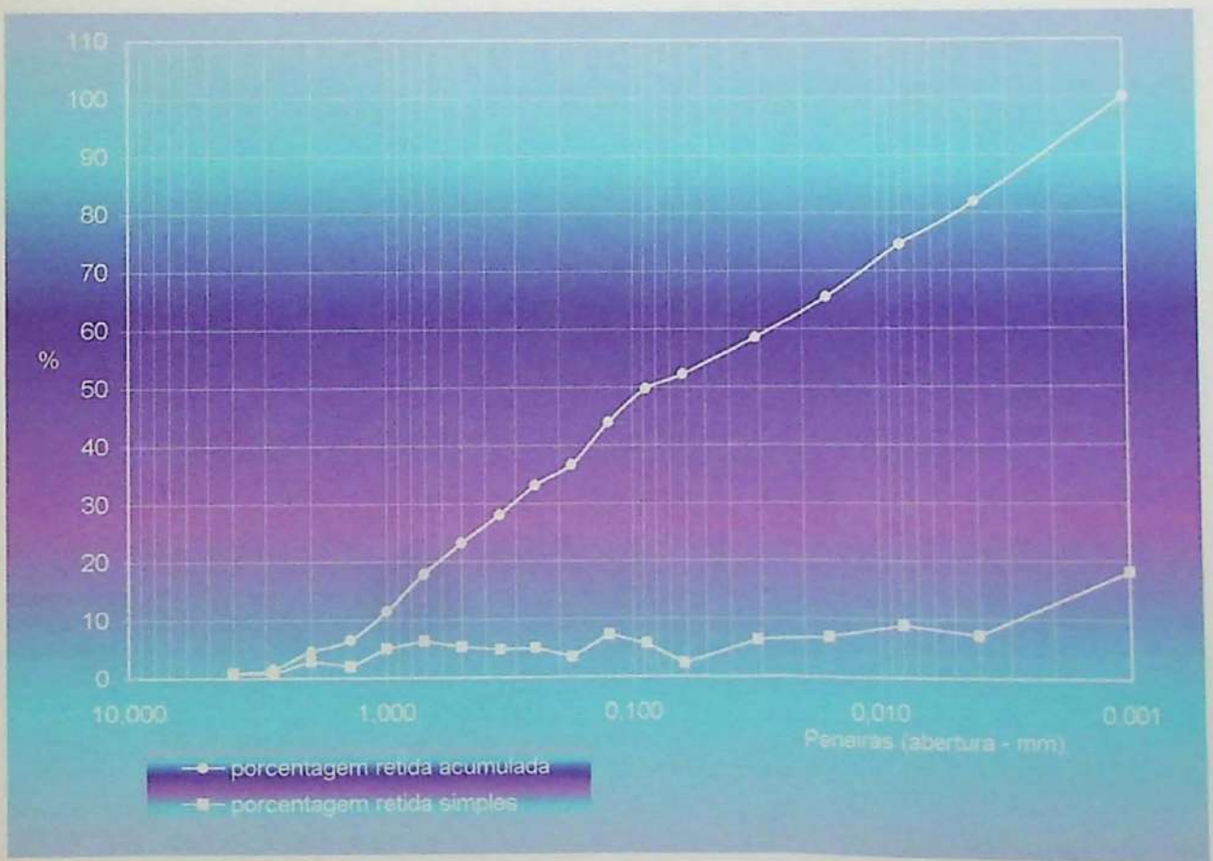


Figura 36 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-558/98, conforme Tabela 36.

Tabela 37 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 7 (100-120) (LPTR-559/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	37,53 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	36,43 g	Fator de correção:	1,03

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,17	0,47	0,47
2,000	-1,0	0,51	1,40	1,87
1,400	-0,5	0,89	2,44	4,31
1,000	0,0	1,94	5,33	9,63
0,710	0,5	1,56	4,28	13,92
0,500	1,0	1,98	5,44	19,35
0,350	1,5	1,83	5,02	24,38
0,250	2,0	1,70	4,67	29,04
0,177	2,5	1,79	4,91	33,96
0,125	3,0	2,17	5,96	39,91
0,088	3,5	1,73	4,75	44,66
0,062	4,0	1,12	3,07	47,74
0,031	5,0	1,40	3,84	51,58
0,016	6,0	1,37	3,76	55,34
0,008	7,0	0,91	2,50	57,84
0,004	8,0	1,55	4,25	62,09
<0,004	>9,0	13,81	37,91	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	1,87	% de silte =	14,36
% de areia=	45,87	% de argila =	37,91

Classificação de Shepard (1954): areia argilosa

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	4,63	silte grosso
Desvio Padrão	=	3,43	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,01	aproximadamente simétrica
Curtose	=	0,58	muito platicúrtica

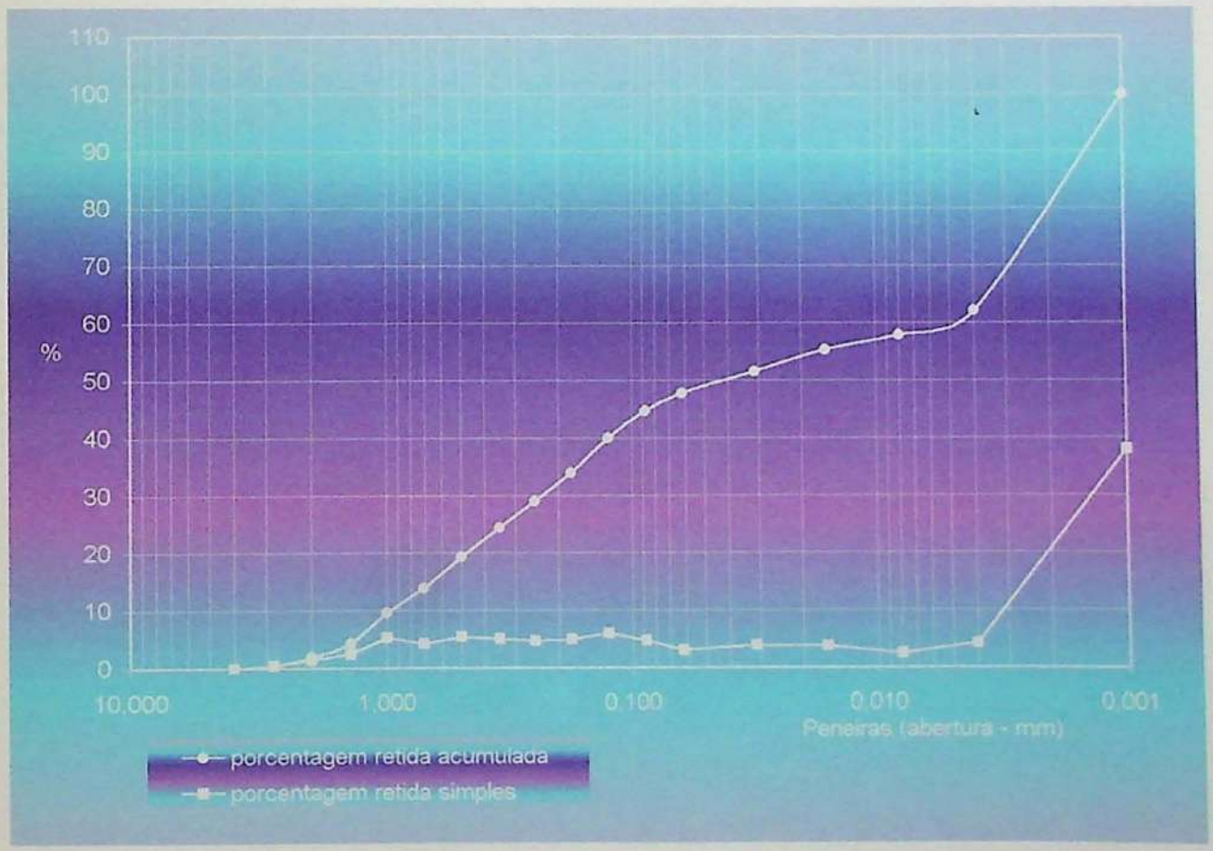


Figura 37 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-559/98, conforme Tabela 37.

Tabela 38 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 7 (100-120) (LPTR-559/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	39,68 g	peso de seixos	0,41 g
Peso total final:	38,49 g	Fator de correção:	1,03

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,41	1,07	1,07
2,800	-1,5	0,18	0,47	1,53
2,000	-1,0	0,76	1,97	3,51
1,400	-0,5	0,84	2,18	5,69
1,000	0,0	1,93	5,01	10,70
0,710	0,5	2,11	5,48	16,19
0,500	1,0	1,57	4,08	20,27
0,350	1,5	1,34	3,48	23,75
0,250	2,0	1,30	3,38	27,12
0,177	2,5	0,93	2,42	29,54
0,125	3,0	2,07	5,38	34,92
0,088	3,5	1,98	5,14	40,06
0,062	4,0	0,98	2,55	42,61
0,031	5,0	3,40	8,83	51,44
0,016	6,0	3,97	10,31	61,76
0,008	7,0	7,01	18,21	79,97
0,004	8,0	3,34	8,68	88,65
<0,004	>9,0	4,37	11,35	100,00

% de seixos=	1,07		
% de grânulos=	2,44	% de silte =	46,04
% de areia=	39,10	% de argila =	11,35

Classificação de Shepard (1954): silte arenoso

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	4,31	silte grosso
Desvio Padrão	=	3,07	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,22	assimetrias negativa
Curtose	=	0,75	platicúrtica

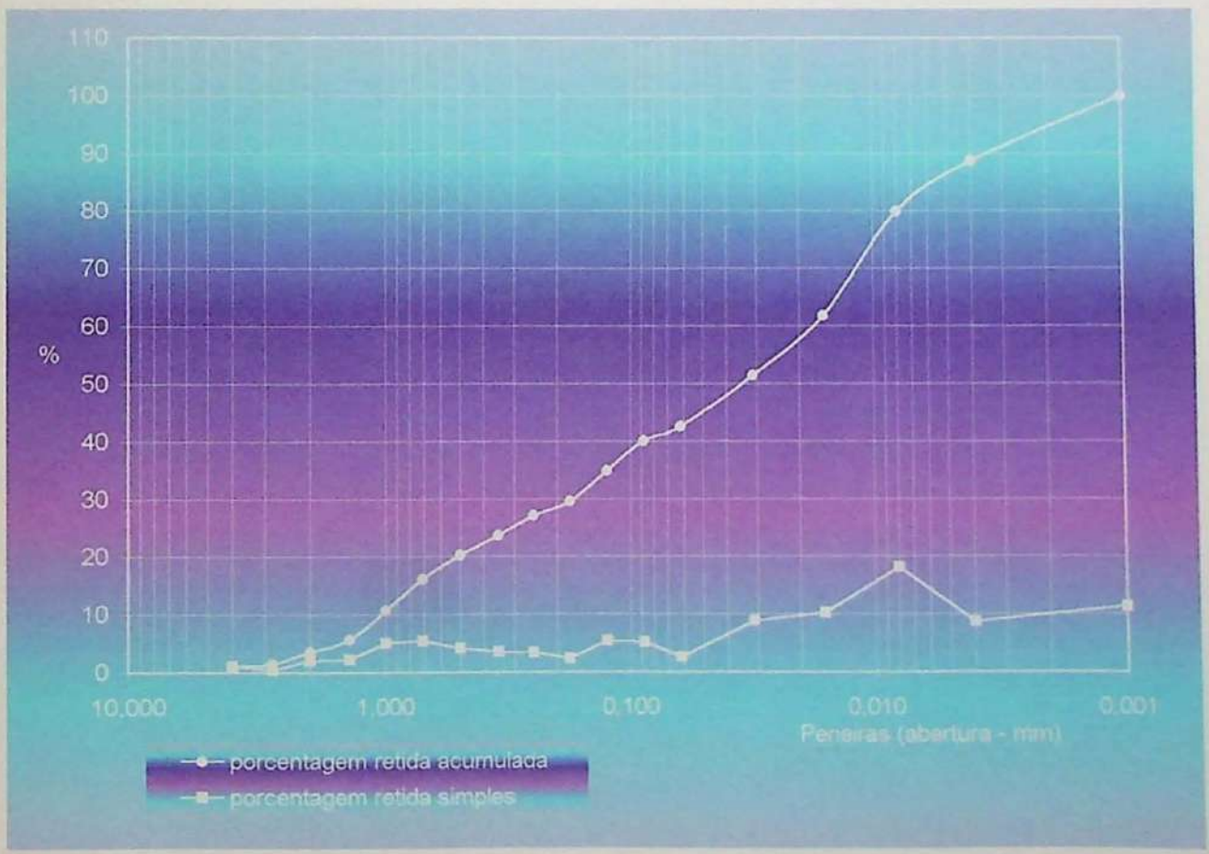


Figura 38 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-559/98, conforme Tabela 38.

Tabela 39 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 8 (0-20) (LPTR-560/98) c/dispersante		
Peso total inicial:	39,50 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	39,13 g	Fator de correção:	1,01

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,06	0,15	0,15
2,000	-1,0	0,05	0,13	0,28
1,400	-0,5	0,08	0,20	0,49
1,000	0,0	0,31	0,79	1,28
0,710	0,5	0,44	1,12	2,40
0,500	1,0	0,54	1,38	3,78
0,350	1,5	0,66	1,69	5,47
0,250	2,0	0,79	2,02	7,49
0,177	2,5	0,68	1,74	9,23
0,125	3,0	2,11	5,39	14,62
0,088	3,5	2,01	5,14	19,75
0,062	4,0	1,21	3,09	22,85
0,031	5,0	3,85	9,84	32,69
0,016	6,0	4,41	11,27	43,96
0,008	7,0	3,50	8,94	52,90
0,004	8,0	2,73	6,98	59,88
<0,004	>9,0	15,70	40,12	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,28	% de silte =	37,03
% de areia=	22,57	% de argila =	40,12

Classificação de Shepard (1954): argila síltica

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	6,15	silte fino
Desvio Padrão	=	2,56	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,32	assimetrias muito negativa
Curtose	=	0,78	platicúrtica

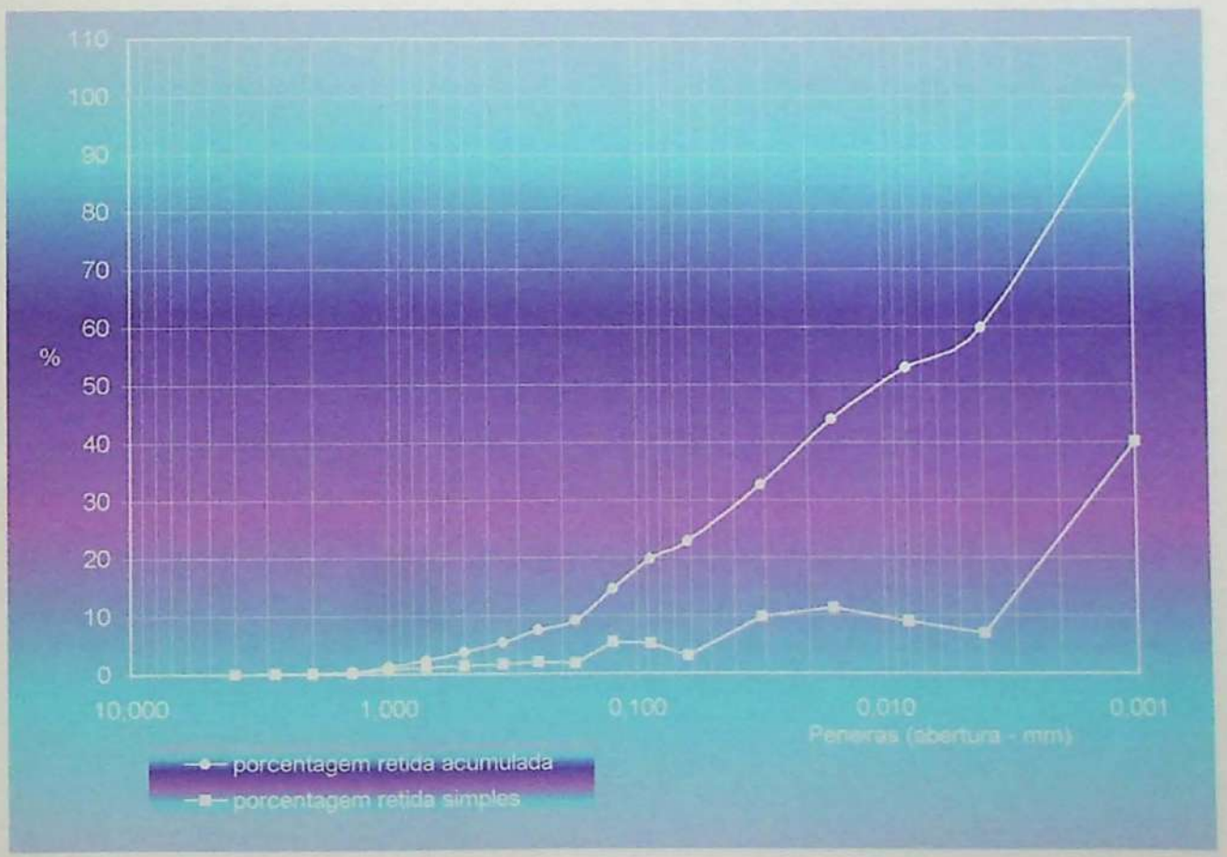


Figura 39 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-560/98, conforme Tabela 39.

Tabela 40 - Análise granulométrica por pipetagem e peneiramento

Amostra:	GUAV 8 (0-20) (LPTR-560/98) s/dispersante		
Peso total inicial:	39,86 g	peso de seixos	0,00 g
Peso total final:	39,60 g	Fator de correção:	1,01

Peneiras		Peso	Porcentagem retida	
(mm)	fi	(g)	simples	acumulada
4,000	-2,0	0,00	0,00	0,00
2,800	-1,5	0,00	0,00	0,00
2,000	-1,0	0,07	0,18	0,18
1,400	-0,5	0,11	0,28	0,45
1,000	0,0	0,30	0,76	1,21
0,710	0,5	0,36	0,91	2,12
0,500	1,0	0,80	2,02	4,14
0,350	1,5	1,29	3,26	7,40
0,250	2,0	1,49	3,76	11,16
0,177	2,5	1,97	4,97	16,14
0,125	3,0	2,60	6,57	22,70
0,088	3,5	2,18	5,51	28,21
0,062	4,0	1,43	3,61	31,82
0,031	5,0	3,60	9,09	40,91
0,016	6,0	3,63	9,17	50,08
0,008	7,0	19,44	49,09	99,17
0,004	8,0	0,19	0,48	99,65
<0,004	>9,0	0,14	0,35	100,00

% de seixos=	0,00		
% de grânulos=	0,18	% de silte =	67,83
% de areia=	31,64	% de argila =	0,35

Classificação de Shepard (1954): silte arenoso

Parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957)

Diâmetro Médio	=	4,96	silte grosso
Desvio Padrão	=	1,82	muito pobremente selecionado
Assimetria	=	-0,77	assimetrias muito negativa
Curtose	=	0,74	platicúrtica

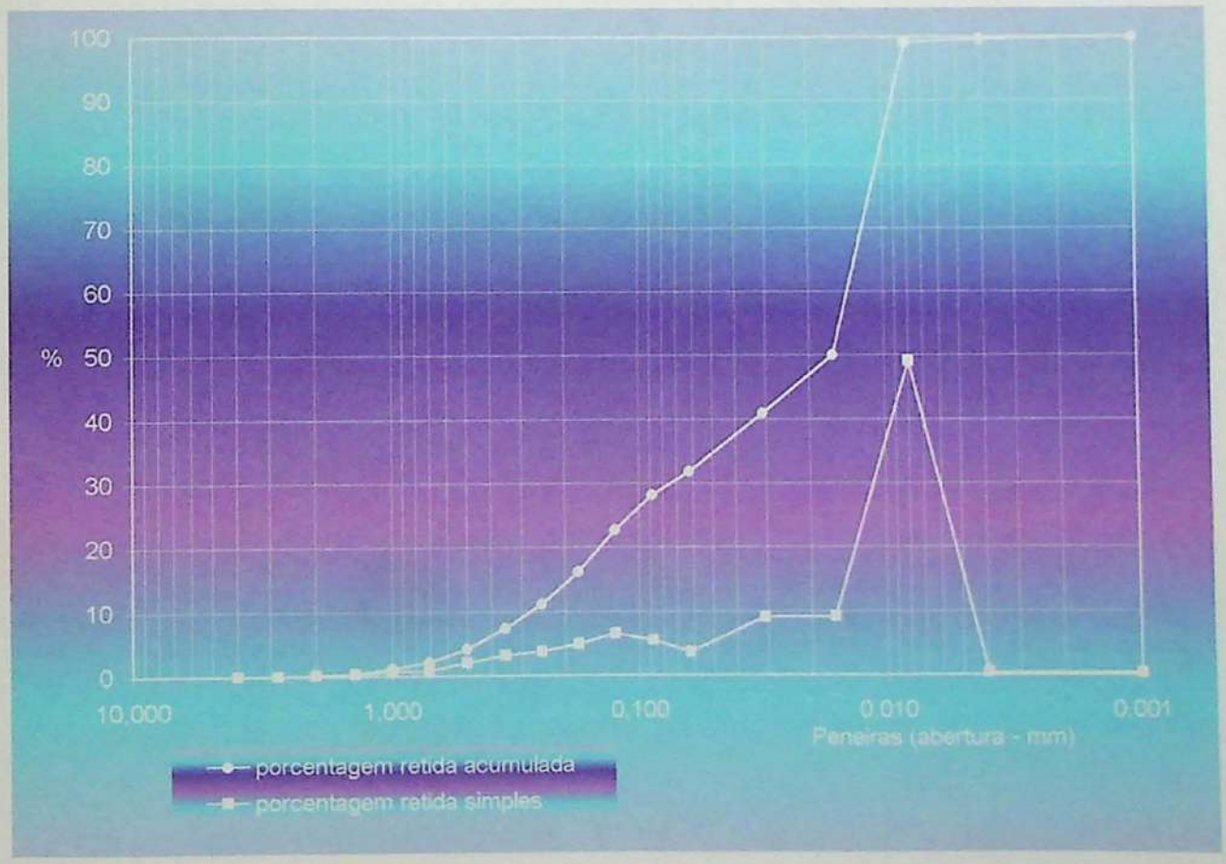


Figura 40 - Distribuição granulométrica da fração areno-argilosa da amostra LPTR-560/98, conforme Tabela 40.

ANEXO C: RESOLUÇÃO CONAMA Nº 20

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 20, de 18 de junho de 1986 (PARCIAL)

(retirado do site da Secretaria Federal do Meio Ambiente, nào estando apresentado neste trabalho o documento inteiro)

Publicado no D.O.U. de 30/7 /86.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o art. 7º, inciso IX, do Decreto 88.351, de 1º de junho de 1983, e o que estabelece a RESOLUÇÃO CONAMA Nº 003, de 5 de junho de 1984;

Considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes;

Considerando que os custos do controle de poluição podem ser melhor adequados quando os níveis de qualidade exigidos, para um determinado corpo d'água ou seus diferentes trechos, estão de acordo com os usos que se pretende dar aos mesmos;

Considerando que o enquadramento dos corpos d'água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade;

Considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados como conseqüência da deterioração da qualidade das águas;

Considerando a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação aos níveis estabelecidos no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos permanentes;

Considerando a necessidade de reformular a classificação existente, para melhor distribuir os usos, contemplar as águas salinas e salobras e melhor especificar os parâmetros e limites associados aos níveis de qualidade requeridos, sem prejuízo de posterior aperfeiçoamento ;

RESOLVE estabelecer a seguinte classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional:

Art. 1º - São classificadas, segundo seus usos preponderantes, em nove classes, as águas doces, salobras e salinas do
Território Nacional :

ÁGUAS DOCES

1 - Classe Especial - águas destinadas:
a) ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção.
b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1 - águas destinadas:
a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;
b) à proteção das comunidades aquáticas;
c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao Solo e que sejam ingeridas
cruas sem remoção de película.
e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas á alimentação humana.

III - Classe 2 - águas destinadas:

a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
b) à proteção das comunidades aquáticas;
c) à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho) ;
d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;

e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IV - Classe 3 - águas destinadas:

a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
c) à dessedentação de animais.

V - Classe 4 - águas destinadas:
a) à navegação;
b) à harmonia paisagística;
c) aos usos menos exigentes.

ÁGUAS SALINAS

VI - Classe 5 - águas destinadas:
a) à recreação de contato primário;
b) à proteção das comunidades aquáticas;
c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

VII - Classe 6 - águas destinadas:

a) à navegação comercial;
b) à harmonia paisagística;
c) à recreação de contato secundário.

ÁGUAS SALOBRAS

VIII - Classe 7 - águas destinadas:

a) à recreação de contato primário;
b) à proteção das comunidades aquáticas;
c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IX - Classe 8 - águas destinadas:

a) à navegação comercial;
b) à harmonia paisagística;
c) à recreação de contato secundário

Art. 2º - Para efeito desta resolução são adotadas as seguintes definições.

a) CLASSIFICAÇÃO: qualificação das águas doces, salobras e salinas com base nos usos preponderantes (sistema de classes
de qualidade).
b) ENQUADRAMENTO: estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de
corpo d'água ao longo do tempo.
c) CONDIÇÃO: qualificação do nível de qualidade apresentado por um segmento de corpo d'água, num determinado
momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada.
d) EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO: conjunto de medidas necessárias para colocar e/ou manter a condição de um
segmento de corpo d'água em correspondência com a sua classe.

e) ÁGUAS DOCES: águas com salinidade igual ou inferior a 0,50 %o.
f. ÁGUAS SALOBRAS: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 %o. e 30 %o.
g) ÁGUAS SALINAS: águas com salinidade igual ou superior a 30 %o.

Art. 3º - Para as águas de Classe Especial, são estabelecidos os limites e/ou condições seguintes:

COLIFORMES: para o uso de abastecimento sem prévia desinfecção os coliformes totais deverão estar ausentes em qualquer
amostra.

Art. 49 - Para as águas de classe 1, são estabelecidos os limites e/ou condições seguintes:
a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
d) corantes artificiais: virtualmente ausentes;
e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;
f) coliforrnes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. As águas
utilizadas para a irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas que se desenvolvam rentes ao Solo e que são consumidas cruas,
sem remoção de casca ou película, não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a necessidade de
inspeções sanitárias periódicas.

Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes fecais por 100 militros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de 1.000 coliformes totais por 100 militros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.

g) DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/1 O2;

1. OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/1O2;
2. Turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);

j) cor: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/1

1) pH: 6,0 a 9,0;

m) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos) :

Alumínio	0,1 mg/L Al
Amônia não ionizável	0,02 mg/L NH3.
Arsênio	0,05 mg/L As
Bário	1,0 mg/L Ba.
Berilo	0,1 mg/L Be
Boro	0,75 mg/L B
Benzeno	0,01 mg/L
Benzo-a-pireno	0,00001 mg/L
Cádmio	0,001 mg/L Cd
Cianetos	0,01 mg/L CN
Chumbo	0,03 mg/L Pb
Cloretos	250 mg/L Cl
Cloro Residual	0,01 mg/LCl
Cobalto	0,2 mg/L Co

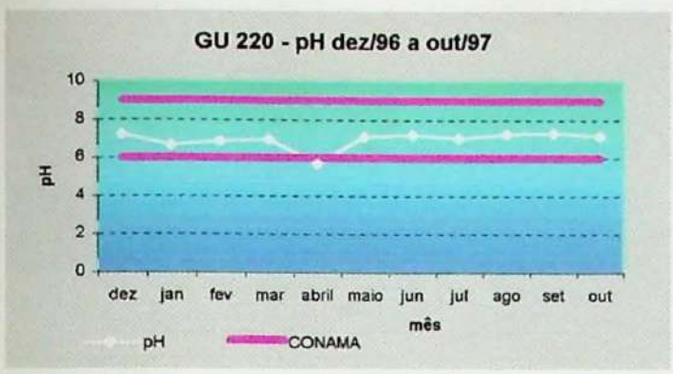
Cobre	0,02 mg/L Cu
Cromo Trivalente	0,5 mg/L Cr
Cromo Hexavalente	0,05 mg/L Cr
1,1 dicloroeteno	0,0003 mg/L
1,2 dicloroetano	0,01 mg/L
Estanho	2,0 mg/L Sn
Índice de Fenóis	0,001 mg/L C6H5 OH
Ferro solúvel	0,3 mg/L Fe
Fluoretos	1,4 mg/L F
Fosfato total	0,025 mg/L P
Lítio	2,5 mg/L Li
Manganês	0,1 mg/L Mn
Mercúrio	0,0002 mg/L Hg
Níquel	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10 mg/LN

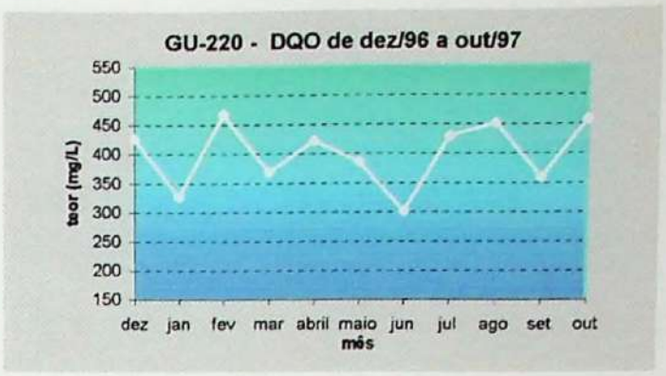
Nitrito	1,0 mg/1 N
Prata	0,01mg/1Ag
Pentaclorofenol	0,01 mg/1
Selênio	0,01mg/1Se
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/1
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno :	0,5 mg/1 LAS
Sulfatos:	250 mg/1 SO4
Sulfetos (como H2S não dissociado):	0,002 mg/1 S
Tetracloroeteno:	0,01 mg/1
Tricloroeteno:	0,03 mg/1
Tetracloreto de carbono:	0,003 mg/1
2, 4, 6 triclorofenol:	0,01 mg/1
Urânio total:	0,02 mg/1 U
Vanádio:	0,1 mg/1 V
Zinco:	0,18 mg/1Zn
Aldrin:	0,01 ug/1
Clordano:	0,04 ug/1
DDT;	0,002 ug/1
Dieldrin:	0,005 ug/1
Endrin:	0,004 ug/1
Endossulfan:	0,056 ug/1
Epôxido de Heptacloro:	0,01 ug/1
Heptacloro:	0,01 ug/1
Lindano (gama.BHC)	0,02 ug/1
Metoxicloro:	0,03 ug/1
Dodecacloro + Nonacloro :	0,001 ug/1
Bifenilas Policloradas (PCB'S):	0,001 ug/1
Toxafeno:	0,01 ug/1
Demeton:	0,1 ug/1
Gution:	0,005 ug/1
Malation:	0,1 ug/1
Paration:	0,04 ug/1
Carbaril:	0,02 ug/1

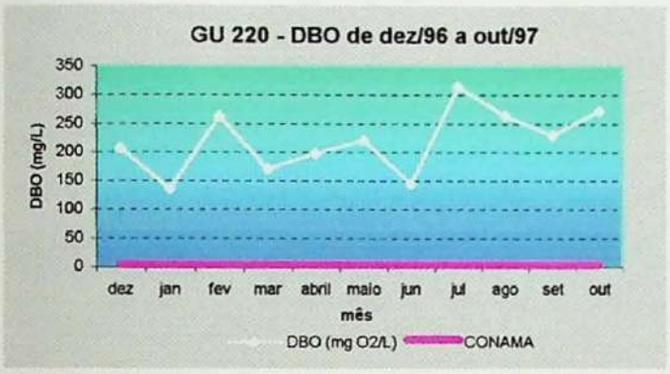
Compostos organofosforados e carbamatos totais:	10,0 ug/1 em Paration
2,4 - D:	4,0 ug/1
2,4,5 - TP:	10,0 ug/1
2,4,5 - T:	2,0 ug/1

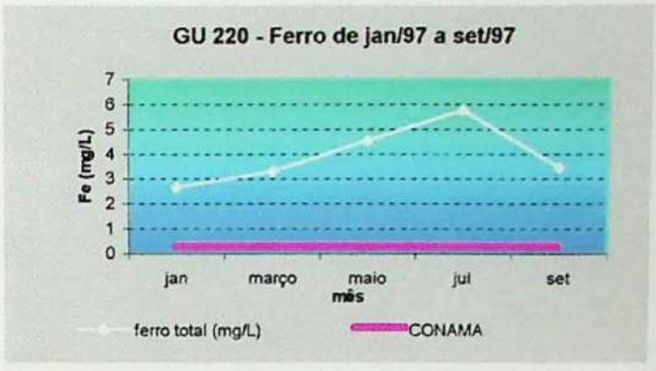
ANEXO D: GRÁFICOS COM OS RESULTADOS DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA

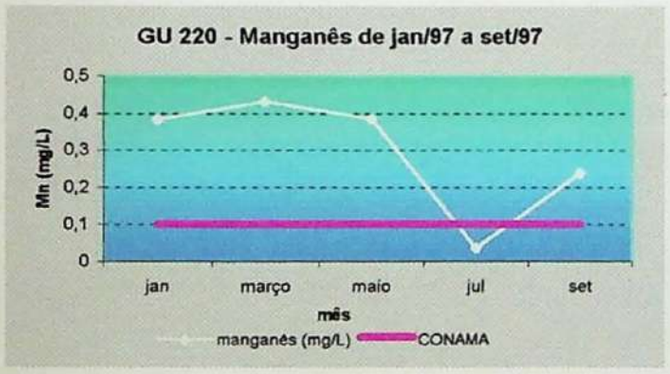
GRÁFICOS E TABELA DAS ANÁLISES QUÍMICAS DO PONTO GU-220

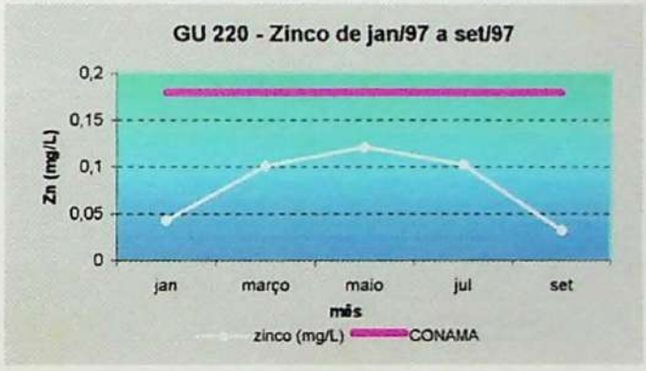


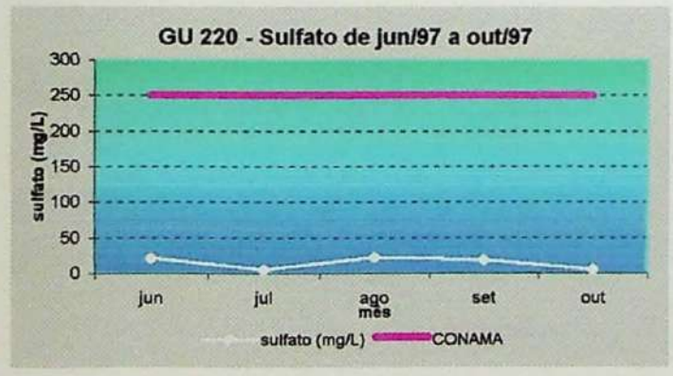












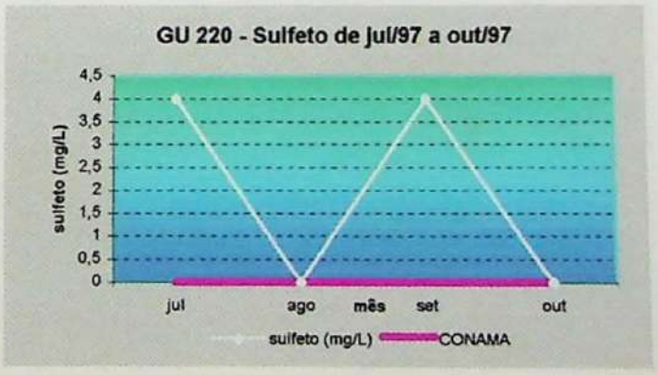
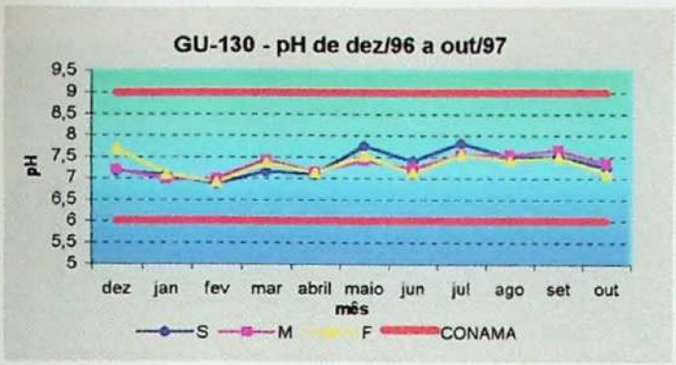


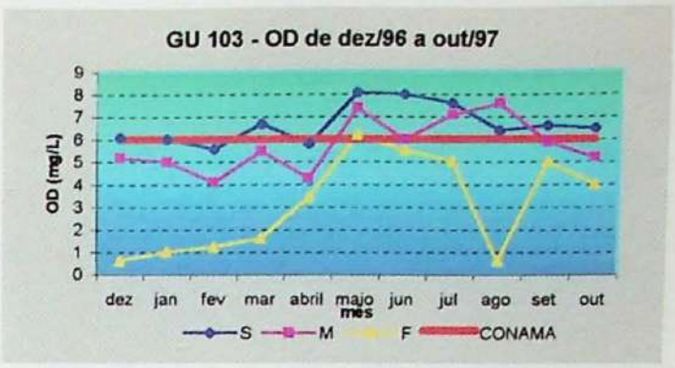
Tabela (GU 220) de metais e compostos em quantidades abaixo do limite de detecção

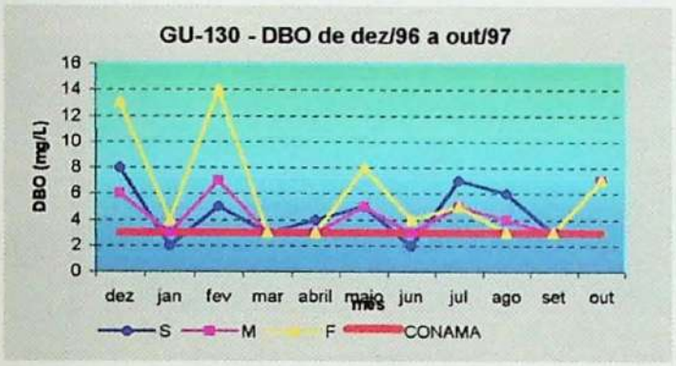
	Dez/97	Fev/97	Abr/97	Jun/97	Ago/97	CONAMA
bário (mg/L)	< 0,30	< 0,30	0,44	0,44	0,44	1
cádmio (mg/L)	---	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,001
chumbo (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,03
crômo total (mg/L)	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	0,5*/0,05**
ferro total (mg/L)	2,65	3,27	4,54	5,75	3,45	0,3
manganês (mg/L)	0,383	0,43	0,385	0,036	0,239	0,1
prata (mg/L)	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,0009
mercúrio (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,0002
OD (mg/L)	< 0,1	---	---	---	---	6
fenóis (mg/L)	< 0,063	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,063	?
arsênio (mg/L)	---	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,05

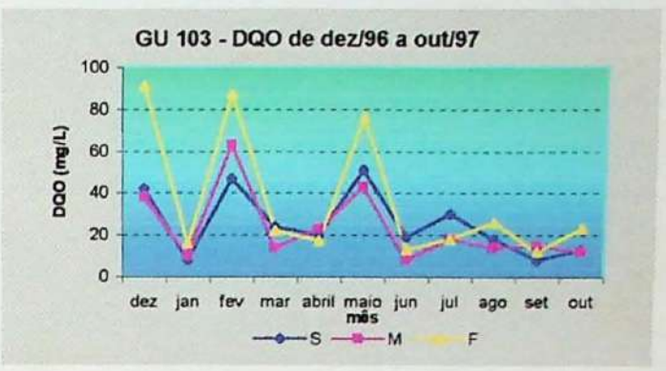
*trivalente **hexavalente

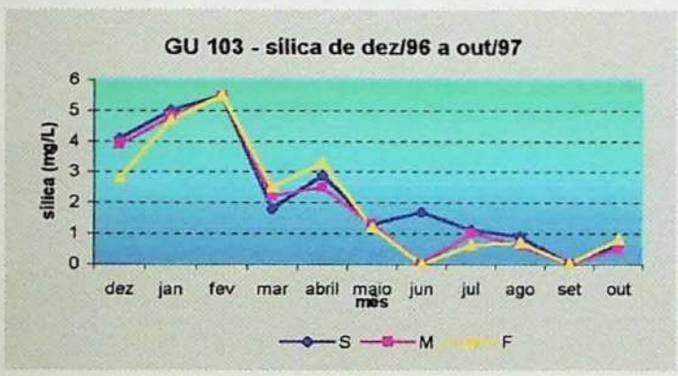
GRÁFICOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DO PONTO GU-103

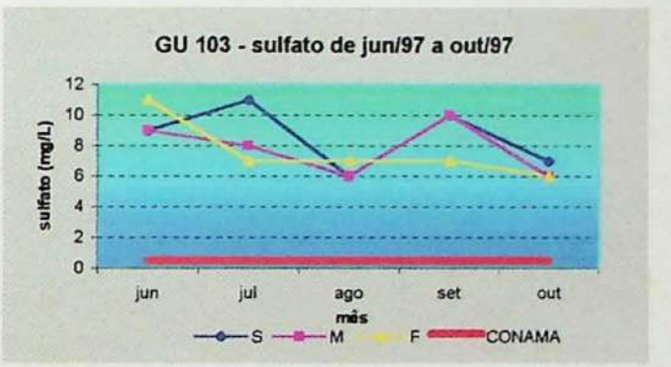


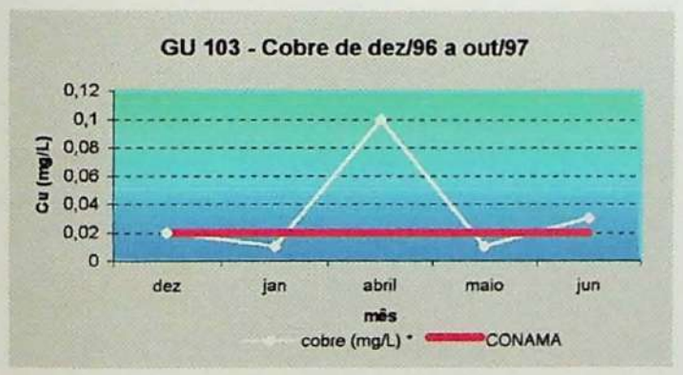


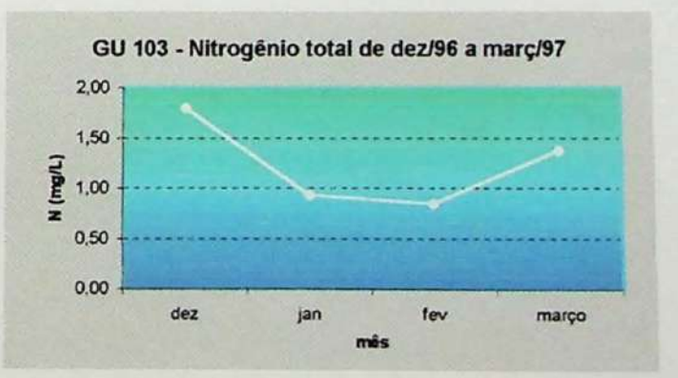


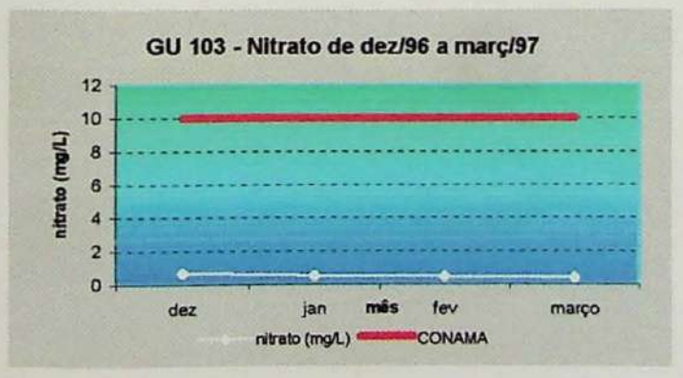


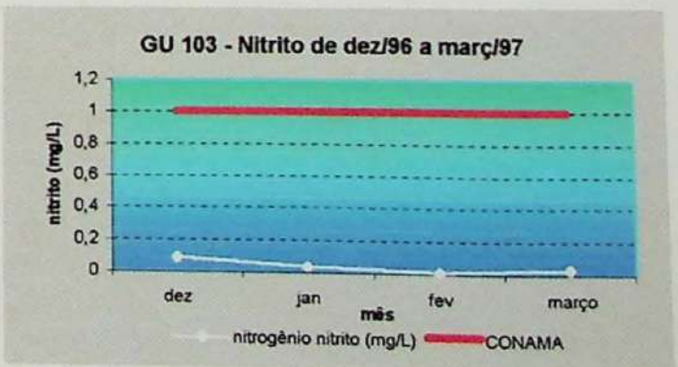




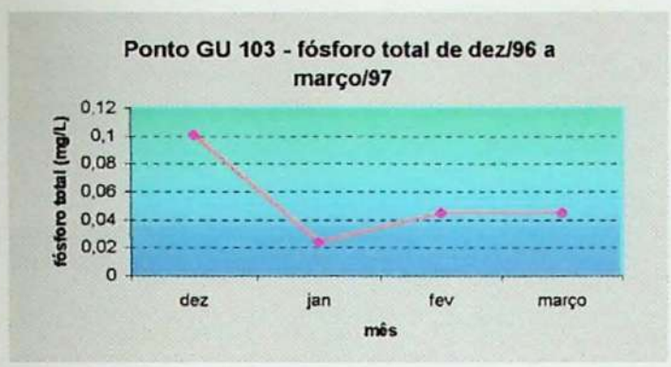


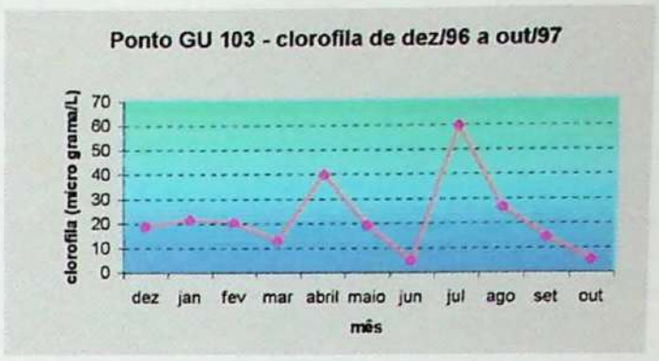


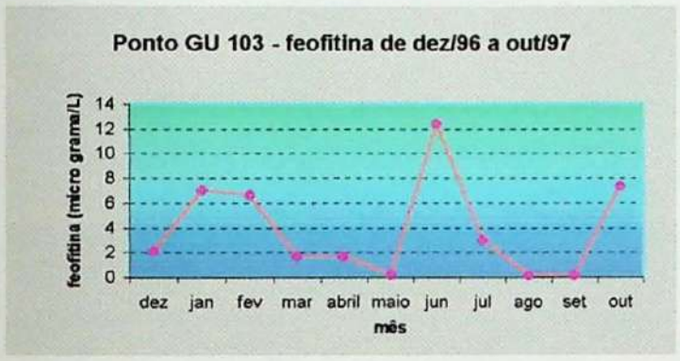




GRÁFICOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DO PONTO GU-103

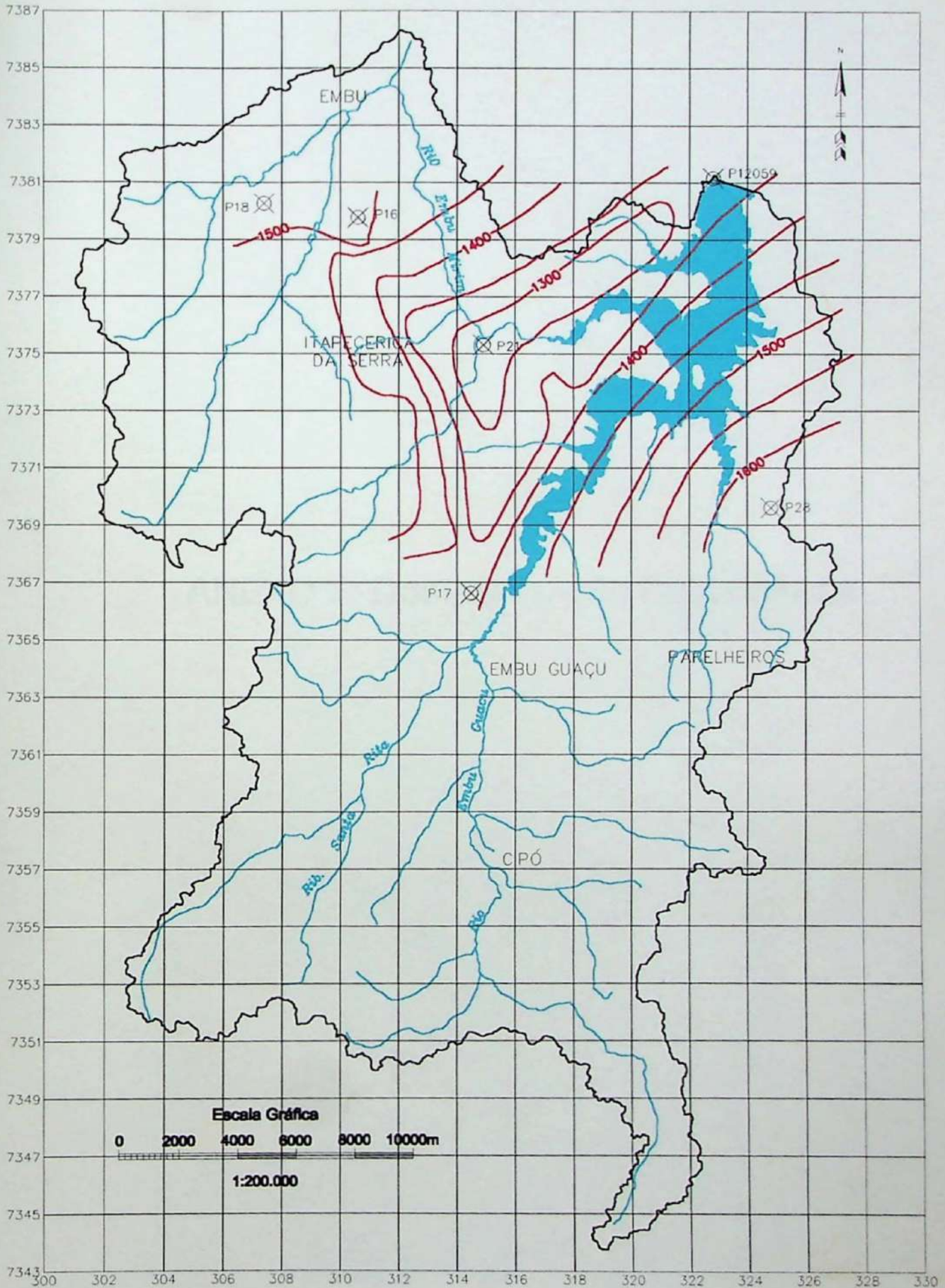






ANEXO E: MAPA DE ISOIETAS

MAPA DE ISOIETAS



ANEXO F: DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

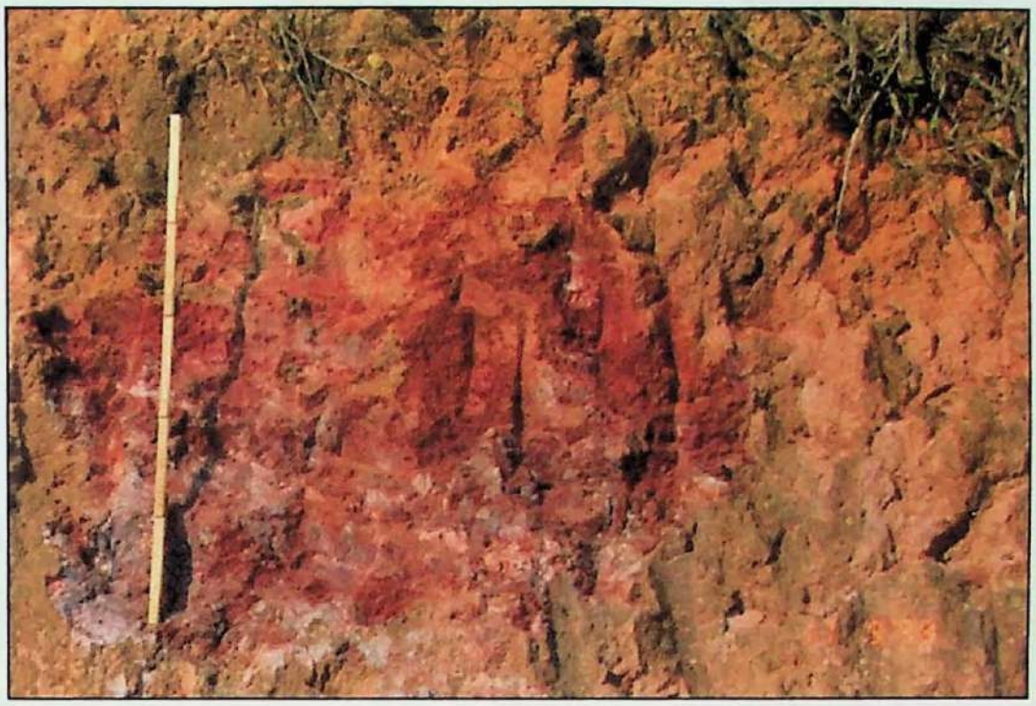


Foto 1 - Observa-se o solo do loteamento parcialmente ocupado. A poucos metros de profundodade já encontra-se rocha alterada. Mesmo pela foto nota-se a textura siltosa do solo.

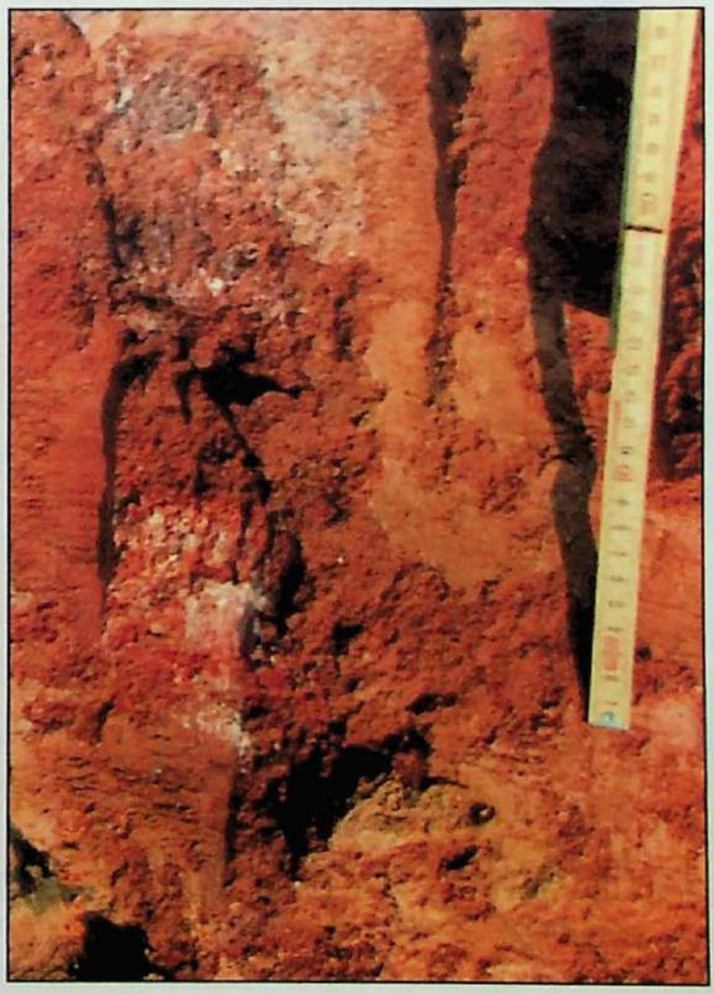


Foto 2 - Detalhe do cambissolo originado do quartzo diorito. Observar as estruturas primárias e os blocos de rocha alterada, estando presente aindamuitos minerais.

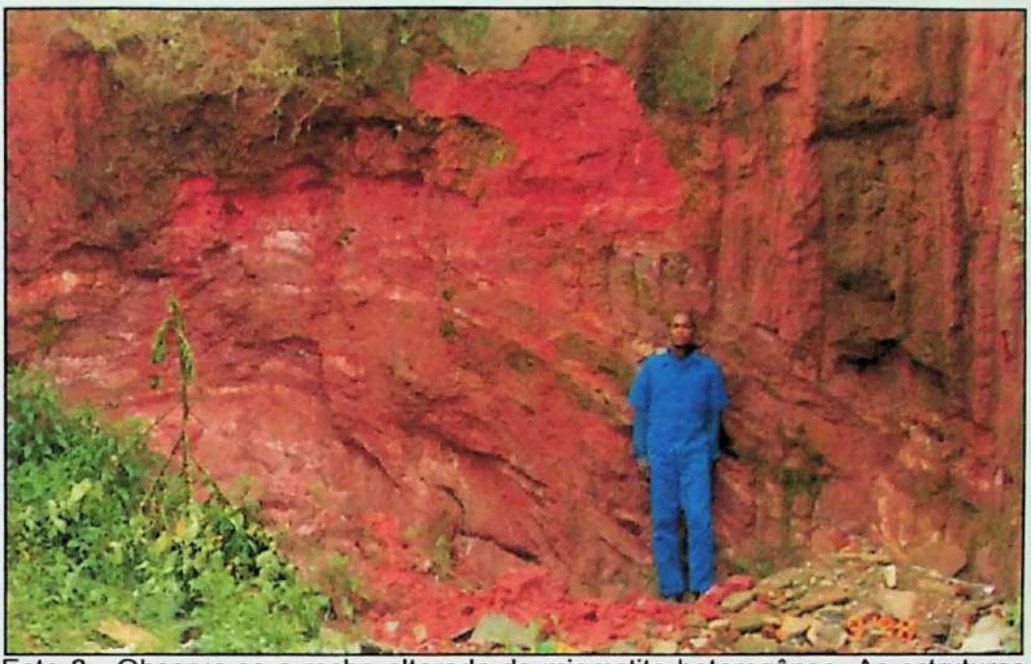


Foto 3 - Observa-se a rocha alterada do migmatito heterogêneo. As estruturas da rocha ainda são visíveis, além de muitos minerais primários. Este tipo de solo apresenta-se muito friável dada a sua textura siltosa.

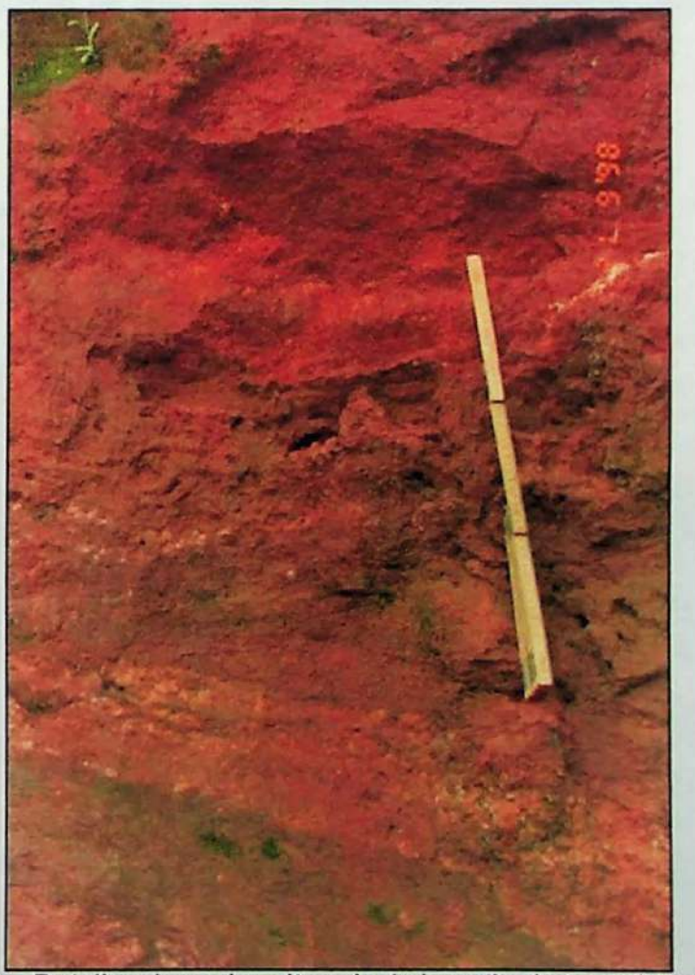


Foto 4 - Detalhe da rocha alterada (migmatito heterogêneo). Pode-se observar a presença de muitos minerais e a textura siltosa

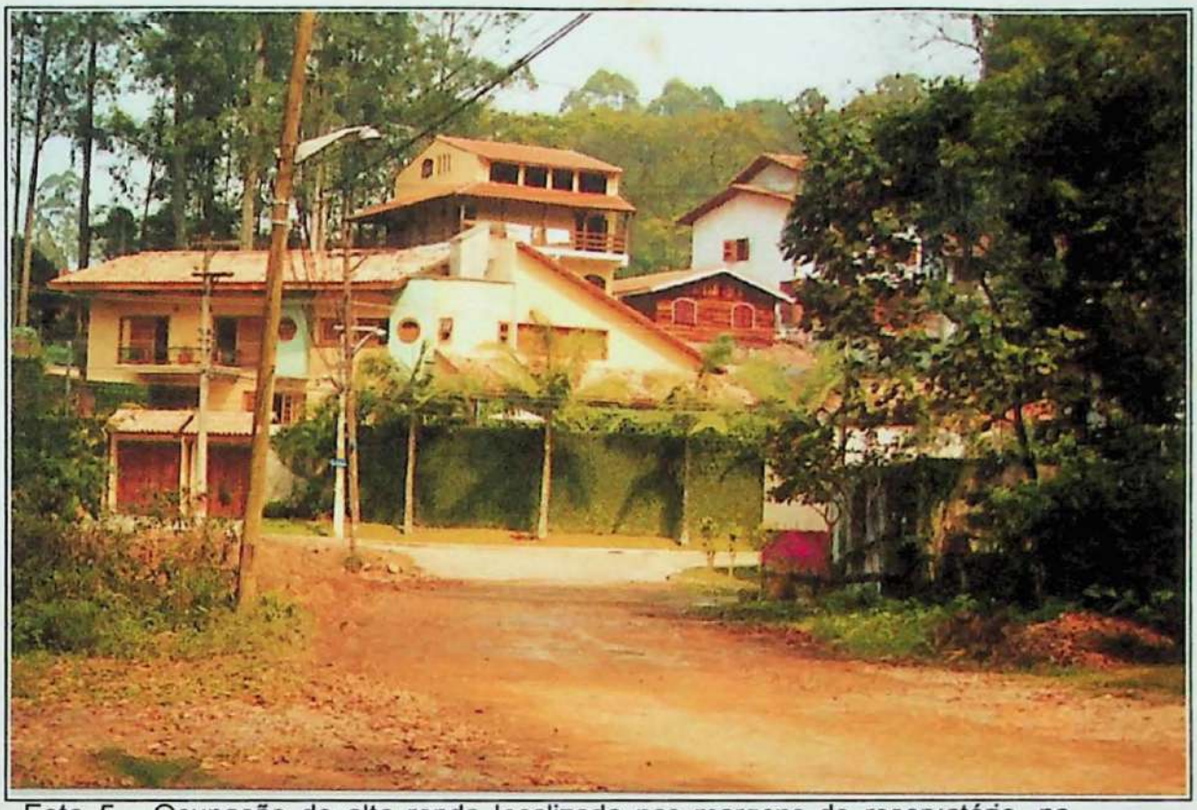


Foto 5 - Ocupação de alta renda localizada nas margens do reservatório, na parte sul da bacia

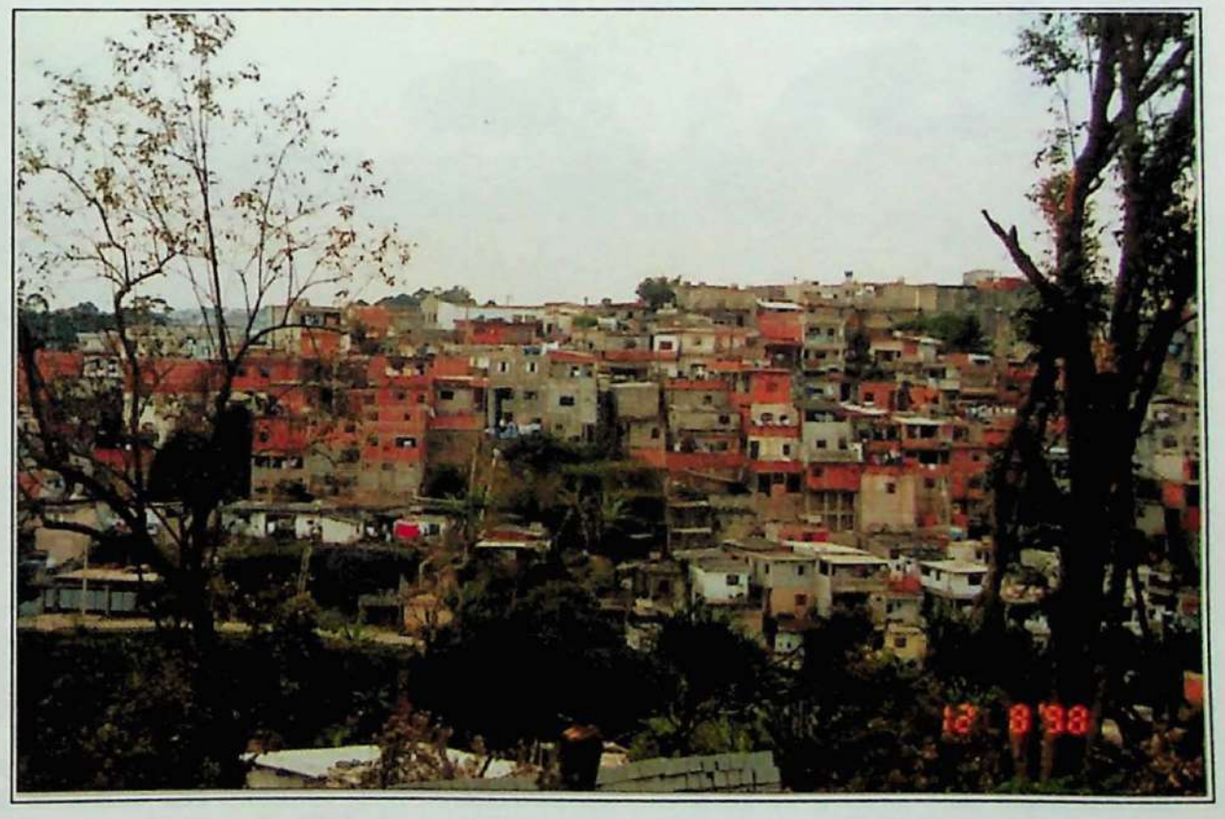


Foto 6 - Localizado no sudeste da área. Ilustra a população que ocupa os morros com declividades superiores a 30%, caracterizada por ser uma ocupação de renda muito baixa, sendo considerada favela de alvenaria.

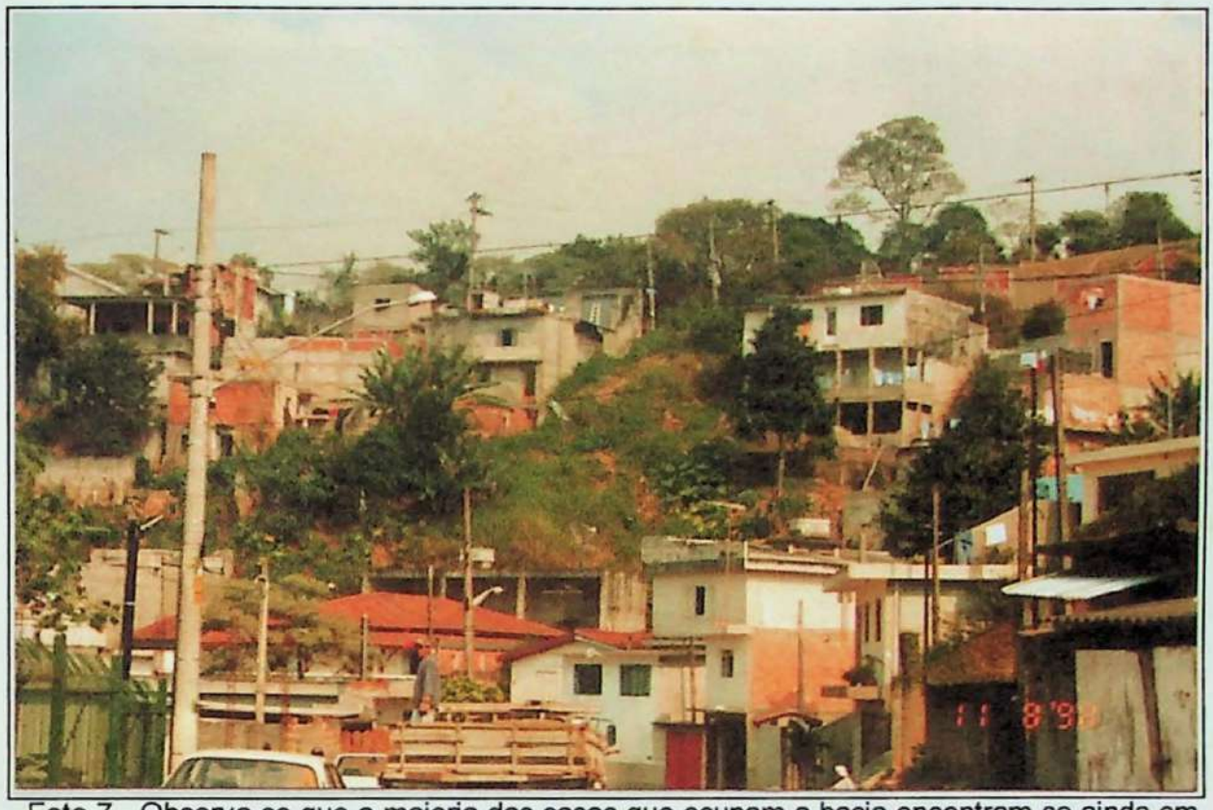


Foto 7 - Observa-se que a maioria das casas que ocupam a bacia encontram-se ainda em fase de construção, caracterizando uma ocupação ainda em fase de expansão e consolidação. Foto tirada na porção centro-sul da área.

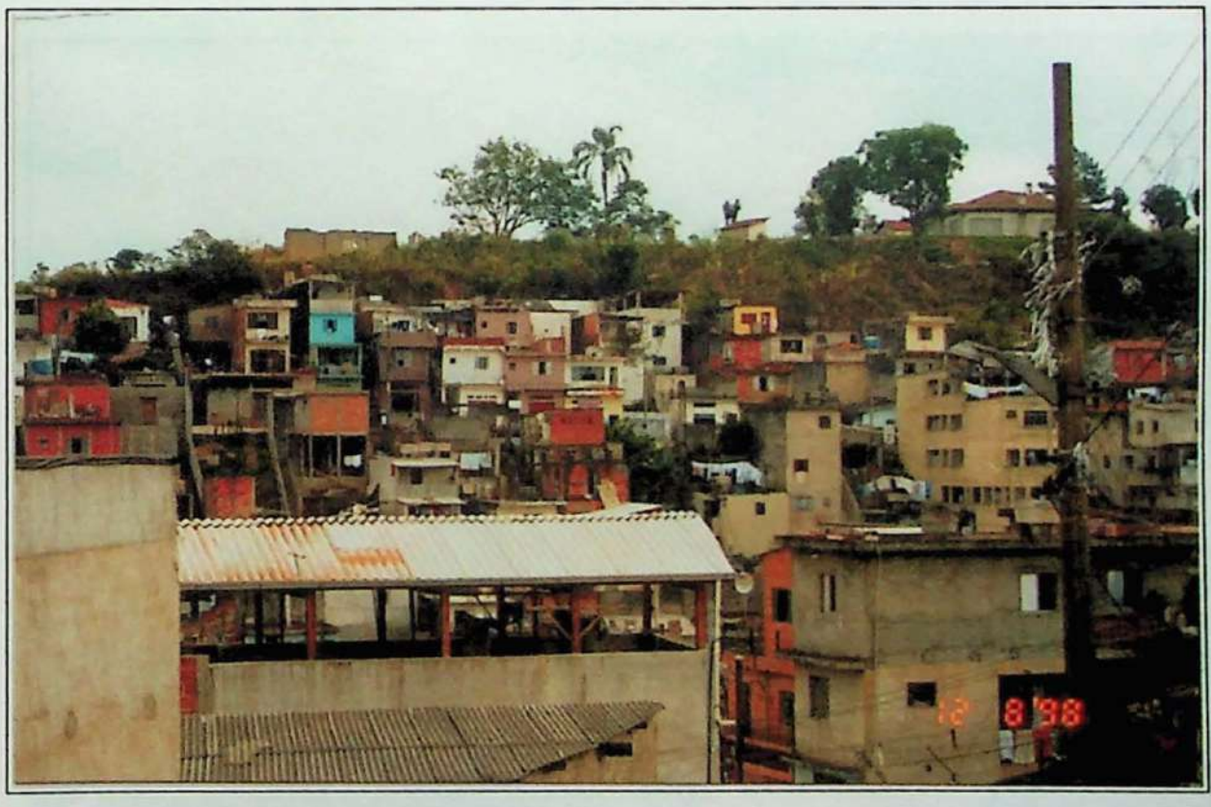


Foto 8 - Observa-se a população com sérios riscos de escorregamento, a ocupação situa-se nas encostas dos morrotes com declividade que varia de 30 a 45%. Foto localizada na porção leste da área. Ao fundo no topo da vertente observa-se uma antiga chácara.

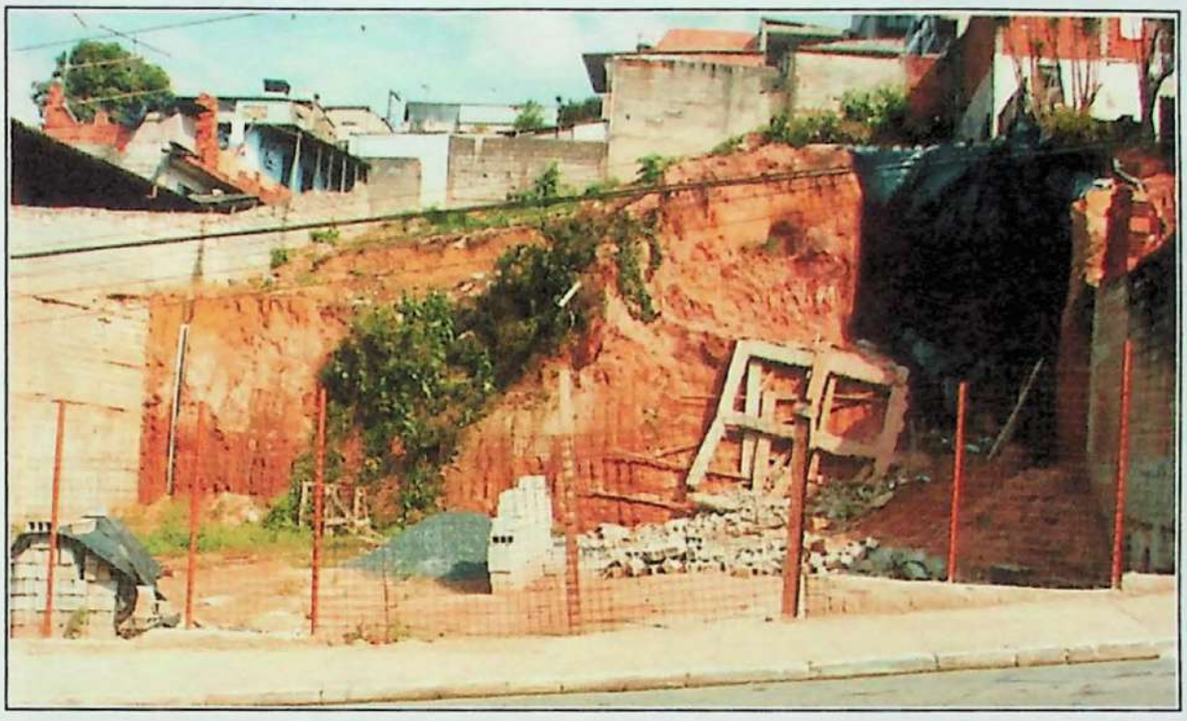


Foto 9 - Ilustra um escorregamento ocorrido na porção oeste da área durante a construção de um muro.

Foto 10 - Vista de um escorregamento no contexto do relevo. A área sofre sério risco ao escorregamento em áreas de solo exposto, que são deflagradas a partir da ocorrênca da mínima chuva.

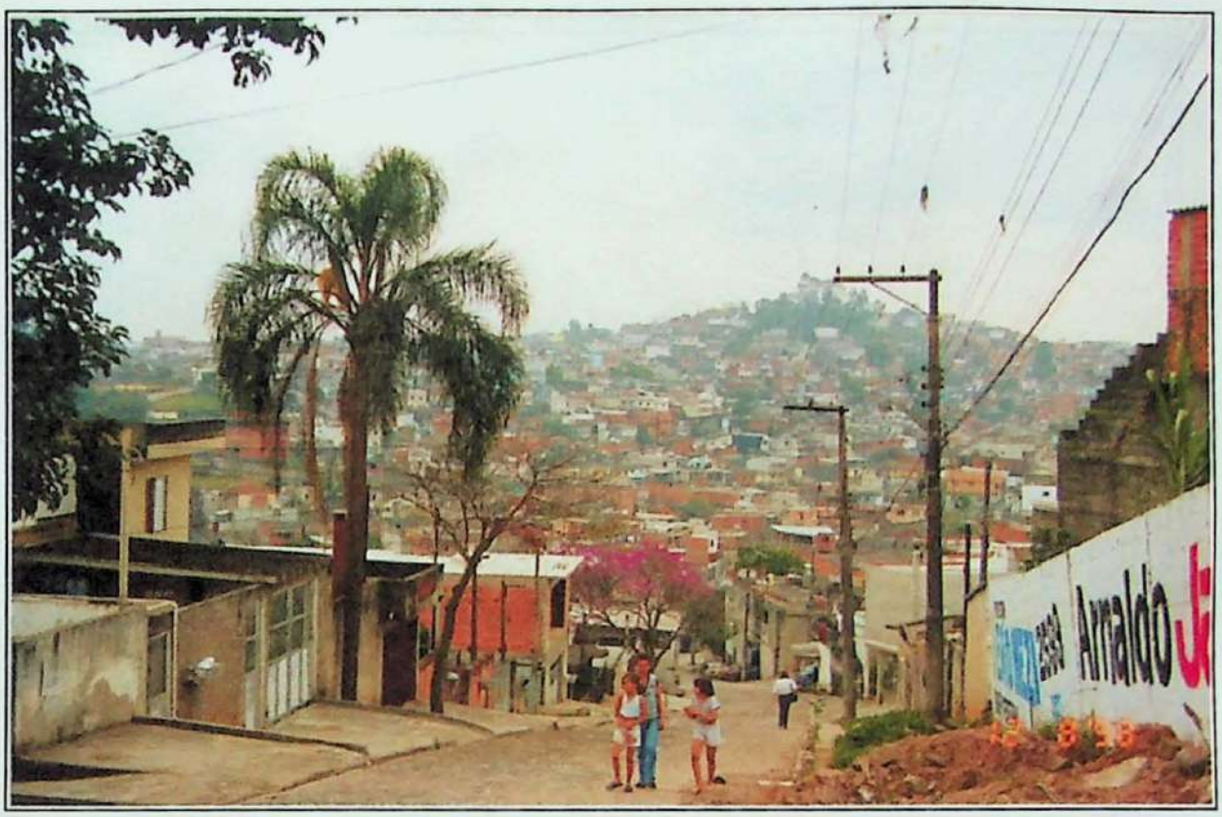


Foto 11 - Observa-se uma rua asfaltada com alta declividade que desemboca diretamente sobre o entulho depositado nas margens do Ribeirão Guavirutuba (foto13).

Foto 12 - Observa-se remoção de terra na cabeceira do Ribeirão Guavirutuba. Após dois meses da época que foi tirada a foto, o local já estava ocupado (foto 17) Trata-se da remoção das famílias da favela do Caveirinha decorrente do Projeto Guarapiranga.

Foto 13 - Vista do entulho na margem do Ribeirão Guavirutuba. A rua da foto 11 desenboca diretamente sobre este entulho, o que facilita o carreamento deste até o ribeirão, assoreando-o.

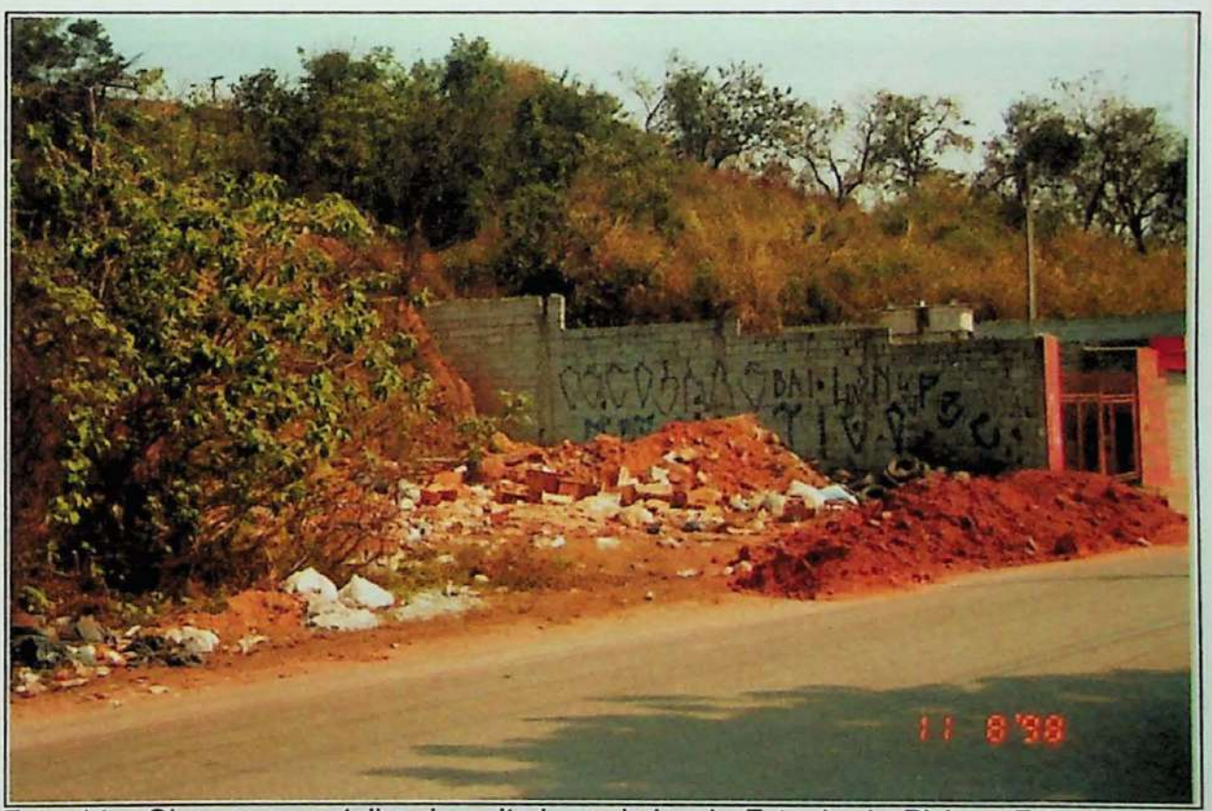


Foto 14 - Observa-se entulho depositado na beira da Estrada da Riviera. Foto tirada na parte central da bacia.

Foto 15 - Observa-se o Ribeirão Guavirutuba entupido de lixo doméstico. Foto tirada na parte central da área. Ao fundo observa-se capoeria.

Foto 16 - Detalhe do lixo e do entulho que assorea os córregos e o próprio Ribeirão Guavirutuba. Foto tirada na parte sul do ribeirão, em frente ao entulho da foto 13.

Foto 17 - Casas construídas para abrigar as famílias da favela do Caveirinha decorrente do projeto Guarapiranga. Antes estas famílias ocupavam uma cabedeira de drenagem, hoje ocupam a área que foi aterrada do Ribeirão Guavirutuba. Solução??

ANEXO G: Mapas na escala 1:10.000

MAPA 1 - Mapa Topográfico

MAPA 2 - Mapa Geológico

MAPA 3 - Mapa de Fotos da Bacia Guavirutuba

MAPA 4 - Mapa de Declividade

MAPA 5 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo

MAPA 6 - Carta de Risco à Erosão

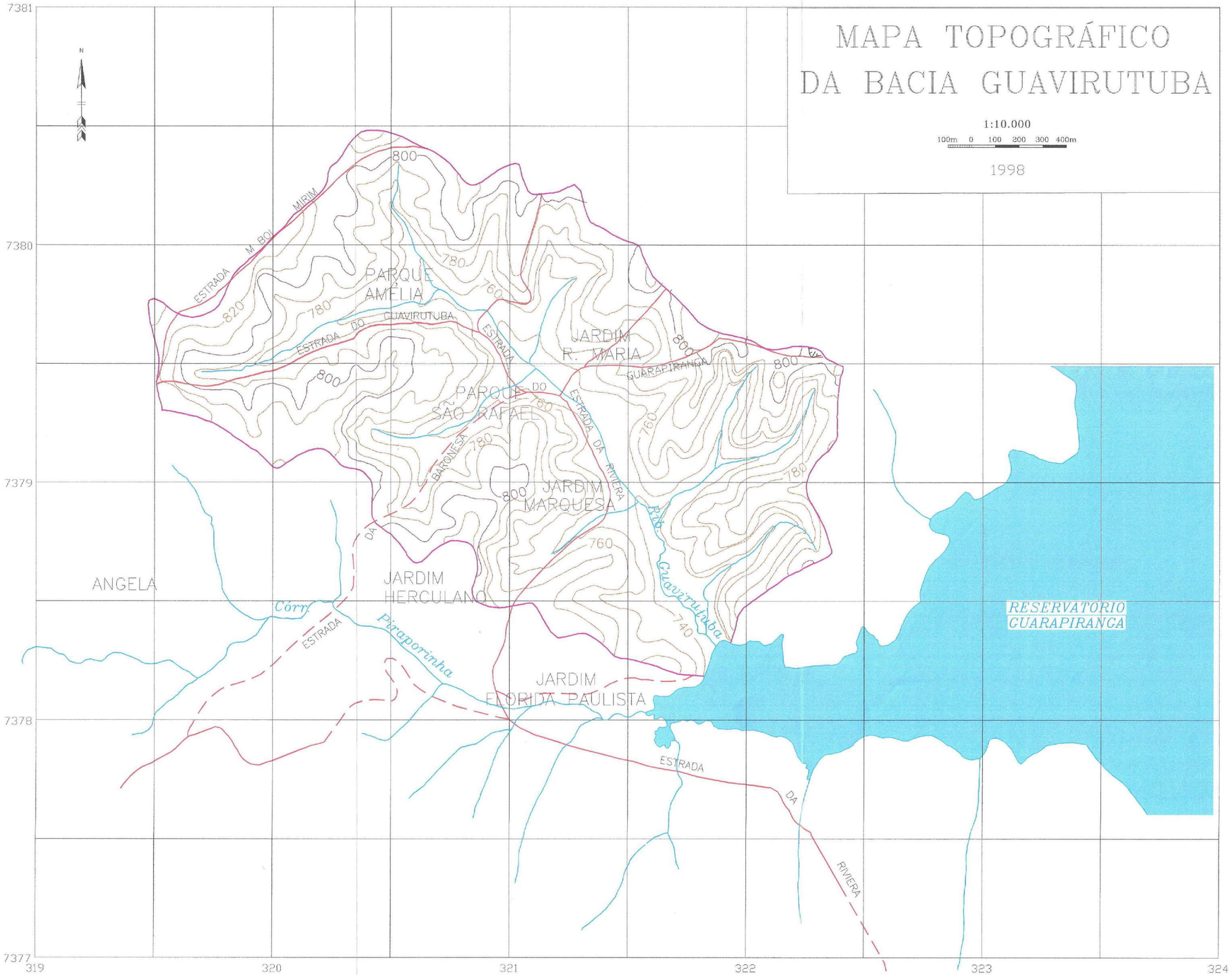
14513
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
— BIBLIOTECA —

MAPA TOPOGRÁFICO DA BACIA GUAVIRUTUBA

1:10.000

100m 0 100 200 300 400m

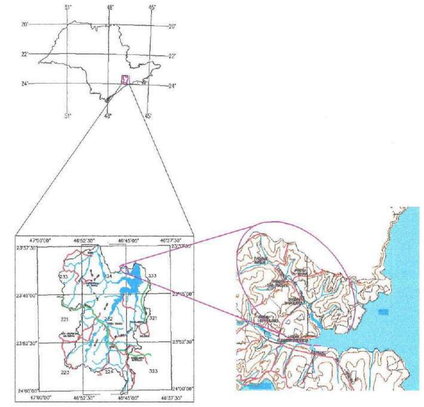
1998



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Via pavimentada
- Via sem pavimentação ou em construção
- Curva de nível
- Represa
- Drenagens
- Limite da bacia
- 7352000 — Coordenadas UTM

LOCALIZAÇÃO DA BACIA



Universidade de São Paulo
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Departamento de Geologia Econômica e Geofísica Aplicada

MAPA TOPOGRÁFICO DA BACIA GUAVIRUTUBA

Executado: Juliana Keiko Tsugawa	MAPA 1
Data: 9/11/98 — Escala: 1:10.000	
Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1996	

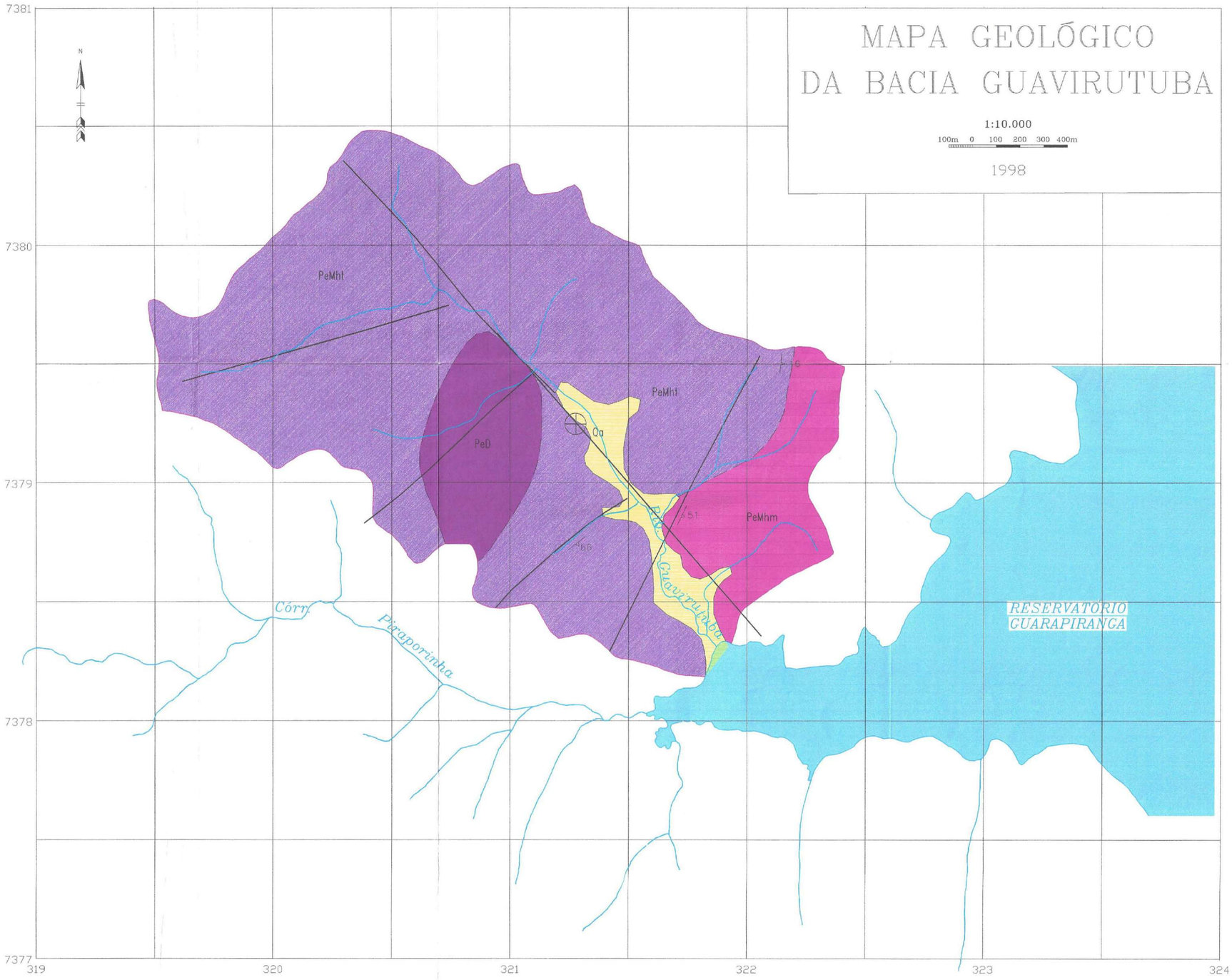
14513
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
— BIBLIOTECA —

MAPA GEOLÓGICO DA BACIA GUAVIRUTUBA

1:10.000

100m 0 100 200 300 400m

1998



LEGENDA

QUATERNÁRIO (Q)

Sedimentos Quaternarios Inconsolidados

Qa

a : Depositos aluvionares atuais e subatuais. Inclui depositos complexos coluvio–aluvionares.

PROTEROZÓICO (P)

Complexo Embu (e)

PeMhm | PeMht | PeD

M_ Migmatitos de estruturas diversas. Neossomas constituídos em geral por granitóides a pegmatitos, de granulação média a grossa e composição granítica a granodiorítica predominantes. Mesossomas (ou "paleossomas") representados principalmente por micaxistos, quartzo micaxistos, gnaisses e quartzitos.

hm migmatitos com predomínio (ou em proporções comparáveis) de neossoma sobre o mesossoma, ou seja, de estruturas homogêneas ou diatexíticas (schlieren, oftalmítica, nebulítica);

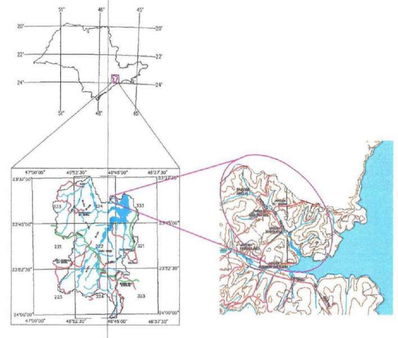
ht: migmatitos com predomínio de mesossoma sobre o neossoma, ou seja, de estruturas heterogêneas ou metatexíticas (bandada, dobrada, ptigmática, flebítica).

D : Quartzo dioritos de granulação fina a média, cor cinza médio, por vezes gnáissicos.

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Contato geológico definido
- Contato geológico aproximado
- Lineamento fotogeológico
- pegmatitos: de dimensoes metricas
- 55 Xistosidade e/ou bandamento composicional, com mergulho indicado ou vertical

LOCALIZAÇÃO DA BACIA



Universidade de São Paulo
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Departamento de Geologia Econômica e Geofísica Aplicada

MAPA GEOLÓGICO DA BACIA GUAVIRUTUBA

Executado: Juliana Keiko Tsugawa	
Data: 9/11/98	Escala: 1:10.000
Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1996	

MAPA 2

1413
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
— BIBLIOTECA —

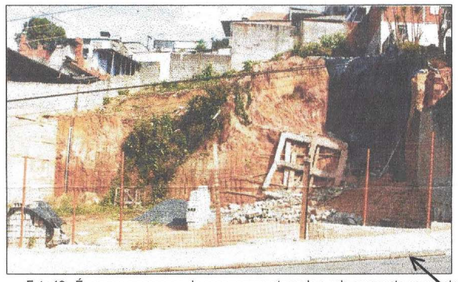


Foto 13 - É comum a presença de escorregamento onde o solo apresenta-se exposto e a declividade é elevada.

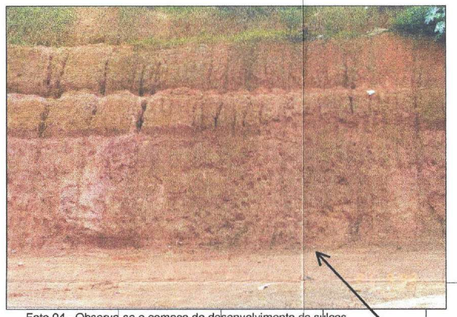


Foto 04 - Observa-se o começo do desenvolvimento de sulcos

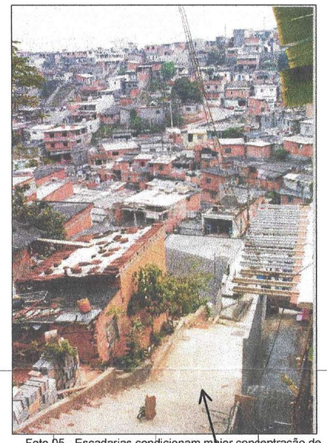


Foto 05 - Escadarias condicionam maior concentração de água das chuvas, o que é de sério risco já que as áreas a jusante são inconsolidadas.

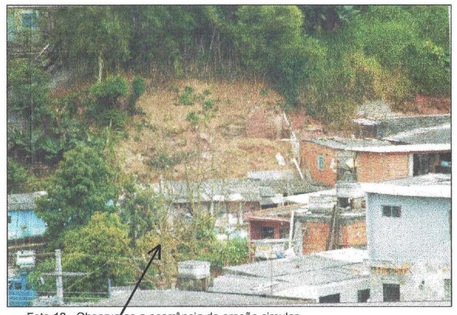


Foto 12 - Observa-se a ocorrência de erosão circular.

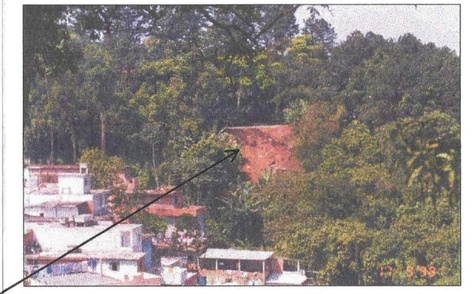


Foto 3 - Escorregamento em declividades maiores que 30%, com uso predominante de mata

Foto 11 - Escorregamento circular no loteamento parcialmente ocupado

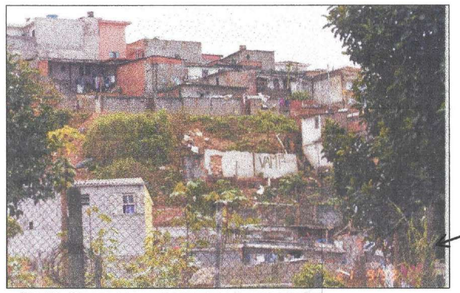


Foto 14 - Observa-se escorregamentos e lixo nas encostas.

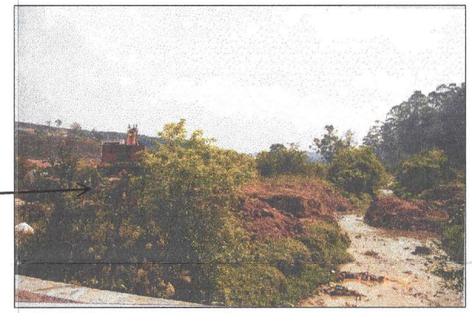
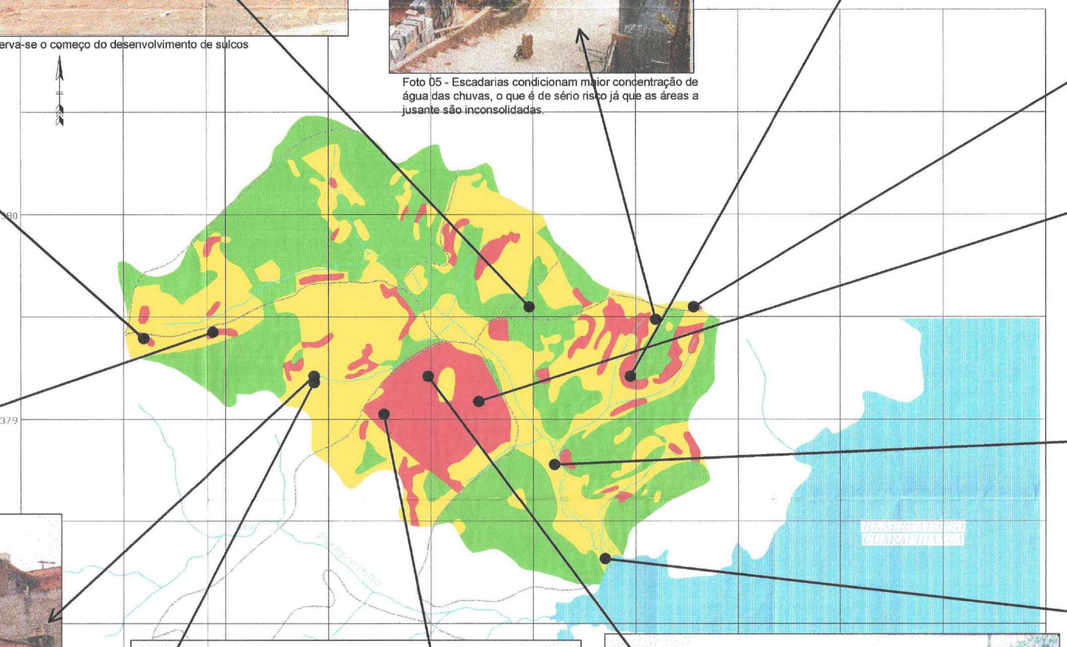


Foto 01 - Erosão de margem de canal



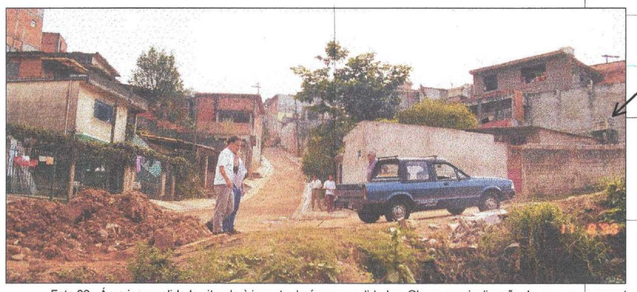


Foto 06 - Área inconsolidada situada à jusante de áres consolidadas. Observar a inclinação da rua que apresenta-se sem pavimentação.

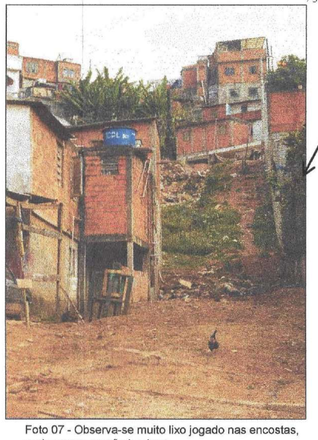


Foto 07 - Observa-se muito lixo jogado nas encostas, onde ocorre erosão laminar.

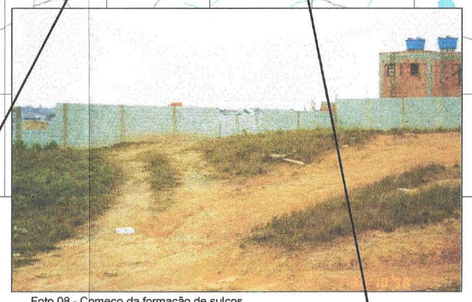


Foto 08 - Começo da formação de sulcos

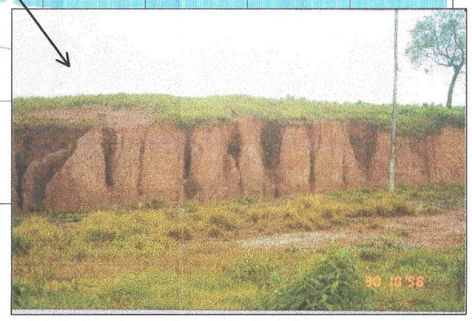


Foto 09 - Sulcos desenvolvidos em cortes de estrada

Foto 02 - Visão do assoreamento na planície fluvial do Ribeirão Guavirutuba

Foto 10 - Ravina situada no loteamento. Apresenta aproximadamente 0,5 m de profundidade e 5 m de extensão

Universidade de São Paulo
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Departamento de Geologia Econômica e Geofísica Aplicada

MAPA DE FOTOS DA BACIA GUAVIRUTUBA

Elaborado/executado: Juliana Keiko Tsugawa
Data: 9/11/98

MAPA 3

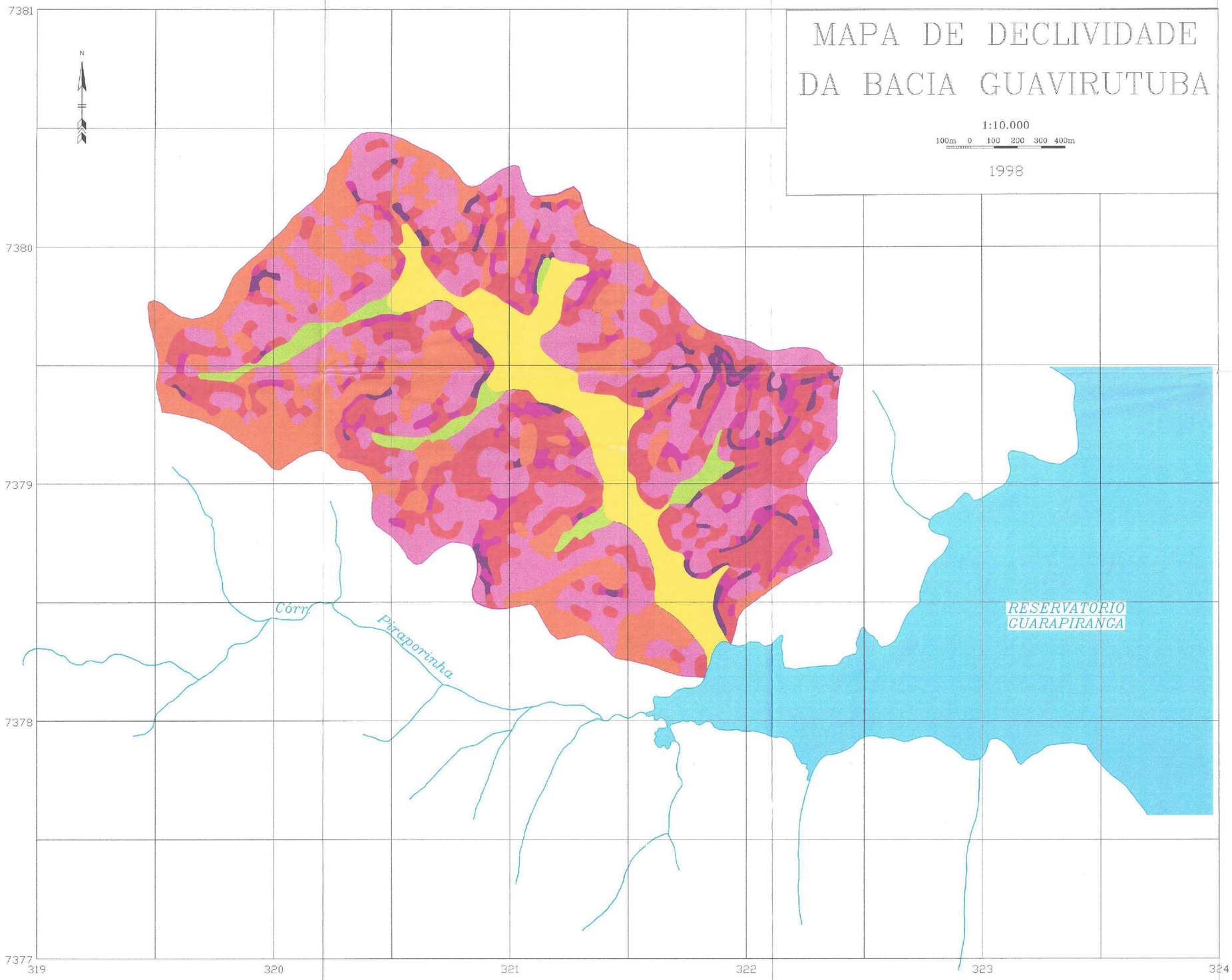
1513
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
— BIBLIOTECA —

MAPA DE DECLIVIDADE DA BACIA GUAVIRUTUBA

1:10.000

100m 0 100 200 300 400m

1998



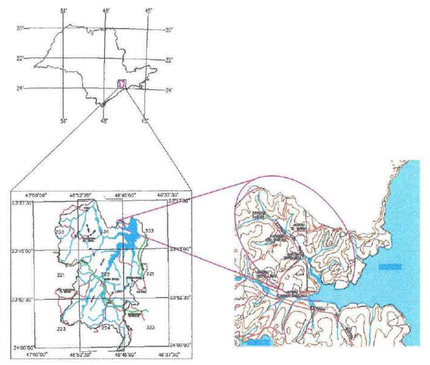
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Drenagens
- Curva de nível
- Lagoa e Represa
- Limite da bacia
- 7352000 — Coordenadas UTM

CLASSES DE DECLIVIDADE

- Planície Aluvionar
- 3–6%
- 6–12%
- 12–20%
- 20–30%
- 30–45%
- > 45%

LOCALIZAÇÃO DA BACIA



Universidade de São Paulo
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Departamento de Geologia Econômica e Geofísica Aplicada

MAPA DE DECLIVIDADE DA BACIA GUAVIRUTUBA

Elaborado/executado: Juliana Keiko Tsugawa		MAPA 4
Data: 9/11/98	Escala: 1:10.000	

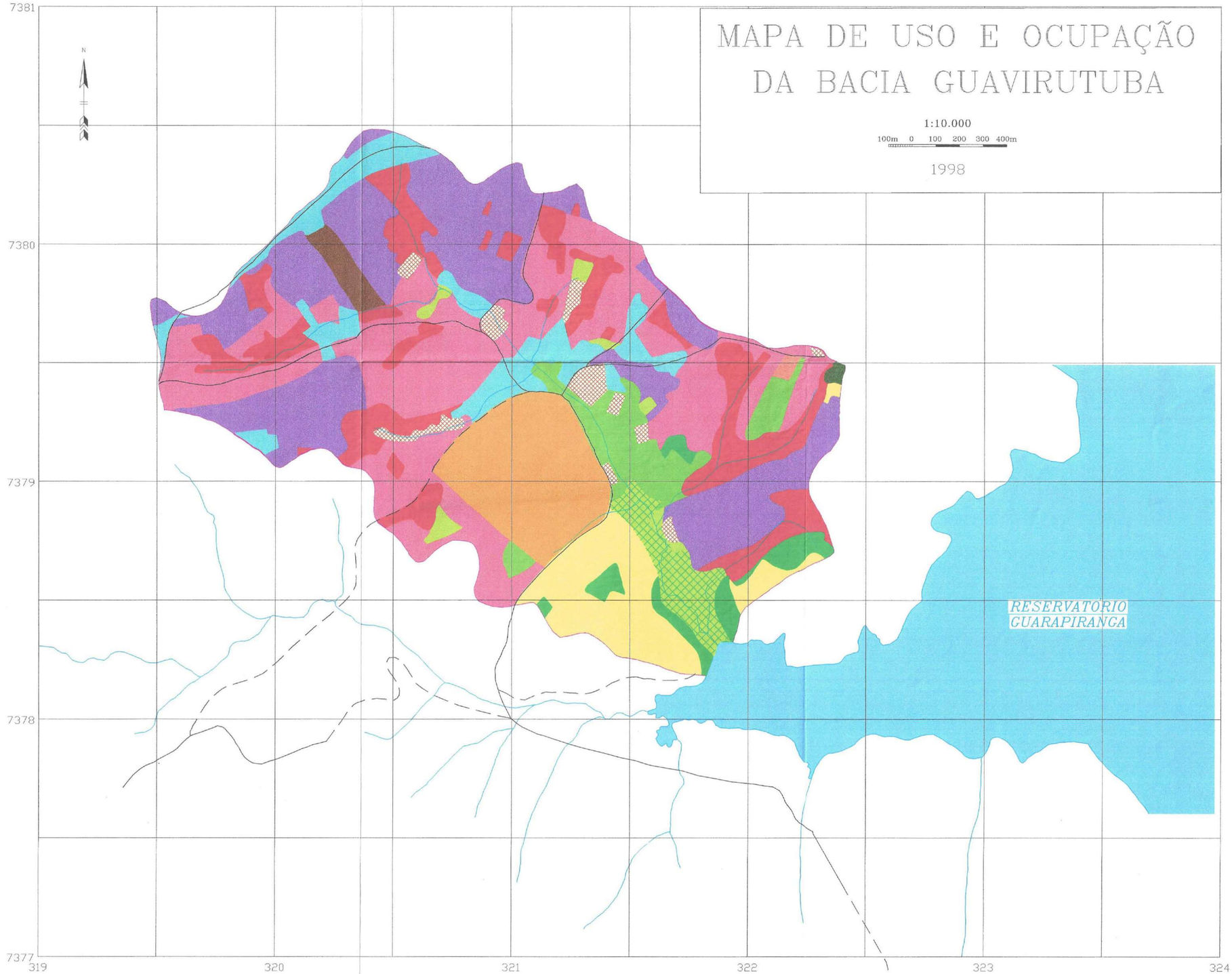
14513
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
— BIBLIOTECA —

MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DA BACIA GUAVIRUTUBA

1:10.000

100m 0 100 200 300 400m

1998



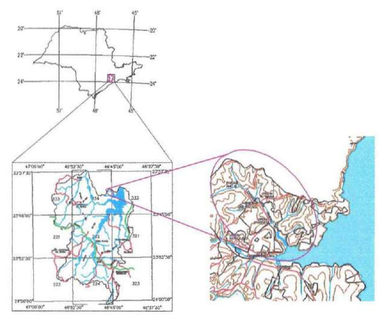
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Via pavimentada
- Drenagens
- Via sem pavimentação ou em construção
- 7352000 – Coordenadas UTM

CATEGORIAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

- Mata
- Capoeirão
- Capoeira
- Campo
- Várzea
- Alto padrão
- Médio padrão
- Baixo padrão
- Favelas
- Área comercial
- Antiga chácara
- Clube
- Loteamento
- Solo exposto

LOCALIZAÇÃO DA BACIA



Universidade de São Paulo
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Departamento de Geologia Econômica e Geofísica Aplicada

MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DA BACIA GUAVIRUTUBA

Elaborado/executado: Juliana Keiko Tsugawa		MAPA 5
Data: 9/11/98	Escala: 1:10.000	

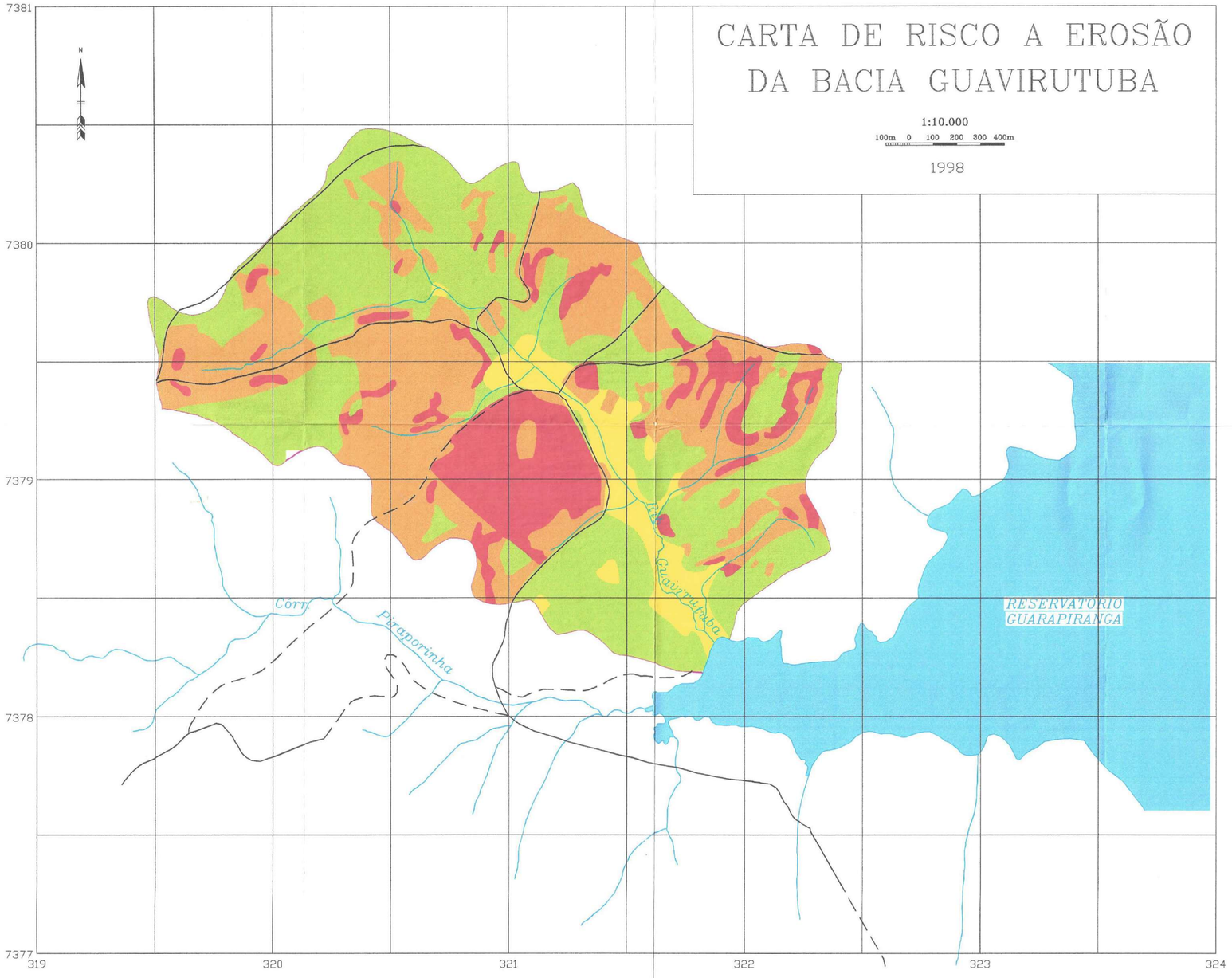
1513
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
— BIBLIOTECA —

CARTA DE RISCO A EROSÃO DA BACIA GUAVIRUTUBA

1:10.000

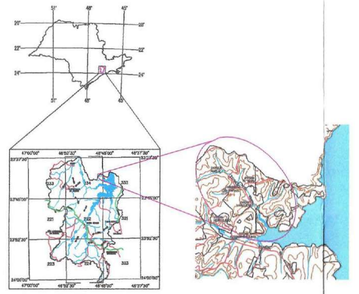
100m 0 100 200 300 400m

1998



SUSCETIBILIDADE À EROSÃO	USO DO SOLO	DECLIVIDADE	RISCO POTENCIAL DE EROSÃO	PROCESSOS PRESENTES	RECOMENDAÇÕES E RESTRIÇÕES
MUITO ALTA (morrotes com vales encaixados e planície fluvial de fundo chato e relativamente ampla)	mata, capoeirão, capoeira, várzea	0-3%	BAIXA	Erosão de margem de canal (solapamento), enchentes e inundações, assoreamento, contaminação das águas	• Planícies fluviais (várzea não devem ser ocupadas) • Os topos são favoráveis a ocupação, não exigindo práticas ou projetos especiais. 1- estabilização das margens fluviais 2- dessassoreamento 3- determinar faixa de preservação permanente para todos os curso d'água e remover moradias instaladas na área de preservação. 4- evitar a instalação de fossas negras e fossas sépticas nos fundos dos vales. 5- dimensionamento adequado de calhas e travessias dos sistemas de drenagem. 6- Recomposição da mata ciliar nas margens dos cursos d'água, e cabeceiras de drenagem 7- Evitar obras de movimentação de terra nos períodos chuvosos (outubro a março) 8- Proibir através de fiscalização constante, ocupações irregulares (favelas, loteamentos clandestinos) junto às planícies.
		3-12%			
	Área comercial, médio a baixo padrão, média a alto padrão, campo, chácara, clube	0-3%			
	mata, capoeirão, capoeira, várzea	12-30%	MÉDIA	Áreas passíveis de inundações nas declividades baixas, erosões restritas (laminar e sulco), escorregamentos nas declividades >30%	• São áreas passíveis de ser ocupadas onde as declividades são menos acentuadas, exigindo além das recomendações da unidade anterior, outras recomendações: 1- constituir barramentos junto às linhas de talvegue, visando o retardamento do escoamento superficial 2- manter os lotes vazios sempre com cobertura vegetal 3- inspeção periódica das adutoras de água, esgoto e sistema de drenagem 4- inspeção periódica do sistema viário para verificar qualquer alteração frente a ocorrência de erosão 5- prever obras de drenagem com dissipadores de energia nas extremidades de saída das galerias
		>30%			
	Área comercial, médio a baixo padrão, média a alto padrão, campo, chácara, clube	3-12%			
		12-30%			
	ocupação de baixo padrão e urbanização precária (favelas)	0-3%			
	Área comercial, médio a baixo padrão, média a alto padrão, campo, chácara, clube	>30%	ALTO	Erosão laminar, erosão em sulcos, contaminação dos repursos hídricos, assoreamento e enchentes localizadas	Áreas passíveis de ocupação em áreas com declividades médias, além das recomendações citadas acima, temos: 1- instalação de sistema de água e esgoto e coleta de lixo periódicas para toda a região, à fim de minimizar o processo de degradação dos recursos hídricos 2- evitar a concentração do escoamento superficial de água em cabeceiras de drenagem desprovidas de sistema de drenagem adequado (captação, condução e dissipação, com saídas em canis de escoamento protegidos) 3- evitar o escoamento de grandes volumes de águas pluviais nos leitos das vias ainda não pavimentadas e cabeceiras de drenagem, previlegiando o seu lançamento nas linhas de drenagem natural 4- em casos de cortes e aterros, prever a revegetação imediata para proteção contra erosão
	ocupação de baixo padrão e urbanização precária (favelas) solo exposto e loteamento parcialmente ocupado	3-12%			
		>30%	MUITO ALTO	Erosão laminar, erosão em sulcos, ravinas e escorregamentos circulares	Áreas com severas restrições para ocupação, assim, todas as recomendações anteriores são válidas, à acrescentar: 1- plano de remoção das favelas que ocupam as cabeceiras de drenagem, se não for possível, um projeto de melhoria das condições sanitárias e de infra-estrutura de tais ocupações 2- recomposição da cobertura vegetal original 3- nas áreas de solo exposto (como no loteamento) manter sempre vegetação e muros, reduzindo o escoamento superficial 4- obras de contenção de taludes devem ser feitos quando necessário 5- projetos de recuperação das erosões
		12-30%			
		>30%			

LOCALIZAÇÃO DA BACIA



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

Via pavimentada

Drenagens

Via sem pavimentação ou em construção

7352000 — Coordenadas UTM

Universidade de São Paulo
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Departamento de Geologia Econômica e Geofísica Aplicada

CARTA DE RISCO À EROSÃO DA BACIA GUAVIRUTUBA

Elaborado/executado: Juliana Keiko Tsugawa

Data: 9/11/98 | Escala: 1:10.000

MAPA 6