

MINEROPAR - MINERAIS DO PARANÁ S.A.

**PROJETO GEOTECNIA - REGIÃO METROPOLITANA
DE CURITIBA**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO NAS
FOLHAS COMEC A137, A138, A139 E A140
CONVÊNIO 04/95 - COMEC/MINEROPAR**

**VOLUME I
TEXTO**

**Curitiba
Novembro/1996**

A)

MINEROPAR - MINERAIS DO PARANÁ S.A.

PROJETO GEOTECNIA - REGIÃO METROPOLITANA
DE CURITIBA

MAPEAMENTO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO NAS
FOLHAS COMEC A137, A138, A139 E A140
CONVÊNIO 04/95 - COMEC/MINEROPAR

VOLUME I
TEXTO

624.13
(816.23A)
M66 4m
V.L.

Curitiba
Novembro/1996

Registro n. 5106



Biblioteca/Mineropar

MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A.

M 664m

Mapeamento geológico - geotécnico nas Folhas
Comec A137, A138, A139 e A140. Curitiba : 1996.
3 v.

Convênio COMEC/MINEROPAR

1. Mapeamento geológico geotécnico - Região Metro-
politana de Curitiba I. Salazar Jr., Oscar et al.

CDU: 624.13 (816.21A)

MINEROPAR
BIBLIOTECA
Reg. 5106 Data 03.02.97

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ
Jaime Lerner
Governador

**SECRETARIA DE ESTADO DA INDÚSTRIA, DO COMÉRCIO
E DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - SEID**
Deputado Nelson Justus

MINEROPAR - MINERAIS DO PARANÁ S.A.
José Antonio Zem
Diretor Presidente

Luis Tadeu Cava
Diretor Técnico

Noé Vieira dos Santos
Diretor Administrativo Financeiro

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO NAS
FOLHAS COMEC A137, A138, A139 E A140
Convênio 04/95 - COMEC / MINEROPAR**

**PROJETO GEOTECNIA - REGIÃO METROPOLITANA
DE CURITIBA**

Gerente de Projeto

Geólogo Oscar Salazar Júnior

Elaboração

Geólogo Oscar Salazar Júnior
Geólogo Rogério da Silva Felipe
Geólogo Sérgio Maurus Ribas
Geólogo Luís Marcelo de Oliveira
Geóloga Kátia Norma Siedlecki
Geóloga Eliana Martins Pereira

Apoio

Técnico José Eurides Langner
Técnico Antônio Perdoná Alano
Técnico Jovelino Luís Strapasson
Técnico Miguel Ângelo Moretti
Prospector Paulo Augustynczyk
Prospector Genésio Pinto Queiroz

Desenho

Roseneide Ogleari

Estagiárias

Alessandra de Barros e Silva
Maria Carolina Stellfeld

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS.....	1
3 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.....	1
4 - EQUIPE TÉCNICA.....	2
5 - ATIVIDADES REALIZADAS E DADOS DE PRODUÇÃO.....	3
6 - METODOLOGIA.....	3
6.1 - Ensaios Geotécnicos.....	5
6.2 - Mapas Básicos e Temáticos.....	7
6.2.1 - Mapa de Documentação.....	7
6.2.2 - Mapa de Declividades Generalizadas.....	8
6.2.3 - Mapa Geológico.....	9
6.2.4 - Mapa de Materiais Inconsolidados.....	11
6.2.4.1 - Descrição das Unidades de Materiais In-	
consolidados.....	13
6.2.5 - Mapa de Profundidade do Lençol Freático.....	17
6.2.6- Mapa de Erodibilidade.....	18
6.2.7- Mapa Geotécnico Geral	20
6.2.8 - Mapa de Adequabilidade para Loteamentos Resi-	
denciais	23
7 - CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

APÊNDICE 1 - Fotografias

APÊNDICE 2 - Tabulação dos Ensaios Geotécnicos

APÊNDICE 3 - Diagramas de Classificação Textural

1 - INTRODUÇÃO

O mapeamento geológico-geotécnico na região denominada Área II, coberta pelas folhas COMEC A137, A138, A139 e A140, a sul de Curitiba, foi realizado dentro do Convênio de Cooperação Técnica nº 04/95 de 31-07-95, celebrado entre a Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral - SEPL, através da Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba - COMEC, e a Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e do Desenvolvimento Econômico - SEID, através da Minerais do Paraná S/A - MINEROPAR.

Os referidos trabalhos foram definidos no 1º Termo de Ajuste ao Convênio, assinado em 14-12-95, com prazo estabelecido até 14.10.96 e prorrogado por termo aditivo até 30.11.96.

2 - JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS

As justificativas do trabalho se relacionam com os grandes problemas de ocupação territorial na Região Metropolitana de Curitiba. Neste contexto os trabalhos de mapeamento geológico-geotécnico são necessários para a constituição de uma base de dados do meio físico que permita à COMEC reordenar a ocupação territorial. Os principais objetivos do mapeamento geológico-geotécnico são relacionados a seguir:

a) Fornecer mapas básicos e temáticos relativos às declividades, à distribuição das unidades geológicas, às diferentes coberturas inconsolidadas, à profundidade do lençol freático e à suscetibilidade à erosão;

b) Fornecer mapa de zoneamento geotécnico, indicando as diferentes unidades de terreno e as suas características;

c) Fornecer mapa de adequabilidade para loteamentos, indicando as áreas mais favoráveis ou restritas aos diferentes tipos de ocupação;

d) Constituir base de dados geográfica em meio magnético, contendo os diferentes mapas, bancos de dados de afloramentos descritos, medidas da profundidade do lençol freático, sondagens e ensaios geotécnicos, incluindo trabalhos realizados por outras empresas e instituições. Estes dados estão referidos à base cartográfica na escala 1:20.000 da COMEC, por meio de coordenadas UTM.

3 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área de trabalho abrange aproximadamente 480 km² (Fig. 01) a sul de Curitiba, incluindo parte dos municípios de Curitiba, Fazenda Rio Grande, São José dos Pinhais, Araucária e Mandirituba. A área abrange as folhas topográficas A137, A138, A139 e A140 (COMEC 1976), e foi selecionada pela Divisão de Planejamento da COMEC como prioritária em função do adensamento populacional nos arredores de Curitiba, pela ocorrência de intensa atividade mineral no vale do Rio Iguaçu e pelas recentes demandas de áreas para instalação de indústrias.

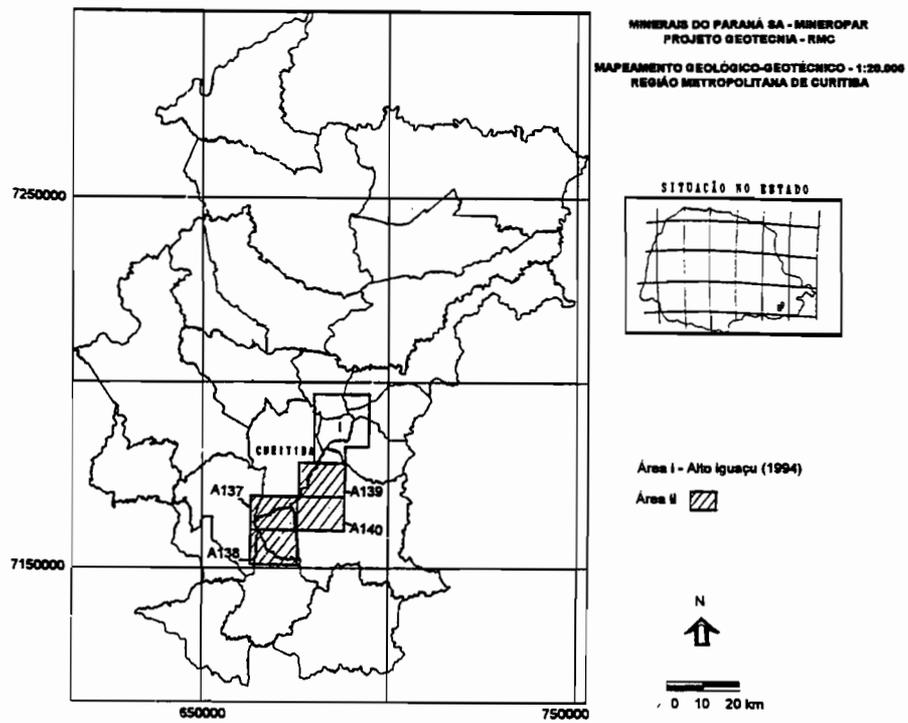


Fig. 01 - Localização da Área II (Folhas A137, A138, A139 e A140).

4 - EQUIPE TÉCNICA

O projeto Área II foi executado pela MINEROPAR, com a participação da seguinte equipe técnica:

Projeto Geotecnia - RMC

Geólogo Oscar Salazar Júnior
 Geólogo Rogério da Silva Felipe
 Geólogo Sérgio Maurus Ribas
 Geólogo Luís Marcelo de Oliveira
 Geóloga Eliana Martins Pereira
 Técnico José Eurides Langner
 Técnico Miguel Ângelo Moretti
 Técnico Jovelino Luís Strapasson
 Prospector Paulo Augustynczyk
 Prospector Genésio Pinto Queiroz
 Estagiárias: Alessandra de Barros e Silva
 Maria Carolina Stellfeld

DILAB - Divisão de Laboratório

Geóloga Kátia Norma Siedlecki
 Técnico Antônio Perdoná Alano
 Laboratoristas: Alceu da Rocha Oliveira
 José Renato Dionízio

5 - ATIVIDADES REALIZADAS E DADOS DE PRODUÇÃO

No decorrer dos trabalhos foram realizadas as seguintes etapas:

- a) Revisão bibliográfica.
- b) Compilação de dados geotécnicos de trabalhos e projetos executados por outras empresas ou instituições.
- c) Fotointerpretação com aerofotos 1:25.000.
- d) Levantamentos de campo, incluindo perfilagens geológicas, descrição de afloramentos, amostragens geotécnicas, sondagens e medidas do lençol freático.
- e) Ensaios geotécnicos de laboratório.
- f) Interpretação de dados e elaboração de mapas básicos e temáticos.
- g) Digitalização dos mapas básicos e temáticos.
- h) Processamento de dados no sistema de informações geográficas Arc/Info.
- i) Geração de mapas básicos e temáticos.
- j) Relatório final.

Resumo dos dados de produção:

- Área cartografada: 480 km².
- Fotointerpretação: 40 aerofotos 1:25.000.
- Afloramentos descritos: 601.
- Poços d'água medidos: 345.
- Ensaios geotécnicos: 664 em 149 amostras.
- Digitalização: 1330 horas.
- Furos a trado: 88.
- Sondagens à percussão: 24 (293,91 m).
- Dias de campo: 85.
- Quilometragem percorrida: 14.586 km.

6 - METODOLOGIA

O mapeamento geológico-geotécnico foi realizado segundo metodologia proposta por Zuquette (1987) e Souza (1992), a partir de um conjunto de princípios fundamentais adaptados às condições brasileiras. Os procedimentos adotados compreendem a seleção de atributos, verificação das relações atributos *versus* tipos de ocupação e elaboração de documentos gráficos básicos e interpretativos, de prognósticos e conclusivos, para os usuários.

Com o projeto executado na área Alto Iguaçu (Felipe *et al.*, 1994), foram testados os diversos passos metodológicos, implantado laboratório de ensaios geotécnicos na MINEROPAR e reconhecidas as particularidades regionais, visando

adaptação às condições locais e atender as necessidades da COMEC. Os tipos de ocupação de maior interesse para a região são relacionados a seguir (Zuquette, 1993):

Urbanas

Áreas residenciais; vias de acesso; barragens/aterros; parques industriais; áreas de extração de materiais de construção (areia, brita, argila); zonas de inundação; loteamentos; canalizações; resíduos sépticos e aterros sanitários; cemitérios; áreas de ocorrência de eventos perigosos.

Regionais

Rodovias e ferrovias; linhas de transmissão; barragens; aterros sanitários;

Rurais

Agroindústria; pecuária e agricultura; projetos de irrigação.

Considerando estes diferentes tipos de ocupação verifica-se que o equilíbrio ambiental depende da aplicação de conhecimentos geológicos associados aos outros componentes do meio. Isto permite reduzir os altos custos dos processos de ocupação, evita o surgimento de custos futuros não previstos, decorrentes de limitações do meio ambiente, e propicia o aproveitamento de vantagens do meio físico. No trabalho realizado foram considerados os seguintes componentes e atributos (tabela 01), de acordo com Zuquette (1993):

COMPONENTE	ATRIBUTOS
Águas	<ul style="list-style-type: none"> - Escoamento superficial. - Áreas de acúmulo de águas. - Densidade de canais. - Bacias hidrográficas. - Existência de aquíferos. - Profundidade do lençol freático.
Geomorfologia	<ul style="list-style-type: none"> - Declividade e sentido. - Formas de relevo. - Formas e comprimentos de encostas.
Geologia	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo rochoso ou grupo litológico. - Mineralogia. - Densidade. - Permeabilidade. - Grau de intemperismo. - Erosão. - Assoreamento. - Movimentos de massa. - Materiais inconsolidados (textura, origem, espessura). - Capacidade de troca catiônica. - Processos de intemperismo e pedogênese. - Variação em profundidade. - Características químicas.

Tabela 01 - Componentes e respectivos atributos considerados no mapeamento geológico-geotécnico.

6.1 - Ensaios Geotécnicos

Para permitir a caracterização das unidades geotécnicas foram utilizados ensaios de laboratório para obtenção de parâmetros relativos às propriedades químicas, físicas e mineralógicas das diversas amostras. A determinação destes atributos permite a avaliação do comportamento geotécnico dos materiais analisados. A relação de resultados obtidos nos ensaios geotécnicos está representada em anexo (volume II) e um resumo por tipo de material inconsolidado encontra-se no apêndice 3.

A amostragem é considerada etapa crítica do mapeamento geotécnico, uma vez que o número é limitado pelo custo e há necessidade de representatividade das unidades delimitadas. Foram realizadas amostras completas em algumas unidades, para cada folha, e executadas amostras complementares com menor número de ensaios, para maior segurança na extrapolação dos valores obtidos. Os tipos de ensaios são:

Granulometria/Sedimentação

Este ensaio expressa a classe textural da amostra em função da distribuição percentual das partículas. O princípio utilizado foi a desagregação mecânica da amostra, dispersão e avaliação da proporção relativa das partículas por sedimentação em meio aquoso - método da pipeta e norma técnica NBR 7181/84 (ABNT).

Índices de Campo

Os índices de campo são índices físicos do solo, expressos por parâmetros representativos do seu estado na época da amostragem. Determinam-se diretamente três índices: teor de umidade, massa específica de campo e massa específica dos sólidos. Os outros índices, relativos à porosidade, índice de vazios e grau de saturação, são calculados através de fórmulas de correlação. Para a massa específica dos sólidos adotou-se a norma técnica da ABNT (NBR 6508/84). Todas as amostras ensaiadas foram submetidas à fervura em picnômetro, para expulsar gases intersticiais, conforme modelo preconizado pelo DER - PR. A massa específica seca de campo foi determinada pelo método do anel, proposto por Zuquette (1987). Com auxílio de um cilindro de PVC rígido retira-se do terreno uma amostra indeformada, de volume conhecido. O cálculo é feito após determinado o peso do solo seco.

Os parâmetros decorrentes de correlação são os seguintes:

Índice de Vazios: é apresentado como um número puro e pressupõe o conhecimento do valor da massa específica dos sólidos e da massa específica de campo.

Porosidade: é normalmente apresentada em percentagem, sendo maior do que zero e menor do que 100%.

Grau de Saturação (em relação a água): seus valores estão compreendidos no intervalo fechado de 0 - 100%.

Proctor Normal

Este ensaio consiste na compactação de solo em laboratório para determinar a curva de variação da massa específica seca em função do teor de umidade, para uma dada energia de compactação. Além desta curva, o ensaio fornece também a variação do grau de saturação em função do teor de umidade. Como resultado final obtém-se o valor da massa específica seca máxima e o teor de umidade ótima, que tem aplicações em obras de terra compactada, indicando as condições ideais de compactação máxima. Na execução, para diferentes teores definidos de umidade, aplica-se no corpo de prova um número especificado de golpes, seguido da pesagem do mesmo.

Limites de Liquidez e Plasticidade

Estes indicadores são definidos pelos teores de umidade que separam dois estados de consistência de um solo, caracterizando-se os limites de liquidez e de plasticidade. O limite de liquidez é definido como o teor de água, expresso em porcentagem de argila seca a 110°C, acima do qual a massa flui como líquido (metodologia de Casagrande). O limite de plasticidade é definido como o teor de água expresso em porcentagem, de argila seca a 110°C, acima do qual a massa pode ser enrolada em cilindros de 3 a 4 cm de diâmetro e 15 cm de comprimento (Souza Santos, 1989).

Capacidade de Troca de Cátions - CTC

Em função da característica das argilas de reação eletroquímica reversível com cátions, realiza-se este ensaio para avaliar esta capacidade de troca química. Este atributo é importante, já que os cátions permutáveis influem fortemente no comportamento agrônomo e geotécnico da fração fina (no tocante à disposição de rejeitos, erosão, retenção de poluentes, etc).

Para a determinação da CTC foi adotado o método da adsorção de azul de metileno (Beaulieu, 1979, *in* Pejon, 1992), que permite determinar ainda outros parâmetros, como a superfície específica (SE) e os índices Vb e Acb, que indicam respectivamente a quantidade de azul de metileno adsorvido em 100 g de solo e em 100 g de argila, sendo assim possível a caracterização da atividade da fração argilosa, bem como o comportamento do solo (Lautrin, 1989, *in* Pejon, 1992).

O azul de metileno (C-H-N-S-Cl-H-O) é um corante orgânico que em solução aquosa dissocia-se em ânions cloreto e cátions azul de metileno. O cátion de azul de metileno substitui Na, K, Ca, Mg, H e O, adsorvidos aos argilo-minerais, ocorrendo um processo de adsorção irreversível passível de ser mensurado e indicativo da capacidade de troca de cátions. Proceda-se ao gotejamento da suspensão do solo, retirando-se depois gotas que são dispostas sobre um papel de filtro. Formando-se uma mancha escura o ensaio prossegue até o surgimento de uma auréola azul clara na borda externa da mancha. Neste momento exauriu-se a capacidade de troca de cátions, obtendo-se os índices correspondentes.

Potencial de Hidrogenação (pH)

O pH de uma argila resulta, em parte, da natureza dos cátions trocáveis presentes. A variação de cargas negativas ou mesmo positivas (em valores de pH muito baixo) pode interferir na determinação da CTC e da SE. Por esse motivo determinou-se o pH da suspensão em que o ensaio foi realizado, o pH do solo em água e em solução de KCl, conforme metodologia de Camargo & Muniz. (s.d.). Quando o pH em KCl for menor que o pH em água ocorre predomínio de cargas negativas. Em caso contrário, imperam as cargas positivas na superfície dos argilos-minerais (Demattê, 1989).

Permeabilidade

A permeabilidade é expressa pelo volume de fluxo por unidade de área de uma seção, por unidade de tempo. A determinação do coeficiente de permeabilidade é dificultada pelo processo de amostragem, já que as amostras devem ser indeformadas, sendo coletadas em cilindros de PVC rígido. A amostra é muito vulnerável a fraturas, presença de raízes, espaços entre o material e o tubo. Em laboratório decidiu-se realizar dois ensaios por ponto amostrado, como medida de segurança, montando-se dois

permeâmetros verticais de PVC rígido à carga constante, com filtros de areia acoplados às duas extremidades.

Erodibilidade

Nogami & Villibor (1979) propuseram um método de fácil execução para avaliação do índice de erodibilidade, que considera o efeito da secagem e permite inferir as propriedades de desagregabilidade e infiltração, baseando-se essencialmente na avaliação da absorção de água e na perda de peso por imersão.

Para o desenvolvimento do ensaio foi confeccionado equipamento composto de recipiente cilíndrico, com dimensões equivalentes ao cilindro de amostragem, ligado a um tubo de vidro graduado, disposto horizontalmente. O conjunto é preenchido com água e na porção superior do recipiente adapta-se uma rocha porosa que se mantém saturada. Sobre esta rocha coloca-se a amostra indeformada, seca e pesada, iniciando-se a contagem de tempo e procedendo-se as leituras do volume de água absorvido por intervalo de tempo.

Análise Térmica Diferencial - ATD

Consiste no aquecimento, em velocidade constante, de uma argila junto com uma substância termicamente inerte (geralmente óxido de alumínio - α), registrando-se as diferenças de temperatura entre o padrão inerte e a argila em estudo, em função da temperatura. Quando ocorrem transformações endotérmicas e exotérmicas, elas aparecem como deflexões em sentidos opostos na curva termodiferencial. Esse método teve larga aplicação na identificação de argilas e suas misturas durante o decorrer do projeto.

6.2 - Mapas Básicos e Temáticos

Os mapas básicos e temáticos produzidos para as folhas COMEC A137, A138, A139 e A140 serão descritos a seguir, apresentando-se os procedimentos utilizados em sua elaboração. Os mapas obtidos encontram-se em anexo (Volume III).

6.2.1 - Mapa de Documentação

O mapa de documentação consiste no registro das informações relevantes obtidas no projeto e dados provenientes de outras entidades. Os dados foram plotados em cartas 1:20.000, da COMEC, posteriormente digitalizadas. De todas as entidades inseridas no mapa foram obtidas as coordenadas UTM.

No mapa de documentação estão representadas as seguintes entidades, com as respectivas siglas:

OS (A137), SR (A138), RG (A139), LM (A140) - Afloramentos ou pontos de amostragem obtidos no decorrer do mapeamento realizado neste projeto. As siglas são relativas a controle interno da MINEROPAR.

ST - Sondagens a trado realizadas pela MINEROPAR no decorrer deste projeto, com número seqüencial, com continuidade a partir do projeto Alto Iguaçu.

SP - Sondagens à percussão realizadas pela MINEROPAR no decorrer do projeto, com ensaio de SPT (teste de penetração padronizado), contratadas da empresa LSM - Serviços de Sondagens Geotécnicas Ltda.

CPRM - Sondagens a trado executadas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

AAF - Sondagens à percussão realizadas pela empresa Figueiredo Ferraz na ampliação do Aeroporto Internacional Afonso Pena (Folha A139).

FCP - Sondagens à percussão realizadas na implantação da ferrovia Curitiba - Paranaguá (Folha A139).

Além deste conjunto de dados foram obtidos dados geotécnicos relativos às rodovias federais BR-277 e BR-116. Estes dados, arquivados na MINEROPAR, não foram incluídos no mapa de documentação pelas dificuldades de localização

6.2.2 - Mapa de Declividades Generalizadas

O mapa de declividades foi obtido de forma automática, por meio do software Arc/Info (7.0.3) em estação de trabalho do CIEG (Centro Integrado de Estudos em Geoprocessamento). Foi utilizado o módulo TIN (triangulated irregular network), com geração de modelo digital do terreno a partir de curvas de nível, pontos cotados e rede hidrográfica. Os dados planialtimétricos foram obtidos de cartas 1:10.000 da COMEC, utilizando-se intervalos de classe de 0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-20; 20-30, 30-45 e > 45%.

A utilização de meios computacionais na geração deste mapa justifica-se pela grande dificuldade de determinação das declividades por meios manuais, pelo excessivo número de polígonos e grande tempo de digitalização posterior. Além disso, depois de selecionado um determinado intervalo de classes, qualquer modificação implica em refazer o mapa, ao contrário do mapa de declividades digital.

O princípio do mapa de declividades a partir do Arc/Info é a elaboração de um modelo digital do terreno que leva em conta diversas fontes de dados, como curvas de nível, pontos cotados e outras feições, com dados de elevação ou não. O modelo é gerado por triangulação (triangulação de Delaunay), utilizando-se os pontos vizinhos melhor distribuídos, gerando-se assim uma rede de triângulos irregulares conectados. Os rios foram acrescentados ao modelo para melhorar a qualidade, introduzidos como linhas de quebra. Na seqüência, os triângulos foram classificados segundo as faixas de declividades desejadas utilizando-se uma função de dissolução entre os triângulos de mesma classe adjacentes, para geração dos polígonos finais. Para depuração dos mapas foram eliminados os polígonos com área menor que 500 m². Os intervalos de classe previamente definidos pela COMEC e as respectivas inclinações do terreno estão apresentadas na tabela 02.

Intervalo %	Inclinação (graus)
0 - 2,5	0 - 1°25'56"
2,5 - 5	1°25'56" - 2°51'45"
5 - 10	2°51'45" - 5°42'38"
10 - 20	5°42'38" - 11°18'36"
20 - 30	11°18'36" - 16°41'57"
30 - 45	16°41'57" - 24°13'40"
> 45	> 24°13'40"

Tabela 02 - Intervalos de declividades e inclinação dos terrenos

6.2.3 - Mapa Geológico

As áreas mapeadas situam-se no Primeiro Planalto Paranaense, sobre sedimentos aluvionares recentes, sedimentos terciário-quadernários da Bacia de Curitiba e rochas do embasamento gnáissico-migmatítico. Neste relatório os dados relativos à geologia da área serão restritos a uma breve descrição das diferentes unidades, abrangendo as quatro folhas trabalhadas. Na tabela 03 apresenta-se a estratigrafia geral da área.

ERA GEOLÓGICA	PERÍODO	ÉPOCA	UNIDADE GEOLÓGICA
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO	HOLOCENO	Aluviões e terraços aluvionares
		PLEISTOCENO	Formação Guabirota
MESOZÓICO	JURÁSSICO-CRETÁCEO		Intrusivas Básicas
PROTEROZÓICO INDIVISO			Complexo Gnáissico-migmatítico

Tabela 03 - Estratigrafia da área mapeada.

Aluviões Recentes

A unidade de sedimentos aluvionares recentes está representada por depósitos assentados na maior parte sobre o embasamento gnáissico-migmatítico, com maior expressão nas folhas A137 e A139, ao longo do vale do Rio Iguçu. Os sedimentos são compostos de cascalhos arenosos e areias de granulometria média a grossa, com seixos subarredondados e subangulosos de quartzo, gradando para areia, areia com matriz argilosa e argila plástica cinza no topo. Os depósitos aluvionares são capeados por solos hidromórficos com espessura de cerca de 1,0 m. A espessura média total atinge 5,0 m. Estes sedimentos são objeto de intensa exploração para atender a demanda da indústria da construção civil.

Terraços Aluvionares

Os terraços aluvionares são depósitos de origem fluvial formados em épocas mais antigas que a de deposição dos rios atuais da região. Normalmente são encontrados entre as planícies aluviais atuais e as encostas, principalmente ao longo dos Rios Barigüi, Iguçu e Despique (A137), Rios do Maurício e Despique (A138), Rios Iguçu, da Ressaca, Belém e Pequeno (A139), Rios Iguçu, Miringuava e Cotia (A140). Por vezes são encontrados nas cabeceiras das drenagens menores, preenchendo antigos canais escavado no embasamento gnáissico-migmatítico. Nesta situação muitas vezes se confundem com os sedimentos da Formação Guabirota.

Os depósitos em terraços são formados basicamente por lentes de argilas cinza esbranquiçada, intercaladas com níveis de areia de granulação fina a média e subordinados níveis de cascalhos com seixos de quartzo. São comuns gradações de granulação decrescentes, desde cascalhos na base até argilas no topo. São recobertos por solos orgânicos argilosos, com espessuras variando de 1,0 a 3,0 m.

Formação Guabirota

A Formação Guabirota preenche a Bacia de Curitiba, formada sobre um embasamento de rochas gnáissico-migmatíticas sob condições de clima variando do semi-árido ao úmido, provavelmente durante o Pleistoceno (Bigarella & Salamuni, 1958). Sobre os sedimentos pleistocênicos foram acumulados depósitos de planície de inundações e os baixos terraços da planície atual do Rio Iguaçu (Bigarella & Salamuni, 1958; Bigarella, Salamuni & Ab'Sáber, 1961).

No decorrer do mapeamento geotécnico do Alto Iguaçu (Felipe *et al.*, 1994) a Formação Guabirota foi dividida em duas subunidades. A primeira apresenta sedimentos argilosos de cor cinza, com porcentagem variável de grânulos de quartzo e feldspato, com ocorrências subordinadas de níveis de arcósios. Esta subunidade está geralmente relacionada com níveis topográficos inferiores. A segunda subunidade é composta por sedimentos argilosos com freqüentes intercalações de arcósios. Normalmente esta subunidade é encontrada nos níveis topográficos mais elevados. Estas intercalações ocorrem na escala centimétrica.

Nas folhas cobertas pela Área II a Formação Guabirota apresenta menor expressão areal e menores espessuras em relação ao Alto Iguaçu, muitas vezes ocorrendo como finas camadas sobre o complexo gnáissico-migmatítico, com espessuras variando entre 2 e 10 m (aproximadamente). Em direção a sul as exposições desta unidade tornam-se raras, como é observado no âmbito da Folha A138.

Nas áreas mapeadas a Formação Guabirota está representada por sedimentos argilosos de cor cinza, contendo grãos de quartzo e feldspato, intercaladas com lentes e camadas de areias arcosianas e arcósios de granulação média a grossa, mal selecionados. Localmente ocorrem brechas sedimentares com fragmentos de gnaisses, granitos e quartzitos, seixos e blocos, junto ao contato com as rochas do complexo subjacente

Intrusivas Básicas

Os diques básicos ocorrem preenchendo fraturas e falhas de direção SE-NW, relacionados ao arqueamento de Ponta Grossa. A maior quantidade de diques ocorre na folha A138, cartografando-se os mais espessos (média de 10 a 40 m de espessura). São doleritos de cor cinza escura a preta, recobertos por solos lateríticos de cor vermelha, muitas vezes com blocos de rocha preservados em meio ao solo.

Complexo Gnáissico-Migmatítico

O Complexo Gnáissico-Migmatítico apresenta migmatitos estromáticos e oftálmicos com paleossoma de biotita gnaisses, biotita-hornblenda gnaisses, e hornblenda gnaisses, com intercalação subordinadas de quartzitos, metamáficas e metaultramáficas, localmente com veios de quartzo e zonas de alteração hidrotermal. Em geral são rochas bandadas, de coloração cinza esbranquiçada a cinza escura ou rósea, com bandas de espessura centimétrica a métrica. As bandas claras neoformadas são de provável composição granodiorítica a granítica.

Na porção sul da folha A138 foram reconhecidos corpos de gnaisses cinza claros a róseos, de granulação média, de provável composição granodiorítica a tonalítica. São corpos delgados, de direção aproximada SW-NE, delimitados por fotointerpretação. Estas rochas apresentam maior resistência ao intemperismo e decomposição,

preservando megablocos de rocha não alterada em meio à massa alterada e na superfície do solo.

6.2.4 - Mapa de Materiais Inconsolidados

Além dos solos no sentido pedológico, são materiais inconsolidados os sedimentos aluvionares, de terraços, sedimentos da Formação Guabirotuba e saprólitos de gnaisses-migmatitos, excluindo-se apenas as ocorrências de rocha dura. No mapa de materiais inconsolidados (em anexo), a representação em cores está relacionada com o primeiro nível da cobertura inconsolidada, que inclui o solo e a parte superior dos sedimentos ou da rocha alterada (horizontes B e C), no caso dos gnaisses e migmatitos. Além do mapa de materiais inconsolidados foi acrescentado um segundo mapa, contendo os perfis típicos de alteração em pontos ou sondagens, para facilitar a visualização em profundidade.

O mapa de materiais inconsolidados consiste na síntese das informações do processo de origem dos materiais, a rocha original, a textura, as características do material inconsolidado (cor, argilo-mineral, espessura, nível de alteração e presença de matações) e o perfil típico de alteração para cada unidade litológica descrita .

O mapeamento e a caracterização dos materiais inconsolidados envolveu várias fases: Os critérios utilizados para a classificação dos materiais inconsolidados encontram-se descritos a seguir:

1º Fase

- Fotointerpretação na escala 1:25.000.
- Análise de dados de sondagens à percussão e índice de resistência a penetração (SPT) da MINEROPAR, RFFSA, DER, Aeroporto Afonso Pena e CPRM.

2º Fase

- Reconhecimento de campo com descrição sistemática de litologias e dos perfis de alteração, com observações qualitativas e quantitativas
- Revisão da fotointerpretação com base nos dados de campo

3º Fase

- Reconhecimento de campo para observações finais e coleta de amostras por nível de alteração em cada unidade representativa
- Realização de ensaios de laboratório
- Elaboração da folha dos materiais inconsolidados

Nas áreas mapeadas foram separadas cinco principais tipos superficiais de materiais inconsolidados, a saber: solos hidromórficos sobre aluviões e terraços, solos residuais da Formação Guabirotuba, solos residuais, solos transportados e solos com matações aflorantes sobre os gnaisses-migmatitos.

Estes tipos são diferenciadas através de cores no mapa de materiais inconsolidados. Visando caracterizar as variações em profundidade foram representados os sucessivos níveis de materiais inconsolidados por um código de hastes cujas linhas (horizontais) representam estes níveis. Estas linhas são divididas em 5 partes iguais, preenchidas por letras maiúsculas que representam as características geotécnicas de cada nível. A legenda está resumida a seguir:

LEGENDA (mapa de materiais inconsolidados)**Código de haste**

A	B	C	D	E

→ Espessura
 ≻ Perfil típico de alteração
 ou níveis de materiais
 inconsolidados

A- Origem

- 0 - residual
- 1 - transportado

B- Nível de Alteração

- 1 - solo residual maduro ou jovem
- 2 - solo coluvionar
- 3 - solo aluvionar
- 4 - saprólito
- 5 - argila
- 6 - arcósio
- 7 - cascalho
- 8 - areia

C- Textura

- 0 - solo orgânico
- 1 - solo hidromórfico
- 2 - muito argilosa
- 3 - argilosa
- 4 - franco arenosa
- 5 - franco siltosa
- 6 - franco argilo-siltosa
- 7 - franco argilo-arenosa
- 8 - franco
- 9 - franco argilosa
- 10 - argila siltosa
- 11 - argila arenosa

D- Rocha Original

- 1 - Formação Guabirota
- 2 - gnaisse-migmatito

E- Características do Material Inconsolidado

- 0 - Solo transportado, areia argilosa ou argilo arenosa, cor negra, marrom escura e vermelha. Poroso, às vezes com matéria orgânica.
- 1 - Solo orgânico, cor negra, com muita matéria orgânica, por vezes turfoso.
- 2 - Solo residual maduro ou jovem, coloração castanho, violáceo a vermelho, com inclusões de solo transportado. Mineral predominante: caulinita (1:1), argilo-minerais prováveis: gibbsita, ilita (2:1).
- 3 - Argila de cor cinza clara, marrom a variegada, com eventuais lentes de areia de granulação fina a grossa e cascalhos. Desenvolvidas nos aluviões e terraços. Argilo-mineral predominante é caulinita (1:1).
- 4 - Areia de cor cinza, granulometria fina a grossa, com níveis e lentes de cascalho e seixos isolados de quartzo (depósito aluvionar).
- 5 - Argila cinza esverdeada, variegada a violácea. Argilo-mineral predominante é montmorillonita (2:1), argilo minerais prováveis: caulinita (1:1) e ilita (2:1).
- 6 - Sedimento clástico grosseiro, de cor cinza esverdeada, vermelho, por vezes variegados. Porcentagem de finos menor ou igual a 25%, compostos predominantemente por montmorillonita (2:1) e secundariamente por caulinita (1:1) e ilita (2:1). Os minerais clásticos são de quartzo e feldspato, com granulometria da fração areia fina a areia grossa.
- 7 - Primeiro nível de alteração do solo a partir da rocha (gnaisse-migmatito). A estrutura original da rocha é preservada, podendo conter blocos e matacões de rocha não alterada (sã), estrutura foliada, grãos de feldspato alterados, fragmentos de quartzo e feldspato. Possui cores com variações de cinza, rosa, vermelha, castanho e verde.

No segundo mapa os níveis de materiais inconsolidados estão representados em colunas ou barras, para visualizar melhor estes níveis, identificando-se o afloramento ou sondagem à percussão. Os perfis típicos de alteração estão relacionados na tabela 04.

Perfis típicos de alteração ou níveis de materiais inconsolidados
Solo orgânico
Solo transportado
Solo residual
Argila de aluvião e paleoterraço
Areia e cascalho de aluvião e paleoterraço
Argila da Formação Guabirota
Arcóso da Formação Guabirota
Saprólito de gnaiss/migmatito

Tabela 04 - Perfis típicos de alteração considerados na Área II.

Em ambos os mapas, os diferentes níveis de alteração ou de materiais inconsolidados foram caracterizados quanto a: origem, nível de alteração, textura, rocha original, características do material inconsolidado, espessura e resistência à penetração.

Para a descrição dos materiais inconsolidados adotou-se a seguinte classificação:

Solo Hidromórfico: sob esta denominação estão compreendidos os solos mal drenados ou muito mal drenados, regidos pela influência da água em função do relevo e do material originário. Estes solos são representados pelos aluviões e terraços da bacia do Rio Iguaçu e outros cursos d'água principais.

Solo Transportado: (colúvio): solo ou fragmentos rochosos transportados ao longo das encostas de morros, devido a ação combinada da gravidade e da água. Possui características diferentes das rochas ou solos subjacentes.

Solo Residual Maduro: solo desenvolvido no local da própria alteração da rocha (*in situ*), evoluído pedogeneticamente (horizonte B, latossolo), com laterização, concentração de sesquióxidos de ferro e alumínio, lixiviação de bases, eventualmente formação de crostas duras.

Solo Residual Jovem: solo desenvolvido no local da própria alteração da rocha (*in situ*), pouco evoluído, início do processo pedogenético, com estrutura incipiente da rocha original, eventualmente argilas expansivas.

Saprólito: primeiro nível de alteração do solo a partir da rocha, máximo grau de alteração da rocha, heterogêneo, estrutura original da rocha preservada, podendo ou não conter blocos e matações de rocha alterada ou são.

6.2.4.1 - Descrição das Unidades de Materiais Inconsolidados

Solos Hidromórficos sobre aluviões

Unidade de grande expressão na região estudada, cujo perfil típico compreende, do topo para a base:

- Solo orgânico de cor negra, por vezes turfoso, textura argilosa, poroso, permeabilidade baixa. A espessura varia de 0,5 a 2,0 m, com resistência a penetração muito baixa.

- Solo cinza claro a negro, textura argilosa, poroso, plástico, permeabilidade muito baixa (10^{-6}), argilo-mineral predominante é caulinita (1:1) e em proporções menores montmorillonita e ilita (2:1). Os ensaios de adsorção do azul de metileno mostram valores médios $V_b = 2,42$ g/100 g, prevendo um comportamento não laterítico; os valores $A_{cb} = 5,45$ g/100 g e de superfície específica 133 m²/g indicam uma atividade média a baixa para esta argila. A erodibilidade testada em laboratório é muito baixa, apresentando valores E menores que 1. A espessura varia de 1,0 a 5,0 m, com resistência à penetração baixa a muito baixa.

- Sotopostos e interdigitados com a argila acima referida encontram-se corpos lenticulares de areia com espessura variando de 1,0 a 5,0 m, granulometria fina a muito grossa, contendo seixos e blocos de quartzo; a porcentagem de finos é muito variável, normalmente fofa, por vezes compacta. Via de regra estas lentes de areia formam a base da unidade. Resistência à penetração baixa. A espessura média desta unidade é de 5,0 m e recobre saprólitos (rocha alterada de gnaiss-migmatito) e por vezes argilas da Formação Guabirota. O nível da água é aflorante a subaflorante (0,5 - 1,0 m).

Solos hidromórficos sobre terraços

Ocorrem normalmente na periferia dos aluviões. Estão topograficamente situados pouco acima do nível dos aluviões e o contato é gradativo (suave). O perfil típico desta unidade compreende:

- Solo de cor negra via de regra orgânico, argiloso plástico, poroso, permeabilidade baixa (10^{-4}), argilo-mineral predominante é caulinita (1:1); a espessura varia de 1,0 a 2,0, com resistência à penetração baixa. Os ensaios de adsorção de azul de metileno indicam valores médios $V_b = 1,0$ g/100 g, prevendo-se um comportamento laterítico, os valores $A_{cb} = 2,21$ g/100 g e da superfície específica (Se) $54,1$ m²/g indicam uma atividade muito baixa para esta argila.

- Sotoposto a este solo encontra-se argila de cor cinza escura a clara, textura predominantemente argilosa, por vezes média a siltosa. É uma argila plástica, porosa, permeabilidade baixa (10^{-4}), argilo-mineral predominante é caulinita (1:1), secundariamente montmorillonita e ilita (2:1); a espessura varia de 0,5 a 3,0 m, com resistência à penetração muito baixa a baixa. Os ensaios de adsorção de azul de metileno indicam valores médios $V_b = 1,66$ g/100 g, prevendo-se um comportamento não laterítico, com os valores $A_{cb} = 4,3$ g/100 g e da superfície específica (SE) $105,6$ m²/g, indicando uma baixa reatividade. A base desta unidade é formada por um pavimento de sedimentos rudáceos mal selecionados, incluindo desde areia grossa, cascalho (seixos de rocha e quartzo) até argila. A espessura varia de 0,5 a 1,0 m. A erodibilidade em taludes não é elevada, conforme observado no campo, sendo que os testes de laboratório apresentaram valores de E maiores que 1, indicando uma baixa potencialidade a erosão. O nível d'água nesta unidade varia de 0,5 a 2,0 m. Esta unidade está assentada sobre saprólitos gnáissico-migmatíticos (rocha alterada) ou sobre os sedimentos da Formação Guabirota.

Solos residuais da Formação Guabirota

Esta unidade tem grande expressão na área mapeada, sendo constituída predominantemente de solos residuais (maduro ou jovem - horizonte B, sedimentos argilosos e arenosos) com inclusões de solos transportados (colúvio), não delimitados

nos mapas devido a pequena espessura e falta de continuidade lateral. Estes solos são facilmente identificados no campo, pela existência de um nível de seixos de quartzo entre ambos (*stone line*). Além disso, o solo transportado (colúvio) apresenta cores escuras (preto, marrom escuro) e espessuras centimétricas a métricas, e o solo residual (maduro ou jovem), cor predominante vermelha e espessuras que variam de 0,5 m até 3,0 m, conforme a posição na vertente (normalmente são mais rasos na meia encosta). Níveis de arcósios lenticulares dispersos em diversas profundidades são comuns nessa unidade. O perfil típico desta unidade compreende:

- Solo transportado (colúvio), argilo-arenoso, poroso, de cor marrom escuro a negro, espessura centimétrica a métrica, resistência à penetração baixa. Os ensaios de adsorção de azul de metileno indicam valor médio $V_b = 0,99$ g/100 g, prevendo-se um comportamento laterítico, e os valores $A_{cb} = 3,0$ g/100 g e da superfície específica (SE) $73,4$ m²/g indicam uma baixa reatividade desta argila.

- Linha de seixos de quartzo com espessura centimétrica a decimétrica.

- Solo maduro (quando homogêneo - horizonte B), textura argilosa a muito argilosa, com estrutura maciça, argilo-mineral predominante é caulinita (1:1) e em menor proporção ílita e gibbsita. Comumente se observam níveis centimétricos de laterita. A espessura varia de 1,0 m a 3,0 m, permeabilidade média (10^{-3}), resistência à penetração baixa a média. O solo maduro apresenta comportamento laterítico ao passo que o solo jovem tem comportamento não laterítico, e os valores A_{cb} e SE indicam uma baixa reatividade da argila, conforme os ensaios de adsorção do azul de metileno. A massa específica seca máxima do proctor normal situa-se em torno $1,42$ g/cm³, com unidade ótica em torno de 26,8%, LL e LP = 56/34. A erodibilidade deste material em talude não é elevada, conforme observado no campo e por meio do teste de erodibilidade que apresenta valores de E maiores que 1.

- Solo residual jovem ou saprólito, de cor vermelha a violácea com manchas cinzas, contendo por vezes grãos de quartzo e feldspato alterado, argiloso, permeabilidade média (10^{-3}); o mineral predominante é a montmorillonita (2:1), seguida pela caulinita (1:1) e ílita (2:1). A espessura varia de 2,0 a mais de 5,0 m. É característico deste solo o empastilhamento e trincas provenientes da retração. Os ensaios de adsorção do azul de metileno indicam valor médio de $V_b = 4,05$ g/100g prevendo um comportamento não laterítico e valores de $A_{cb} = 7,96$ g/100g e da SE de $194,8$ m²/g indicando alta reatividade desta argila. A resistência a penetração é gradual de baixa a média. A erodibilidade desse material em talude é alto, conforme observado no campo e por meio do teste de erodibilidade que resultou valores de E menores que 1.

- Argilas de cor cinza esverdeada, por vezes variegada, contendo grãos de quartzo e feldspato alterado, textura argilosa a muito argilosa, por vezes média a siltosa, argilo-mineral predominante é a montmorillonita (2:1) e em menor proporção ílita (2:1) e caulinita (1:1), permeabilidade baixa (10^{-4}), espessura muito variável de 1,0 m a mais de 10,0 m. São característicos desta argila o empastilhamento e trincas profundas em forma conchoidal. Os ensaios de adsorção do azul de metileno indicam um valor de $V_b = 4,05$ g/100 g, prevendo-se um comportamento não laterítico e valores de $A_{cb} = 7,96$ g/100 g e da SE (superfície específica) de $194,8$ m²/g, indicam a alta reatividade desta argila. A massa específica seca máxima do proctor normal situa-se em torno de $1,5$ g/cm³ com umidade ótima em torno de 24,9%. No entanto, esta argila possui umidade natural acima da umidade ótima de compactação, em alguns casos acima de 14% como na área em que será construída a fábrica de automóveis Renault. A resistência à penetração desse material é gradual de média a alta. A erodibilidade em talude é muito elevada, conforme

V_b > 4,05 Atenção

observado no campo e por meio do teste de erodibilidade que apresenta valores de E menores que 1.

- Arcósios, que ocorrem de maneira dispersa e em diversos níveis de profundidade, são lenticulares, cor cinza às vezes vermelha ou variegada, textura média a argilosa, com porcentagem variável de finos (montmorillonita, ilita 2:1). Os minerais da fração areia grossa a fina, são constituídos de quartzo, feldspato e caulim (alteração do feldspato), permeabilidade baixa (10^{-4}). O ensaio de adsorção do azul de metileno indica, apesar do índice médio $V_b = 1,15 \text{ g/100 g}$, um comportamento não laterítico. Algumas lentes possuem $V_b =$ acima de $1,5 \text{ g/100 g}$, prevendo-se um comportamento laterítico. Os valores $A_{cb} = 5,0, \text{g/100 g}$, e $SE = 122,4 \text{ m}^2/\text{g}$ confirmam uma alta atividade para a fração argilosa. A resistência à penetração é baixa a média. A erodibilidade desse material observado em talude é média, conforme observado no campo e por meio do teste de erodibilidade que apresenta valores de E igual a 1.

- Paleocanais foram encontrados localmente nesta unidade em diversos níveis de profundidade (desde aflorantes até a 11,0 m). Esses paleocanais são preenchidos por materiais aluvionares (solo orgânico, argila caulínica com cascalho ou areia na base), com espessuras métricas. Os mais superficiais normalmente apresentam uma seqüência repetitiva, ou seja: cascalho e areia na base, argila caulínica e solo orgânico, um novo ciclo com cascalho e areia na base, argila caulínica e solo orgânico, sobre o solo orgânico anterior. Os mais profundos apresentam apenas 1 ciclo de deposição e estão encobertos ou por argilas da Formação Guabirota ou por solos transportados (colúvio). A resistência a penetração é baixa. O nível da água desta unidade em média é de 3,0 m. Essa unidade como um todo apresenta espessuras variáveis, desde poucos metros até algumas dezenas de metros em função da superfície irregular dos gnaisses e migmatitos sobre os quais estes materiais foram depositados.

Solos transportados

São considerados solos transportados os solos depositados fora do local de sua formação, incluindo solo coluvionar e solos desenvolvidos sobre depósitos de talus ou pé-de-monte. Estes solos são reconhecidos normalmente por suaves quebras de inclinação dos terrenos na fotointerpretação e pela existência de níveis com pavimentos de fragmentos subarredondados de quartzo ou rocha no perfil descrito no campo. O perfil típico compreende:

- Nível de solo transportado, marcado na base pelos pavimentos de seixos de quartzo, localizado geralmente a meia encosta, em vertentes inclinadas, e na grande maioria limitados nas baixadas pelos depósitos aluvionares. Possui textura argilosa, sendo bem estruturado, de coloração castanha, com espessura variando entre 0,5 e 3,0m, assentados sobre gnaisses e migmatitos alterados (saprólito). As principais ocorrências foram delimitadas no mapa de inconsolidados. Sobre os sedimentos da Formação Guabirota não foi possível delimitar estes solos uma vez que são de pequena espessura e de difícil determinação da extensão lateral, embora ocorram na forma de inclusões nas áreas de solos residuais.

Solos residuais sobre gnaisses e migmatitos

Esta unidade, a exemplo dos solos residuais da Formação Guabirota, apresenta grande expressão na área mapeada. É constituída predominantemente de solos residuais

(maduro ou jovem e saprólito) e eventualmente com inclusões de solos transportados (colúvio), não individualizados completamente no mapa devido a pequena espessura e a falta de continuidade lateral. Como citado anteriormente, estes solos são facilmente separados no campo pela existência de um nível de seixos de quartzo entre ambos que é a base dos solos transportados. O perfil típico desta unidade compreende:

- Solo transportado argilo-arenoso, poroso, de cor marrom ou castanho, com espessura entre 0,5 a 1,0 m, marcados por um pavimento basal de seixos de quartzo subangulosos, com espessura centimétrica e resistência à penetração (SPT) baixa.

- Solo maduro (quando homogêneo - horizonte B) ou jovem (quando ainda é possível verificar algumas características da rocha original), textura argilosa a muito argilosa, por vezes argilo-siltosa, cor marrom, castanho a avermelhado. Argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1) e gibbsita. A espessura média é de 3,0 m podendo atingir até 5,0 m, permeabilidade baixa (10^{-4}), resistência a penetração baixa a média. Os ensaios de adsorção do azul de metileno indicam um valor médio de $V_b = 1,39 \text{ g}/100 \text{ g}$ prevendo um comportamento laterítico, e os valores $A_{cb} = 3,37 \text{ g}/100 \text{ g}$ e $SE = 82,5 \text{ m}^2/\text{g}$ indicando uma baixa reatividade desta argila. A massa específica seca máxima do proctor normal situa-se em torno de $1,4 \text{ g}/\text{cm}^3$. A massa específica de campo situa-se em torno de $1,23 \text{ g}/\text{cm}^3$. A erodibilidade desse material em talude é baixa, conforme observado no campo e por meio do teste de erodibilidade que apresenta valores E maiores que 1.

- Saprólito cor cinza claro a escuro, variegado a avermelhado, textura siltosa, média e por vezes argilosa, com estruturas da rocha original (bandamento, micas, veios de quartzo, etc). O argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1), e em menores proporções a ílita (2:1). A espessura é variável, desde alguns metros até mais de uma dezena de metros; permeabilidade baixa (10^{-4}), resistência a penetração média a alta.

Os ensaios de adsorção do azul de metileno indicam um valor médio de $V_b = 1,29 \text{ g}/100 \text{ g}$, prevendo-se um comportamento laterítico, e os valores A_{cb} variando de 2,2 a 30,6 $\text{g}/100 \text{ g}$ e SE de 53,2 a 749,8 m^2/g indicam que a reatividade desta argila varia de baixa a alta. A massa específica seca máxima do proctor normal situa-se em torno de $1,5 \text{ g}/\text{cm}^3$ com umidade ótima em torno de 25,4%. A massa específica de campo situa-se em torno de $1,21 \text{ g}/\text{cm}^3$. A erodibilidade desse material em talude é média a alta conforme observado no campo e por meio do teste de erodibilidade que apresenta valor médio de E menor que 1.

Solos com matações aflorantes sobre gnaisses-migmatitos

Esta unidade apresenta solo residual maduro com espessuras em torno de 1,0 m, com as características geotécnicas iguais ao solo residual anteriormente descrito. É comum a presença de matações arredondados com diâmetros diversos (de decimétricos a métricos). Esta unidade é facilmente separada em fofointerpretação por formarem espigões alinhados que apresentam uma direção geral NE, ocorrendo principalmente na folha A138.

6.2.5 - Mapa de Profundidade do Lençol Freático

Neste mapa estão discriminadas as diferentes formações geológicas e os poços ou cacimbas onde foram coletadas as medidas da profundidade do lençol freático. Estas medidas abrangeram 323 poços, numa proporção de aproximadamente 0,7 poço/ km^2 , e

foram concentradas no mês de setembro/95. O mapa indica profundidades médias para cada formação e respectivas coberturas inconsolidadas, que devem ser vistas como indicativas de tendências, uma vez que o lençol oscila sazonalmente em função dos períodos de seca e de chuvas.

No caso dos depósitos aluvionares não foi obtido um número suficiente de medidas, adotando-se o valor de 0,90m obtido no levantamento do Alto Iguaçu (Felipe *et al.*, 1994). Este valor, inferior a 1,0 m, é coerente com o observado no campo, onde verifica-se que o lençol é bastante superficial e muitas vezes aflorante no caso das planícies aluvionares do Rio Iguaçu e principais afluentes. As médias obtidas para cada unidade estão relacionadas a seguir na tabela 05 (válidas para setembro/95).

Unidade Geológica	Profundidade média	Nº de medidas
Aluviões	0,90*	-
Terraços aluvionares	1,90	17
Formação Guabirotuba (total)	3,80	150
Complexo gnáissico migmatítico	6,90	156

Tabela 05 - Resumo de profundidade do lençol freático, medidas efetuadas em setembro de 1995 (* - Aluviões - dados do Alto Iguaçu, janeiro de 1994).

6.2.6 - Mapa de Erodibilidade

O fenômeno da erosão consiste na ação de um conjunto de fatores que provoca o destacamento e o transporte de materiais sobre a superfície terrestre. Os principais agentes são a água da chuva, rios, geleiras, mares e ventos. Dentre estes, as águas pluviais têm grande importância por propiciarem o escoamento superficial e o transporte do material inconsolidado. Pode-se classificar a erosão causada pelo escoamento superficial das águas da chuva em natural e antrópica, de acordo com Oliveira *et al.* (1987) e Dage (1990, *in* Pejon, 1992).

A erosão é classificada como natural quando a atuação dos processos erosivos se faz em um ambiente controlado pelos fatores naturais. Esta erosão pode sofrer modificações devido a mudanças climáticas ou geológicas, alterando a velocidade e a intensidade do processo. A remoção do material inconsolidado pode tornar-se mais rápida do que sua geração a partir dos processos de intemperismo das rochas, o que caracteriza o fenômeno como de erosão acelerada. Outro tipo de erosão está relacionado à ação do homem, que provoca desequilíbrios pela interferência no ambiente natural, recebendo o nome de erosão antrópica e caracterizando-se por uma aceleração dos fenômenos erosivos num processo mais rápido do que a erosão acelerada natural, podendo evoluir em poucos anos e atingir áreas extensas.

Tanto a erosão normal quanto a acelerada podem ocorrer de duas maneiras principais: como erosão laminar ou por escoamento concentrado. A erosão laminar afeta a superfície do solo como um todo, quando o escoamento da água de chuva ocorre sem concentrar-se em canais definidos. Quando ocorre a formação de filetes ou canais de água arrastando material tem-se a erosão concentrada.

Os fenômenos de erosão concentrada podem apresentar proporções diferentes, desde pequenos sulcos ou ravinas que apresentam dimensões relativamente pequenas, até

processos que atingem grandes áreas, com o aprofundamento dos canais até dezenas de metros, interceptando muitas vezes o nível d'água. Estas erosões totalmente descontroladas denominadas boçorocas causam grandes danos, em áreas rurais e urbanas.

Metodologia de elaboração do mapa de erodibilidade

Para a elaboração do mapa de erodibilidade (risco à erosão acelerada), seguiu-se a metodologia utilizada por Pejon (1992), para a folha de Piracicaba no Estado de São Paulo.

Os fatores intervenientes no processo erosivo acelerado utilizados foram: escoamento superficial (mapa), índice de erodibilidade dos materiais inconsolidados, textura e mineral de argila predominante, não levando-se em conta o solo residual maduro que, somado com o solo transportado apresentam espessuras de 2,0 a 3,0 metros. Considerou-se apenas o solo residual jovem/saprólito da Formação Guabirotuba e o saprólito dos gnaisses-migmatitos.

O solo residual jovem/saprólito da Formação Guabirotuba apresenta altos índices de erodibilidade em função do argilo-mineral predominante ser a montmorillonita (2:1). Esta argila apresenta retração e expansão muito grande pela perda ou absorção de água (argila higroscópica). Este fato, aliado à sua granulometria, faz com que estas argilas sejam facilmente transportadas. Assim, a remoção destas argilas se dá mais pelo caráter físico-químico do que pela força dinâmica da água concentrada.

O saprólito dos gnaisses-migmatitos é mais estável à erosão, demonstrado pelos ensaios com índice de erodibilidade maior que 1, em função do argilo-mineral predominante ser a caulinita (1:1), embora contenham pequenas quantidades de mineral 2:1 (ilita). A caulinita é mais estável nas condições climáticas atuais, o que aliado à sua granulometria (granular), faz com que a separação deste material se dê mais pela força dinâmica da água concentrada.

O potencial de escoamento superficial, considerado o principal fator interveniente no processo erosivo, foi obtido do mapa de escoamento superficial. Este mapa intermediário foi gerado a partir do cruzamento dos atributos de declividade, litologia, textura e gênese dos materiais inconsolidados, além da densidade de drenagem por km linear.

Com estes dados, os fatores intervenientes no processo erosivo foram hierarquizados e receberam pontuações (tabela 06). Em seguida foram estabelecidas as situações do meio físico da região, que determinam as zonas não suscetíveis à formação de erosão. Desta forma, as zonas com acúmulo de água, retiradas do mapa de escoamento superficial (aluviões com declividade de 0-5%) foram consideradas como áreas de muito baixa suscetibilidade à erosão. Através da tabela 06, foram estabelecidas mais três classes: áreas de baixa suscetibilidade à erosão (classes 1, 2 e 3), áreas de média suscetibilidade à erosão (classes 4, 5 e 6) e áreas de alta suscetibilidade à erosão (classes 7 e 8). Portanto, podemos observar que as argilas e arcósios da Formação Guabirotuba são mais suscetível à erosão que o saprólito dos gnaisses e migmatitos.

Classes de risco potencial à erosão	8	7	6	5	4	3	2	1
Total de pontos de cada classe	(90 - 80)	(79 - 72)	(71 - 64)	(63 - 56)	(55 - 49)	(48 - 42)	(41 - 33)	(32 - 25)
Potencial de escoamento superficial	8 (30 pts.)	7 (25)	6 (20)	5 (15)	4 (13)	3 (10)	2 (8)	1 (5)
Índice de erodibilidade	Erodível (20)				Não Erodível (5)			
Textura	Siltosa Média (20)				Argilosa-muito argilosa (10)			
Argilo-mineral predominante	Montmorillonita (20 pts.)				Caulinita (5)			

Tabela 06 - Tabela de critérios de elaboração do mapa de erodibilidade

A ação antrópica nas obras de construção de estradas, na implantação de loteamentos, nos cortes em lotes para construção de casas, na terraplenagem, etc, onde normalmente é retirado o solo superficial (solo residual maduro e solo transportado/colúvio), estável, pouco espesso, deixa exposto o solo residual jovem ou argilas da Formação Guabirotuba, bem como o saprólito dos gnaisses-migmatitos. Nestas condições os sedimentos da Formação Guabirotuba perdem a umidade natural em função das suas características físico-químicas, se retraem (empastilhamento) e com a água da chuva se re-hidratam e se expandem, formando uma lama que é facilmente transportada mesmo em pequenos gradientes, necessitando apenas que haja escoamento de água, formando ou erosão laminar ou erosão concentrada. Além desta característica do material, quanto maior a declividade mais acelerado será o processo de formação de ravinas que atingem grandes dimensões se não forem tomadas medidas mitigadoras, cuja evolução causa grandes danos tanto em áreas rurais como em áreas urbanas. Em declividades acima de 20% há possibilidade de deslizamentos de grandes proporções.

No saprólito de gnaisses-migmatitos, nas zonas de média a alta suscetibilidade à erosão, podem formar-se ravinamentos em função da força dinâmica da água concentrada. Escorregamentos podem acontecer em áreas com declividades superiores a 20% quando do bandamento do saprólito for paralelo ou subparalelo à inclinação da vertente. Neste domínio de declividades há possibilidade também de queda de blocos quando estes estão aflorantes.

6.2.7 - Mapa Geotécnico Geral

Este mapa foi obtido por meio do cruzamento de informações dos mapas: geológico, de materiais inconsolidados e de declividade generalizada. A sobreposição destes documentos gráficos permitiu a definição de cinco atributos: gênese, textura e espessura dos materiais inconsolidados, litologia e declividade (delimitação de polígonos onde pelo menos 80% da área pertence a cada classe referida).

Estes atributos, aliados aos resultados dos ensaios geotécnicos, permitiram o estabelecimento de cinco unidades de terreno com características bastante uniformes em termos de propriedades geotécnicas. Deve-se ressaltar que este mapa destina-se aos técnicos familiarizados com a área de geotecnia, uma vez que reúne um grupo de atributos de grande importância na caracterização do meio físico. Assim, este mapa pode ser utilizado para outros objetivos, interpretando-se as unidades como base para a

elaboração de outras cartas de zoneamento específico, ou para a análise de outros tipos de ocupação do terreno. Neste sentido, o zoneamento visando uma utilização específica pode alterar a divisão atual. Por exemplo, duas zonas distintas poderão ter igual comportamento quanto a erodibilidade dos materiais e diferente quanto a fundações. Isto se deve ao fato do mesmo atributo poder apresentar maior ou menor importância, frente a diferentes tipos de uso do terreno. A obtenção destas cartas depende da avaliação dos pesos dos atributos considerados, ou da análise de novos atributos diretamente relacionados à finalidade considerada.

Classificação das Unidades de Terreno

Unidade de terreno A

Planícies aluvionares, sedimento aluvionar Holocênico (Quaternário), declividade 0-5%. Camada superficial orgânica, cor negra, hidromórfica, por vezes turfosa, permeabilidade baixa, plástica, mole a muito mole, espessura de 1,0 a 2,0 metros.

Esta camada de argila orgânica recobre uma argila de cor cinza escura, caulínica, plástica, muito mole a mole, com permeabilidade baixa e com espessura de 1,0 a 2,0 metros.

Estas argilas estão sobrepostas a um pavimento de areia fina a grossa com cascalhos e blocos de quartzo, fofa, por vezes compacta, porosa, permeabilidade média a alta, espessura variável de 1,0 a 3,0 metros. Nível d'água variável de 0,2 a 1,0 metro nesta unidade (média de 0,9 m conforme dados do Alto Iguaçu, 1994).

Este pacote de sedimentos está depositado sobre rocha alterada de gnaiss-migmatito (saprólito) e ou sobre sedimentos argilosos da Formação Guabirotuba.

Unidade de terreno T

Constitui-se de terraços que estão topograficamente situados pouco acima do nível dos aluviões fazendo parte das planícies aluvionares, com declividades predominantes de 0-5% e subordinadamente 10-20% e maior que 20%. Sedimento aluvionar Holocênico (Quaternário).

Camada superficial orgânica, hidromórfica de cor negra, plástica, mole a muito mole, permeabilidade baixa, espessura de 0,5 a 2,0 metros.

Esta camada orgânica preta recobre uma argila de cor cinza escura, caulínica, plástica, mole a muito mole, permeabilidade média, e de espessura variável de 0,5 a 3,0 metros.

A base destas argilas é formada por um pavimento de sedimentos rudáceos variando de areia grossa a cascalhos e com espessura de 0,5 a 1,0 metro. O nível d'água médio nesta unidade é de 1,9 metros.

Estes terraços estão depositados sobre rocha alterada de gnaiss-migmatito (saprólito) e/ou sobre sedimentos argilosos da Formação Guabirotuba.

Unidade de terreno GD

Argilas da Formação Guabirotuba com subordinadas lentes de arcósios, colinas suaves com topos planos, declividade predominante de 0-10%, subordinadamente 10-20% e maior que 20% (Pleistocênico - Quaternário).

Solo residual maduro de cor vermelha (horizonte B-latossolo), argiloso, poroso, argilo-mineral predominante é caulinita (1:1), gibbsita, permeabilidade média, laterítico, argila de baixa atividade, comportamento isotrópico de expansão, espessura de 0,5-3,0 metros, consistência baixa. Com inclusões de solo transportado.

Solo residual jovem sotoposto de cor vermelha a violácea com manchas cinza, contendo por vezes grãos de quartzo e feldspato alterado, argiloso, permeabilidade média, não laterítico; o argilo-mineral predominante é a montmorillonita (2:1) e secundariamente illita (2:1) e caulinita (1:1), com argila de alta atividade, cátions trocáveis são predominantemente bivalentes (limita a expansão e força), sendo comum o empastilhamento e trincas por retração; consistência baixa a média, permeabilidade baixa, espessura variável de 2,0 a mais de 5,0 metros.

Argilas de cor cinza esverdeada sotoposta, onde é comum a presença de grãos de feldspato alterados, não laterítica, argilo-mineral predominante é a montmorillonita (2:1), argila de alta atividade (expansiva e retrativa), cátions trocáveis predominantemente bivalentes (limita expansão e força), comum o empastilhamento e trincas por retração, consistência média a alta, permeabilidade baixa, espessura variável, desde poucos metros até algumas dezenas de metros. Nesta argila e no solo residual jovem ocorrem camadas descontínuas e lenticulares de arcósio (quartzo, feldspato e caulim), com espessuras variáveis centimétricas a métricas, compacidade média a alta, permeabilidade média a baixa.

Inclusões de colúvio e paleocanais preenchidos por sedimentos aluvionares, orgânicos são comuns. O nível d'água médio é de 3,8 m.

A escavabilidade desta unidade é de 1º categoria, e a resistência a penetração dos materiais (SPT) é crescente com a profundidade.

Unidade de terreno Cr

Gnaisses-migmatitos, mar de morros, declividade predominante 0-10%, 10-20% e maior que 20%. Solos residuais maduro e jovem com inclusões de solo transportado (colúvio) recobrimdo o saprólito (rocha alterada).

Os solos residuais maduro e jovem apresentam cor marrom, por vezes vermelha; são argilosos, porosos, lateríticos, argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1), argila de baixa atividade, consistência baixa a média, permeabilidade média, espessura média de 3,0 metros.

O saprólito subjacente apresenta cor cinza escura a avermelhada, com estrutura reliquiar da rocha original (bandamento, veios de quartzo, micas), textura síltico argilosa a média, poroso, permeabilidade média; o argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1) e secundariamente illita (2:1), argila de alta atividade, consistência média a alta e espessura variável de 4,0 a mais de 10,0 metros.

A escavabilidade desta unidade é de 1º categoria, e a resistência a penetração dos materiais (SPT) é crescente com a profundidade. O nível d'água médio é de 6,9 m.

Unidade de terreno GMA

Gnaisses-migmatitos, espigões alinhados, solo residual maduro pouco espesso, argiloso. Perfil espesso, pouco evoluído com matacões e blocos. Nível d'água médio de 6,9 m.

6.2.8 - Mapa de Adequabilidade para Loteamentos Residenciais

Este mapa foi obtido por meio do cruzamento de informações do mapa de zoneamento geotécnico geral e do mapa de erodibilidade, com o objetivo de facilitar e sintetizar as informações para o planejador urbano, uma vez que os documentos gerados exigem uma avaliação técnica mais específica.

A sobreposição destes documentos gráficos permitiu o estabelecimento de quatro unidades de terreno (U.T.) com características bastante uniformes em termos de litologia, material inconsolidado (gênese, textura, espessura, argilo-mineral, resistência à penetração (SPT), escavabilidade e declividade).

Essas unidades de terreno foram avaliadas quanto a adequabilidade para:

- loteamentos residenciais
- construção de estradas
- disposição de resíduos
- obras enterradas

Quanto aos problemas de riscos geológicos, quanto à suscetibilidade de:

- erosão
- inundação
- movimento de massa

Quanto a potencialidade de recursos naturais consideram-se:

- recursos hídricos superficiais e subterrâneos
- recursos minerais relativos a materiais de construção (areia, cerâmica vermelha, saibro e rocha para cantaria).

Convém salientar que o objetivo deste estudo é prevenir, orientar e recomendar, considerando a escala utilizada (1:20.000). Portanto, qualquer projeto de ocupação local na área em questão deverá necessariamente buscar informações mais específicas, com trabalho de detalhamento para complementação dos dados aqui apresentados.

Abordando-se a avaliação das unidades de terreno, pode-se analisar:

Unidade de Terreno A

Classificação

Planície aluvionar e adjacências, englobando aluviões e terraços, sedimento fluvial holocênico (Quaternário), com argila orgânica com espessura de 1,0 a 2,0m recoberto por argila caulinitica plástica, permeabilidade baixa, tendo como base um pavimento de areia ou cascalho com espessura variando de 0,5 a 3,0m. Nível d'água variando de 0,9 a 1,9 m. Este pacote de sedimentos está depositado sobre rocha alterada

de gnaiss-migmatito (saprólito) ou sobre sedimentos da Formação Guabirotuba (argilas e arcósios).

A resistência à penetração medida nas argilas foi de 0 a 2 (zero a dois golpes) para 30 cm do ensaio padrão SPT e de 5 a 6 (cinco a seis golpes) para o pacote de areia/cascalho.

Avaliação

- Não recomendado para loteamentos residenciais; alta suscetibilidade à inundação e assoreamento devido a baixa amplitude de relevo e baixa declividade, às bacias de captação e ao regime de chuvas concentradas no verão; ruim para fundações.
- Fonte de recursos hídricos tanto superficial como subsuperficial.
- Adequado para tanques.
- Fonte de areia para construção civil e de argila para cerâmica vermelha.

Unidade de Terreno GD

Classificação

Colinas suaves com topos planos, sedimentos de leque aluvial Terciário-Quaternários da Formação Guabirotuba, com espessuras variáveis desde métricas até mais de uma dezena de metros, depositadas sobre uma superfície irregular de rochas alteradas (saprólito) de gnaiss-migmatitos.

O solo residual maduro, laterítico, argiloso, com caulinita (1:1) como argilo-mineral predominante e secundariamente ilita, é poroso, com espessura de 0,5 a 3,0 m, sendo pedologicamente mais evoluído e apresentando mineralogia em equilíbrio com o clima atual. O solo residual maduro tem comportamento distinto dos horizontes de solo residual jovem ou saprolítico e da argila característica desta formação. Estes dois últimos horizontes de solo residual possuem como argilo-mineral predominante a montmorillonita (2:1) e secundariamente caulinita e ilita, sendo uma argila expansiva e retrativa, cuja expansão é média a alta, LL médio 53% LP médio 35%, não lateríticos.

A resistência à penetração dos solos residuais maduros ou jovens grada de baixa a média, variando um pouco com a profundidade, de 2 a 8 golpes para os 30 centímetros finais de penetração. Localmente ocorrem índices mais elevados na passagem de pequenas lentes arcosianas. Nas argilas cinza esverdeadas sotopostas a resistência à penetração cresce com a profundidade, mas não se verifica a impenetrabilidade do processo de trepanação. Suas resistências crescem da faixa de 12/30 até 30/30 ou pouco mais, mantendo-se nesta faixa.

O nível d'água médio é de 3,8 m, em geral observado na interface do solo residual maduro com o solo residual jovem, resultando que geralmente apresentam umidade natural mais elevada que a umidade ótima de compactação. Além disso, devido às suas características higroscópicas (expansão e retração), quando expostos em superfície se ressecam produzindo uma estrutura com aspecto de pequenas pastilhas soltas (empastilhamento), altamente susceptíveis a erosão.

Avaliação

Terrenos com declividade predominante de 0 a 10%

- Adequado para loteamentos residenciais e implantação de vias de circulação (principais e secundárias). Em função do relevo o volume de corte será reduzido. No

caso de implantação de grandes obras a terraplenagem será baixa, com volumes reduzidos, predominando o corte sobre aterro.

- Nas áreas com exposição do solo residual jovem ou de argila cinza esverdeada há necessidade de proteção vegetal ou com solos estáveis, para evitar ravinamentos.

- Em função do nível d'água raso é inadequado para disposição de resíduos e ruim para obras enterradas.

- Suscetibilidade baixa a média à erosão.

Terrenos com declividade predominante entre 10 e 20%

- Suscetibilidade média a alta a erosão.

- Adequado com restrições para loteamentos residenciais; adequado quanto a fundações e com restrições em função do relevo, da pequena espessura de solo residual maduro mais estável e da alta erodibilidade dos solos subjacentes. São necessárias obras para dissipar o escoamento das águas das chuvas e para proteção dos solos jovens erosivos, com construção de muros no caso de cortes, ou com solos estáveis e/ou com proteção vegetal.

- No caso de implantação de grandes obras em que haja necessidade de terraplenagem os volumes a serem trabalhados serão moderados, com possibilidade de compensação de corte e aterro, havendo necessidade de projeto de estabilização de taludes.

- Inadequado para disposição de resíduos em função do nível d'água raso. Razoável a ruim para obras enterradas em função da declividade e do nível d'água.

Terrenos com declividade predominante maior que 20%

- Alta suscetibilidade à erosão, potencialmente instáveis a escorregamentos e rastejo do solo.

- Adequado com restrições severas para loteamentos residenciais e estradas em função da declividade, da pequena espessura do solo residual maduro (estável) e da alta erodibilidade do material subjacente. Adequado em termos de fundações. Há necessidade de obras para o escoamento das águas superficiais e necessidade de projeto de estabilidade de cortes e aterros.

- Inadequado para disposição de resíduos, em função do nível d'água, da declividade e por ser área com potencialidade a escorregamentos.

- Considerar a legislação que determina as áreas de declividades maiores que 30% como de preservação permanente.

Unidade de Terreno Cr

Classificação

Mar de morros com colinas arredondadas e vertentes convexas.

Esta unidade exibe um perfil completo de intemperismo e formação de solos, desde a rocha sã (gnaisse-migmatito) passando pela rocha alterada (saprólito), podendo ou não conter matacões, com espessura variável de 4,0 a mais de 10,0m. A textura é siltico argilosa, por vezes média, localmente laterítica, o argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1) e secundariamente ílita (2:1). O solo residual jovem apresenta textura argilo siltosa, laterítico, com espessura média de 2,0 m; o argilo-mineral predominante é

a caulinita (1:1). O solo residual maduro é bem evoluído pedogeneticamente, com espessura média de 3,0 m, textura argilosa, natureza laterítica. O argilo-mineral predominante é a caulinita (1:1) e gibbsita. Este solo apresenta características geotécnicas semelhantes aos solos residuais maduros da Formação Guabirota. Apresenta suporte apenas regular, com exceção de casos isolados de expansão excessiva. Este solo é recoberto por solos transportados porosos, lateríticos, com espessuras chegando até 3,0 metros.

A resistência à penetração dos solos transportados e residuais maduro ou jovem gradua de baixa a média com a profundidade. Na rocha alterada (saprólito) esta resistência aumenta com a profundidade, podendo atingir o impenetrável a poucos metros.

O nível d'água médio é 6,9 m, sendo mais profundo nas partes mais altas do terreno.

Avaliação

Terrenos com declividade predominante de 0 a 10%

- Adequados para loteamentos residenciais e estradas.
- Razoável a bom para obras enterradas.
- Razoável para disposição de resíduos.
- No caso de implantação de grandes obras a terraplenagem será baixa, com volumes reduzidos, predominando o corte sobre aterro.
- Suscetibilidade muito baixa a baixa à erosão.

Terrenos com declividade predominante de 10 a 20%

- Adequado para loteamentos residenciais, estradas.
- Razoável a ruim para obras enterradas em função da declividade.
- Razoavelmente adequado para disposição de resíduos (requer estudos específicos para selecionar área).
- Suscetibilidade média a alta à erosão.
- No caso de implantação de grandes obras, a terraplenagem será moderada sob o ponto de vista dos volumes a serem trabalhados, com possibilidade de compensação de corte e aterro. Necessidade de proteção vegetal nos cortes.

Terrenos com declividade predominante maior que 20%

- Suscetibilidade alta à erosão e pré-instáveis a escorregamentos em áreas onde o bandamento do saprólito seja paralelo a inclinação da encosta.
- Adequado com restrições para loteamentos em função do acima exposto, da pequena espessura do solo residual maduro; adequado em termos de fundação.
- Inadequado para disposição de resíduos.
- Ruim para obras enterradas em função da declividade.
- Considerar a legislação que determina as áreas de declividades maiores que 30% como de preservação permanente.

Unidade de Terreno GMA

Classificação

Espigões alinhados com vertentes retilíneas a convexas.

Solo residual maduro pouco espesso, perfil espesso (saprólito) pouco evoluído, ressaltando blocos e matacões de rocha sã na superfície e na massa do saprólito.

Avaliação

Terrenos com declividade predominante de 0 a 10%

- Adequado com restrições para loteamentos residenciais e estradas, em função do relevo e de matacões (necessidade de utilização de explosivos).

- Ruim para implantação de obras enterradas (uso de explosivos).

- Inadequado para disposição de resíduos.

Terrenos com declividade maior que 10%

- Inadequados para grande parte das ocupações. Suscetibilidade média a alta à erosão, rastejo e instáveis a queda de blocos e matacões.

- Potencialidade para exploração de saibro e rocha para cantaria, requerendo estudos específicos.

7 - CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Os problemas de ocupação urbana acelerada trazem à COMEC grandes dificuldades para o planejamento e ordenamento territorial, além da carência de dados do meio físico, o que se pretende suprir em parte com os mapeamentos geológico-geotécnicos sistemáticos. Os trabalhos demonstram, desde o mapeamento realizado no Alto Iguaçu e com este relatório na Área II, a sul de Curitiba, que o meio físico da região apresenta fortes limitações que precisam ser consideradas no processo de planejamento regional.

As características das unidades geológico-geotécnicas, principalmente da Formação Guabirota e dos aluviões atuais, indicam a necessidade de um maior controle das diferentes formas de ocupação.

As áreas das planícies aluvionares e terraços do Rio Iguaçu devem ser de ocupação restrita e são indicadas para preservação. Além dos problemas de enchentes e de saneamento básico, os aluviões também representam uma fonte de água para consumo. Neste sentido, deve-se buscar uma alternativa para as lavras de areia na várzea do Rio Iguaçu, incompatíveis com as necessidades de preservação destes terrenos.

Um aspecto crítico se relaciona com a exposição das argilas da Formação Guabirota, altamente erodíveis. Estas argilas são fortemente instáveis, e quando é removida a cobertura de solo argiloso, como material de empréstimo ou nas diferentes obras de engenharia, são gerados processos erosivos de grandes proporções.

Sobre as rochas gnáissico-migmatíticas devem ser verificadas as condições de declividade e de remoção dos solos residuais, além das áreas com matacões aflorantes, antes de serem iniciados os processos de ocupação.

Em adição aos dados obtidos no Alto Iguaçu, o conjunto de informações gerado no mapeamento geológico-geotécnico da Área II indica a necessidade de atuação do poder público, para compatibilizar a demanda ocupacional com a fragilidade do meio físico. Este processo implica em ação coordenada a nível estadual e municipal, restringindo-se a ocupação das unidades de terreno consideradas inadequadas, exigindo-se estudos adicionais de caracterização das áreas passíveis de ocupação.

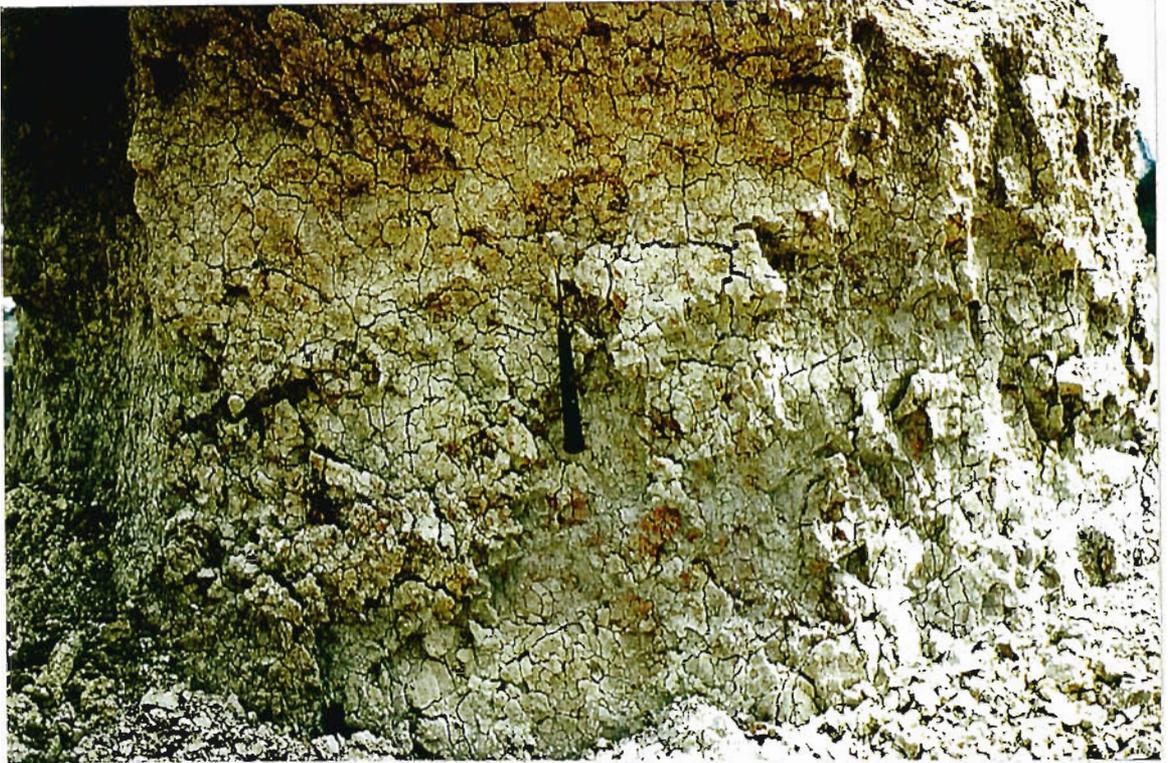
Recomenda-se a continuidade dos estudos geológico-geotécnicos na Região Metropolitana de Curitiba para minimizar os custos ambientais dos processos inadequados de uso e ocupação do solo que se verificam atualmente, trabalhando-se com maior detalhe nas zonas urbanas. A ação do Estado deve pautar-se pela orientação e cooperação com o poder municipal, complementando com a fiscalização e aplicação dos dispositivos legais pertinentes. É necessário, também, levar a informação geotécnica à população, para que se disseminem as formas mais adequadas de intervenção no meio físico.

A complexidade e grande quantidade de dados e informações gerada neste trabalho de mapeamento dificultam a utilização por parte da COMEC, no processo de planejamento. Porém, é necessário o registro global dos dados para constituição do acervo de características do meio físico, permitindo-se outros usos e interpretações, específicos ou não. Para atender diretamente ao planejador, contornando-se esta dificuldade, foi elaborado o mapa de adequabilidade para loteamentos residenciais, não previsto originalmente no plano de trabalho, buscando sintetizar e condensar as características das unidades de terreno e seus aspectos favoráveis e desfavoráveis ao processo de ocupação. Além disso, o conjunto de dados gerado será encaminhado a COMEC em meio digital, em formato compatível com o software de visualização de dados geográficos ArcView, para disponibilizar consultas das entidades e seus atributos em computadores PC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 BIGARELLA, João José, SALAMUNI, Riad. Considerações sobre o paleoclima da bacia de Curitiba. Notícias Geomorfológicas. Campinas, n. 3, p. 33-39, abr, 1959.
- 2 _____. et al. Origem e ambiente de deposições da Bacia de Curitiba. Bol. Paran. Geogr. Curitiba, n. 415, p. 71-81, 1961.
- 3 CAMARGO, O.A. de, MUNIZ, A.C. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos. Campinas : Instituto Agrônômico de Campinas, s.d. (Boletim Técnico, n. 106).
- 4 DEMATTÉ, J.L.I. Curso de gênese e classificação dos solos. Piracicaba : Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1989. 210 p.
- 5 FELIPE, R. S.. et al. Mapeamento Geológico-Geotécnico na Região do Alto Iguacu. Curitiba: MINEROPAR, 1994, 2v. Convênio COMEC/MINEROPAR.
- 6 NOGAMI, J.S., VILLIBOR, D.F. Uma nova classificação de solos para finalidades rodoviárias. São Paulo : DER, 1979. "Não paginado".
- 7 PEJON, Osni José. Mapeamento geotécnico regional da folha de Piracicaba - SP (escala 1:100.000) estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação de atributos. São Carlos : Escola de Engenharia de São Carlos, 1992. 2 v. Tese (Doutorado em Geotecnia), 1992.
- 8 SANTOS, Pêrsio de Souza. Ciência e tecnologia de argilas. 2. ed. rev. e amp. São Paulo : Edgard Blücher Ltda. 1989. v. 1., 408 p.
- 9 SOUZA, Noris Costa Diniz Coelho de. Mapeamento Geotécnico Regional da Folha de Aguai : com base na compartimentação por formas de relevo e perfis típicos de alteração. São Carlos : Escola de Engenharia de São Carlos, 1992. 2 v. Dissertação (Mestrado em Geotecnia), 1992.
- 10 ZUQUETTE, Lázaro Valentin. Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras. São Carlos : Escola de Engenharia de São Carlos, 1987. 3 v. Tese (Doutoramento em Engenharia Civil - Geotécnica) - Escola de Engenharia de São Carlos, 1987.
- 11 ZUQUETTE, Lázaro Valentin. Importância do mapeamento geotécnico uso e ocupação do meio físico : fundamentos e guia para elaboração. São Carlos : Escola de Engenharia de São Carlos, 1993. 2 v. Tese (Livre-Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, 1993.

APÊNDICE 1 - Fotografias



Fotografia 01 - Folha A139, ponto RG-5154 - Aspecto das argilas cinza esverdeadas da Formação Guabirota. Notar o empastilhamento e trincas causadas pela retração.



Fotografia 02 - Folha A137, ponto OS-1158 - Solo residual maduro vermelho arroxado recobrindo solo residual jovem da Formação Guabirota.



Fotografia 03 - Folha A138, ponto SR-1863 - Sedimentos arenosos de paleoterraço recobrimdo paleossolo (camada com abundante matéria orgânica).



Fotografia 04 - Folha A140, ponto LM-7243 - Cava de extração de solo argiloso para cerâmica vermelha, expondo solo residual maduro da Formação Guabirotuba.



Fotografia 05 - Folha A130, ponto LM-7200 - Solo residual maduro, recobrindo lentes de arcósio da Formação Guabirotuba.



Fotografia 06 - Folha A137, ponto OS-1214 - Sedimentos argilosos e arcosianos da Formação Guabirotuba com falhas de gravidade indicando efeitos tectônicos recentes.



Fotografia 07 - Folha A137, ponto OS-1222 - Vista do contato da cobertura sedimentar (arcosios) da Formação Guabirota sobre gnaisses-migmatitos



Fotografia 08 - Folha A140, ponto LM-7264 - Saprólito de gnaisses-migmatitos recoberto por solo transportado com espesso pavimento de seixos e fragmentos de quartzo (*stone line*).



Fotografia 09 - Folha A138, ponto SR-1843 - Brecha sedimentar da Formação Guabirota em contato com saprólito de gnaisses-migmatitos.



Fotografia 10 - Folha A138, ponto SR-1883 - Paleocanal preenchido por material aluvionar, sobre sedimentos da Formação Guabirota (notar camada orgânica preta soterrada pelo mesmo tipo de argila inferior).



Fotografia 11 - Folha A139, ponto RG-5039 - Aspecto de sedimentos arenosos de paleoterraços depositados sobre saprólito de gnaisses-migmatitos.



Fotografia 12 - Folha A137, ponto OS-1196 - Aspecto do saprólito de gnaisses-migmatitos com bandamento inclinado.



Fotografia 13 - Folha A140, ponto SR-1901 - Solo transportado marrom escuro (parte superior) separado por um pavimento (linha de seixos) de fragmentos grosseiros de quartzo do saprólito de gnaisses-migmatitos na base.



Fotografia 14 - Folha A137, ponto OS-1172 - Solo residual maduro pouco espesso recobrimdo saprólito de gnaisses-migmatitos.



Fotografia 15 - Folha A137, ponto OS-1172 - Aspecto do saprólito de gnaisses-migmatitos com bandamento verticalizado.



Fotografia 16 - Folha A140, ponto LM-7332 - Deslizamento típico nos saprólitos de gnaiss-migmatitos quando o corte intercepta a foliação - BR-376.



Fotografia 17 - Folha A137, ponto OS-1152 - Deslizamento nos saprólitos de gnaisses-migmatitos na BR116, sentido Curitiba-Rio Negro.



Fotografia 18 - Folha A138, ponto SR-1890 - Solo residual pouco espesso, ressaltando megablocos de rocha não alterada na superfície (terrenos de gnaisses-migmatitos).



Fotografia 19 - Folha A137, ponto OS-1220 - Aspecto da cobertura de solo residual maduro (vermelho) sobre solo residual jovem e sedimentos argilosos da Formação Guabirota.



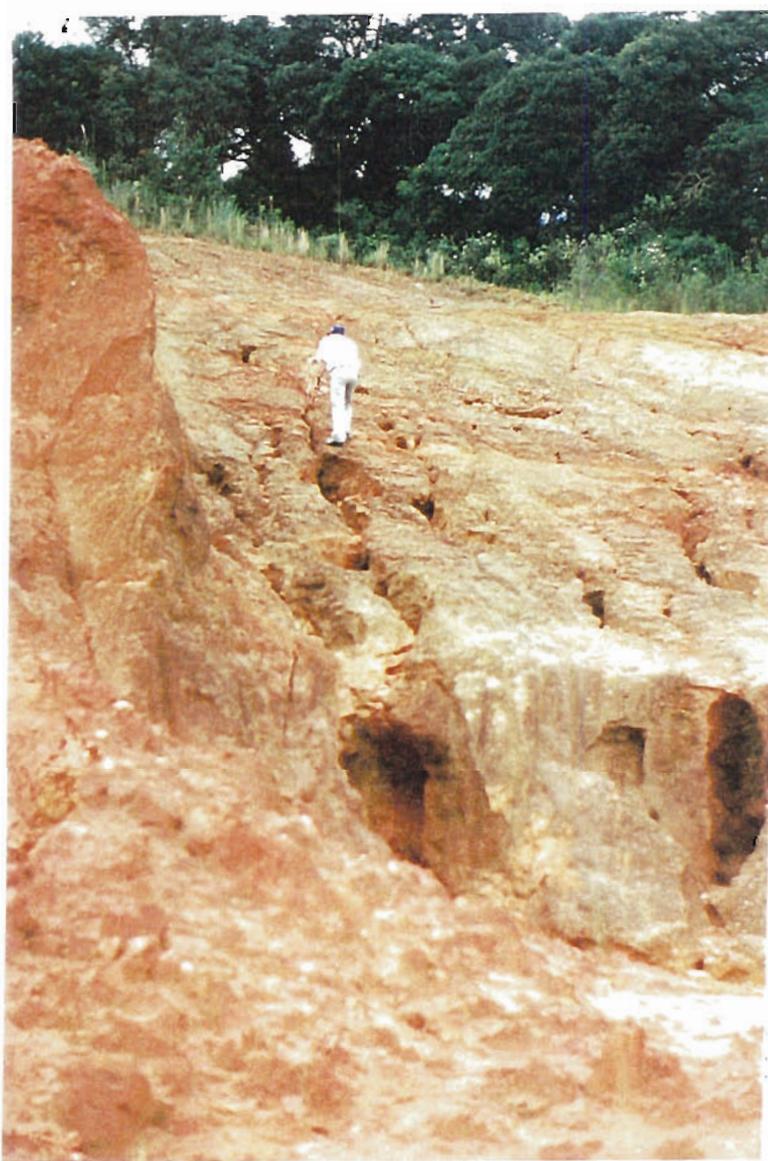
Fotografia 20 - Folha A139, ponto RG-5058 - Erosão laminar com início de ravinamento no solo residual jovem (cor amarela), depois da retirada do solo residual maduro (cor vermelha). Formação Guabirota - São José dos Pinhais.



Fotografia 21 - Folha A 139, ponto RG-5134 - Ravinamento nas argilas da Formação Guabirota em área com declividade de 0-5% - São José dos Pinhais.



Fotografia 22 - Folha A139, ponto RG-5146 - Ravinamento no solo residual jovem da Formação Guabirota - BR-376 - São José dos Pinhais.



Fotografia 23 - Folha A139, ponto LM-7288 - Aspecto de ravinamento desenvolvido sobre saprólito de gnaisses-migmatitos em área com declividade maior que 20%, junto à BR376.



Fotografia 24 - Folha A137, ponto OS-1209 - Ocupação em fundo de vale na região de Fazenda Rio Grande.



Fotografia 25 - Folha A138, ponto SR- 1825 - Ocupação irregular em área de pedreira desativada com risco de queda de blocos.



Fotografia 26 - Folha A138, ponto SR-1868 - Loteamento Parque da Cascata, implantado sem critérios técnicos adequados em áreas de alta declividade e de cabeceiras de drenagem, causando erosão e assoreamento no vale.



Fotografia 27 - Folha A139, ponto RG-5150 - Loteamento em área de alta declividade sobre saprólito de gnaisses-migmatitos, sujeito a escorregamentos em função dos cortes executados - São José dos Pinhais.



Fotografia 28 - Folha A137, ponto OS-1168 - Loteamento irregular em área de preservação permanente, com placas de advertência, na região sudeste de Araucária.



Fotografia 29 - Folha A 138, ponto SR-1946 - Visão geral de cava de areia em aluvião, com solo hidromórfico. Em cor branca topo da camada de areia. No corte, de cor cinza amarelada, argila caulínica recoberta por argila orgânica negra - Rio Maurício - Fazenda Rio Grande.



Fotografia 30 - Folha A137, ponto OS-1269 - Aspecto de cava de areia no vale do Rio Iguaçu, com remanescentes do solo hidromórfico superficial e exposição de argilas cinza cauliníticas sobreposta à areia. (Fazenda Rio Grande).



Fotografia 31 - Folha A139, ponto RG-5011 - Solo hidromórfico, aluvião. Aspecto do contato entre a areia (parte inferior) com a argila cinza esbranquiçada caulinítica e a argila orgânica negra. Rio Iguaçu, São José dos Pinhais, próximo ao contorno sul.



Fotografia 32 - Folha A137, ponto OS-1197 - Cava de areia abandonada com acúmulo de lixo, na planície aluvionar do rio Iguaçu.



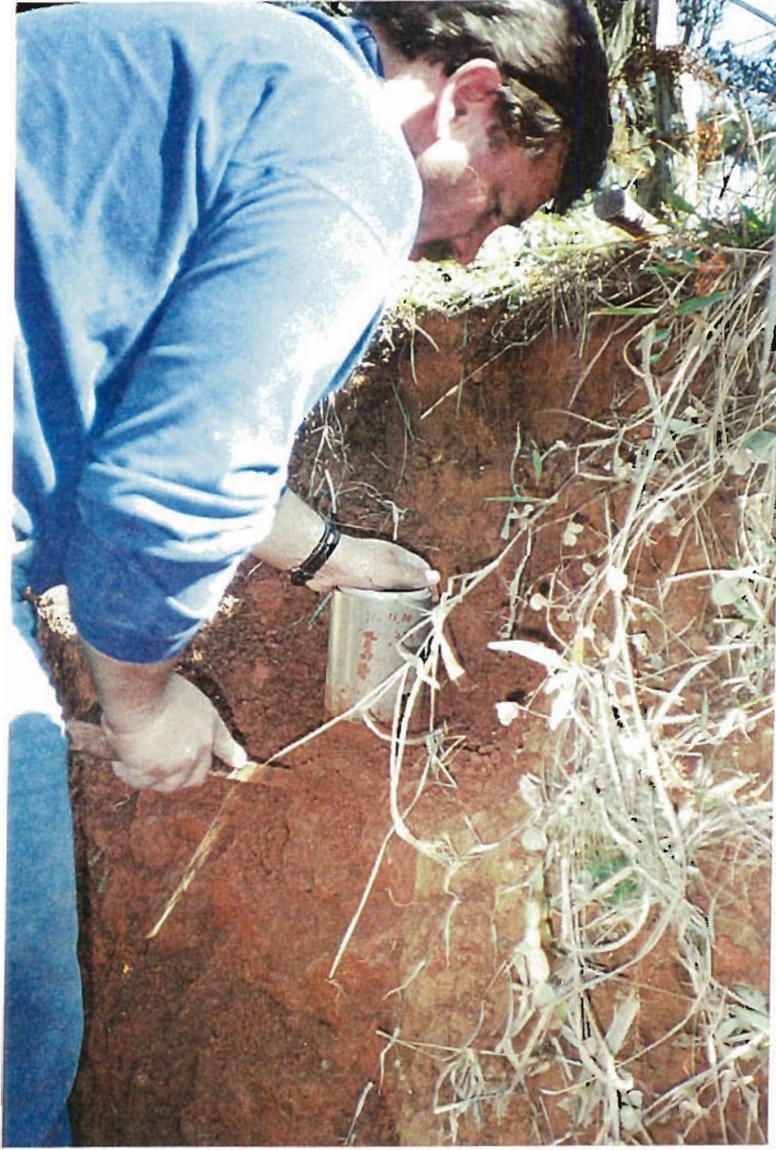
Fotografia 33 - Folha A139, ponto RG-5142 - Cava de areia sendo aterrada, com início de implantação de loteamento. Vila Euvira - São José dos Pinhais.



Fotografia 34 - Folha A137 - Vista geral do aterro de lixo da Caximba, sul de Curitiba.



Fotografia 35 - Folha A138, ponto SP-138/03 - Aspecto da execução de sondagem a percussão sobre terraços aluvionares.



Fotografia 36 - Folha A137, ponto OS-1188 - Aspecto da amostragem de solo residual argiloso para ensaio geotécnico.

APÊNDICE 2 - Tabulação dos Ensaio Geotécnicos

**TÁBUA DE IDENTIFICAÇÃO DE ABREVIÇÕES
E RESPECTIVAS UNIDADES**

Ag	Argila (partículas <0,002 mm)
Si	Silte (0,002 a 0,02 mm)
Ar	Areia (0,02 a 2,0 mm)
ps	Massa específica dos sólidos - g/cm ³
ρ_{dc}	Massa específica seca de campo - g/cm ³
eo	Índice de vazios natural
η	porosidade - %
Sr	Grau de saturação - %
ρ_{dmx}	Massa específica seca máxima - g/cm ³
w_{ot}	Teor de umidade ótima do solo - %
S	Índice de absorção de água
P	Perda de peso por imersão - %
E	Índice de erodibilidade
LL	Limite de liquidez
LP	Limite de plasticidade
CTC	Capacidade de troca de cátions - meq/100 g
SE	Superfície específica - m ² /g
V_b	Valor de adsorção de azul de metileno do solo - g/100 g
A_{cb}	Valor de adsorção de azul de metileno na fração argila - g/100 g
Ph	Potencial hidrogeniônico
M	Montmorillonita
C	Caulinita
I	Ilita

AMOSTRA	SEDIMENTO									ÍNDICE DE CAMPO														
	Ag %			Si %			Ar %			ps g/cm ³			pdc g/cm ³			eo			n %			Sr %		
	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max
Arcósio	11	26,4	41	1,5	25,9	49	33	47,6	71	2,63	2,67	2,73	1,17	1,43	1,56	0,7	0,87	1,3	41,2	46,4	56,5	7,8	51	86,4
Argila (aluvião)	20	48,3	67	21	31,7	39	08	20,2	48	2,5	2,69	2,93	0,8	1,08	1,31	1,1	1,57	2,3	52,8	60,2	69,3	8,67	69,8	99,4
Areia (aluvião)	02	5,8	13	05	12,4	20	74	81,8	93	2,64	2,66	2,69	1,23	1,47	1,69	0,6	0,84	1,1	36,3	44,9	53,5	2,1	23,9	63,3
Solo residual-paleoterraço	40	45,75	55	11	23,5	37	19	30,75	49	2,65	2,69	2,72	1,21	1,32	1,40	0,9	1,05	1,2	48,2	51	54,3	12,1	29,5	62,4
Sedim. arenoso. paleoterraço	19	34,75	47	29	42	65	04	23,25	52	2,66	2,67	2,68	1,38	1,39	1,43	0,8	0,87	0,9	46,2	47,7	48,4	10,4	49,4	86,6
Argila paleoterraço	15	37,9	62	20	38,1	73	3	23,9	65	2,62	2,68	2,74	0,99	1,29	1,6	0,7	1,1	1,6	40,8	51,8	62,3	4,1	60,2	99,1
Solo residual gnaiss-migm.	7	47,6	70	10	28,5	44	08	23,8	50	2,51	2,72	2,87	0,94	1,23	1,48	0,8	1,22	1,8	45	54,7	64	5	56,7	81,4
Saprolito	06	24,7	65	21	44,7	66	13	30,6	54	2,55	2,72	2,89	1,01	1,21	1,41	0,9	1,25	1,7	46,5	55,3	63	5,6	54,2	99
Solo resid F. Guabirota	32	54,5	86	05	19	36	09	26,5	56	2,63	2,7	2,85	1,07	1,22	1,51	0,7	1,23	1,5	42,9	54,8	59,7	8,52	63	91,3
Argila F. Guabirota	22	50,1	78	12	28,2	51	03	21,5	53	2,54	2,7	2,85	0,87	1,26	1,54	0,7	1,16	2,1	42,5	53,3	68	42,3	75,4	91,6

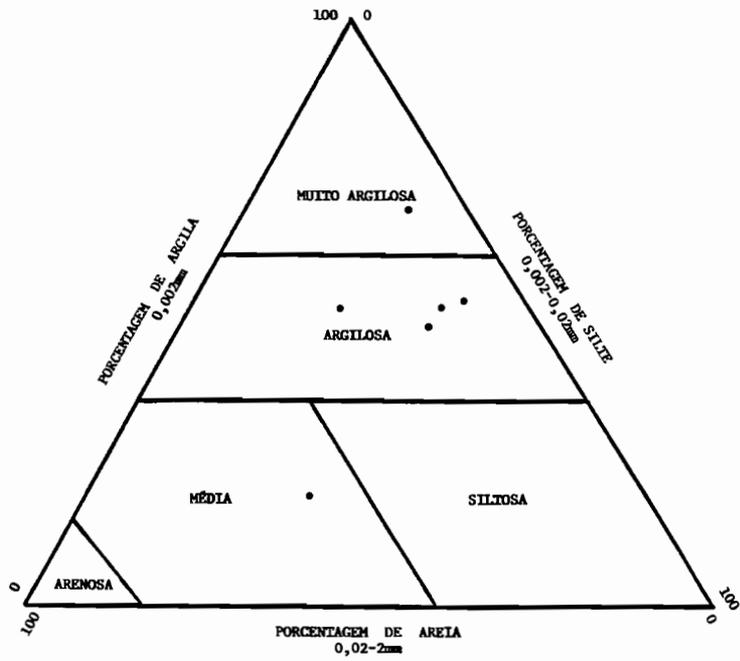
AMOSTRA	PROCTOR NORMAL						LL			LP			CTC MEQ/100g						SE m ² /g					
	pdmx g/cm ³			wot %			min	med	max	min	med	max	SOLO			ARGILA			SOLO			ARGILA		
	min	med	max	min	med	max							min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max
Arcósio	1,5	1,6	1,9	13,5	20,7	24,4	27	47,4	63,5	24,2	32,5	40,6	0,87	3,58	13,89	5,03	15,62	66,54	6,8	28	108,7	39,4	122,4	521,3
Argila (aluvião)	-	-	-	-	-	-	55,5	68,4	81,3	36,6	41,2	45,8	3,54	7,58	15,07	6,94	17,05	31,95	27,8	59,4	118	54,4	133,5	250,2
Areia (aluvião)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solo residual-paleoterraço	1,5	-	-	24,8	-	-	45,1	54,6	59,8	34,4	38,8	41,5	2,02	3,13	3,77	4,6	6,91	8,57	15,8	24,5	29,5	36	54,1	67,1
Sedim. arenoso. paleoterraço	1,8	-	-	14,8	-	-	30,5	52,5	64,5	21,8	34,6	45,5	2,47	4,57	8,45	5,25	13,8	19,98	19,3	35,9	66,1	41,1	107,7	156,3
Argila paleoterraço	1,2	1,44	1,8	14	23,3	32,5	25	55,9	72	22,2	36,6	51,2	1,19	5,2	11,1	5,7	13,5	27,3	9,3	40,8	86,9	44,6	105,6	212,5
Solo residual gnaiss-migm.	1,4	1,4	1,4	28,7	30,7	32,6	44	62,2	82	35,9	42,2	53,5	2,02	4,34	15,44	4,33	10,5	37,14	15,8	34	120,8	34	82,5	291,3
Saprolito	1,5	1,5	1,5	23,2	25,4	27,8	35	54,3	74,9	30,4	38	51,8	0,96	4,04	10,78	6,8	19,1	95,8	7,4	31,6	84,4	53,2	149,4	749,8
Solo resid F. Guabirota	1,4	1,42	1,5	23,7	26,8	29,2	41,2	56,3	72	27,3	34,2	46,7	2,32	5,34	15,41	4,43	9,8	24,85	18,2	41,8	120,7	34,7	76,8	194,6
Argila F. Guabirota	1,4	1,5	1,6	19,8	24,9	33	32	53	78	22,9	35,5	50,1	2,79	12,65	30,39	7,3	24,9	55,25	21,8	99	238	57,2	194,8	432,6

AMOSTRA	Vb			Acb			pH DO SOLO						PERMEABILIDADE			ERODIBILIDADE											
	min	med	max	min	med	max	em água			em KCl			ΔpH			min	med	max	S			P %			E		
							min	med	max	min	med	max	min	med	max				min	med	max	min	med	max	min	med	max
Arcósio	0,28	1,15	4,44	1,6	5,0	21,27	4,8	4,98	5,2	3,9	4,06	4,18	-0,76	-0,92	-1,1	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	0,3	0,36	0,4	12,2	12,9	14	0,8	01	1,2
Argila (aluvião)	1,13	2,42	4,82	2,21	5,45	10,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Areia (aluvião)	0,28	-	-	2,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solo residual-paleoterraço	0,64	1,0	1,21	1,45	2,21	2,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sedim. arenoso. paleoterraço	0,79	1,47	2,70	1,68	4,4	6,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Argila paleoterraço	0,38	1,66	3,55	1,82	4,3	8,68	4,2	4,72	5,2	04	4,16	4,3	-0,2	-0,7	-1,2	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	0,1	0,26	0,6	1,3	4,1	7,95	1,4	5,1	19
Solo residual gnaiss-migm.	0,64	1,39	4,94	1,38	3,37	11,86	4,8	5,12	5,6	04	4,12	4,3	-0,8	-1	-1,4	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	10 ⁻³	0,2	0,37	0,8	0,62	3,6	7,2	1,3	16,45	56
Saprolito	0,31	1,29	3,45	2,2	6,1	30,6	4,8	5,14	5,76	04	4,26	4,4	-0,6	-0,88	1,42	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	0,2	0,23	0,3	3,32	38,1	59,7	0,2	0,77	1,9
Solo resid F. Guabirota	0,74	1,71	4,93	1,41	3,14	7,95	04	4,6	05	3,9	4,11	4,2	-0,17	-0,5	0,1	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻³	0,3	0,52	0,7	0,6	4,54	10,3	01	11,54	34
Argila F. Guabirota	0,89	4,05	9,72	2,33	7,96	17,67	4,8	4,97	5,33	3,73	04	4,3	-0,42	-0,97	-1,6	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	0,1	0,35	0,8	0,07	19,78	72,8	0,1	0,27	0,4

Tabulação dos ensaios geotécnicos com separação por tipo de material inconsolidado.

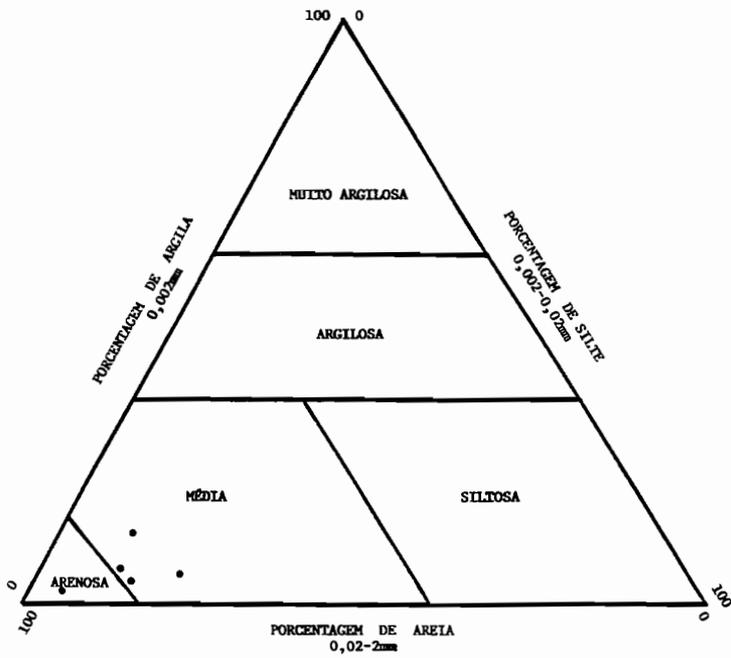
APÊNDICE 3 - Diagramas de Classificação Textural

ARGILA ALUVIÃO

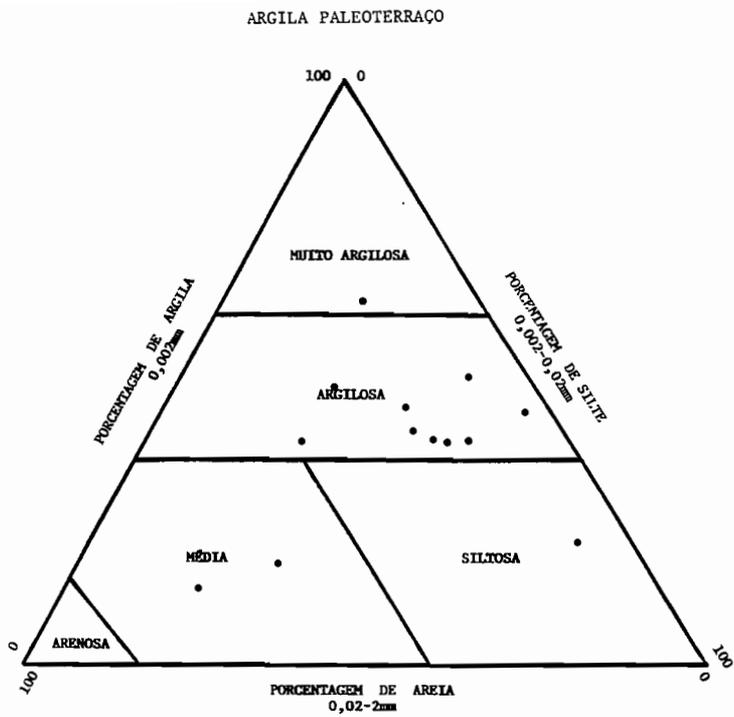


Triângulo das classes texturais simplificadas: USDA.

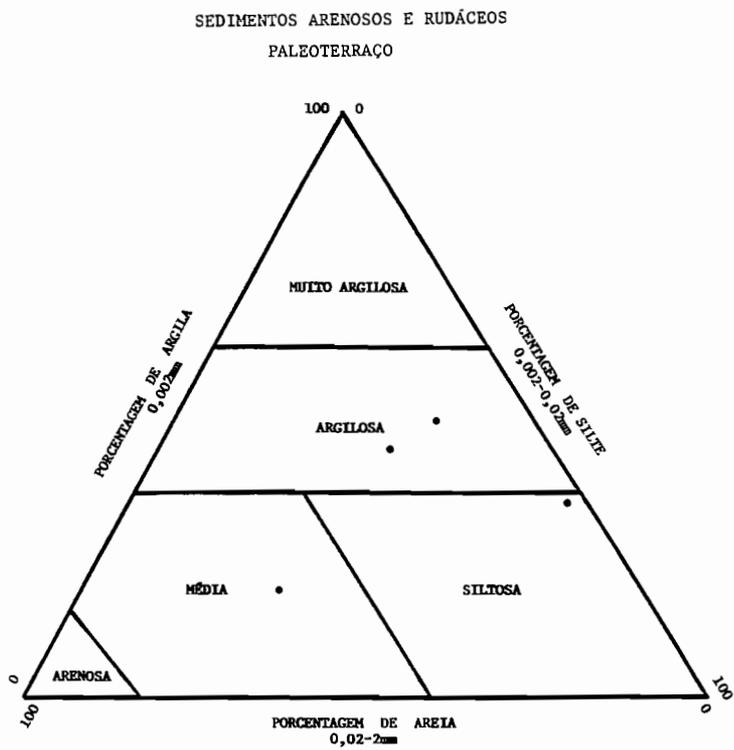
AREIA ALUVIÃO



Triângulo das classes texturais simplificadas: USDA.

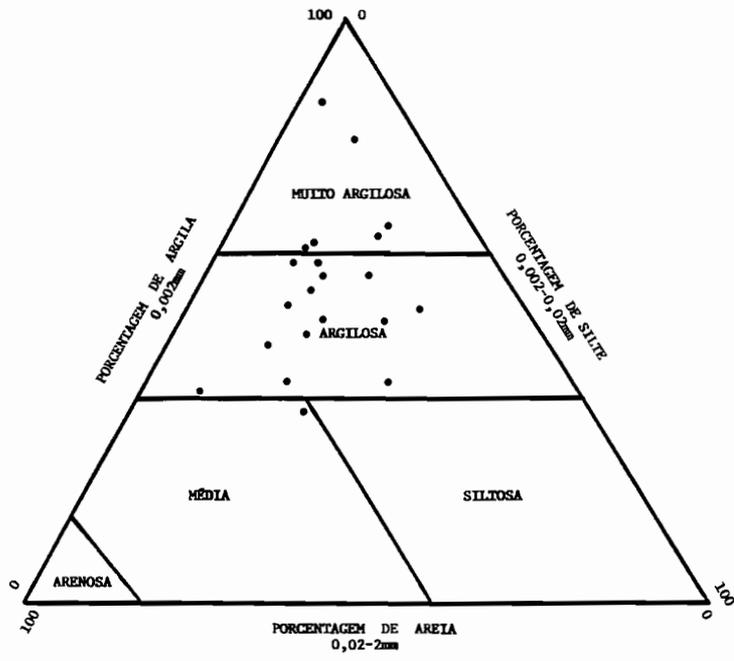


Triângulo das classes texturais simplificadas: USDA.



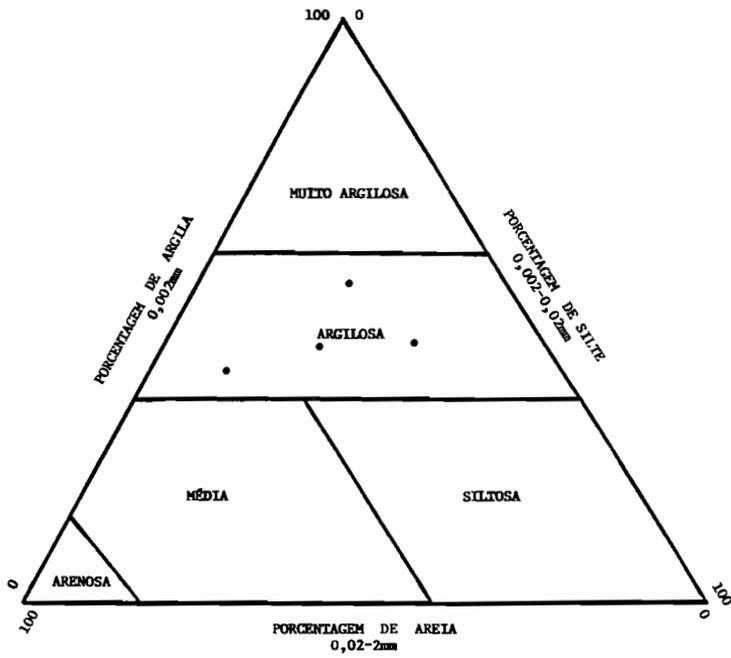
Triângulo das classes texturais simplificadas: USDA.

SOLO RESIDUAL FORMAÇÃO GUABIROTUBA



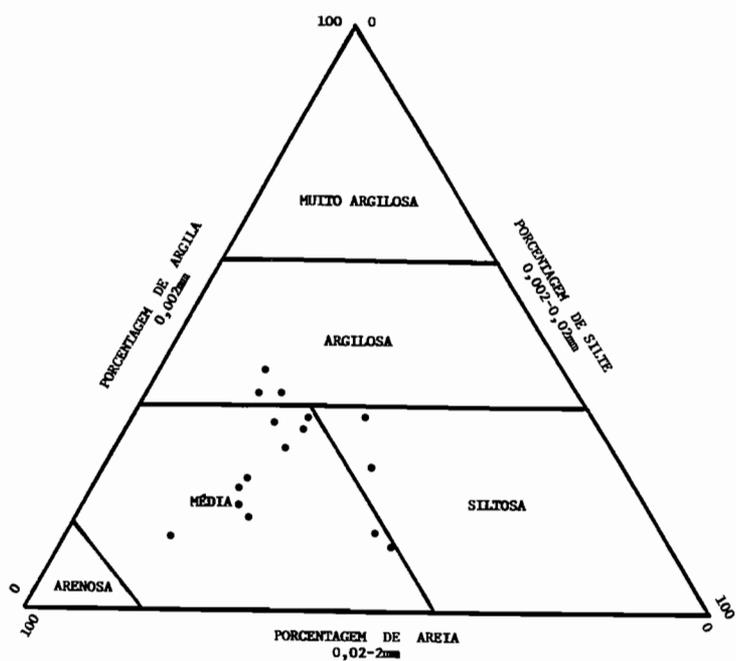
Triângulo das classes texturais simplificadas: USDA.

SOLO RESIDUAL PALEOTERRAÇO



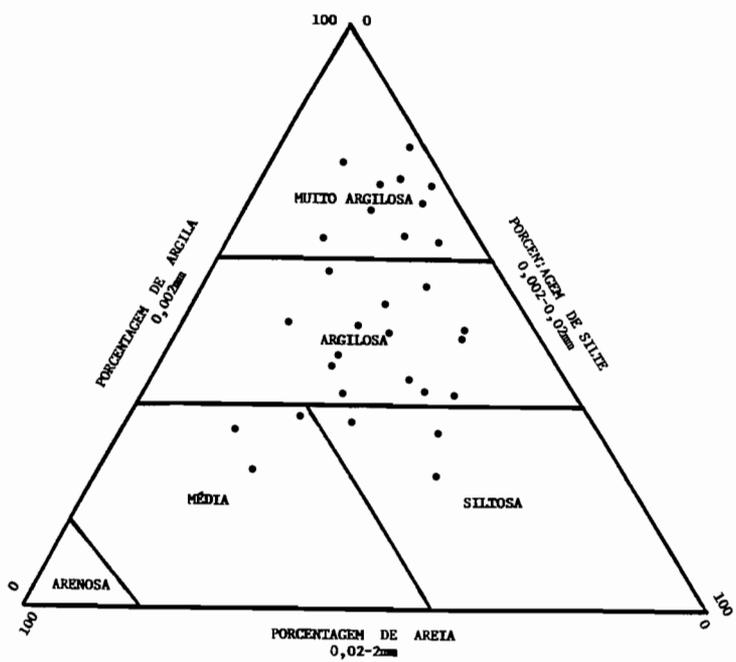
Triângulo das classes texturais simplificadas: USDA.

ARCÓSIO FORMAÇÃO GUABIROTUBA



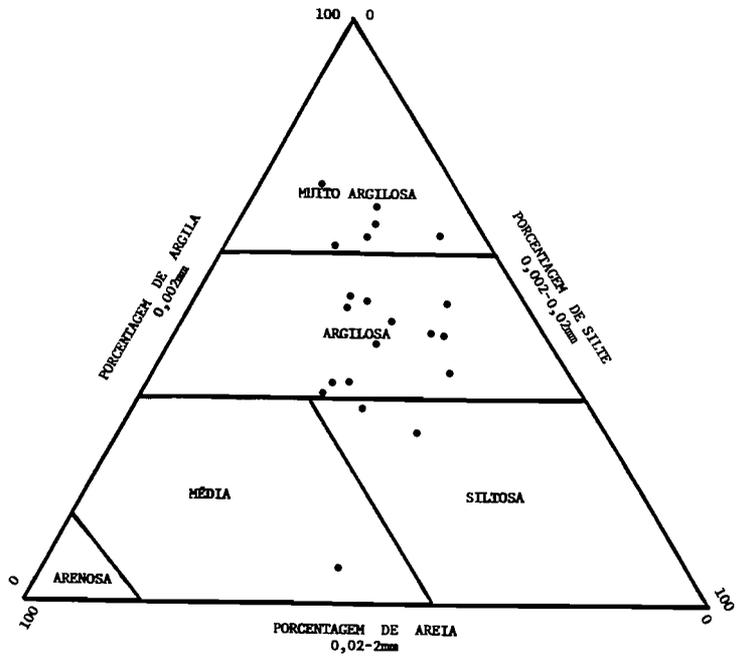
Triângulo das classes texturais simplificadas: USDA.

ARGILA FORMAÇÃO GUABIROTUBA



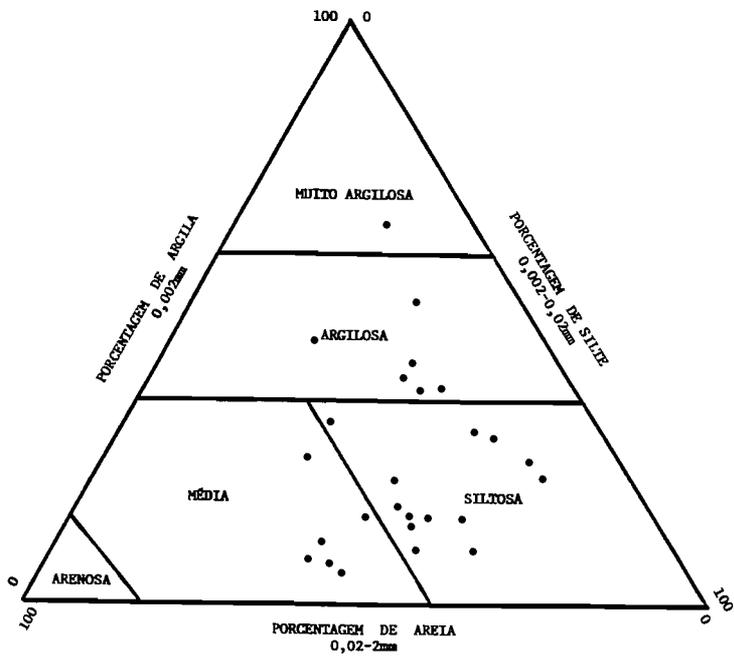
Triângulo das classes texturais simplificadas: USDA.

SOLO RESIDUAL GNAISSE



Triângulo das classes texturais simplificadas: USDA.

SAPRÓLITO



Triângulo das classes texturais simplificadas: USDA.

M 6
(8
M