

Informações Básicas para a Gestão Territorial - GATE
Projeto VIDA - Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental

ZONEAMENTO GEOTÉCNICO E APTIDÃO DOS TERRENOS

Município de Sete Lagoas
Série Ordenamento Territorial
Vol. 7



**Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Serviço Geológico do Brasil**

**Programa Gestão e Administração Territorial
GATE**

**Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental
Projeto VIDA**

Superintendente Regional
Oswaldo Castanheira

Gerente de Recursos Hídricos e Meio Ambiente
Fernando Antônio de Oliveira

Supervisão Técnica
Helio Antonio de Sousa

Copidesque e Revisão
Cátia Fernandes Barbosa

Desenho de Mapas
Terezinha Inácia de C. Pereira

Projeto Gráfico e Editoração Eletrônica
Cátia Fernandes Barbosa
Sarah Costa Cordeiro

CABRAL, Jayme Álvaro de Lima.

Informações Básicas para Gestão Territorial - GATE. Projeto VIDA - Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental. Zoneamento geotécnico e aptidão dos terrenos - Município de Sete Lagoas. Belo Horizonte: CPRM, 1996.

36 p.; il; 2 mapas (Ordenamento Territorial, 7)

1. Geotecnia. I Título. II Título. III Série.

C. D. U. 624 131 (815.1)

ZONEAMENTO GEOTÉCNICO E APTIDÃO DOS TERRENOS



Jayme Álvaro de Lima Cabral

Cibele Teixeira de Paiva
Estagiária de Geologia da UFMG

Ph. 1 012021

O Projeto VIDA - Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental representa uma saudável ação conjunta - governo, empresa, comunidade - visando ao melhor conhecimento e uso dos recursos naturais, aliando desenvolvimento socioeconômico com a qualidade ambiental de uma importante parcela da região centro-meridional do estado de Minas Gerais.

Abrange uma área aproximada de 1.800 km², representada pelos municípios de Capim Branco, Funilândia, Lagoa Santa, Matozinhos, Pedro Leopoldo, Prudente de Moraes, Sete Lagoas e Vespasiano, formando importante pólo industrial, com mais de 200 indústrias de diferentes portes e ramos de atuação, dispondo de significativos recursos naturais, com destaque para os bens minerais.

Os estudos empreendidos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, apresentam à comunidade um expressivo acervo de informações sobre o meio físico capaz de subsidiar tecnicamente nas formulações de programas que visem equacionar possíveis conflitos entre as atividades econômicas e a preservação do meio ambiente.

Apontando as ações que deverão privilegiar procedimentos ambientalmente adequados ao desenvolvimento sustentado participativo e longe de esgotar o assunto, os trabalhos desenvolvidos mostram a necessidade de se avançar no aprofundamento de estudos específicos que atendam a aspectos das vocações de cada município.

CARLOS OITÍ BERBERT
PRESIDENTE

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DO MUNICÍPIO.....	3
METODOLOGIA.....	5
ZONEAMENTO GEOTÉCNICO.....	7
ZONAS GEOTÉCNICAS DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS.....	17
APTIDÃO DOS TERRENOS.....	21
POTENCIAL DE RISCO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO.....	25
QUANTIFICAÇÃO DOS TERMOS QUALITATIVOS UTILIZADOS.....	31
SIGLAS UTILIZADAS.....	33
BIBLIOGRAFIA.....	35
DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Carta de zoneamento do substrato rochoso	9
Figura 2 - Estilos de desenvolvimento de perfis de intemperismo em calcário.....	10
Figura 3 - Solos residuais de gnaisses e migmatitos	11
Figura 4 - Solos residuais de calcários	12
Figura 5 - Solos residuais de metapelito	12
Figura 6 - Solos coluviais C ₁	13
Figura 7 - Solos coluviais C ₂	13
Figura 8 - Carta das unidades geotécnicas do município de Sete Lagoas	15
Figura 9 - Processo de origem e desenvolvimento dos abatimentos da cidade de Sete Lagoas.....	29

Encontram-se disponíveis em disquete na CPRM/SUREG-BH, as seguintes cartas na escala 1:50.000:

- Carta Geotécnica de Zoneamento do Município de Sete Lagoas
- Carta de Aptidão - Assentamento Urbano/Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos - Município de Sete Lagoas

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Zonas geotécnicas do substrato rochoso.....	8
Quadro 2 - Unidades geotécnicas inconsolidadas	11
Quadro 3 - Textura e grau de resistência dos solos gnáissicos-migmatíticos	11
Quadro 4 - Textura e grau de resistência dos solos residuais de calcários.....	12
Quadro 5 - Textura e grau de resistência dos solos residuais de metapelitos.....	12
Quadro 6 - Descrição sumária e grau de resistência dos solos coluviais C ₁	13
Quadro 7 - Textura e grau de resistência dos solos poligenéticos tipo C ₂	14
Quadro 8 - Classificação e valores limites dos principais parâmetros geotécnicos da caracterização das unidades inconsolidadas.....	16
Quadro 9 - Principais características dos solos residuais constituintes das zonas e subzonas geotécnicas do município de Sete Lagoas	18
Quadro 10 - Principais características dos solos transportados constituintes das zonas e subzonas geotécnicas do município de Sete Lagoas	19
Quadro 11 - Atributos fundamentais e secundários para classificação da aptidão dos terrenos para assentamento urbano e disposição de resíduos urbanos.....	22

INTRODUÇÃO

A fuga do homem da zona rural promovendo concentrações urbanas desordenadas, a proliferação e ampliação dos pólos industriais sem a adequada infraestrutura e a destruição indiscriminada das reservas florestais para atender a interesses agropecuários e comerciais, fazem com que ocorram sensíveis alterações no equilíbrio ecológico das regiões afetadas. A solução desse desafio está em buscar um planejamento técnico e político de desenvolvimento que não se limite a considerar simplesmente fatores imediatos de ordem econômica.

Dentro dessa ótica, o estudo do "solo" através da Cartografia Geotécnica constitui um instrumento fundamental de análise na elaboração desse planejamento, definindo as principais características geológicas-geotécnicas e a vocação de uso das diferentes regiões cartografadas

Objetivando dotar o município de Sete Lagoas com esse eficiente instrumental a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), realizou através do Projeto Vida, a cartografia geotécnica de seu território, definindo através de carta de aptidão, o grau de adequabilidade de seus terrenos para o assentamento urbano e disposição de resíduos sólidos urbanos. O zoneamento geotécnico proposto permite ainda o conhecimento dos solos e substrato rochoso do município além do estabelecimento das principais áreas de potencial de risco geológico.

ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DO MUNICÍPIO

O município de Sete Lagoas ocupa uma área de aproximadamente 519 km² localizado na Zona Geográfica Metalúrgica do Estado de Minas Gerais. A população residente é de aproximadamente 151.356 habitantes, concentrada em sua grande maioria na área urbana da cidade.

A cidade de Sete Lagoas possui coordenadas 19°27'33"S e 44°15'08"W, apresentando uma altitude média de 762 metros. Constitui um pólo comercial, industrial e social em relação aos municípios vizinhos. Está ligada a Belo Horizonte pela rodovia federal BR-040 (Belo Horizonte - Brasília) e pela MG-424, rodovia asfaltada ligando Sete Lagoas a Prudente de Moraes, Matozinhos e Pedro Leopoldo, conectando-se com a MG-010, até o Aeroporto Internacional Tancredo Neves (Confins) e a cidade de Belo Horizonte.

O município é cortado pela rodovia asfaltada MG-238 que liga Baldim a Inhaúma e por uma rede de rodovias municipais de tráfego permanente. É servido por ramal da estrada de ferro da Rede Ferroviária Federal

S.A.(RFFSA), que liga a sede do município a Belo Horizonte e a Pirapora e Montes Claros, no norte do Estado. Possui pista de pouso para pequenas aeronaves.

Sob o ponto de vista hidrográfico, os terrenos do município compõem as sub-bacias dos rios das Velhas e Paraopeba, ambos pertencentes à grande bacia do rio São Francisco. Os cursos d'água tributários desses rios são de pequena expressão destacando-se os ribeirões São João e dos Macacos (rio Paraopeba) e ribeirão Jequitibá e córregos Matadouro e Vargem do Tropeiro (rio das Velhas). As serras de Santa Helena e Tombador constituem os divisores de águas dessas duas sub-bacias, representando planaltos dissecados onde as altitudes atingem 950m a 1000m. Ao sul do município essas sub-bacias tem como divisor de águas o planalto dissecado do ribeirão da Mata, com altitudes entre 900m e 950m. Predomina na porção central do município, onde se situa a cidade de Sete Lagoas, extensa superfície ondulada com altitudes entre 700m a 780m.

METODOLOGIA

A sistemática utilizada na execução das atividades foi desenvolvida em três etapas. A primeira constou do levantamento e triagem das informações geológico-geotécnicas disponíveis, incluindo cartas temáticas de caracterização geológica (Tuller *et al.*, 1993) e pedológica-geomorfológica (CETEC, 1992 a e b), seguida do cadastramento dos dados inventariados em fichas adequadas à informatização.

A integração desses elementos balizada por viagens de reconhecimento e análise aerofotográficas, permitiu a composição das cartas geotécnicas preliminares, escala 1:100 000, de toda a área de abrangência do Projeto Vida e preparação de texto explicativo com a descrição detalhada da metodologia empregada e das unidades geotécnicas propostas. Esse conjunto de dados está

contido no documento Cartografia Geotécnica de Planejamento, Cabral (1995).

A segunda etapa consistiu na amostragem sistemática através de furos a trado (Foto 14), objetivando a caracterização das unidades geotécnicas mais significativas. Os ensaios geotécnicos abrangeram a determinação dos índices físicos, estudos granulométricos, limites de consistência, pH e capacidade de troca de cátions dos solos dessas unidades.

A última etapa constou da interpretação e integração dos mapas e informações obtidas nas etapas anteriores, permitindo a elaboração da carta geotécnica de zoneamento, da carta de aptidão para assentamento urbano e disposição de resíduos sólidos urbanos, qualificação do potencial de risco geológico das zonas geotécnicas e texto explicativo.

ZONEAMENTO GEOTÉCNICO

A cartografia geotécnica delimita unidades do terreno com características geológico-geotécnicas sensivelmente homogêneas em relação às condições do meio físico. Dessa maneira são individualizadas as unidades geotécnicas.

A correlação dessas unidades de terreno com os seus diferentes padrões de relevo, estabelece a seleção de diferentes zonas, denominadas "zonas geotécnicas". As zonas geotécnicas constituem faixas de terreno com características peculiares, que se traduzem em condicionamentos favoráveis ou desfavoráveis com relação à utilização desse meio físico para finalidades diversas. A Carta Geotécnica de Zoneamento engloba o conjunto de zonas geotécnicas que ocorrem na área investigada.

Cada zona geotécnica é definida de acordo com os seguintes parâmetros:

- Caracterização de seu padrão de relevo;

- Conceituação da unidade geotécnica e substrato rochoso correspondente;

- Aspectos positivos e negativos face as possíveis finalidades de ocupação dos terrenos a que pertencem.

PADRÃO DE RELEVO

A conceituação dos padrões de relevo baseia-se nas principais feições morfológicas que ocorrem na região a partir de atributos tais como as amplitudes das elevações e declividade das encostas.

Define-se amplitude como a diferença de cotas entre os pontos mais altos e mais baixos de um mesmo relevo. Representa assim a zona de predominância de determinado tipo de geoforma. É importante observar que num dado padrão de relevo podem ocorrer trechos com características de outro padrão, evidenciando-se o padrão pelo conceito de predominância.

Para efeito de representação cartográfica os valores das declividades (Rodrigues *et al.*, 1994) foram agrupados em cinco classes, simbolizadas pelas primeiras letras do alfabeto, com os seguintes limites:

- (a) declividade muito baixa (<3%)
- (b) declividade baixa (3% a 10%)
- (c) declividade moderada (10% a 20%)
- (d) declividade alta (20% a 45%)
- (e) declividade muito alta (>45%)

SUBSTRATO ROCHOSO

Nesse trabalho utiliza-se a conceituação de Tuller *et al.* (1993) para descrição do substrato rochoso do município de Sete Lagoas.

De acordo com esses levantamentos as rochas mais antigas do embasamento rochoso do município pertencem ao Arqueano e são representadas por gnaisses (gnaisses à hornblenda, biotita-gnaisses e diopsídio-anfibólio-gnaisses) associados a granitóides e migmatitos. Do ponto de vista geotécnico, são rochas maciças e compactas de alta resistência. Localmente encerram intrusões

básicas, representadas por gabros, noritos e diabásios. Esse conjunto de rochas recebe a denominação de Complexo Gnaissico-Migmatítico Indiviso.

Sobrepondo-se aos litótipos desse Complexo ocorrem rochas carbonáticas, maciças ou laminadas, de composições granulométrica e mineralógica diferenciadas. Essa seqüência de calcários atribuída ao Proterozóico Superior, pertence ao Grupo Bambuí, Formação Sete Lagoas.

Os calcários são subdivididos em duas seqüências: uma basal, composta por calcários finos, de tonalidades branca a cinza-clara, laminados e algumas vezes marmorizados, classificados como metacalcissilitos. Os teores de carbonato de cálcio dessas rochas raramente ultrapassam 75%, apresentando impurezas como quartzo, micas e minerais de argila. O pacote superior, geralmente mais grosseiro, de tonalidade escura e alto teor de carbonato de cálcio, é classificado como metacalcarenito.

O terceiro conjunto de rochas que compõe o substrato é atribuído ao Proterozóico Superior, Grupo Bambuí, Formação Santa Helena, compreendendo uma seqüência de rochas metapelíticas, representada por metassilitos de tonalidade cinza, estratificação plano-paralela, com abundantes venulações de quartzo e, mais raramente, metargilitos esverdeados.

A figura.1 mostra a distribuição espacial das zonas do substrato rochoso do município, em uma abstração hipotética dos solos residuais e materiais transportados e o quadro 1 os principais litótipos que ocorrem na

SUBSTRATO ROCHOSO		
Unidade	Complexo Rochoso	Litótipos
1	Gnáissico migmatítico indiviso	gnaiesses, migmatitos, granitóides, intrusivas
2	Metacalcários	metacalcissilitos metacalcarenitos
3	Metapelitos	metassilitos metargilitos

Quadro 1 - Zonas geotécnicas do substrato rochoso

região.

Perfil de alteração dos maciços carbonáticos

Para compreensão de inúmeros problemas geotécnicos relacionados ao meio físico em regiões cársticas, deve-se analisar singularidades dos mantos de meteorização das rochas carbonáticas.

Nessas regiões o intemperismo tem como agente ativo o ácido carbônico. O ataque das águas agressivas sobre os calcários libera os íons carbonato que combinados com os íons H^+ , formam o bicarbonato de cálcio, que entra em solução. O processo é governado, principalmente, pela quantidade de dióxido de carbono dissolvido na água.

Em condições aeróbicas, haverá sempre reabastecimento de CO_2 do ar, mantendo o poder de dissolução das águas de percolação. Se a água penetra através de fissuras ou vazios da rocha e o aquífero encontra-se parcial ou totalmente confinado, o reabastecimento de CO_2 em profundidade não será efetivado, aumentando o grau de saturação das águas do aquífero e o processo de solubilização se tomará mais lento ou estancará.

Em função do tipo das descontinuidades penetrativas (fissuras, juntas, acamamento) e da composição dos calcários, os solos residuais dessas rochas atingem espessuras e posicionamentos bastante variáveis.

A figura 2, mostra a diferença no estilo de desenvolvimento dos perfis de intemperismo em calcários maciços e laminados, com a formação de pináculos rochosos no primeiro caso e blocos flutuantes no pacote decomposto, no segundo caso. O conhecimento da variação de comportamento dos maciços aos agentes do intemperismo, tem importância fundamental quando se analisam problemas geotécnicos em áreas cársticas.

Na região cárstica de Sete Lagoas-Lagoa Santa é bastante freqüente a

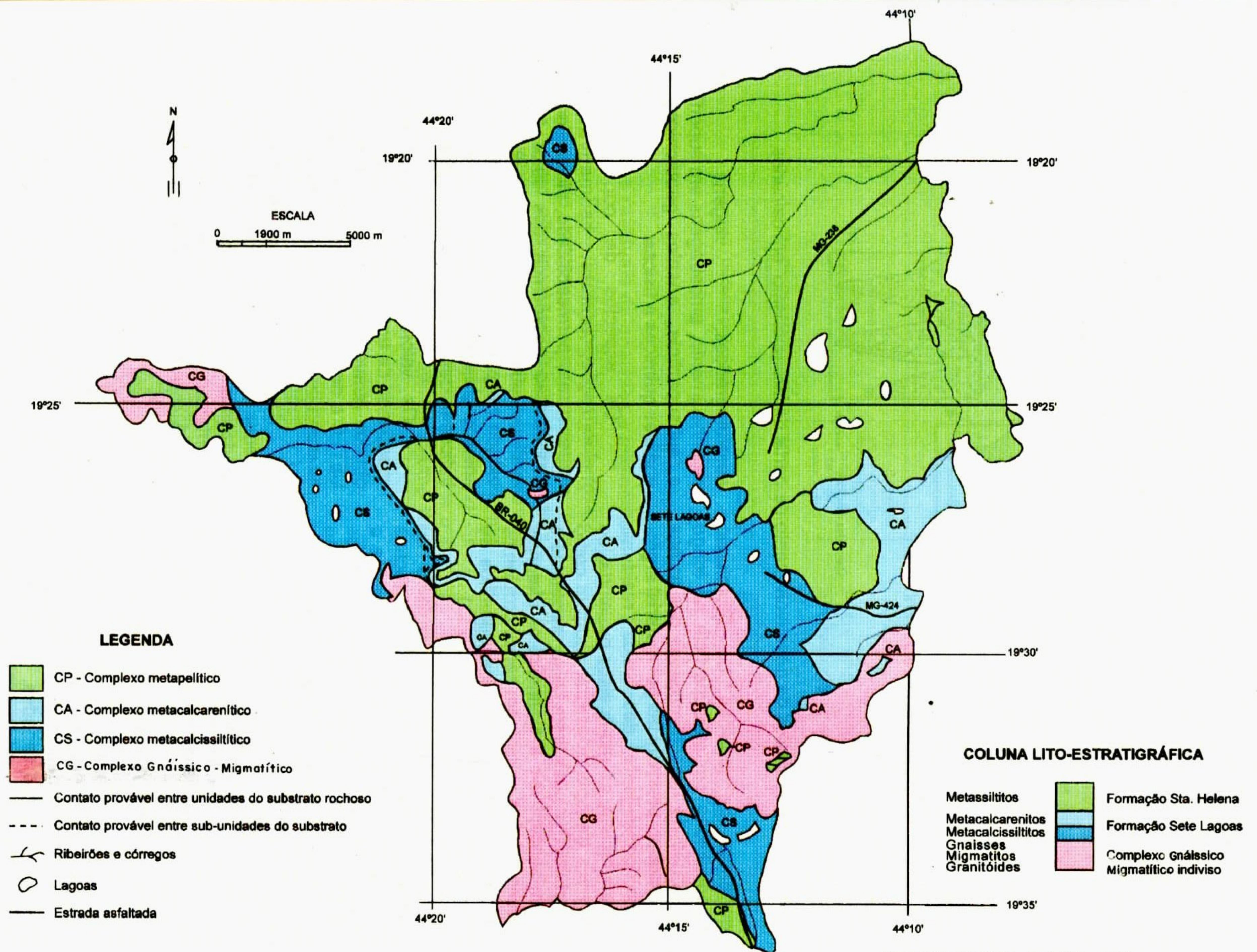


Fig. 1 - Carta de Zoneamento do Substrato Rochoso

(Base: Mapa Geológico - Proj. Vida - 1993)

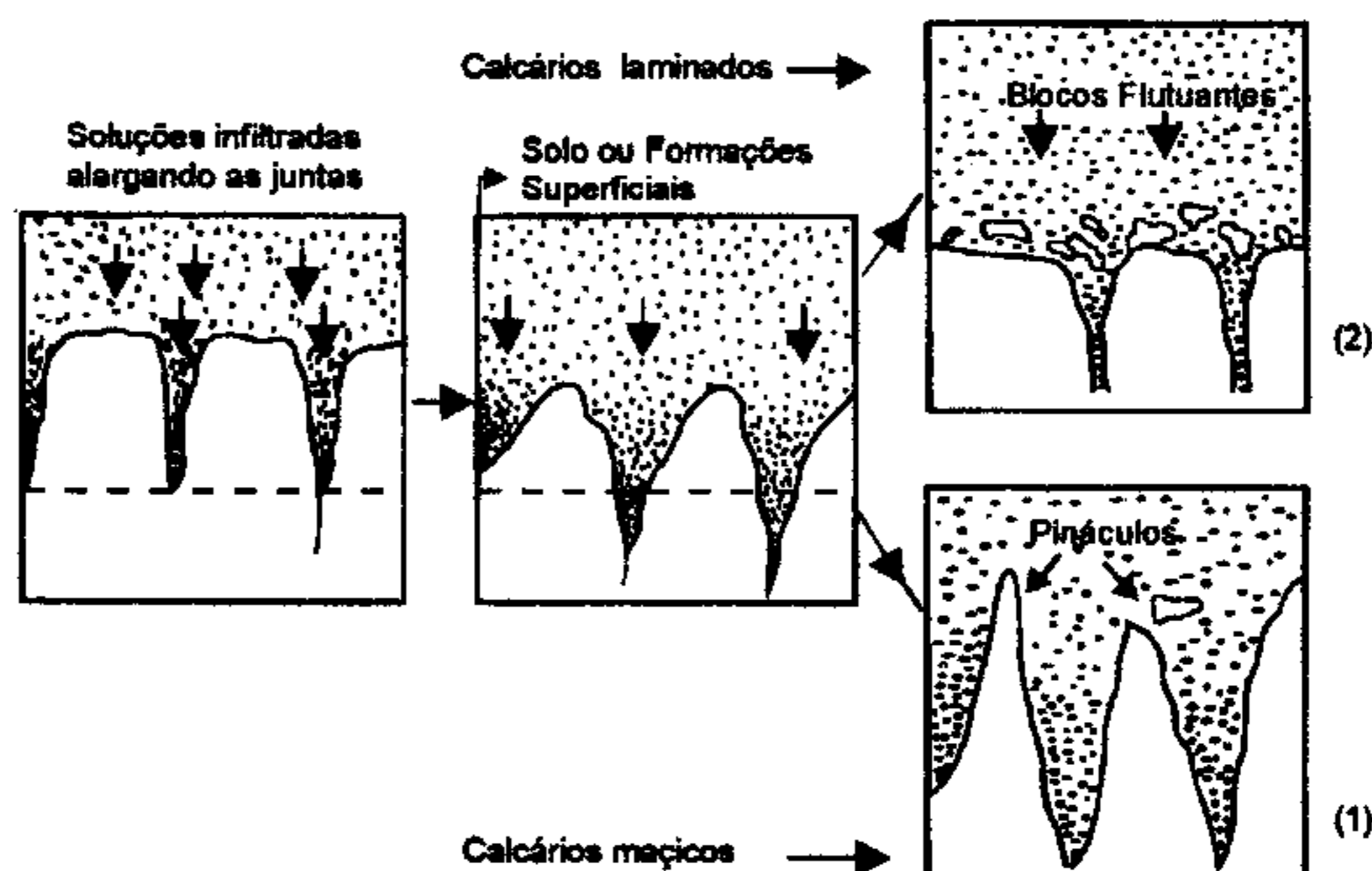


Figura 2 - Estilos de desenvolvimento de perfis de intemperismo em calcários.

ocorrência de bolsões de dissolução desenvolvidos em subsuperfície ao longo das zonas de discontinuidades das rochas carbonáticas, preenchidas por material argilo-siltico proveniente dos solos residuais dessas rochas, de metapelitos ou, ainda, de materiais transportados que ocorrem como cobertura. Por possuírem baixa resistência e serem susceptíveis à lixiviação, os materiais desses bolsões constituem sérios problemas na execução de fundações e trabalhos de infraestrutura em geral (Fotos 5 e 11).

Camadas de calcários argilosos ou metapelitos, intercalados ao pacote de rochas carbonáticas, podem orientar localmente o fluxo de águas agressivas direcionando os efeitos do intemperismo. Esse fenômeno ocorre freqüentemente no contato basal dos calcários com as rochas cristalinas do embasamento. A principal consequência observada é a gradação da dissolução da rocha carbonática lateralmente, seguindo a superfície de contato entre essas rochas.

UNIDADES GEOTÉCNICAS

A caracterização dos solos que compõem os terrenos do município baseou-se em procedimentos que envolvem os dados inventariados, estudos

aerofotográficos, viagens de reconhecimento, amostragens em superfície e subsuperfície, ensaios geotécnicos e análises químicas e físicas.

Os aspectos de cor, grau de meteorização, textura, estimativas de espessuras, permeabilidade, plasticidade e classificação geotécnica dos solos foram avaliados através de observações de campo, estudo de perfis litológicos de sondagens, ensaios granulométricos, determinação dos índices físicos e limites de consistência.

Os valores de pH, porosidade e capacidade de troca de cátions (CTC), foram obtidos através de análises realizadas pelo CETEC e de ensaios em amostras coletadas na etapa de Prospecção Geotécnica.

As características de resistência dos terrenos foram avaliadas através de sondagens a percussão com SPT, executadas para o DER/MG, COPAER, RFFSA e para construções residenciais e industriais.

O quadro 2 mostra as unidades geotécnicas inconsolidadas identificadas no município de Sete Lagoas, e a figura 8 sua distribuição espacial com a simbologia numérica utilizada. O quadro 8 contém a

classificação e valores limites dos principais parâmetros de caracterização dessas unidades.

MATERIAL INCONSOLIDADO				
Unidade	Residuais		Unidade	Material Transportado
1	CGr - Residual de gnaisses/migmatitos		4	C1 - Complexo coluvial
	C	CSr - Residual de metacalcissiltito	5	C2 - Complexo coluvial
2	C	CAr - Residual de metacalcarenito	6	Ca,t - Complexo de sedimentos fluviais: aluviões, terraços e colúvios associados
3	CPr - Residual de metapelitos		7	Rc - Rampas de colúvio

Fonte: Cabral, 1995

Quadro 2 - Unidades geotécnicas inconsolidadas

Solos residuais de gnaisses e migmatitos

Exibem coloração vermelha, rósea a amarela, ocorrendo em espessuras que podem atingir várias dezenas de metros. Trata-se de solos compostos pela mistura de finos (argila+silte) e areias fina a média, mal graduados, com granulometria variada (fig. 3). A fração fina situa-se entre 48% e 71% e a arenosa entre 29% e 50% do volume total das amostras.

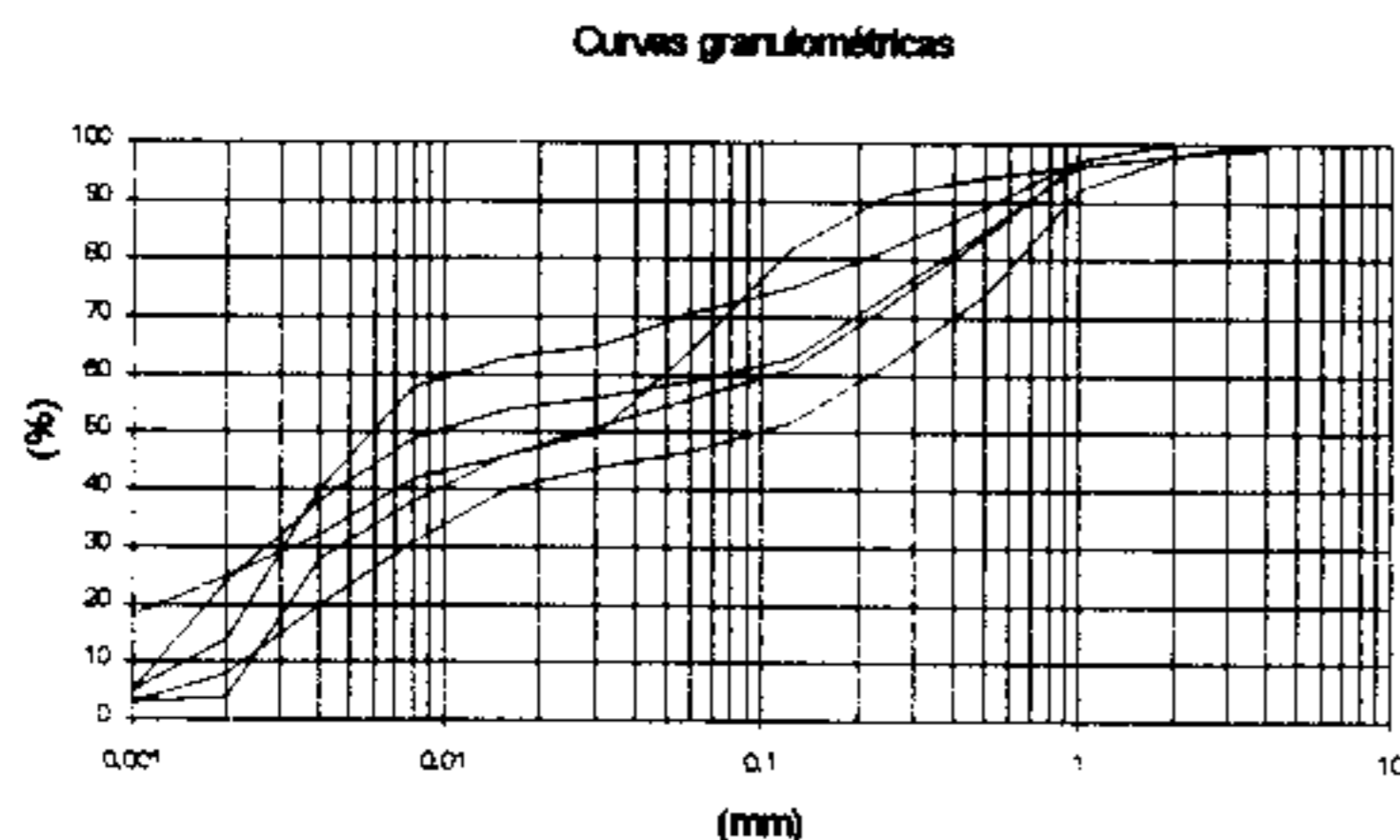


Figura 3: Solos residuais de gnaisses e migmatitos

Apresentam moderada plasticidade

com limites de liquidez entre 26% e 49% e índice de plasticidade entre 8% e 19%. Constituem materiais de baixa compressibilidade, massa específica de sólidos entre 2,60 e 2,64, porosidade muito alta (48% a 58%), permeabilidade média a baixa, pH entre 5,4 e 6,1 e capacidade de troca de cátions (CTC) entre 1,77 e 3,18 meq/100g de solo.

São solos tipo CL, raramente SC, segundo a classificação Unificada e grupos A-4, A-6 e A-7 segundo a classificação para fins rodoviários (HRB).

O quadro 3 mostra o perfil típico dos solos encontrados nas encostas de baixa declividade com suas características de resistência até a profundidade de 20 metros.

SPT	Textura	Grau de resistência	Resistência a Compressão simples (kg/cm ²)	Prof
3/15	Argilo-siltica	mole a rija	0,25 - 2,00	0m
5/10	Silte-argilo-arenoso	pouco compacta		12 m
8/30	Silte-argilo-arenoso	rija a muito rija	2,00 - 4,00	20 m

Quadro 3 - Textura e grau de resistência dos solos gnáissicos-migmatíticos

Solos residuais de calcários

Originam-se da meteorização de calcários finos, impuros, marmorizados e de calcários puros e arenosos. Apresentam coloração vermelha-escura, amarelada e cinza-escura, aspecto sedoso e maciço. São geralmente pouco espessos, atingindo valores inferiores a 20m.

Trata-se de solos finos, com textura argilosa a siltico-argilosa, mal graduados (fig. 4). A fração fina atinge valores entre 64% e 97% do volume total das amostras. Os solos dos metacalcarenitos apresentam um percentual de areia fina a média que oscila entre 15% e 35%.

Apresentam plasticidade moderada a

alta com limites de liquidez entre 44% e 66% e índice de plasticidade entre 17% e 21%. Constituem materiais de média a alta compressibilidade, massa específica de sólidos entre 2,50 e 3,00, porosidade muito alta (52% e 72%), permeabilidade variável em função do grau de fraturamento do substrato que lhe deu origem, pH entre 5,2 e 6,1 e capacidade de troca de cátions (CTC) entre 4,1 e 8,3 meq/100g de solo.

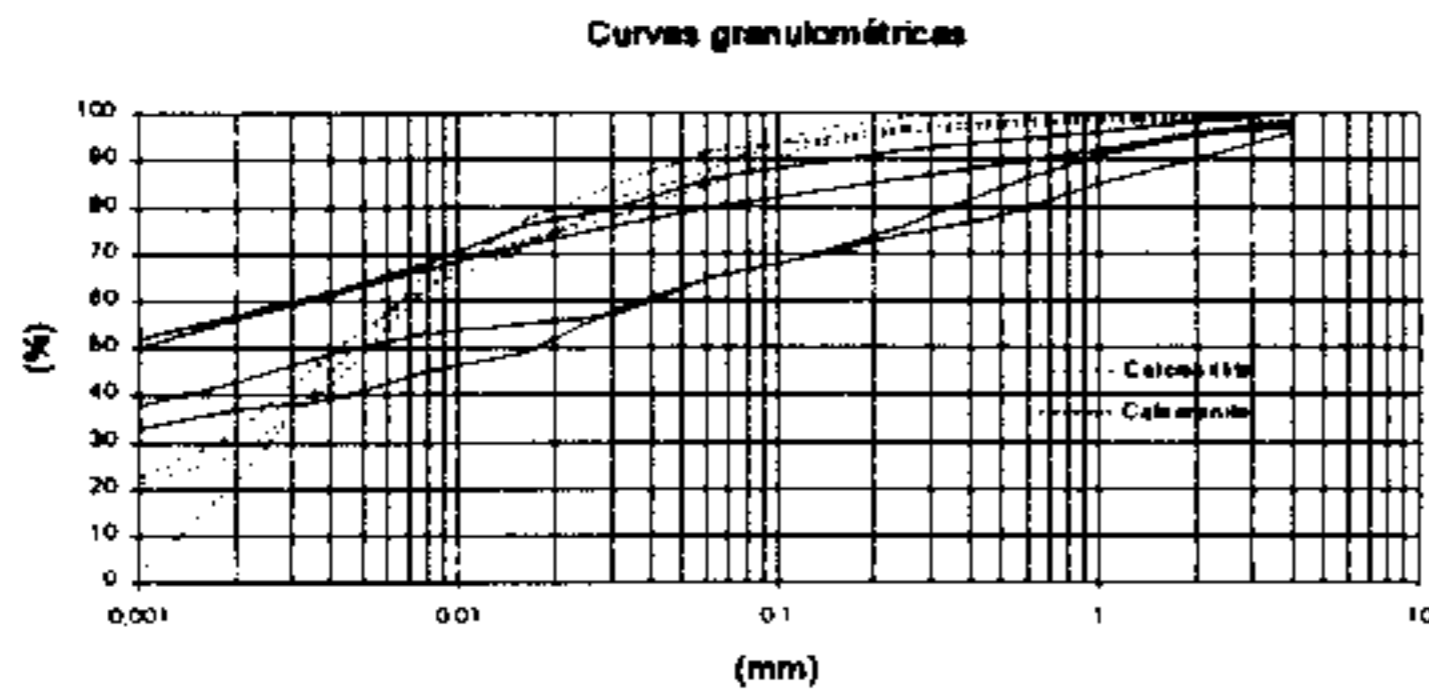


Figura 4: Solos residuais de calcários

São solos do tipo MH e ML, segundo a classificação Unificada e grupo A-7, segundo a classificação para fins rodoviários (HRB).

O quadro 4 fornece o perfil típico dos solos residuais desses calcários em áreas com relevo ondulado e suas características de resistência até a profundidade de 10m.

SPT	Textura	Grau de resistência	Resistência a Compressão simples (Kg/cm ²)	Prof.
3/15	Argilosa a argilo-siltica	mole a rija	0,25 - 2,00	0m
10/30	Argilo-siltica	muito rija	2,00 - 4,00	6m
				10m

Quadro 4 - Textura e grau de resistência dos solos residuais de calcários

Solos residuais de metapelitos

Exibem coloração amarelada a violácea guardando evidências da estrutura original dos metapelitos. O grau de

meteorização incompleto dos metapelitos gera saprólitos profundos, geralmente com abundantes venulações de quartzo.

Trata-se de solos finos, com textura siltico-argilosa a argilo-siltica, mal graduados, onde a fração fina oscila entre 94% e 98% do volume total das amostras (fig.5).

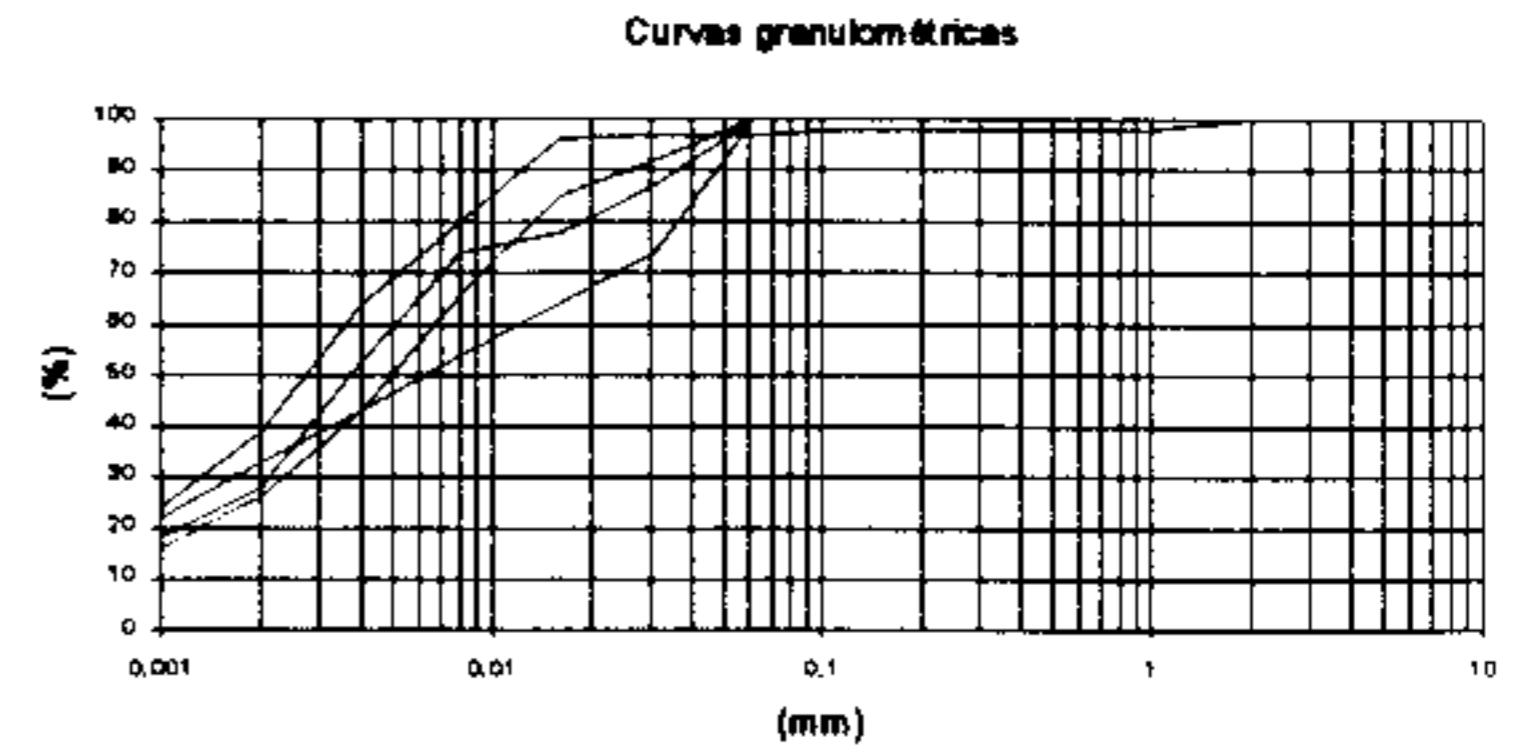


Figura 5: Solos residuais de metapelito

Apresentam plasticidade moderada a alta com limites de liquidez entre 42% e 51% e índice de plasticidade entre 16% e 22%. Constituem materiais de compressibilidade moderada, massa específica de sólidos entre 2,40 e 2,71, porosidade muito alta (57% a 69%), permeabilidade baixa, pH entre 5,3 e 5,7 e capacidade de troca de cátions (CTC) entre 5,04 e 9,24 meq/100g de solo.

São solos do tipo ML segundo a classificação Unificada e grupo A-7, segundo a classificação para fins rodoviários (HRB).

O quadro 5 apresenta o perfil típico desses solos residuais em vertentes de colinas de baixa declividade com suas características de resistência até a profundidade de 12 metros.

SPT	Textura	Grau de resistência	Resistência a Compressão simples (Kg/cm ²)	Prof.
5/25	Siltite-argiloso	média a muito rija	0,5 - 2,0	0m
15/40	Siltite-argiloso	muito rija a dura	2,0 >4,0	8m
				12m

Quadro 5 - Textura e grau de resistência dos solos residuais de metapelitos

Solos coluviais C1

Engloba o conjunto de depósitos coluviais que ocorrem predominantemente sobre áreas cársticas, em altitudes entre 800m e 900m, relacionados a ciclos de aplainamentos. Exibem coloração vermelho-escuro a vermelho-amarelada.

Em função da profundidade do paleorrelevo exibem espessuras que variam de poucos decímetros à dezenas de metros. Trata-se de solos constituídos de finos com baixo percentual de areia fina a média. A fração fina varia entre 70% e 95% do volume total das amostras (fig.6).

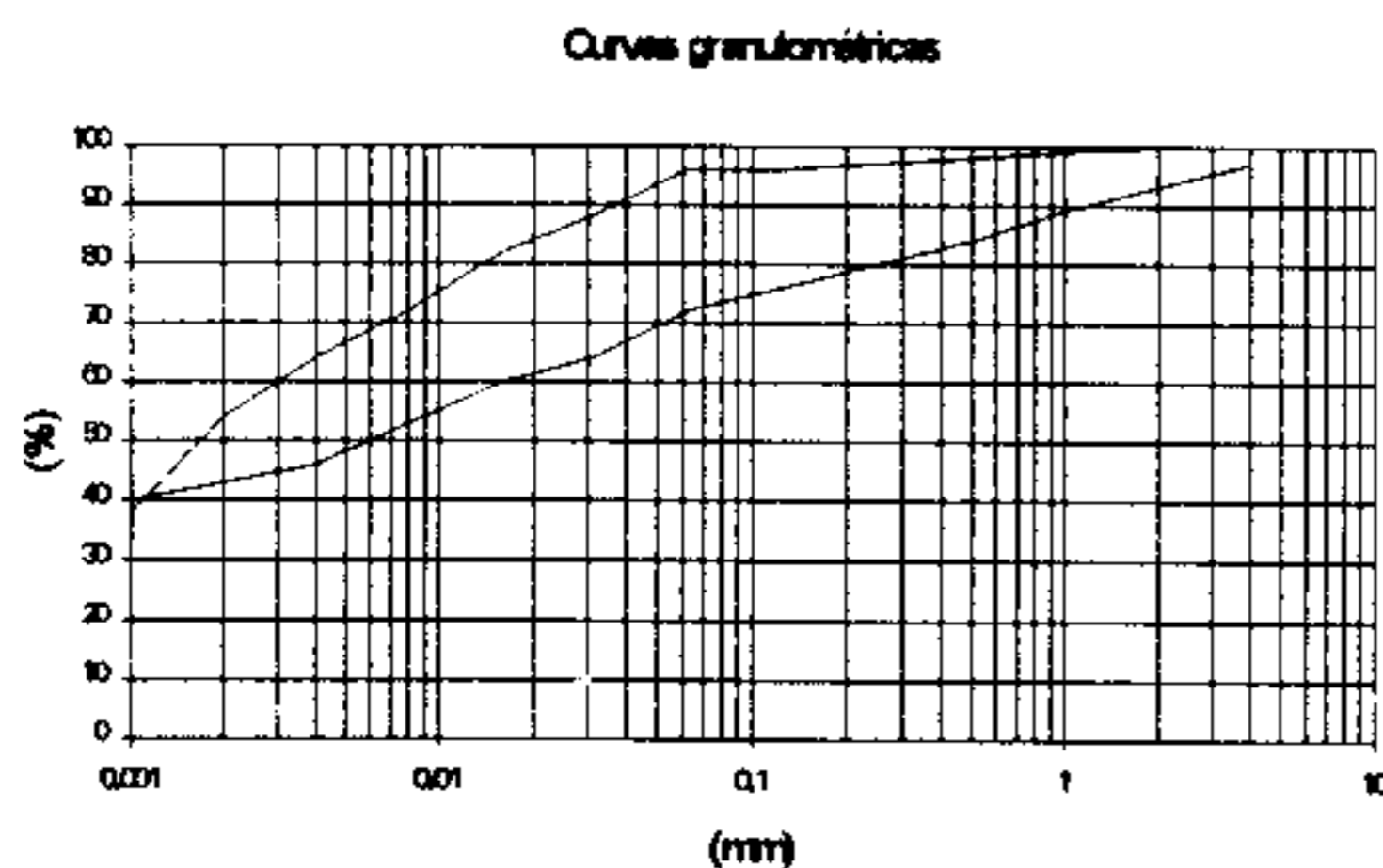


Figura 6: Solos coluviais C1

Apresentam plasticidade moderada, com limites de liquidez entre 52% e 56% e índice de plasticidade entre 12% e 17%. Constituem materiais de compressibilidade moderada, massa específica de sólidos entre 2,17 e 2,74, porosidade alta (54% e 62%), permeabilidade alta a moderada, pH entre 5,6 e 5,8 e capacidade de troca de cátions (CTC) entre 2,89 e 4,80 meq/100g de solo.

São solos do tipo MH segundo a classificação Unificada e grupo A-7 de acordo com a classificação para fins rodoviários (HRB).

O quadro 6 fornece o perfil típico desses terrenos em áreas de chapada, capeando rochas calcárias, com suas

características de resistência até a profundidade de 16m.

SPT	Textura	Grau de resistência	Resistência à Compressão simples (Kg/cm ²)	Prof.
5/20	Argilosa	média a muito rija	0,5 - 4,0	0m
20 a 50	Argilosa Silte-argilosa	muito rija a dura	2,0 >4,0	8m
				16m

Quadro 6 - Descrição sumária e grau de resistência dos solos coluviais C1

Solos coluviais C2

Engloba o conjunto de materiais transportados, poligênicos, predominantemente coluviais, que se situam em altitudes entre 700 e 800m, relacionados a ciclos de aplainamentos. Exibem coloração vermelho-escuro a vermelho-amarelo. Em função da profundidade do paleorrelevo exibem espessuras que variam de poucos decímetros a dezenas de metros, quando situam-se em substrato de calcários.

Trata-se de solos mal graduados, compostos pela mistura de finos e areia fina e média. A fração fina oscila entre 80% e 98% do volume total das amostras (fig.7).

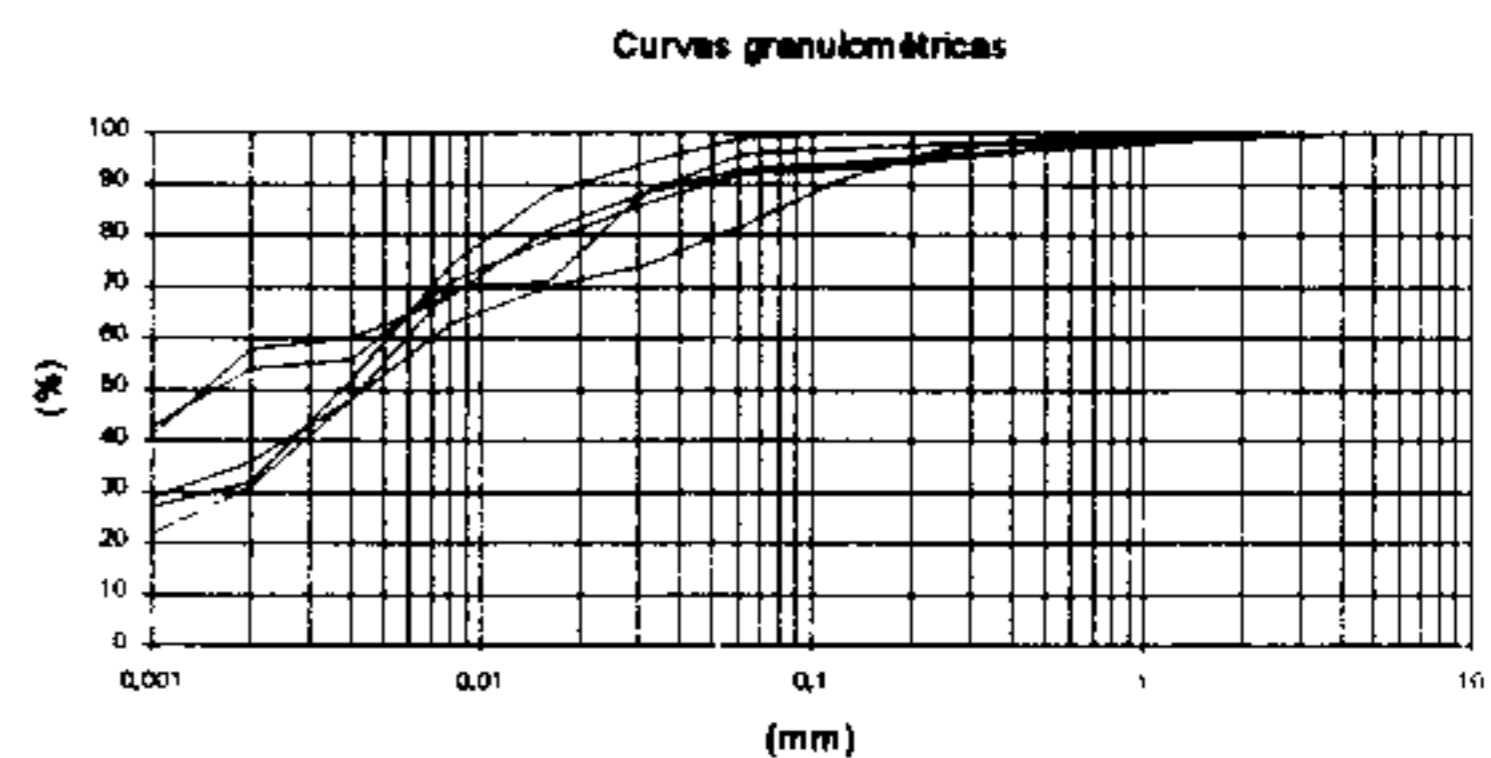


Figura 7: Solos Coluviais C2

Apresentam alta plasticidade com limites de liquidez entre 63% e 72% e índice de plasticidade entre 16% e 25%. Constituem material de alta compressibilidade, massa

específica de sólidos entre 2,53 e 2,66, porosidade muito alta (64% a 69%), permeabilidade moderada a baixa, pH entre 4,7 a 5,6 e troca de cátions (CTC) entre 6,87 e 16,78 meq/100g de solo.

O quadro 7 fornece o perfil típico desses terrenos em áreas de morfologia ondulada e substrato carbonático, com suas características de resistência até a profundidade de 18 m.

SPT	Textura	Grau de resistência	Resistência à Compressão simples (Kg/cm ²)	Prof.
3/8	Siltica argilo-siltica-arenosa	mole a média	0,25 - 10	0m
10 a 40	Silte-argiloso a argilo-siltica	média a dura	0,5 - 4,0	6m 18m

Quadro 7 - Textura e grau de resistência dos solos poligenéticos tipo C2

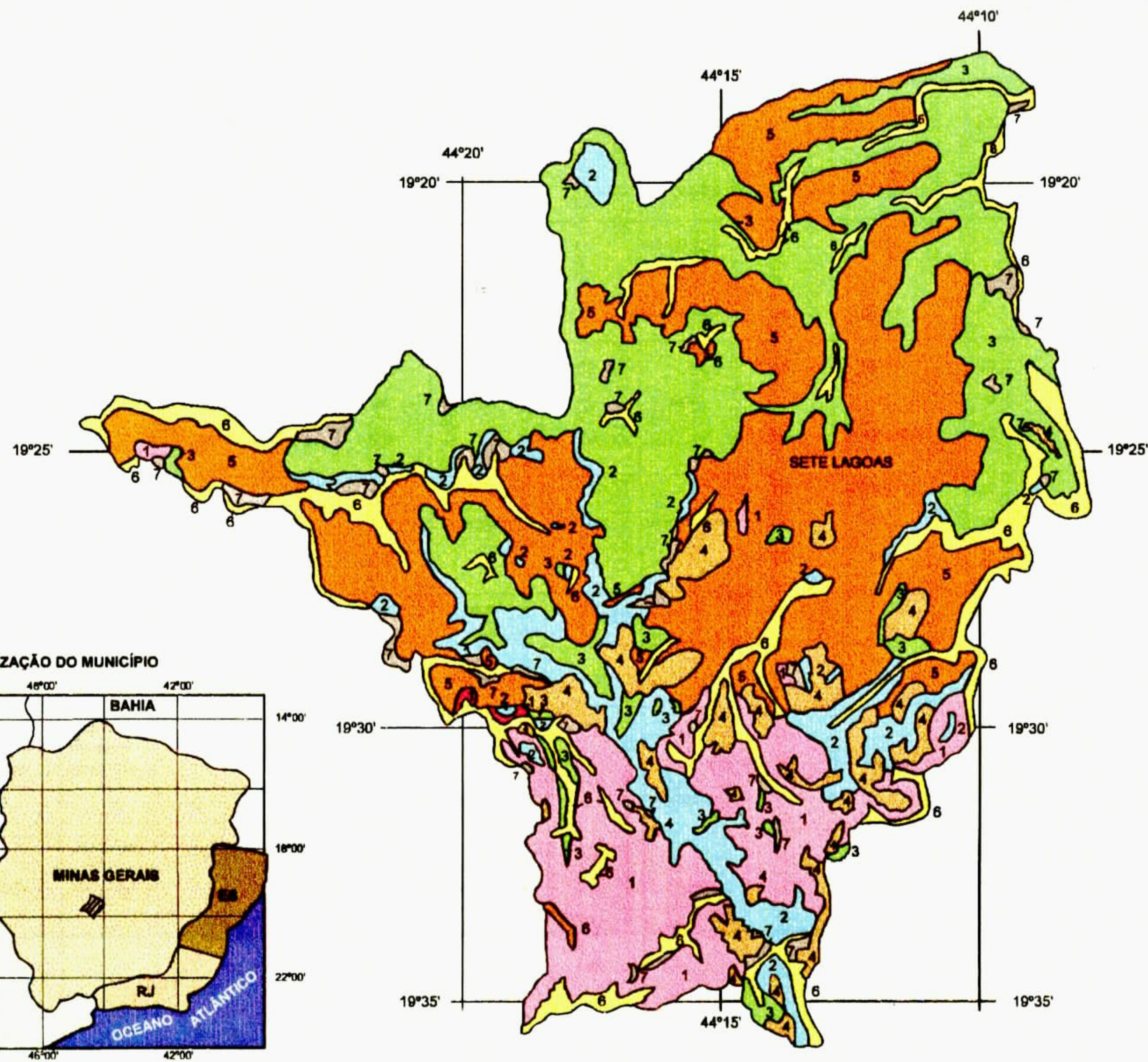
Solos de sedimentos fluviais

Reune o conjunto de sedimentos de origem fluvial representados por aluviões, terraços e

colúvios associados a esses depósitos. Em função da área de abastecimento a composição desses solos torna-se bastante heterogênea e conseqüentemente suas características geotécnicas variáveis. Nas áreas onde o substrato rochoso é composto por gnaisses e migmatitos predominam os componentes granulares (areias). Onde as áreas de abastecimento apresentam substrato de metacalcários ou metapelitos ocorre forte predominância de sedimentos pelíticos (siltes e argilas).

Solos coluviais em rampa

Engloba o conjunto de sedimentos coluvionares em forma de rampa que se desenvolvem ao longo das planícies aluviais. Constituem depósitos heterogêneos de coloração variada, mal selecionados e de dimensões diversas. Suas características geotécnicas são extremamente variáveis em função de sua composição e granulometria.



- SOLOS RESIDUAIS**
- 1** Residual de rochas gnáissicas - migm.
 - 2** Residual de calcários
 - 3** Residual de metapelitos
- DEPÓSITOS DE COBERTURA**
- 4** Complexo coluvial C₁
 - 5** Complexo coluvial C₂
 - 6** Complexo de sedimentos fluviais
 - 7** Complexo coluvial em rampa

Fig. 8 - Carta das Unidades Geotécnicas do município de Sete Lagoas

Tipo	Cor	Textura	pH	CTC meq/100 g solo	Plasticidade		Compressibilidade		Permeabilidade		Porosidade		Classificação		
					Qualif.	IP %	Qualif.	LL %	Qualif.	K (cm/seg)	Qualif.	n %	Pedológica (Horiz. B)	Unif.	HRB
CGr	Vermelha rúsea amarela	fina	5,4	1,7	moderada	7	baixa	26	moderada	10^{-4}	muito	48	Latossolos	CL	A - 4
		a	a	a		a		a		a		Cambissolos	A - 6		
		média	6,1	3,2		17		49		10^{-5}		alta	58		Podzólicos
CCr	Vermelha amarela cinza	fina	5,2	4,1	moderada	17	moderada	44	variável	10^{-2}	muito	52	Latossolos	MH	A - 7
		a muito fina	a 6,1	a 8,3		a alta		a 21		a alta		a 10^{-5}	a alta		
CPr	Amarela violácea	fina	5,3	5,0	moderada	16	moderada	42	baixa	10^{-5}	muito	57	Cambissolos	ML	A - 7
			a	a		a		a		a		a	a		
Coluvial C1	Vermelha	fina a média	5,6	2,9	moderada	12	moderada	52	alta a moderada	10^{-9}	alta	54	Latossolos	MH	A - 7
			a	a		a		a		a		a			
Coluvial C2	Vermelha amarela	fina a média	4,7	6,9	alta	16	alta	63	moderada a baixa	10^{-4}	muito	64	Latossolos	MH	A - 7
			a	a		a		a		a		a			
Ca,t	Amarela cinza	variável	5,9	1,7	variável	-	moderada a muito alta	-	baixa a alta	-	alta	-	Gley pouco húmico	-	-
			a	a		a		a		a		a			
Rc	variável	heterogênea	5,5	5,2	variável	-	moderada a alta	-	alta	10^{-2}	muito	60	Podzólicos	-	-
			a	a		a		a		a		a			
			7,8	7,3						10^{-5}		64			

Quadro 8: Classificação e valores limites dos principais parâmetros geotécnicos da caracterização das unidades inconsolidadas

ZONAS GEOTÉCNICAS DO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS

No município de Sete Lagoas foram individualizadas sete zonas geotécnicas, cada zona encerrando subzonas, de acordo com as classes de declividade de seus terrenos.

Na Carta Geotécnica de Zoneamento cada subzona é identificada simbolicamente da seguinte maneira: as subzonas correspondentes aos solos residuais são designadas por um número, que identifica a zona a que pertence e a unidade geotécnica que a compõe, seguido de uma letra que designa a classe de declividade de seus terrenos. Para identificação das subzonas correspondentes aos solos transportados, acresce-se um segundo número que identifica o substrato rochoso.

São os seguintes os números e letras que representam os componentes das diversas subzonas geotécnicas:

UNIDADES GEOTÉCNICAS

Residuais

- (1) Solos de rochas gnáissicas migmatíticas
- (2) Solos de rochas calcárias
- (3) Solos de rochas metapelíticas

Transportadas

- (4) Solos coluviais do Complexo C1
- (5) Solos coluviais do Complexo C 2
- (6) Solos do Complexo fluvial
- (7) Solos coluviais em rampa

CLASSES DE DECLIVIDADE

- (a) Declividade muito baixa (<3%)
- (b) Declividade baixa (3% a 10%)
- (c) Declividade moderada (10% a 20%)
- (d) Declividade alta (20% a 45%)
- (e) Declividade muito alta (>45%)

SUBSTRATO ROCHOSO

- (1) Rochas gnáissicas-migmatíticas.
- (2) Rochas calcárias
- (3) Rochas metapelíticas

Desse modo a subzona 2a, corresponderá a terrenos compostos por solos residuais de calcários com declividade inferior a 3%. A subzona 4b.3 identifica terrenos compostos por colúvios com declividade entre 3% e 10%, com substrato de rochas metapelíticas.

Os quadros 9 e 10 sintetizam as principais características morfo-lito-geotécnicas das zonas e subzonas que ocorrem no município de Sete Lagoas.

Zonas/Subzonas	Principais características
<p>ZONA 1</p> <p>Subzonas</p> <p>1b, 1c, 1d, 1e.</p>	<p>PADRÃO DE RELEVO: ondulado a predominantemente montanhoso composto por colinas e morros, vertentes côncavas, com amplitudes que variam de 80m a 120m. (Foto 1)</p> <p>UNIDADE GEOTÉCNICA: Solos residuais de rochas gnáissicas-migmatíticas, com moderada plasticidade, baixa compressibilidade, porosidade muito alta, permeabilidade média a baixa e capacidade de troca de cátions reduzida. Horizonte B, latossolos vermelho-escuro e cambissolos (Foto 7).</p> <p>SUBSTRATO ROCHOSO: gnaisses à hornblenda, biotita-gnaisses, diopsídio-gnaisses, granitóides e migmatitos. Localmente intrusões de gabros, noritos e diabásios.</p>
<p>ZONA 2</p> <p>Subzonas</p> <p>2a, 2b, 2c, 2d, 2e</p>	<p>PADRÃO DE RELEVO: Ondulado a montanhoso composto por colinas e morros com amplitudes que variam de 60m a 180m, com predominância de vertentes côncavas. Trechos com vertentes litólicas de alta declividade e depressões cársticas isoladas. (Foto 2)</p> <p>UNIDADE GEOTÉCNICA: Solos residuais de rochas calcárias, com plasticidade moderada a alta, porosidade muito alta e permeabilidade variável. Compressibilidade média a alta e moderada capacidade de troca de cátions. Horizonte B, latossolos vermelho-escuro e podzólico vermelho-amarelado.</p> <p>SUBSTRATO ROCHOSO: metacalcissiltitos e metacalcarenitos.</p>
<p>ZONA 3</p> <p>Subzonas</p> <p>3a, 3b, 3c, 3d, 3e</p>	<p>PADRÃO DE RELEVO: ondulado a predominantemente montanhoso composto por colinas, morros e serras com amplitudes que variam de 80m a 240m. Apresentam topos arredondados e vertentes côncavo-convexas, ravinadas, compondo vales encaixados. (Foto 3)</p> <p>UNIDADE GEOTÉCNICA: Solos residuais de rochas metapelíticas com moderada plasticidade, permeabilidade baixa, porosidade alta, compressibilidade moderada e capacidade de troca de cátions baixa a moderada. Horizonte B, cambissolos e litólico.</p> <p>SUBSTRATO ROCHOSO: metassiltitos, localmente metarígilitos.</p>
<p>Quadro 9 - Principais características dos solos residuais constituintes das zonas e subzonas geotécnicas do município de Sete Lagoas.</p>	

Zonas/Subzona	Principais características
<p>ZONA 4</p> <p>Subzonas</p> <p>4a.1, 4a.2, 4a.3,</p> <p>4b.1, 4b.2, 4b.3,</p> <p>4c.1, 4c.2, 4c.3.</p>	<p>PADRÃO DE RELEVO: Plano a suavemente ondulado compondo restos de chapadas. Bordas de chapada com vertentes abruptas de alta a muito alta declividade. Superfícies em altitude média de 850m.</p> <p>UNIDADE GEOTÉCNICA: Solos transportados, predominantemente coluviais com plasticidade e compressibilidade moderadas, porosidade muito alta, permeabilidade moderada a alta e capacidade de troca de cátions baixa. Horizonte B, latossolos vermelho escuro.</p> <p>SUBSTRATO ROCHOSO: metacalcissiltitos, metacalcarenitos, metassiltitos e mais raramente gnaisses e migmatitos.</p>
<p>ZONA 5</p> <p>Subzonas</p> <p>5a.1, 5a.2, 5a.3,</p> <p>5b.1, 5b.2, 5b.3,</p> <p>5c.1, 5c.2, 5c.3.</p>	<p>PADRÃO DE RELEVO: Plano a ondulado compondo superfícies onduladas e colinas baixas com vertentes suaves. Superfícies em altitude média de 750m. (Fotos 4, 8 e 9)</p> <p>UNIDADE GEOTÉCNICA: Solos transportados poligenéticos, predominantemente coluviais, com alta plasticidade e compressibilidade, muito alta porosidade, moderada a baixa permeabilidade e capacidade de troca de cátions moderada. Horizonte B, latossolos vermelho escuro.</p> <p>SUBSTRATO ROCHOSO: metacalcissiltitos, metacalcarenitos, metapelitos e mais raramente gnaisses e migmatitos.</p>
<p>ZONA 6</p> <p>Subzonas</p> <p>6a.1, 6a.2, 6a.3.</p>	<p>PADRÃO DE RELEVO: Plano com declividade inferior a 3%. (Foto 6)</p> <p>UNIDADE GEOTÉCNICA: Solos de aluviões, terraços e aluviões com colúvios associados. Características geotécnicas extremamente variáveis.</p> <p>Horizonte B, gley pouco úmico.</p> <p>SUBSTRATO ROCHOSO: gnaisses, migmatitos, granitóides, calcários e metapelitos.</p>
<p>ZONA 7</p> <p>Subzonas</p> <p>7a.1, 7a.2, 7a.3,</p> <p>7b.1, 7b.2, 7b.3,</p> <p>7c.1, 7c.2, 7c.3,</p> <p>7d.1, 7d.2, 7d.3,</p> <p>7e.1, 7e.2, 7e.3.</p>	<p>PADRÃO DE RELEVO: Plano a montanhoso, vertentes côncavas.</p> <p>UNIDADE GEOTÉCNICA: Solos heterogêneos, alta porosidade e permeabilidade, baixa resistência.</p> <p>UNIDADE GEOTÉCNICA: gnaisses, migmatitos, granitóides, calcários e metapelitos.</p>
<p>Quadro 10 - Principais características dos solos transportados constituintes das zonas e subzonas geotécnicas do município de Sete Lagoas.</p>	

APTIDÃO DOS TERRENOS

A ocupação planejada dos terrenos de um município envolve o conhecimento de suas características topográficas, geológicas e geotécnicas. Cada modalidade de ocupação apresenta especificações restritivas, relacionadas com a otimização do uso da terra e com as condições de proteção do meio físico. Essas especificações estão relacionadas as características das diferentes zonas geotécnicas e balizam os critérios para análise de aptidão dos terrenos desse município.

Como os limites das zonas e subzonas geotécnicas baseiam-se em critérios morfo-lito-geotécnicos, poderão ocorrer em trechos dessas áreas outros fatores limitativos que somente a prospecção detalhada evidenciará.

Na análise de aptidão para assentamento urbano os terrenos do município de Sete Lagoas são agrupados em classes de adequabilidade de acordo com o tipo e número de atributos favoráveis ou desfavoráveis.

O quadro 11 baseia-se em trabalhos de Zuquette (1987) e SHDU/IPT (1990), fornecendo a relação de atributos fundamentais e secundários que definem critérios para conceituação dessas classes.

ASSENTAMENTO URBANO

As especificações limitativas ao estudo do parcelamento do solo, tem a finalidade de minimizar a ocorrência de problemas relacionados à erosão acelerada,

deslocamento de massas, assoreamento, abatimento de terrenos, enchentes e aqueles ligados a poluição de fontes naturais, cursos d'água e proteção de áreas de recarga de aquíferos.

A Carta de Aptidão categoriza os terrenos do município de Sete Lagoas em três classes de adequabilidade: *adequadas*, *adequadas com restrições* e *inadequadas*.

As áreas consideradas adequadas, correspondem a porções de terreno das subzonas 1b, 1c, 3a, 3b, 4a.1, 4b.1, 4a.3, 4b.3, 5a.1, 5b.1, 5a.3 e 5b.3, permitindo a implantação de parcelamentos com alta densidade populacional.

Onde a declividade dos terrenos ultrapassa 8%, toma-se necessário cuidados especiais com a drenagem superficial das vias públicas e dos lotes, que deve ser implantada simultaneamente à execução do parcelamento, através da construção de canaletas, bocas de lobo e caixas de dissipação e transição. Sempre que possível é conveniente prever a proteção superficial dessas vias promovendo sua compactação e cascalhamento ou pavimentação definitiva.

Nas áreas mal drenadas ou naquelas em que o nível freático encontra-se a baixas profundidades não devem ser construídas fossas ou sumidouros, recomendando-se a canalização dos resíduos líquidos urbanos.

As vertentes que abrigam fontes ou cabeceiras de drenagem importantes devem ser preservadas e suas imediações reservadas para utilizações não agressivas.

OCUPAÇÃO ATRIBUTO	DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	ASSENTAMENTO URBANO
Declividade	O	O
Tipo de Substrato Rochoso	O	X
Textura do material inconsolidado	X	-
Espessura do material inconsolidado	O	O
Profundidade do lençol freático	O	X
Permeabilidade	X	-
Compressibilidade	X	X
Expansibilidade	X	
Resistência	X	X
pH	X	-
Capacidade de troca de cátions	X	-
Área de recarga de aquífero	O	O
Dist. de fontes e cabeceiras de drenagem	O	X
Dist. de centros urbanos e zonas industriais	O	-
Direção de ventos	X	-
Movimentos de massa	X	O
Abatimentos dos terrenos	O	X
ATRIBUTO FUNDAMENTAL O	ATRIBUTO SECUNDÁRIO X	

Fontes: Zuquette (1987), IPT/SHDU (1990), modificados.

Quadro 11 - Atributos fundamentais e secundários para classificação da aptidão dos terrenos para assentamento urbano e disposição de resíduos urbanos.

As áreas consideradas *adequadas com restrições*, correspondem a porções de terreno das subzonas 2a, 2b, 2c, 3c, 4a.2, 4b.2, 5a.2, 5b.2, 6a.1, 6a.3, 7a.1, 7a.3, 7a.2, 7b.2, 7b.1 e 7b.3, exigindo estudos detalhados para análise da densidade de parcelamento.

Nos terrenos com declividade superior a 12%, deve ser evitada a ocupação

intensa, preservando-se ao máximo suas características morfológicas originais e limitando-se à execução de cortes e aterros. Os projetos de parcelamento deverão prever amuamentos segundo curvas de nível.

As áreas que possuem substrato de rochas calcárias requerem estudos detalhados com relação a presença de cavidades e bolsões de materiais inconsistentes em

subsuperfície. Devem ser estabelecidos projetos rígidos de drenagem e saneamento, a fim de evitar infiltrações indesejáveis face a possibilidade de aceleração dos processos de dissolução das rochas cársticas e a contaminação do aquífero subjacente.

Terrênos que compõem planícies fluviais em substrato de rochas estáveis, embora problemáticas, poderão ser ocupadas após a realização de estudos geotécnicos específicos e detalhados.

As regiões consideradas *inadequadas*, pela declividade de seus terrenos, pela alta propensão à instalação de processos erosivos e de movimentação de massas ou por constituírem áreas de recarga de alta permeabilidade do aquífero cárstico, correspondendo as subzonas 1d, 1e, 2d, 2e, 3d, 3e, 6a.2, 7c.1, 7d.1, 7e.1, 7c.2, 7d.2, 7e.2, 7c.3, 7d.3 e 7e.3, devem ser utilizadas para ocupações não agressivas ou serem preservadas de acordo com as leis de proteção ao meio ambiente

DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A crescente produção de lixo urbano constitui uma das principais formas de degradação do meio ambiente. Por se tratar de uma solução das mais simples, econômica e geralmente eficiente, a disposição desses rejeitos através de aterro sanitário, vem tornando-se uma prática bastante difundida.

Segundo a NBR-8419 (ABNT, 1984), "aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos consiste na técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos a saúde pública e a segurança, minimizando os impactos ambientais, método

que utiliza os princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos a menor área possível e a reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou a intervalos menores, se necessário".

O aterro sanitário é muitas vezes confundido com os conhecidos "lixões", depósitos de lixo construídos sem critérios técnicos e condenados sob o ponto de vista sanitário. De acordo com Schalch *et al.* (1992), nessas acumulações os componentes orgânicos do lixo sofrem decomposição bacteriana e a umidade que se desprende arrasta substâncias tóxicas e de odor desagradável, formando o "chorume". Em períodos chuvosos a água infiltrada lixivia o chorume em percolação descendente, ocasionando o arraste de substâncias nocivas que irão contaminar os solos e as águas de superfície e de subsuperfície.

De acordo com os atributos citados no quadro 11, visando a seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos urbanos, no município de Sete Lagoas foram consideradas adequadas, porções de terreno correspondentes as subzonas 1b, 1c, 3b, 3c, 5b.1, e 5b.3.

No estudo de detalhe para a escolha do local de implantação de um aterro sanitário deve ser levado em consideração: sua localização, acesso, características geológicas-geotécnicas dos solos e declividade dos terrenos.

Os aterros sanitários devem situar-se em locais distanciados de aglomerados urbanos e distritos industriais e contra a direção dos ventos predominantes. O local

deve dispor de boa rodovia de acesso, permitindo o tráfego permanente de caminhões.

As áreas previamente selecionadas para os estudos de detalhe devem apresentar valores de declividade entre 5% a 12%, embora sejam aceitáveis terrenos com declividade de até 20%. Esses terrenos requererão maior volume de serviços de terraplanagem, drenagem e contensão, para coloca-los em condições adequadas.

Segundo Zuquette (1987), os locais a serem estudados, deverão situar-se a mais de 300m de fontes de água e cabeceiras de drenagem importantes e não constituem áreas de recarga de aquíferos. A profundidade do nível freático dos terrenos deve ser pesquisada e sua altura atingir no máximo

8m. O substrato rochoso deve situar-se a uma profundidade mínima de 15m e não ser constituído por rochas com alto grau de fraturamento ou rochas carbonáticas.

Para que ocorra uma relativa depuração do chorume, os solos deverão apresentar perfil homogêneo e porosidade e permeabilidade adequada ($10^{-3} < K < 10^{-5}$ cm/s). A capacidade de troca de cations deve ser superior a 5 meq/100g de solo e o valor do pH oscilar entre 5 e 6.

Finalmente cabe considerar o impacto visual que um aterro sanitário causa à paisagem regional, fato que merece ser analisado cuidadosamente quando da prospecção e seleção do local definitivo de sua implantação.

POTENCIAL DE RISCO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

O conceito de risco geológico de uma área envolve todo processo, situação ou ocorrência, natural ou induzida, relacionados ao meio físico e que possam resultar em dano econômico ou social para a comunidade.

Ao analisar-se os riscos geológico-geotécnicos, são apontados critérios de previsão baseados no padrão de relevo dos terrenos e nas características dos solos e das rochas. São abordadas embora sucintamente, sugestões de medidas de prevenção, visando minimizar a atuação dos processos destrutivos.

Por sua relativa importância, no município de Sete Lagoas merecem análise os processos de erosão acelerada, escorregamentos e abatimentos.

EROSÃO ACELERADA

A erosão é um processo natural de modelamento do relevo, que atua de forma lenta e gradual. A erosão acelerada difere da erosão natural por tratar-se de um processo rápido de destruição do solo (CETEC, 1992a).

A remoção da camada de solo pela ação do escoamento superficial difuso é conhecida como erosão laminar ou em lençol,

sendo tanto mais acelerada quanto mais desprotegido estiver o terreno.

No município de Sete Lagoas essa modalidade de erosão é observada predominantemente nos solos residuais de rochas metapelíticas, subzonas 3c, 3d e 3e, gerando uma morfologia arredondada observada nos topos dos morros e serras. Sua ocorrência é ainda identificada nas superfícies onduladas compostas por material coluvial, subzonas 5b.2 e 5b.3, onde os terrenos sofreram intenso desmatamento para formação de pastos.

A principal ação da erosão laminar reside na retirada da camada superficial dos terrenos, tornando-os pobres para o uso agrícola, abrindo caminho para a instalação de sulcos profundos e remoção de material que irá provocar o assoreamento dos vales fluviais e a turbidez das águas de córregos e mananciais.

Os solos que sofreram intensa erosão laminar ou aqueles desprotegidos que compõem as encostas de maior declividade, estão sujeitos a um tipo de erosão vertical, resultante do escoamento superficial concentrado. Nesse caso, podem ser gerados sulcos profundos que tem origem no trecho superior das vertentes.

Formam-se inicialmente as regueiras que se apresentam como canais pouco profundos formados a partir de qualquer incisão natural ou artificial do terreno. Quando interceptam o lençol freático evoluem em direção às cabeceiras, com o desmoronamento das bordas da incisão, passando a constituir as voçorocas, que representam a manifestação mais grave da erosão acelerada. (Foto 10).

Na evolução das voçorocas ocorrem grandes deslocamentos de massa, gerando conseqüências danosas pelo assoreamento dos cursos d'água, destruição de leitos de estradas, construções urbanas e redução de áreas agricultáveis.

Os terrenos de maior propensão a esse tipo de erosão são aqueles formados por solos residuais de gnaisses e migmatitos, subzonas 1d e 1e, e os sedimentos coluviais C2, subzona 5b.3, onde os sulcos adquirem uma feição linear.

A atenuação ou mesmo estabilização dos efeitos dessa erosão ocorre pela reposição de uma cobertura vegetal adequada e pela adoção de sistemas de drenagem de proteção. Sua instalação pode ser evitada pela conservação da cobertura vegetal nativa, pela ocupação racional dessas áreas, através de usos que não permitam a abertura de incisões nos terrenos inclinados ou a concentração das drenagens naturais dos solos desprotegidos. Especial atenção deve ser dada as áreas compostas pelas zonas citadas, principalmente nas encostas de maior declividade.

ESCORREGAMENTOS

São movimentos de massa originados pela infiltração acentuada das águas pluviais, provocando o aumento do grau de saturação dos terrenos. No desbarrancamento há o trabalho de solapamento da base do terreno pelo escoamento concentrado.

Via de regra esses fenômenos têm origem em atividades antrópicas, alterando o sentido da drenagem natural ou retirando através de escavações as bases de sustentação de terrenos inclinados.

Face aos mergulhos geralmente suaves das rochas regionais, as poucas ocorrências de escorregamentos observadas são de pequeno porte, atingindo apenas formações inconsolidadas.

As áreas de maior potencial de ocorrência situam-se nos seguintes terrenos:

- Terrenos em rampa de colúvio, em vertentes de maior declividade (zona 7).
- Mantos de alteração de rochas metapelíticas contendo estruturas herdadas, subzonas 3c, 3d e 3e. (Fotos 12 e 13)
- Solos residuais das rochas gnáissicas-migmatíticas, em vertentes convexas e retílineas, subzonas 1c, 1d e 1e.
- Terrenos coluviais das bordas das superfícies onduladas da zona 4.

ABATIMENTOS

Embora sejam conhecidas as características de dissolução das rochas carbonáticas e o relativo perigo que esse fato representa para qualquer tipo de edificação

assentada sobre essas rochas, seu índice de risco natural é relativamente baixo. Entretanto, quando as condições naturais são conturbadas por atividades antrópicas, esse índice pode se multiplicar várias vezes e o número de incidência de acidentes aumentar drasticamente.

Face a esse aumento do grau de risco, provocado por alterações ambientais, há necessidade de estudos criteriosos ao se planejarem programas de desenvolvimento urbano e industrial em áreas onde o substrato seja constituído por essa classe de rocha.

Mesmo que a região disponha de coberturas com espessuras apreciáveis sobre os calcários, os colapsos podem comprometer a estabilidade desses mantos inconsolidados.

A ocorrência de abatimentos na região urbana de Sete Lagoas, nos bairros Santa Luzia em 1988 e São Geraldo em 1991, embora de pequenas proporções e sem resultados catastróficos, chamou a atenção das autoridades municipais e estaduais no sentido de investigar esses incidentes. Registros de abatimentos em outros locais da área cárstica não mereceram maior atenção por situarem-se fora da área urbana ou não trazerem conseqüências de danos materiais.

O substrato rochoso de grande parte da cidade de Sete Lagoas é constituído por metacalcissilitos, capeados por solos residuais de metapelitos e/ou colúvios C2. As áreas de ocorrência dos abatimentos citados situam-se sobre esse substrato rochoso.

Estudos acompanhados de levantamento geofísico e sondagens rotativas testemunhadas, foram realizados pelo CETEC (1987) na área de abatimento do bairro

Santa Luzia, em Sete Lagoas.

Durante as atividades de campo do Projeto VIDA esses locais mereceram especial atenção, tendo sido realizadas vistorias em áreas e residências afetadas, estudos geológicos, geotécnicos e geofísicos, visando definir um modelo evolutivo para esses abatimentos e a delimitação de zonas de maior potencial de risco.

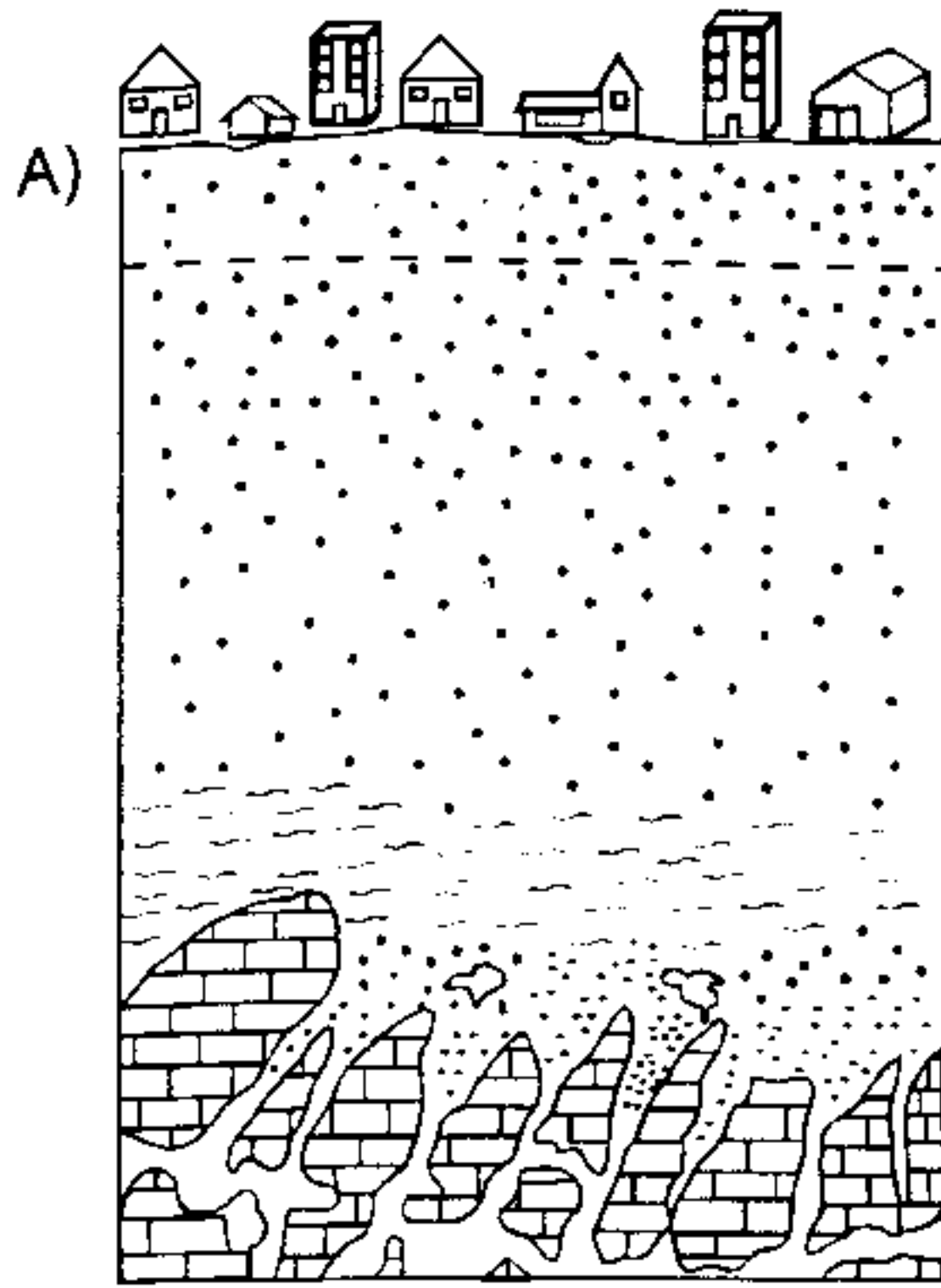
Essas investigações associadas à análise de cerca de 50 perfis de poços tubulares forneceram elementos que permitiram elaborar as seguintes considerações:

- A totalidade das áreas afetadas apresentam substrato de rochas metacalcissiliticas;
- Os abatimentos estão aparentemente relacionados a sistemas de fraturas de direções N10W a N30E (Tuller *et al.*, 1993); que tiveram maior importância na fase inicial de carstificação;
- Apresentam uma cobertura de material inconsolidado constituída por solos coluvial C2 e/ou residuais de metapelitos, com espessuras raramente inferior a 30 metros, trapeando o aquífero cárstico subjacente;
- Em alguns locais, as rochas gnáissicas-migmatíticas encontram-se em posição mais elevada, sugerindo a ocorrência de carstificação direcionada pelo contato calcário-gnaisse, gerando cavidades de grande extensão lateral e, conseqüentemente, com tetos instáveis;
- As variações das condições hidrodinâmicas do aquífero cárstico tem relação direta com a origem e desenvolvimento dos abatimentos;
- O processo de abatimento desenvolve-se de baixo para cima com a migração do material inconsolidado sobrejacente para os dutos e cavidades dos calcários do substrato, conforme ilustração da figura 9

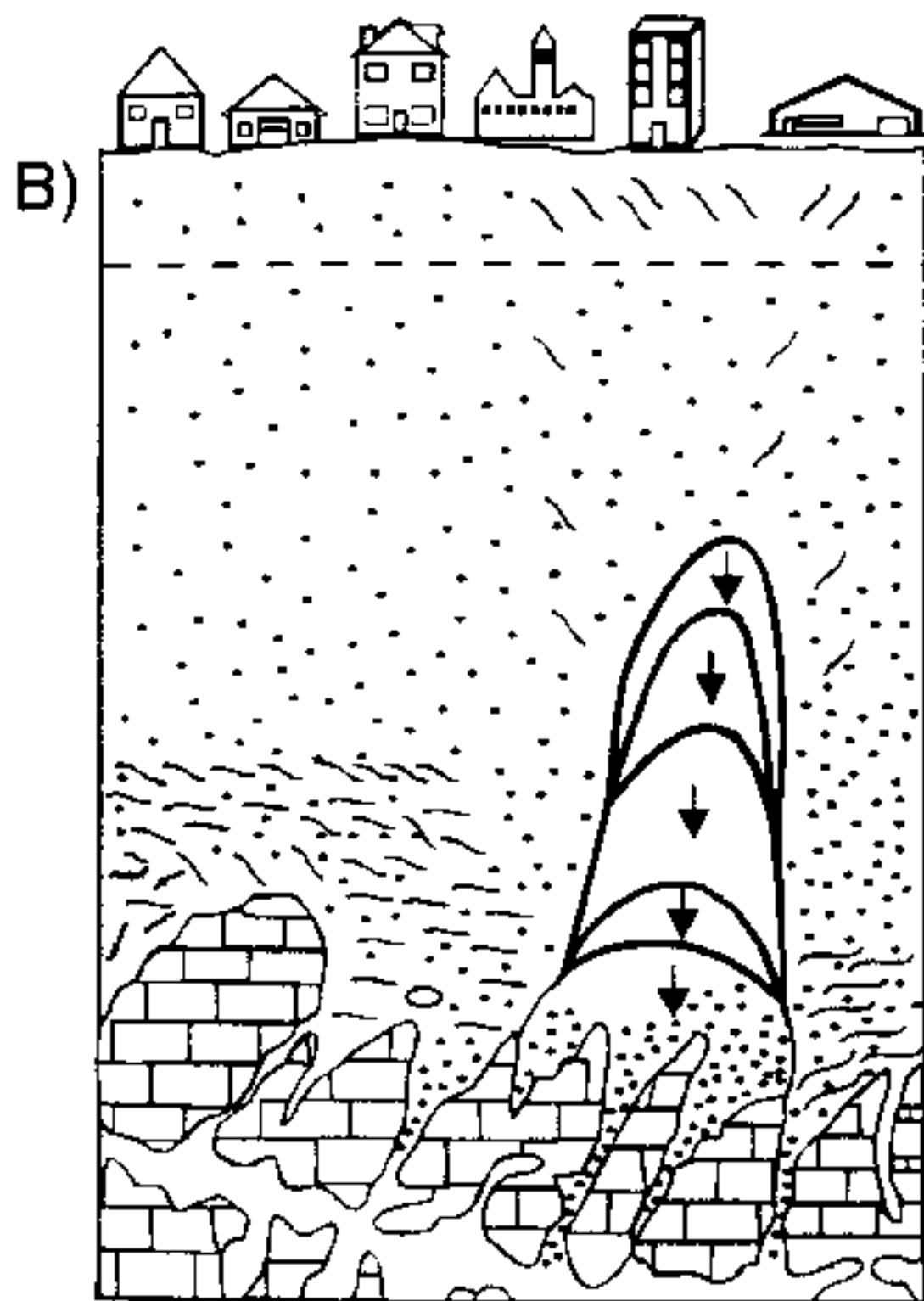
e foto 11.

- Sugere-se que as áreas afetadas pelos abatimentos, sejam periodicamente monitoradas, não só através do controle dos efeitos desses fenômenos sobre edificações e pavimentos, mas pela instalação de piezômetros de controle das condições hidrodinâmicas do aquífero cárstico.

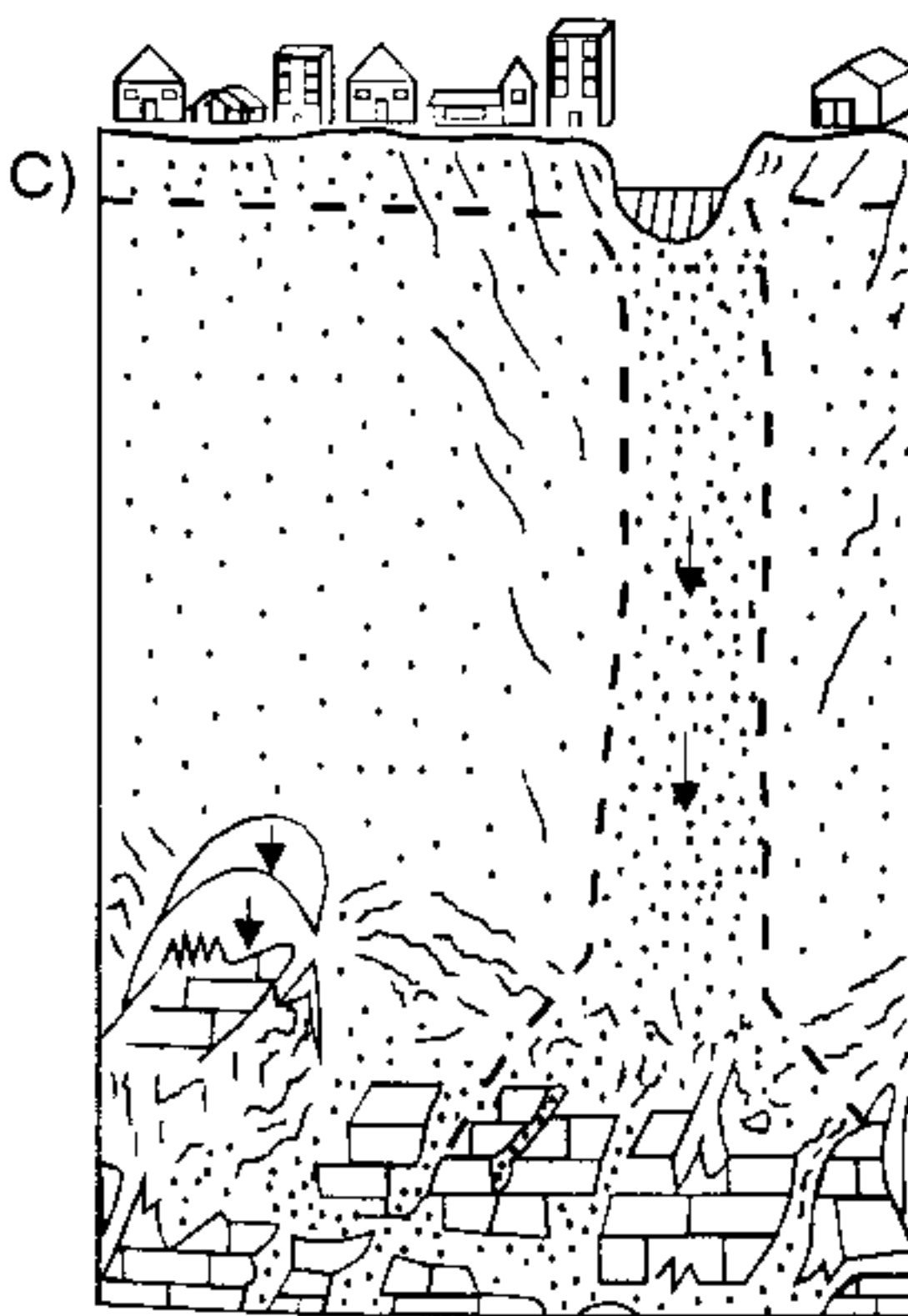
- Deve ser evitada a execução de obras paleativas que possam mascarar os efeitos da progressão dos abatimentos, propiciando uma falsa impressão de segurança a comunidade e, conseqüentemente, aumentando os riscos de acidentes de maiores proporções.



A) Condições iniciais: material inconsolidado recobre o substrato de calcário carstificado. Aquífero cárstico confinado, com nível estático estabilizado ou em elevação. Aquífero livre próximo a superfície.

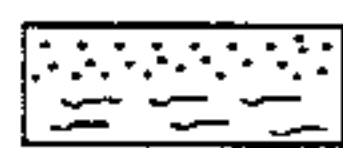


B) Dutos cársticos anteriormente assoreados são desobstruídos. Fenômenos de dissolução tornam-se acelerados pela menor saturação das águas subterrâneas. Rebaixamento do nível estático do aquífero cárstico, por bombeamento ou menor reabastecimento do aquífero, provoca o fluxo de material inconsolidado para o interior dos dutos do substrato, originando abóbadas progressivas no material inconsolidado. Ocorre o abatimento do teto dessas abóbadas.



C) O fenômeno transmite-se verticalmente com a formação de abatimentos na superfície, rachaduras e trincas no solo e a progradação lateral da cavidade por desbarrancamento, provocado pelas águas do aquífero livre.

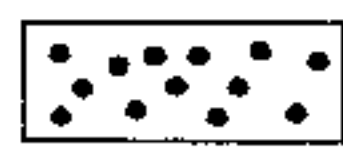
LEGENDA



Cobertura inconsolidada



Rocha calcária com cavidades



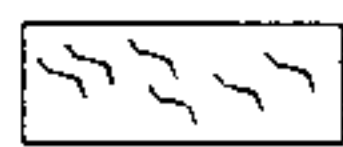
Resíduos de dissolução



Avanço do teto das cavidades em solo



Movimento descendente do solo



Rachaduras e fendas no solo.

Figura 9 - Processo de origem e desenvolvimento dos abatimentos da cidade de Sete Lagoas. (Adaptação do modelo de Cajamar. Prandini et al. 1990)

QUANTIFICAÇÃO DOS TERMOS QUALITATIVOS UTILIZADOS

- **Textura (IEAG)**

Limites tam.(mm)	Terminologia
Maior que 6,0	Granulometria muito grossa
6,0 - 2,0	Granulometria grossa
2,0 - 0,06	Granulometria média
Menor que 0,06	Granulometria fina

- **Porosidade (IEAG)**

Porosidade	Terminologia
menor que 1	muito alta
1 a 7	alta
7 a 17	média
17 a 35	baixa
maior que 35	muito baixa

- **Permeabilidade (IEAG)**

K(cm/seg)	Terminologia
maior 10^{-2}	muito alta
10^{-2} a 10^{-4}	alta
10^{-4} a 10^{-5}	moderada
10^{-5} a 10^{-7}	baixa
10^{-7} a 10^{-9}	muito baixa
menor que 10^{-9}	impermeável

- **Plasticidade**

Ind. de Plast. (%)	Terminologia
menor que 1	não plástico
1 a 7	- fracamente plástico
7 a 17	- moderadamente plástico
17 a 35	altamente plástico
maior que 35	extremamente plástico (argilas gordas)

- Resistência (ABMS)

Material	Ind. Resist. Penetração (SPT)	Designação
areias e siltes arenosos	≤ 4	fofa
	5 - 10	pouco compacto
	11 - 30	medianamente compacto
		compacto
		muito compacto
argila e siltes argilosos	≤ 2	muito mole
	3 - 4	mole
	5 - 8	média
	9 - 15	rija
	16 - 30	muito rija
	>30	duro

Fonte: Lima, 1983.

SIGLAS UTILIZADAS

ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia

ABMS - Associação Brasileira de Mecânica dos Solos

CETEC - Fundação Centro Tecnológico Minas Gerais

COPAER - Comissão de Coordenação do Projeto do Aeroporto de Belo Horizonte.

DER/MG - Departamento de Estradas de

Rodagem do Estado de Minas Gerais.

IEAG - International Association of Engineering Geology

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

RFFSA - Rede Ferroviária Federal S/A

SHDU - Secretária de Estado da Habitação e Desenvolvimento Urbano do Estado de São Paulo.

BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Rio de Janeiro. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - NBR 8419. RJ: ABNT, 1984. 9p.
- BEATO A.C, PESSOA, P.F. Cadastro dos pontos d'água. Rel. interno. CPRM. 1991.
- CETEC/CPRM. Estudos ambientais da região cárstica de Lagoa Santa - Sete Lagoas, MG. Caracterização geomorfológica. Rel. inédito. 1992a.
- CETEC/CPRM. Estudos ambientais da região cárstica de Lagoa Santa - Sete Lagoas, MG - Caracterização pedológica. Rel. inédito. 1992b.
- CETEC/PLAMBEL. Estudos da dinâmica dos recursos hídricos da região cárstica dos municípios de Lagoa Santa, Pedro Leopoldo e Matozinhos. Relatório Técnico. Belo Horizonte, 1987.
- CPRM/METROPLAN. Informações básicas para gestão territorial. Município de Estância Velha, Porto Alegre, RS. Porto Alegre. 1994.
- CABRAL, J.A.L. Cartografia de Planejamento. Faixa Sete Lagoas-Lagoa Santa. MG. Belo Horizonte CPRM/ Projeto Vida. 1995.
- GOMES COELHO, A.N.L. A CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA NO PLANEJAMENTO REGIONAL E URBANO. Tese para concurso LNEC. 1980.
- DREW, D. Karst process and landforms. Mc Millan Education Ltda. London. 1985.
- LIMA, M.J. P. de. Prospecção geotécnica do sub-solo. Rio de Janeiro. LTC, 99p. 1983.
- PRADINI, F. A.; NAKAZAWA, V. A., SANTOS, A. R. , DANTAS, A. M. A. Evolução de cavidades em carst coberto - Contribuição da geologia de engenharia. I SIMP. LAT. AMER. SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO. SP. Maio, ABGE. 1990.
- RODRIGUES, F. A. et al. Mapa de declividade do município de Sete Lagoas (MG). Inédito. 1994
- SCHALCH, V. et al. Aterro sanitário: considerações sobre escolha do sítio, projeto, implantação, operação e monitoramento. 7º CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Bol. 1992.
- SHDU/IPT. Guia de utilização. Carta de aptidão física ao assentamento urbano. 1:50.000. São Paulo. 1990
- TAN, B.K. Some geotechnical aspects of urban development over limestone terrain in Malaysia. Bull 35 IAEG, 57/63.
- TULLER, M.P, RIBEIRO, J.H., DANDERFER, A. Relatório Preliminar de Geologia. CPRM/Projeto Vida. Inédito. 1993.

ZUQUETTE, L.V. ANÁLISE CRÍTICA DA
CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA -
PROPOSTA METODOLÓGICA PARA
CONDIÇÕES BRASILEIRAS. Tese de
Doutorado. Vol. I, II, III. Universidade São

Carlos/USP. Escola de Engenharia. 1987.

WHITE, W.B. Geomorphology and hydrology
of karst terrains. Oxford university press.
New York. 1988.

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

PADRÃO DE RELEVO DAS ZONAS E SUBZONAS GEOTÉCNICAS



Foto 1: Zona 1, subzonas 1d e 1e. Relevo montanhoso representado por colinas e morros, vertentes côncavas com alta a muito alta declividade, compostas por solos residuais de rochas gnáissicas-migmatíticas. Região de Morro Redondo.



Foto 2: Zona 2, subzonas 2b e 2c. Relevo ondulado a colinoso, vertentes convexas com baixa a moderada declividade, compostas por solos residuais de calcário. Lagoa das Pedras. Região de Fazenda Velha.



Foto 3: Zona 3, subzonas 3d e 3e. Relevo montanhoso constituído por morros alongados com topos arredondados, vertentes côncavo-convexas de alta a muito alta declividade, ravinadas, compostas por solos residuais de metapelitos, protegidos por camada detrítica. Contraforte da Serra de Santa Helena.



Foto 4: Zona 5, subzona 5b.2. Topografia plana a suavemente ondulada, consituindo parte do carste coberto da cidade de Sete Lagoas, representado por materiais poligenéticos, predominantemente coluviais. Zona sul da cidade.



Foto 5: Exposição rochosa. Geofoma característica das exposições de calcário com vertentes escarpadas e vegetação típica (mata seca). Ind. de cimento e cal Sete Lagoas Ltda. Rodovia Inhaúma-Sete Lagoas, km 56.



Foto 6: Zona 6, subzona 6a.2. Planície aluvionar do Ribeirão São João, composta por sedimentos predominantemente siltico-argilosos. Ao fundo, Morro do Cabeludo, elevação característica da região, composta por calcários.

ASPECTOS DOS SOLOS DAS UNIDADES GEOTÉCNICAS



Foto 7: Unidade 1. Solos residuais de rochas gnáissicas-migmatíticas, coloração rósea, textura silte-argilo-arenosa, contendo evidências da estrutura original da rocha. Em cortes apresenta alta propensão a erosão através de sulcos verticais. Rodovia Inhaúma-Sete Lagoas, km 54.



Foto 8: Unidade 5/Unidade 1-Solos síltico-argilosos de origem coluvionar, coloração vermelho escuro, recobrendo paleo-depressões dos solos residuais de gnaisses. Observa-se o diferente comportamento frente aos processos erosivos dos dois materiais. Corte da rodovia perimetral da cidade de Sete Lagoas.



Foto 9: Unidade 5/Unidade 3-Solos coluviais vermelho escuro preenchendo paleodepressões dos solos residuais de metapelitos, geralmente mais susceptíveis aos efeitos da erosão. Corte da RFFSA, viaduto da MG 238.

RISCO GEOLÓGICO



Foto 10: Erosão acelerada. Voçoroca em solo residual de rochas gnáissicas-migmatíticas (Unidade 1). O processo teve início pela retirada de cascalho para cobertura do leito da estrada. Rodovia BR-040/Morro Redondo.



Foto 11: Abatimento. Exposição de calcário exibindo o preenchimento das cavidades de dissolução da rocha por material argilo-siltico da cobertura (Unidades 2 e 4). MG-424.



Foto 12: Escorregamentos. Cicatrizes de escorregamentos estabilizadas, características das vertentes de alta declividade compostas por solos residuais de rochas metapelíticas, próximo ao contato com os calcários subjacentes. Região de Imbiruçu.



Foto 13: Escorregamento. Em vertentes de alta declividade compostas por solo residual de metapelitos (subzona 3e). Em primeiro plano, proteção realizada através de gabião. Estrada de acesso a Serra de Sta. Helena.

AMOSTRAGEM



Foto 14: Prospecção geo técnica. Amostragem de solo através de trado mecânico.

INFORMAÇÕES BÁSICAS PARA GESTÃO E ADMINISTRAÇÃO TERRITORIAL – GATE

Objetivam a criação de produtos relacionados ao meio físico e à gestão ambiental, destinados a subsidiar tecnicamente as decisões dos planejadores e administradores dos diversos tipos de espaços geográficos do território nacional.

As publicações decorrentes dessa linha de atuação da CPRM apontam contribuições das mais diversas áreas do conhecimento ao interesse da ocupação e aproveitamento do meio ambiente, respeitado o condicionamento do meio físico.

Nesse contexto, as publicações foram agrupadas consoante os temas a seguir discriminados:

SÉRIE CARTAS TEMÁTICAS
SÉRIE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL
SÉRIE DOCUMENTAÇÃO
SÉRIE ORDENAMENTO TERRITORIAL
SÉRIE PUBLICAÇÕES ESPECIAIS
SÉRIE RECURSOS HÍDRICOS
SÉRIE RECURSOS MINERAIS

SÉRIE CARTAS TEMÁTICAS

Superintendência Regional de Belo Horizonte

- Vol. 01 - Caracterização Pedológica – Região de Sete Lagoas/Lagoa Santa – MG. 1994.
- Vol. 02 - Caracterização Geomorfológica – Região de Sete Lagoas/Lagoa Santa – MG. 1994.
- Vol. 03 - Uso da Terra e Caracterização da Cobertura Vegetacional – Região de Sete Lagoas/ Lagoa Santa – MG. 1994.
- Vol. 04 - Dinâmica do Processo Erosivo – Região de Sete Lagoas/Lagoa Santa – MG. 1994.

Superintendência Regional de Porto Alegre

- Vol. 01 - Geomorfologia da Bacia do Rio Gravataí – RS. 1994.
- Vol. 02 - Pedologia da Bacia do Rio Gravataí – RS. 1994.
- Vol. 03 - Geologia do Município de Parobé – RS. 1994.
- Vol. 04 - Geomorfologia do Município de Parobé – RS. 1994.
- Vol. 05 - Pedologia do Município de Parobé – RS. 1994.
- Vol. 06 - Cobertura Vegetal do Município de Parobé – RS. 1994.
- Vol. 07 - Geologia do Município de Estância Velha – RS. 1994.
- Vol. 08 - Geomorfologia do Município de Estância Velha – RS. 1994.
- Vol. 09 - Cobertura Vegetal do Município de Estância Velha – RS. 1994.
- Vol. 10 - Formações Superficiais do Município de Estância Velha – RS. 1994.
- Vol. 11 - Pedologia do Município de Estância Velha – RS. 1994.
- Vol. 12 - Vegetação e Uso atual do Solo do Município de Criciúma – SC. 1994.
- Vol. 13 - Áreas de Proteção Legal no Município de Criciúma – SC. 1995.
- Vol. 14 - Pedologia do Município de Criciúma – SC. 1995.
- Vol. 15 - Vegetação e Uso Atual do Solo do Município de Xangri-Lá – RS. 1995.
- Vol. 16 - Cobertura Vegetal do Município de Triunfo – RS. 1995.
- Vol. 17 - Cobertura Vegetal da Área da Sede do Município de Triunfo – RS. 1995.
- Vol. 18 - Geologia do Município de Xangri-Lá – RS. 1995.
- Vol. 19 - Cobertura Vegetal do Município de Eldorado do Sul – RS. 1995.
- Vol. 20 - Solos do Município de Xangri-Lá – RS. 1995.
- Vol. 21 - Declividade do Município de Criciúma – SC. 1995.
- Vol. 22 - Situação Legal das Áreas Mineradas no Município de Criciúma – SC. 1995.

Superintendência Regional de Recife

- Vol. 01 - Levantamento Gravimétrico da Área Sedimentar da Região Metropolitana do Recife – PE. 1994.

Superintendência Regional de Belém

- Vol. 01 - Estudo Hidrogeológico da Área Urbana de Marabá – PA.
- Vol. 02 - Estudo Hidrogeológico da Área Urbana de Redenção – PA.
- Vol. 03 - Estudo Hidrogeológico da Área Urbana de Santa Isabel – PA.

- Vol. 04 - Aspectos Geológicos e Hidrogeológicos da Área Reservada à Implantação do Distrito Industrial de Redenção – PA.
Vol. 05 - Informações Ambientais sobre Áreas Propícias à Alocação do Distrito Industrial e à Disposição de Rejeitos no Município de Redenção – PA.

SÉRIE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Superintendência Regional de Porto Alegre

- Vol. 01 - Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo de Estância Velha – RS. 1994.
Vol. 02 - Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo da Zona Norte de Porto Alegre – RS. 1994.
Vol. 03 - Fontes de Poluição e Degradação Ambiental do Município de Estância Velha – RS. 1994.
Vol. 04 - Catástrofe de Igrejinha – RS. 1994.
Vol. 05 - Catástrofe de Nova Hartz – RS. 1994.
Vol. 06 - Avaliação Geofísica da Pluma Poluidora Gerada por um Depósito de Lodo de Curtume – Estância Velha – RS. 1994.
Vol. 07 - Geofísica Aplicada à Detecção da Contaminação das Águas Subterrâneas no Depósito de Lixo de Alvorada – RS. 1995.
Vol. 08 - Fontes de Poluição no Município de Criciúma – SC. 1995.
Vol. 09 - Áreas Degradadas pela Atividade Mineira no Município de Criciúma – SC. 1995.

Superintendência Regional de Recife

- Vol. 01 - Os Aterros Sanitários e a Poluição das Águas Subterrâneas – Região Metropolitana do Recife – PE. 1994.

Superintendência Regional de Belo Horizonte

- Vol. 01 - Espeleologia, Inventário de Cavidades Naturais, Região de Matozinhos, Mocambo – MG. 1994.

SÉRIE DOCUMENTAÇÃO

Superintendência Regional de Porto Alegre

- Vol. 01 - Documentação Básica do Projeto. Estância Velha – RS. 1994.
Vol. 02 - Sinopse dos Trabalhos Realizados – PROTEGER – RS. 1994.

Superintendência Regional de Recife

- Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas – Região Metropolitana do Recife – PE. 1994.

Superintendência Regional de São Paulo

- Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas – Região Metropolitana de Curitiba – PR. 1994.
Vol. 02 - Subsídios para Caracterização do Meio Físico – Informações Básicas. 1994.
Vol. 03 - Procedimentos Metodológicos para Elaboração do Índice de Informações Cartográficas da Região Metropolitana de Curitiba – PR. 1995.

Residência de Fortaleza

- Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas – Região Metropolitana de Fortaleza – CE. 1994.
Vol. 02 - Índice de Informações Cartográficas – Região Costeira do Ceará – CE. 1994.
Vol. 03 - Índice de Informações Cartográficas – Região do Cariri – CE. 1994.

Superintendência Regional de Belém

- Vol. 01 - Banco de Dados de Águas Subterrâneas – Área Urbana de Marabá – PA.

SÉRIE ORDENAMENTO TERRITORIAL

Superintendência Regional de Belo Horizonte

- Vol. 01 - Socioeconomia, Zoneamento Geomorfológico, Geologia, Uso da Terra e Cobertura Vegetal, Caracterização dos Solos e Avaliação da Capacidade de Uso das Terras do Município de Capim Branco – MG. 1994.
- Vol. 02 - Hidrologia (Uso das Águas Subterrâneas), Hidrogeologia (Favorabilidade à Exploração de Água Subterrânea), Geotecnia (Zoneamento Geotécnico), Espeleologia e Declividade do Município de Capim Branco – MG. 1994.
- Vol. 03 - Cartografia Geotécnica de Planejamento – Região de Sete Lagoas/Lagoa Santa – MG. 1994.
- Vol. 04 - Mapeamento Geológico da Cidade de Sete Lagoas com Vistas à Aplicação no Planejamento Urbano. MG. 1994.
- Vol. 05 - Uso da Terra e Caracterização da Cobertura Vegetacional - Município de Sete Lagoas, MG. 1996
- Vol. 06 - Caracterização Pedológica e Aptidão Agrícola - Município de Sete Lagoas, MG. 1996.
- Vol. 07 - Zoneamento Geotécnico e Aptidão dos Terrenos - Município de Sete Lagoas, MG. 1996.
- Vol. 08 - Geofísica Aplicada aos Estudos dos Abatimentos de Solo da Rua Bras Filizola - Município de Sete Lagoas, MG. 1996.

Superintendência Regional de Porto Alegre

- Vol. 01 - Diagnóstico Setorial da Região Metropolitana de Porto Alegre – RS. 1994.
- Vol. 02 - Cobertura Vegetal e Ocupação Atual do Solo da Área de Influência da Barragem Olaria Velha e da Bacia do Rio Gravataí – RS. 1994.
- Vol. 03 - Suscetibilidade à Erosão da Bacia do Rio Gravataí – RS. 1994.
- Vol. 04 - Adequação do Uso Agrícola do Solo da Bacia do Rio Gravataí – RS. 1994.
- Vol. 05 - Isodeclividade da Bacia do Rio Gravataí – RS. 1994.
- Vol. 06 - Áreas de Inundação, Alagamento e Banhados da Região Metropolitana de Porto Alegre – RS. 1994.
- Vol. 07 - Isodeclividade do Município de Parobé – RS. 1994.
- Vol. 08 - Suscetibilidade à Erosão do Município de Parobé – RS. 1994.
- Vol. 09 - Áreas com Restrição à Mineração do Município de Parobé – RS. 1994.
- Vol. 10 - Áreas com Maior Favorabilidade à Mineração e Menor Risco Ambiental do Município de Parobé – RS. 1994.
- Vol. 11 - Isodeclividade do Município de Estância Velha – RS. 1994.
- Vol. 12 - Suscetibilidade à Erosão do Município de Estância Velha – RS. 1994.
- Vol. 13 - Uso e Ocupação do Solo do Município de Estância Velha – RS. 1994.
- Vol. 14 - Áreas de Proteção do Município de Estância Velha – RS. 1994.
- Vol. 15 - Áreas Críticas e com Restrições à Ocupação do Município de Estância Velha – RS. 1994.
- Vol. 16 - Adequação do Uso Agrícola do Solo Rural do Município de Estância Velha – RS. 1994.
- Vol. 17 - Uso Recomendado do Solo do Município de Estância Velha – RS. 1994.
- Vol. 18 - Diagnóstico Preliminar dos Aspectos Ambientais do Litoral Norte do Rio Grande do Sul – RS. 1994.
- Vol. 19 - Seleção Preliminar de Áreas para o Futuro Distrito Industrial do Município de Nova Santa Rita – RS. Estudo Geológico-Geotécnico. 1995.
- Vol. 20 - Alternativas Locacionais para Áreas Industriais e Tratamento de Esgotos Domésticos do Município de Portão – RS. Subsídios à Elaboração de Plano Diretor. 1995.
- Vol. 21 - Subsídios à Avaliação de Áreas Potencialmente Favoráveis à Implantação de Aterros Sanitários no Município de Lauro Müller – SC. 1995.
- Vol. 22 - Diagnóstico da Destinação Final dos Resíduos Sólidos Urbanos do Litoral Norte e Médio do Estado do Rio Grande do Sul. 1995.
- Vol. 23 - Áreas de Proteção Legal no Município de Xangri-Lá – RS. 1995.
- Vol. 24 - Seleção de Áreas para Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos na Região Metropolitana de Porto Alegre, RS – Mapeamento das Áreas Favoráveis. Etapa 1. 1995.

Superintendência Regional de Recife

- Vol. 01 - Metodologia para Estudos Neotectônicos Regionais. Caso João Câmara – RN. 1994.

Superintendência Regional de Salvador

- Vol. 01 - Parque Nacional da Chapada Diamantina – BA. Informações Básicas do Meio Físico – BA. 1994.
- Vol. 02 - Área de Proteção Ambiental de Mangue Seco. Plano Manejo – BA. 1994.
- Vol. 03 - Informações Básicas para o Planejamento e Administração do Meio Físico – Mapas Municipais de Mapeamento do Meio Físico – BA. 2 v. 1995.

Superintendência Regional de São Paulo

Vol. 01 - Áreas Naturais sob Proteção – Região Metropolitana de Curitiba – PR. 1994.

Vol. 02 - Cartas Temáticas de Planejamento da Região Metropolitana de Curitiba – PR. 1994.

Residência de Fortaleza

Vol. 01 - Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza – CE. 1995.

SÉRIE PUBLICAÇÕES ESPECIAIS

Superintendência Regional de Recife

Vol. 01 - Turismo Geocientífico: Uma Viagem no Tempo – RE. 1994.

SÉRIE RECURSOS HÍDRICOS

Superintendência Regional de Belo Horizonte

Vol. 01 - Hidrologia e Qualidade das Águas de Superfície - Município de Caxambu, MG. 1996.

Superintendência Regional de Porto Alegre

Vol. 01 - Potencial Hidrogeológico do Município de Estância Velha – RS. 1994.

Vol. 02 - Monitoramento Hídrico da Bacia do Rio Gravataí – RS. 1994.

Vol. 03 - Potencial Hídrico Subterrâneo do Município de Nova Hartz – RS. 1994.

Vol. 04 - Avaliação Geofísica das Águas Subterrâneas no Balneário de Capão Novo – RS. 1994.

Vol. 05 - Mapa de Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma – SC. 1994.

Vol. 06 - Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma – SC. Relatório Final. 1995.

Superintendência Regional de Recife

Vol. 01 - Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife – PE. 1994.

Residência de Fortaleza

Vol. 01 - Água no Sertão do Pajeú. Município de Afogados da Ingazeira – 1994.

Vol. 02 - Vulnerabilidade Natural das Unidades Aquíferas da Região do Cariri – CE. 1995.

SÉRIE RECURSOS MINERAIS

Superintendência Regional de Porto Alegre

Vol. 01 - Potencial Mineral para Não-Metálicos do Município de Parobé – RS. 1994.

Vol. 02 - Áreas Mineradas para Carvão – Município de Criciúma – SC. 1994.

Vol. 03 - Potencial para Não-Metálicos do Município de Criciúma – SC. 1994.

Superintendência Regional de Recife

Vol. 01 - Potencial Mineral de Não-Metálicos da Região Metropolitana de Fortaleza – CE. 1994.

Vol. 02 - Insumos Minerais no Sertão do Pajeú: Calcários e Mármore – PE. 1994

Vol. 03 - A Mineração na Região Metropolitana do Recife – PE. 1994.

Vol. 04 - A Atividade Extrativa Mineral em Jaboatão dos Guararapes – PE. 1994.

Vol. 05 - Fosfato de Olinda e os Conflitos de Mineração. Região Metropolitana do Recife – PE. 1994.

Vol. 06 - Diagnóstico Geoeconômico Acopiara – CE. 1995.

Vol. 07 - Diagnóstico Geoeconômico do Município de Banabuiú – CE. 1995.

Vol. 08 - Avaliação da Potencialidade Mineral do Médio-Baixo Jaguaribe – CE. 1995.

Vol. 09 - Minerais Não-Metálicos – Região do Cariri – CE. 1995.

Vol. 10 - Diagnóstico Geoeconômico do Município de Maranguape – CE. 1995.

ENDEREÇOS DA CPRM

Sede

SGAN - 603 - Módulo "I" - 1º andar
Cep: 70830-030 - Brasília - DF
Telefone: (061)223-1059 (PABX)
Telex: (61)1355 - Fax: (061)225-3985

Escritório Rio

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Av. Pasteur, 404 - 3º andar - Urca
Cep: 22292-040 - Rio de Janeiro - RJ
Telefone: (021)295-6647 - (021)295-0032 (PABX)
Telex: (21)32525 - Fax: (021)295-6347

Divisão de Documentação Técnica

Av. Pasteur, 404 - Urca
Cep: 22292-040 - Rio de Janeiro - RJ
Telefone: (021)295-5997 - (021)295-0032 (PABX)
Telex: (21)32525 - Fax: (021)295-6347

Superintendência Regional de Belém

Av. Dr. Freitas, 3645 - Marco
Cep: 66095-110 - Belém - PA
Telefone: (091)226-4020 - (091)226-6512 (PABX)
Telex: (91)1149 - Fax: (091)246-4020

Superintendência Regional de Belo Horizonte

Av. Brasil, 1731 - Funcionários
Cep: 30140-002 - Belo Horizonte - MG
Telefone: (031)261-3037 - (031)261-5977 (PABX)
Fax: (031)261-5585

Superintendência Regional de Goiânia

Rua 148, 485 - Setor Marista
Cep: 74170-110 - Goiânia - GO
Telefone: (062)281-1709 - (062)281-1522 (PABX)
Fax: (062)261-5585

Superintendência Regional de Manaus

Av. André Araujo, 2160 - Aleixo
Cep: 69060-001 - Manaus - AM
Telefone: (092)663-5333 - (092)663-5614 (PABX)
Fax: (092)663-5531

Superintendência Regional de Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105
Cep: 90840-030 - Porto Alegre - RS
Telefone: (051)233-4643 - (051)233-7311 (PABX)
Fax: (051)233-7772

Superintendência Regional de Recife

Av. Beira Rio, 45 - Madalena
Cep: 50610-100 - Recife - PE
Telefone: (081)228-2988 - (081)227-0277 (PABX)
Fax: (081)227-4281

Superintendência Regional de Salvador

Av. Ulisses Guimarães, 2862 - Suassuarana
Cep: 41213-000 - Salvador - BA
Telefone: (071)230-0025 - (071)230-9977 (PABX)
Telex: (71)1182 - Fax: (071)371-4005

Superintendência Regional de São Paulo

Rua Domingos de Moraes, 2463 - Vila Mariana
Cep: 04035-000 - São Paulo - SP
Telefone: (011)575-2094 - (011)574-7977 (PABX)
Fax: (011)572-9186

Residência de Fortaleza

Av. Santos Dumont, 7700 - Papicu
Cep: 60150-163 - Fortaleza - CE
Telefone: (085)265-1726 - (085)265-1288 (PABX)
Fax: (085)265-2212

Residência de Porto Velho

Av. Lauro Sodré, 2561 - Bairro Tanques
Cep: 78904-300 - Porto Velho - RO
Telefone: (069)223-3165 - (069)223-3284 (PABX)
Telex: (69)2124 - Fax: (069)223-3165

Residência de Teresina

Rua Goiás, 312 - Sul
Cep: 64001-570 - Teresina - PI
Telefone: (086)222-6651
Telex: (86)2141 - Fax: (086)222-6963