

Interpretação Pedogeotécnica em Paisagens Montanhosas do Médio Alto Curso do Rio Grande, Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, RJ



ISSN 1678-0892
Dezembro, 2013

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 227

Interpretação Pedogeotécnica em Paisagens Montanhosas do Médio Alto Curso do Rio Grande, Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, RJ

Braz Calderano Filho
Helena Polivanov
Sebastião Barreiros Calderano
Emílio Velloso Barroso
Cesar da Silva Chagas
Antônio José Teixeira Guerra
Waldir de Carvalho Júnior
Guilherme Kangussu Donagemma

Rio de Janeiro, RJ
2013

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, nº 1.024, Jardim Botânico.

CEP: 22460-000, Rio de Janeiro, RJ

Fone: (21) 2179-4500

Fax: (21) 2179-5291

www.embrapa.br/solos

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê de Publicações da Embrapa Solos

Presidente: *Daniel Vidal Pérez*

Secretário-Executivo: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Membros: *Ademar Barros da Silva, Adriana Vieira de Camargo de Moraes, Alba Leonor da Silva Martins, Cláudia Regina Delaia Machado, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Maria Regina Capdeville Laforet, Maurício Rizzato Coelho, Quitéria Sonia Cordeiro dos Santos.*

Supervisor editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Revisor de texto: *André Luiz da Silva Lopes*

Normalização bibliográfica: *Luciana Sampaio de Araujo*

Editoração eletrônica: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Foto da capa: *Braz Calderano Filho*

1ª edição

On-line (2013)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Solos

Interpretação pedogeotécnica em paisagens montanhosas do médio alto curso do Rio Grande, região serrana do Estado do Rio de Janeiro, RJ / Braz Calderano Filho ... [et al.]. – Dados eletrônicos. – Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2013.

55 p. : il. color – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 227).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: <<https://www.embrapa.br/solos/publicacoes>>.

Título da página da Web (acesso em 20 dez. 2013).

1. Reconhecimento do solo. 2. Uso da terra. I. Calderano Filho, Braz. II. Polivanov, Helena. III. Calderano, Sebastião Barreiros. IV. Barroso, Emílio Velloso. V. Chagas, Cesar da Silva. VI. Guerra, Antônio José Teixeira. VII. Carvalho Júnior, Waldir de. VIII. Donagemma, Guilherme Kangussu. IX. Embrapa Solos. X. Série.

CDD 631.4

© Embrapa 2013

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Características Fisiográficas da Área	11
Material e Métodos	16
Resultados e Discussão	23
Considerações Finais	47
Referências	51

Interpretação Pedogeotécnica em Paisagens Montanhosas do Médio Alto Curso do Rio Grande, Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, RJ

Braz Calderano Filho¹

Helena Polivanov²

Sebastião Barreiros Calderano³

Emílio Velloso Barroso⁴

Cesar da Silva Chagas⁵

Antônio José Teixeira Guerra⁶

Waldir de Carvalho Júnior⁷

Guilherme Kangussu Donagemma⁸

Resumo

O objetivo deste estudo foi realizar a interpretação pedogeotécnica de uma área montanhosa na região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, como forma de auxiliar diagnósticos geotécnicos preliminares e solucionar problemas que afetam o uso do solo, em paisagens montanhosas da Serra do Mar. Os procedimentos utilizados consistiram na construção de um banco de dados no SIG, composto de mapas temáticos do meio físico, incluindo solos, litologia, relevo, vegetação e declividade, produtos de sensoriamento remoto e modelo digital de elevação (MDE), aliados a prospecções de campo para a realização da caracterização geoambiental da área e geração de mapas

¹Geógrafo, doutor em Geologia, analista da Embrapa Solos; ² Geóloga, doutora em Geologia, professora associada da Universidade Federal do Rio de Janeiro; ³ Geólogo, mestre em Geologia, pesquisador da Embrapa Solos; ⁴ Geólogo, doutor em Geotecnia, professor associado do Departamento de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro; ⁵ Engenheiro agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Solos; ⁶ Geógrafo, doutor em Soil Erosion, professor titular do Departamento de Geografia da UFRJ; ⁷ Engenheiro agrônomo, Pós-doutorado em Estudos em Mapeamento Digital de Atributos de Solos, pesquisador da Embrapa Solos; ⁸ Engenheiro agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Solos.

interpretativos úteis na caracterização das unidades pedogeotécnicas, como suscetibilidade das terras à erosão e vulnerabilidade ambiental. Os resultados permitiram destacar parâmetros e atributos dos solos que podem influenciar seu significado geotécnico, discriminar e delimitar unidades pedogeotécnicas referentes às classes de solos e as condições de relevo em que elas ocorrem. Além de servirem como indicadores geotécnicos preliminares, ajudam na prevenção de possíveis problemas decorrentes da ocupação inadequada de certas áreas.

Termos para indexação: solos, modelo digital de elevação (MDE), uso sustentável das terras.

Pedogeotécnica Interpretation of Mountain Landscapes of the Middle High Course of the Rio Grande, Serrana Region of the State of Rio de Janeiro, RJ

Abstract

The objective of this study was to make the geopedologica interpret and discriminate pedogeotécnicas units of soil classification, as a way of assisting geotechnical preliminary diagnoses and solve problems that affect land use and the environment, at a mountainous area in the region of high average course of the Rio Grande, the mountainous region of the State of Rio de Janeiro. The procedures used consisted essentially in structuring a database in GIS, through the maps conversion from analog to digital, with subsequent crossover in GIS, field surveys for the realization of geoenvironmental characterization, including soils, lithology, elevation digital model and slope, generating interpretative maps useful in the characterization of the pedogeotécnicas units, as erosion susceptibility and environmental vulnerability and pedogeotécnica interpretation of the area. The results allowed to highlight parameters and soil properties that may influence its geotechnical meaning, discriminate and define pedogeotécnicas units regarding classes of soils and relief conditions in which they occur, predict possible problems arising from inadequate occupation of certain areas, in addition to allowing pointing the limitations and potentials of the physical environment for use and occupation, can also be used as preliminary geotechnical indicators.

Index terms: soil, digital elevation model, sustainable use of land.

Introdução

A região Serrana do Estado do Rio de Janeiro apresenta um relevo vigoroso e um mosaico de feições que foram sendo alteradas ao longo dos anos, devido às sucessivas intervenções antrópicas, em função de diferentes usos do solo. Por sua vez, a área de estudo apresenta um relevo montanhoso típico da Serra do Mar, de morfologia acidentada e presença de pequenos alinhamentos serranos e paredões rochosos, com variações de altitude, registrando cotas entre 800 a 1.300 m, em média e, por vezes, picos de 1.600 m de altitude. Fatores que aliados às vertentes íngremes com pendentes longas, diversidade litológica e pedológica e os altos índices de precipitações concentrados em certos períodos do ano, caracterizam suas terras como de elevada vulnerabilidade natural aos riscos ambientais, como suscetibilidade erosiva dos solos, movimentos de massa e escorregamentos.

Estudos abordando as características geoambientais peculiares da região Serrana podem ser encontrados em Amaral (1997); Coelho Netto (1999); Dantas (2001); Dantas et al. (2001); De Ploey e Cruz (1979); Guimarães et al. (1998); Meis e Silva (1968); Vieira et al. (1998) e outros.

Nas catástrofes ambientais ocorridas nos municípios da região Serrana do Estado do Rio de Janeiro em 2011, a ausência de estudos básicos dos elementos componentes da paisagem, necessários ao planejamento e à gestão dos recursos naturais, foi apontada como fator impeditivo para a implantação de projetos adequados de ocupação do meio físico e ordenamento territorial das atividades produtivas.

Nestas áreas, o uso correto das terras deve respeitar a importância da interação dinâmica existente entre os componentes geoambientais solo, rocha, relevo, clima, água e vegetação, buscando sempre alternativas sustentáveis de utilização, adequadas às condições de solo e relevo destes ambientes, como forma de reduzir os efeitos da degradação ambiental.

Estudos geotécnicos constituem-se num importante elemento de suporte à tomada de decisão, prestando-se, em geral, a uma primeira aproximação da utilização potencial da área mapeada (WOLSKI et al., 1998).

Para Salomão e Antunes (1998), dependendo dos objetivos e enfoque científico adotado, o solo pode ser interpretado de diversas maneiras, como produto do intemperismo físico e químico das rochas (Geologia), como material escavável que perde sua resistência quando em contato com a água (Engenharia civil) ou como uma camada superficial de terra arável, possuidora de vida microbiana (Agronomia).

No Brasil, interpretações de estudos pedológicos em aplicações para usos não agrícolas do solo ainda recebem pouca atenção, conforme motivos apontados em Nielsen (1987) e Simonson (1959). Mas existe uma crescente demanda da informação para uso industrial, urbano, obras lineares, fins sanitários e de lazer. Antunes (1989); Antunes et al. (1987) e Barroso et al. (1981) consideram que as informações contidas nos trabalhos de levantamento de solos podem ser fonte bibliográfica básica para o planejamento de ocupação do meio físico, além de possibilitar considerações generalizadas nos estudos de investigações geológico e geotécnicas entre as classes de solos e seus significados geotécnicos.

A partir das informações contidas nos trabalhos de levantamento de solos, Antunes et al. (2013) e Santos et al. (2009) propuseram confeccionar mapas pedogeotécnicos básicos que podem ser utilizados como base para investigações geológico e geotécnicas preliminares. Antunes et al. (2013) ressaltam que, embora sejam informações úteis para finalidades diversas, como planejamento de uso do solo incluindo impactos ao meio físico e riscos associados, potencial de fornecimento de material de construção (saibro, argila, areia, etc), definição de traçado de obras civis lineares, seleção de sítios para disposição final de resíduos e rejeitos urbanos, recuperação ambiental de locais contaminados (solo e água subterrânea), elas não substituem os ensaios rotineiros físicos, mecânicos e hidráulicos, exigidos na Geotecnia. E, em virtude do grau de especialização dos trabalhos de mapeamentos de solos e por não envolverem dados que propiciem uma adequada inferência de condições prováveis do subsolo, tais informações podem não ser plenamente entendidas ou adequadamente utilizadas no desenvolvimento de estudos preliminares de ordem geológico e geotécnico (ANTUNES et al., 2013).

Vale lembrar que os documentos clássicos de mapeamentos geotécnicos, tais como UNESCO/IAEG (ENGINEERING..., 1976) e Fell et al. (2008), pouco consideram a importância da Pedologia nos estudos de Geologia de engenharia, no entanto ressaltam a importância e a necessidade de uma maior aproximação entre esses dois campos do conhecimento.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi realizar a interpretação pedogeotécnica de uma área montanhosa na região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, correlacionando conhecimentos pedológicos e geotécnicos como forma de auxiliar diagnósticos geotécnicos preliminares e solucionar problemas que afetam o uso do solo, em paisagens montanhosas da Serra do Mar. Os resultados permitiram destacar parâmetros e atributos dos solos que podem influenciar seu significado geotécnico, discriminar e delimitar unidades pedogeotécnicas referentes às classes de solos e as condições de relevo em que elas ocorrem. Além de possibilitar a prevenção de possíveis problemas decorrentes da ocupação inadequada de certas áreas, podem ser usados como indicadores geotécnicos preliminares.

Características Fisiográficas da Área

Área de Estudo

Localizada na região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, mais especificamente no Médio Alto Vale do Rio Grande, a área de estudo com aproximadamente 484,69 km² abrange totalmente o Município de Bom Jardim e parte dos municípios de Nova Friburgo, Cordeiro, Trajano de Moraes, Casimiro de Abreu e Duas Barras (Figura 1). Engloba parte das folhas topográficas da FIBGE, Quartéis (SF-23-Z-B-III-3), Cordeiro (SF-23-Z-B-III-1), Trajano de Moraes (SF-23-Z-B-III-2) e Duas Barras (SF-23-Z-B-II-2) e Casimiro de Abreu (SF-23-Z-B-III-4). O Município de Nova Friburgo, juntamente com os municípios de Cantagalo, Carmo, Cordeiro, Duas Barras, Macuco, Bom Jardim, Petrópolis, Santa Maria Madalena, São José do Vale do Rio Preto, São Sebastião do Alto, Sumidouro, Teresópolis e Trajano de Moraes, integram a região Serrana do Estado do Rio de Janeiro.

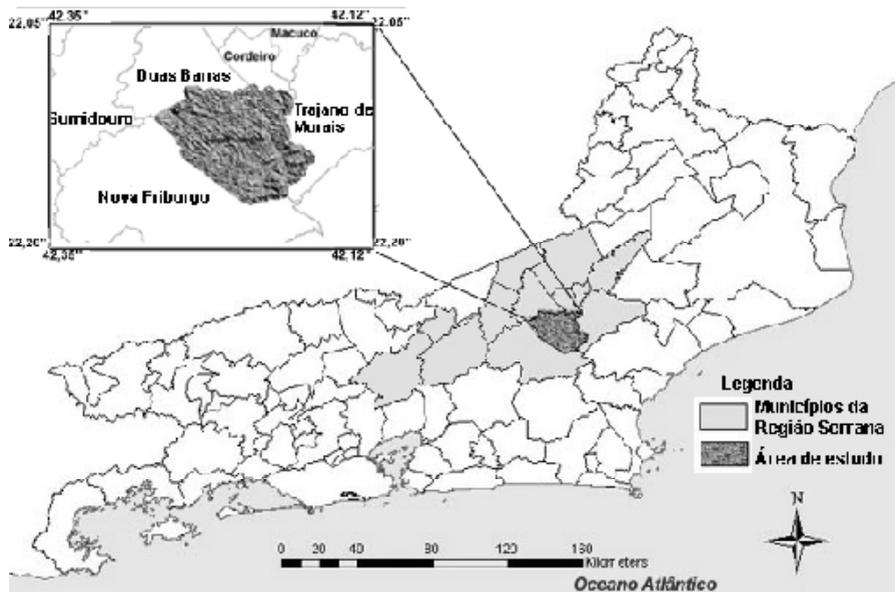


Figura 1. Localização da área de estudo no contexto da região Serrana do Estado do Rio de Janeiro.

Aspectos Climáticos

Pela predominância de superfícies altas, o clima na região é ameno, o tipo climático predominante é o tropical mesotérmico úmido, com temperaturas bem distribuídas o ano todo e pouco ou nenhum déficit hídrico (NIMER, 1977). O verão é brando, com temperatura média anual de 17,8°C e mínimas de 13°C no inverno, sendo junho e julho os meses mais frios. A pluviosidade anual concentrada no verão é elevada, com precipitação média anual de 1.327mm a 1.585 mm, conforme série histórica de 1966-2007, sendo dezembro o mês de maior precipitação (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2007). Nas Figuras 2 e 3 são apresentadas as séries históricas de 1966 a 2007 para as estações de Bom Jardim e Barra Alegre.

Baseada nas normais climatológicas da série de 1941-2007 (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2007), a média de precipitação anual da estação Bom Jardim foi de 1.367,1 mm, sendo dezembro o mês de maior índice, com 264,5 milímetros. A estação mais seca, coincidente com o período frio, ocorre de maio a setembro, sendo junho (27,9 mm),

julho (20,8mm) e agosto (22,2 mm) os meses de menor precipitação, porém não muito significativa, porque as temperaturas são baixas e a evaporação é relativamente fraca. O ano de maior precipitação durante toda a série foi o de 1952, com o total de chuva acumulado de 2.229 mm. O mais seco foi o de 1963 com chuva anual de apenas 538,7 mm.

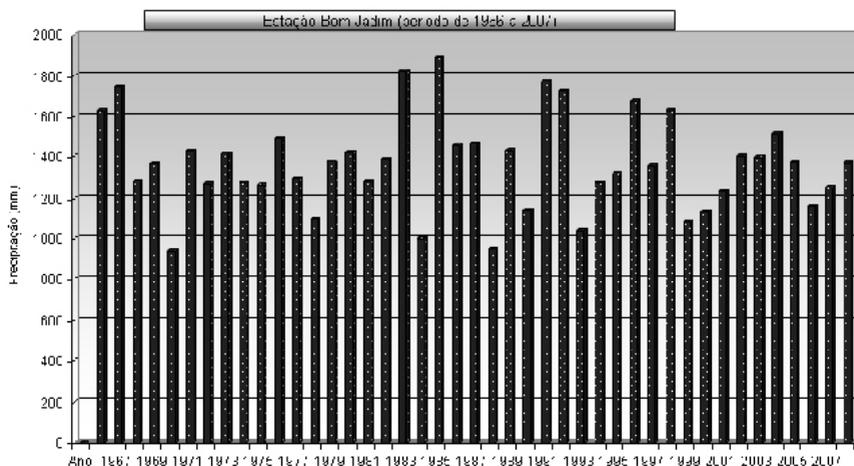


Figura 2. Normais climatológicas da estação de Bom Jardim, série 1966-2007.

Fonte: Agência Nacional de Águas (2007).

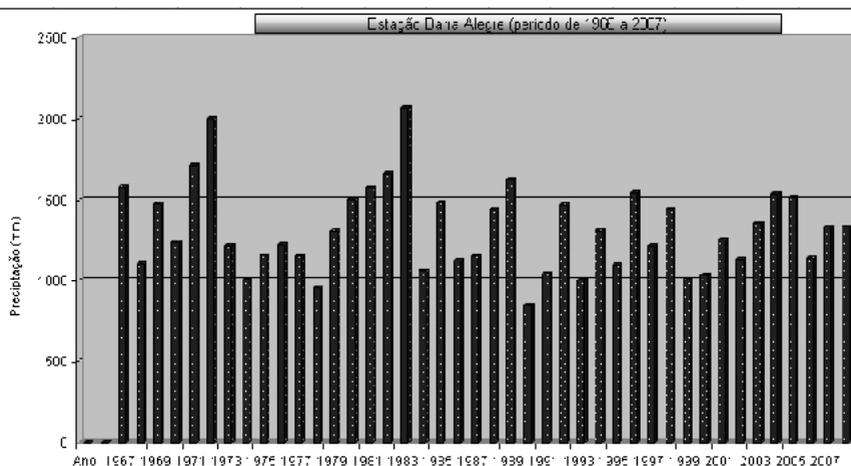


Figura 3. Normais climatológicas da estação de Barra Alegre, série 1966 – 2007.

Fonte: Agência Nacional de Águas (2007).

Na estação de Barra Alegre, a média de precipitação anual foi de 1.327,9 mm, sendo dezembro o mês de maior índice, com 248,3 milímetros. A estação mais seca, coincidente com o período frio, ocorre de maio a setembro, sendo junho (29,1 mm), julho (22,4mm) e agosto (22,6 mm), os meses de menor precipitação. O ano de maior precipitação durante toda a série foi o de 1983, com o total de chuva acumulado de 2.068,4 mm. O mais seco foi o de 1990 com chuva anual de apenas 848,5 mm (Figura 3).

Aspectos Geomorfológicos e Geológicos

A área insere-se nas unidades geomorfológicas definidas por Dantas (2001) de domínio de morros elevados e domínio montanhoso, com ocorrência de alvéolos de relevo suave, subordinados ao domínio montanhoso. O relevo é complexo e apresenta grandes variações de altitude, com domínio de morros e escarpas aguçadas e amplitudes de elevação entre 480 a 1.620 m, com média de 1.050 m. As cotas mais baixas, de 480 a 550 m, circundam o médio curso do Rio Grande, na divisa com o Município de Cordeiro, e a mais alta, de 1.620 m, delimita os divisores d'água nas cabeceiras dos ribeirões Santo Antônio e Pito Aceso (CALDERANO FILHO, 2012).

As bacias dos rios Grande e Negro, formadores do Rio Dois Rios, drenam praticamente toda essa porção do planalto. Assim como os rios das Areias e do Quilombo, que drenam uma pequena extensão do trecho menos elevado do planalto diretamente para o Rio Paraíba do Sul, a rede de canais segue uma direção geral WSW-ENE, em contraste com a direção SSW-NNE que predomina no conjunto do planalto (DANTAS et al., 2001). Nesse trecho do planalto, a escarpa reversa da Serra do Mar é menos expressiva e o domínio montanhoso é menos elevado que na porção central.

Na área de estudo predominam unidades geológicas Neoproterozoicas pertencentes ao Segmento Central da Faixa Móvel Ribeira (Ciclo Brasileiro/Pan-Africano), constituídas preferencialmente por ortognaisses e migmatitos pertencentes ao Complexo Rio Negro, associados a rochas do Batólito Serra dos Órgãos (ortognaisses granodioríticos), intercaladas com faixas de gnaisses paraderivados do Grupo Paraíba do Sul (leucognaisses e rochas metassedimentares) e rochas ígneas de composição granodiorítica a granítica, mais raramente gabróica, que

intrudiram estas unidades (MATOS et al., 1980; MENDES et al., 2007; RIO DE JANEIRO, 1982). Em menor extensão, ocorrem depósitos aluviais inconsolidados de consistência areno-argilosa, argilosa e silto-argilosa.

O material nas áreas de várzea compreendem aluviões fluviais recentes e formações aluviais e coluviais mais antigas, provenientes de material carreado das encostas e depositado nas calhas dos rios e córregos. Em certos locais, nota-se o aporte recente de material coluvial. A várzea apresenta relevo plano, com 0 a 3% de declive. O relevo é suave ondulado, com 3 a 8% de declive, e onde a várzea é entulhada observam-se variações de altitude e natureza dos sedimentos. A drenagem no ambiente de várzea é impedida, com solos imperfeitamente drenados. As encostas do vale são íngremes ou discretamente abauladas e a drenagem interna é boa. Observam-se, no entanto, em pequenas porções de anfiteatro e áreas de depósitos de tálus, solos imperfeitamente drenados.

Em alguns locais os blocos rochosos elevam-se a dezenas de metros acima do nível do terreno, na forma de montanha desnuda sujeita a esfoliação, apresentando sulcos, onde se fixa vegetação rasteira de líquens, musgos e bromélias. O paredão descoberto muito raramente tem continuidade até o fundo do vale.

Cobertura das Terras

A vegetação natural é representada pela floresta tropical subperenifólia e perenifólia nas partes altas e a floresta tropical subperenifólia de várzea nas partes baixas, caracterizadas assim por apresentar vegetação exuberante, com formação densa e espécies arbóreas de grande porte, típicas de clima úmido. A distribuição espacial da vegetação está condicionada aos níveis altimétricos do terreno e à intensidade das interferências antrópicas. São encontrados, também, campos antrópicos com pastagens, que estão dispersos por toda a região, culturas perenes e culturas anuais em menor escala. A agricultura é praticada nas encostas dos estreitos vales, até as cabeceiras de drenagem, em pequenos módulos rurais, típica de pequenos proprietários rurais, em regime de agricultura familiar. As terras são utilizadas predominantemente com pastagens, em geral de Braquiária, cultivos de olerícolas, plantios de café e de flores ornamentais, reflorestamento de Eucaliptus, além de pequenos núcleos urbanos.

Material e Métodos

Os procedimentos utilizados envolveram a aquisição de informações temáticas do meio físico, armazenamento em meio digital, geração de modelo digital de elevação (MDE), manipulação dos dados básicos com suporte de geoprocessamento e sistema de informação geográfica (SIG), aliados às prospecções de campo para coleta de amostras.

As informações básicas do meio físico (solos, relevo e declividade, estrutura geológica, rede de drenagem, uso e cobertura das terras, vegetação e outras) foram extraídas dos estudos realizados por Calderano Filho (2012) e Calderano Filho et al. (2012, 2013). As informações foram trabalhadas de forma digital e incorporadas a um banco de dados desenvolvido no ArcGIS 9.3, na projeção UTM, fuso 23 S, Datum Córrego Alegre, com implementação de produtos de sensoriamento remoto, fotografias aéreas e mapas temáticos do meio físico.

A partir das cartas topográficas da FIBGE, na escala 1:50.000, com curvas equidistantes de 20 m, folhas Quartéis, Cordeiro, Trajano de Moraes, Duas Barras e Casimiro de Abreu, elaborou-se um modelo digital de elevação (MDE), com resolução espacial de 15 m, utilizando-se a ferramenta Topo to Raster do programa ArcGIS Desktop (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, 2006). A partir do MDE foi gerada a grade com a declividade da área e extraídas outras variáveis morfométricas de interesse, como orientação das vertentes, curvatura, perfil e plano de curvatura das vertentes.

As informações provenientes dos mapas de solo e relevo, juntamente com as demais informações temáticas, variáveis morfométricas, informações de fotointerpretação e de campo, auxiliaram na interpretação, delimitação e análise das unidades pedogeotécnicas. As atividades de campo compreenderam coleta de amostras de solos para caracterizações analíticas, observações “in loco” dos detalhes considerados de interesse e visitas à área de estudo para ajustes no mapa de relevo e declividade e validação do mapa pedogeotécnico preliminar. As atividades de laboratório compreenderam análises mineralógicas e confecção de difratogramas de Raio-X. realizadas nas frações finas do solo (silte e argila), conforme (OLIVEIRA, 1979).

Interpretação Pedogeotécnica

Entre as informações constantes nos trabalhos pedológicos correlacionáveis diretamente com a geotecnia, estão dados sobre o meio físico da região de interesse como relevo, clima, geologia e vegetação, dados específicos sobre as condições ambientais, como distribuição de áreas inundáveis, solos saturados e não saturados e características mineralógicas, químicas e físicas dos solos, sob o ponto de vista mais aplicado, a ocorrência de solos expansivos, compressíveis e suscetíveis à erosão (ANTUNES et al., 2013; SANTOS et al., 2009).

Nesse sentido, a interpretação pedogeotécnica realizada busca correlacionar conhecimentos pedológicos e geotécnicos, a partir das informações temáticas do meio físico (solos, relevo, litologia, rede de drenagem, uso e cobertura das terras e vegetação), seguida da delimitação e discriminação de unidades pedogeotécnicas da área. Para a caracterização das unidades pedogeotécnicas delimitadas, além das informações temáticas e de campo, foram considerados parâmetros e atributos de clima, vulnerabilidade ambiental e suscetibilidade dos solos à erosão.

A interpretação pedogeotécnica considerou atributos e particularidades das classes de solos em cada unidade de mapeamento delimitada, das classes de relevo e declividade, conjugadas com atributos e particularidades da paisagem. No mapa de solos as associações compreendem duas ou mais unidades taxonômicas, o critério estabelecido foi a análise do primeiro componente das unidades de mapeamento, seguido da ponderação dos demais componentes.

O resultado destes procedimentos foi a definição e delimitação de 13 diferentes unidades pedogeotécnicas com características intrínsecas próprias, que permitem a sua individualidade e o reconhecimento de suas características. O produto final espacializa as diferentes unidades delimitadas, na escala 1:50.000.

Os dados utilizados na interpretação geopedológica registram informações constantes nos mapas temáticos produzidos com os estudos de Calderano Filho (2012) e Calderano Filho et al. (2012, 2013). Em seu tra-

balho, Antunes et al. (2013) buscam elencar indicadores de ordem geopedológico específicos requeridos no planejamento urbano, em obras lineares e para disposição de resíduos sólidos. Portanto, vale lembrar que o mapa geopedológico aqui apresentado deve ser analisado como uma fonte de informações geral, mas não deve ser utilizado como um único instrumento para a avaliação de condições geotécnicas locais.

Conceitos e Critérios Utilizados

Unidade de mapeamento: cada unidade de mapeamento é constituída por uma ou mais classes de solos, que por sua vez são definidas por perfis de solos representativos das classes. Cada perfil é composto por um ou mais horizontes sobre substratos variados, como rochas cristalinas, rochas sedimentares e sedimentos. E, dependendo do tipo de solo, podem apresentar na parede do perfil uma das seguintes sequências de horizontes A, B e C, ou A-C, ou ainda A-R. Nos levantamentos pedológicos executados no território nacional utilizam-se as fases de unidades de mapeamento, como fase de relevo, drenagem e vegetação. Detalhes das fases de unidades de mapeamento utilizadas em levantamento de solos encontram-se em Carvalho et al. (1988), Reunião... (1979) e Santos et al. (2006).

Perfil de solo: entende-se como perfil de solo a seção vertical organizada em camadas e contendo um ou mais horizontes que se distinguem do material de origem inicial como resultado de adições, perdas, translocações e transformações que ocorrem ao longo do tempo e sob a influência dos fatores de formação do solo. As alterações pedológicas de que são dotados os horizontes do solo revelam contraste com o substrato rochoso ou seu resíduo pouco alterado ou ainda sedimentos de natureza diversa, expressando diferenciação pedológica em relação aos minerais pré-existentes em função de processos pedogenéticos, já as camadas de solos são pouco ou nada afetadas pelos processos pedológicos (CARVALHO et al., 1988; REUNIÃO..., 1979; SANTOS et al., 2006).

Os constituintes do solo podem ser orgânicos ou minerais. Os constituintes orgânicos podem estar associados no solo ao material mineral, estes impõem preponderância de suas propriedades sobre os

constituintes minerais. O material mineral do solo é aquele formado predominantemente por compostos inorgânicos, em vários estágios de intemperismo.

Fases de relevo: as fases de relevo podem ser qualificadas pelas condições de declividade, comprimento de encostas e configuração superficial dos terrenos, que afetam as formas do modelado (formas topográficas) de áreas de ocorrência das unidades de solo. A Embrapa (REUNIÃO..., 1979; SANTOS et al., 2006) considera as seguintes classes de relevo: plano com 0 a 3% de declive; suave ondulado com 3 a 8%; ondulado com 8 a 20%; forte ondulado com 20 a 45%; montanhoso com 45 a 75% e escarpado com declives maiores que 75%. A fim de fornecer informações mais precisas ao manejo das terras em pequenas glebas rurais, Calderano Filho et al. (1992, 2003) e Wittern et al. (1991, 1993) passaram a subdividir nos levantamentos de solos em escalas detalhadas a classe de relevo ondulado em duas classes, de 8 a 14% e 14 a 20%, conforme sugerido por Lombardi Neto e Bertoni (1975), para a construção de terraços rurais.

Mineralogia da Fração Argila: quanto à composição mineralógica da fração argila, os solos são classificados conforme Santos et al. (2006) em Cauliniticos, predominância de argilominerais do grupo da caulinita; Esmectíticos, predominância de argilominerais do grupo da esmectita e Vermiculíticos, predominância de argilominerais do grupo da vermiculita.

Atividade da Fração Argila: na Pedologia, refere-se aos valores da capacidade de troca catiônica total - CTC (T), expressa em cmol_c/Kg de argila, sendo usados os termos T_a (atividade alta) e T_b (atividade baixa). Difere do conceito proposto por Skempton (1953) para a Geotecnia.

Material de origem dos solos: o material de origem dos solos é definido como sendo o produto da decomposição de rochas cristalinas, sedimentares e sedimentos não consolidados. Sobre eles se processa a pedogênese, através dos processos de adição, transformação, translocação e perda formando os horizontes pedológicos A e B (SIMON-

SON,1959). Após a formação dos horizontes pedogenéticos, o material de origem passa a ser designado de horizonte C, que pode ser autóctone, solo residual ou alóctone, solo transportado (ANTUNES et al., 2013).

O material proveniente da desagregação da rocha poderá permanecer no local em que se desenvolveu, ou ser transportado para outra posição, assim identifica-se a existência de duas categorias de substrato pedogenético, residual ou autóctone formado no local, a partir da ação dos processos intempéricos sobre a rocha matriz, e transportado ou alóctone.

Para a Geotecnia, o solo residual é aquele que permanece em seu local de formação, ou seja, é formado “in-situ”, a partir da ação dos processos intempéricos sobre a rocha matriz. Já o solo transportado, é aquele cujos grãos ou partículas foram removidos de seu ambiente topográfico original pelos agentes erosivos (pluviais, fluviais, eólicos, glaciais e marinhos) e depositados em outros ambientes (ANTUNES et al., 2013).

Horizontes: os horizontes podem ter as denominações de A, B e C e ocorrem em diferentes sequências. O horizonte A é o superficial e com maior teor de matéria orgânica. O horizonte B refere-se ao horizonte que apresenta maior concentração de minerais secundários e com características pedogenéticas mais desenvolvidas. E o horizonte C é o material que origina o perfil de solo, contendo ainda minerais primários, e podem ou não preservar as características das rochas de origem (ígneas, metamórficas e sedimentares) ou do sedimento. O horizonte superficial A pode ser de vários tipos, como hístico, chernozêmico, húmico e proeminente. O horizonte A hístico constitui um tipo de horizonte superficial formado por materiais orgânicos, resultantes do acúmulo de resíduos vegetais sob condições de excesso de água por longo período. O horizonte A chernozêmico se refere a um tipo de horizonte superficial rico em carbono orgânico, de cor escura e saturado por cátions bivalentes. O horizonte A húmico compreende um tipo de horizonte superficial rico em carbono orgânico, com espessura superior a 0,70 cm. Por sua vez, o horizonte A proeminente é semelhante ao A chernozêmico, diferenciando-se deste por possuir menores proporções de cátions bivalentes.

Os horizontes A e B representam o solo maduro para a Geotecnia e abrange a camada superficial e subsuperficial do perfil de solo, constituído essencialmente por minerais secundários, tais como argilominerais, óxidos, hidróxidos e detritos orgânicos. Assim, na parede do perfil de solos, todos os horizontes transicionais abaixo do horizonte B, com exceção de descontinuidades ou solos enterrados, que fogem das características típicas e padronizadas do horizonte B e já gradam para o horizonte C, propriamente dito, ou C saprolítico, recebem o sufixo C. Por exemplo BC, C1..., C3, CR e R (rocha sã).

Para a Geotecnia, o horizonte C se refere à camada subsuperficial do perfil de solo que ainda guarda as características reliquias da rocha matriz e é denominado solo residual jovem ou solo saprolítico. Trata-se, em geral, de materiais complexos e heterogêneos, especialmente quando desenvolvidos a partir de rochas metamórficas. Suas propriedades de engenharia são influenciadas à medida que o intemperismo evolui até a formação de uma nova estrutura, dando origem ao solo residual maduro (horizonte B na designação pedológica). Quando o perfil de solo se desenvolve a partir de sedimentos, recebe a denominação de solos transportados em Geotecnia.

Na Pedologia, o sedimento pode ser considerado como um perfil de solo quando ocorre pelo menos um processo pedogenético na sua formação (e.g. adição de matéria orgânica formando o horizonte A (ANTUNES et al., 2013). Ou seja, no caso de solos desenvolvidos de sedimentos, o horizonte C é o próprio sedimento.

Para algumas classes de solos como os Neossolos Quatzarênicos e solos desenvolvidos de sedimentos, como os Neossolos Flúvicos, Gleissolos, Organossolos e outros, os horizontes são designados de camada C, para designar camadas mais ou menos estratificadas, sem correlações pedogenéticas entre si, podendo ser, essas camadas, o próprio material de origem do perfil.

Após a identificação dos horizontes, esses são descritos morfologicamente, abrangendo informações quanto a cor, textura (que se refere a granulometria), estrutura, porosidade, cerosidade, consistência e demais informações relevantes. A seguir cada horizonte é coletado e as

amostras conduzidas ao laboratório, onde são efetuadas as análises químicas, físicas e mineralógicas. Com os resultados analíticos e considerando os parâmetros químicos, físicos, morfológicos e mineralógicos, procede-se a conceituação e classificação das diversas classes de solos. Vale lembrar que várias classes de solos podem apresentar parâmetros morfológicos, químicos, físicos e mineralógicos semelhantes, mas a diferença entre as classes de solos se dá pela presença e arranjo dos horizontes diagnósticos na parede do perfil de solo, refletindo um conjunto de características pedogenéticas inerente à classe de solo.

Em países de clima tropical úmido desenvolvem-se espessos pacotes de solos residuais profundos, podendo o pacote alcançar espessuras da ordem de 100 metros. Os solos residuais jovens, apesar da decomposição, exibem relíquias preservadas das descontinuidades herdadas da rocha de origem.

Perfil de intemperismo: um perfil de intemperismo para rochas graníticas e gnáissicas, com três subdivisões principais, foi estabelecido por Deere e Patton (1971), onde consta uma camada superior mais antiga e em elevado estado de intemperização, não apresentando vestígios da rocha de origem, chamada de solo residual maduro (zona IA). Abaixo desta, com menor grau de intemperização e mantendo as estruturas da rocha original, uma camada chamada de solo residual jovem (zona IB) e uma camada de rocha alterada (zona II), que pode ser subdividida em camada superior de rocha muito alterada e inferior de rocha pouco alterada, e camada de rocha sã (zona III).

Fatores relacionados ao clima (rocha matriz, topografia e tempo transcorrido) são os principais responsáveis pelo desenvolvimento do perfil, assim a espessura de um perfil de solo residual depende da intensidade dos processos associados ao intemperismo. Para regiões tropicais, Vaz (1996) propôs perfil de intemperismo típico para vários tipos de rocha e de clima, semelhante ao que havia sido proposto por Wolle (1985), citado por Gomes da Silva (2006), como mostra a Tabela 1.

Os trabalhos de mapeamentos de solos no território nacional se referem apenas ao estudo superficial dos solos, abrangendo geralmente

profundidades médias em torno de 1,50 a 2,5 m. Por questões práticas de execução de trabalhos de campo, o limite inferior máximo do solo a ser classificado chega até 300 cm. Informações mais detalhadas sobre os conceitos e os parâmetros acima citados estão disponíveis no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2006).

Tabela 1. Perfil de intemperismo típico para regiões tropicais.

VAZ, 1996					WOLLE, 1985	
Classificação	Classes	Comportamento	Processos	Perfil de intemperismo		
SOLO RESIDUAL	Solo vegetal (SV)	S1	Homogêneo isotrópico	Pedológicos		Solo Superficial
	Solo eluvial (SE)					Solo Maduro
	Solo de alteração saprolítico (SAS)	S2	Heterogêneo anisotrópico		Solo Saprolítico	
ROCHA	Rocha alterada mole (RAM)	R3	Dependente do Tipo de rocha		Intemperismo Químico	Saprolito
	Rocha alterada dura (RAD)	R2			Intemperismo Físico	Rocha Alterada
	Rocha sã (RS)	R1		Incipientes ou ausentes	Rocha Sã	

Resultados e Discussão

Solos

As classes de solos foram definidas conforme Santos et al. (2006) com base nas características morfológicas e análises físicas, químicas e mineralógicas dos perfis representativos coletados na área de estudo. Os solos predominantes na área de estudo são Argissolos, Latossolos, Cambissolos e Neossolos. De acordo com Calderano Filho et al. (2012), os Argissolos foram separados em três classes, compreendendo Argissolo Amarelo (PA), Argissolo Vermelho (PV) e Argissolo Vermelho - Amarelo (PVA), diferenciados em função da cor (amarelo, vermelho

e vermelho-amarelo), saturação por bases (distróficos e eutróficos), presença de acentuado gradiente textural ao longo do perfil (caráter abruptico) e por apresentarem características intermediárias com a classe dos Latossolos. Os Latossolos foram separados em três classes, compreendendo Latossolo Vermelho (LV), Latossolo Amarelo (LA) e Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA). Os Cambissolos foram separados em Cambissolo Háplico, Cambissolo Húmico e Cambissolo Flúvico. Da mesma forma, os Neossolos foram separados em Neossolos Litólicos e Neossolos Flúvicos. A classe dos Gleissolos Háplicos, indentificada apenas como ocorrência na área de estudo, não constitui classe de solo dominante. Conforme Calderano Filho et al. (2012), no mapa de solos na escala 1:100.000, as classes mencionadas acima passaram a constituir 22 unidades de mapeamento.

Os solos identificados na área manifestam variações em suas características morfológicas, físicas e químicas, condicionadas pelo clima, relevo, material de origem e posição que ocupam na paisagem (CALDERANO FILHO et al., 2009), com variabilidade em seus atributos a pequenas distâncias.

Na classe dos Argissolos Amarelos, foram separados solos distróficos típicos, úmbricos ou latossólicos, que ocorrem em posições fisiográficas de relevo ondulado e por vezes suave ondulado, sob cobertura vegetal de floresta tropical subperenifólia, sendo utilizados com pastagem, olerícolas e plantios de maracujá.

Na classe dos Argissolos Vermelhos há uma predominância de solos distróficos, em geral típicos. Em menor proporção, ocorrem solos eutróficos relacionados a diques de rochas básicas e aqueles intermediários para a classe dos Latossolos. Estes solos ocorrem em relevo ondulado e forte ondulado, sob cobertura vegetal de floresta tropical subperenifólia ou utilizados com café, pastagem natural e pastagem plantada. Os Argissolos Vermelhos distróficos típicos são mais utilizados com pastagem plantada, reflorestamento de eucaliptus ou encontram-se recobertos por mata. Os latossólicos são mais utilizados com plantio de café e os Argissolos Vermelhos eutróficos típicos são utilizados com pastagem natural e plantada.

Os Argissolos Vermelho - Amarelos foram separados em distróficos típicos e latossólicos e ocorrem distribuídos em diferentes posições da paisagem. De forma restrita, nas áreas de relevo ondulado ocorre o Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico abrupto.

Da mesma forma, os Latossolos foram separados em Latossolo Amarelo (LA), Latossolo Vermelho (LV) e Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), diferenciados em função da cor (amarelo, vermelho e vermelho-amarelo), saturação por bases, tipo de horizonte A e por apresentarem características intermediárias com outras classes de solos.

Na classe do Latossolo Amarelo foram separados solos distróficos, típicos, úmbricos e húmicos, com horizonte A moderado, proeminente e húmico e solos ácricos, com horizonte A proeminente e húmico. Os Latossolos Amarelos distróficos húmicos e Latossolos Amarelos ácricos húmicos ocorrem concentrados nas posições de relevo forte ondulado e montanhoso. Os demais ocorrem nas posições de relevo suave ondulado, ondulado e forte ondulado.

Na classe do Latossolo Vermelho ocorrem apenas solos distróficos típicos, com horizonte A moderado, em relevo forte ondulado. E na classe do Latossolo Vermelho-Amarelo ocorrem solos distróficos típicos, com horizonte A moderado, em relevo ondulado, forte ondulado e montanhoso. Apenas no relevo forte ondulado e montanhoso ocorrem solos com fase rochosa.

Na classe dos Cambissolos foram separados solos háplicos, úmbricos e húmicos, diferenciados em função do relevo, tipo de horizonte A e textura. Na paisagem esses solos ocorrem associados a afloramento de rocha, Neossolos Litólicos, Latossolos e Argissolos. De forma restrita, associado a afloramento de rocha, ocorre o Cambissolo háplico distrófico típico fase rochosa e apenas no mapa de solos na escala 1:50.000 (CALDERANO FILHO, 2012) os Cambissolos húmicos constituem unidade de mapeamento independente. A classe dos Cambissolos flúvicos distróficos típicos ocorrem associados à classe dos Neossolos flúvicos e são restritos às áreas de várzea. Por sua vez, os Neossolos Litólicos distróficos típicos ocorrem associados a afloramentos de rochas e são restritos às áreas elevadas da paisagem.

Excluindo os Neossolos Litólicos e os solos representativos das áreas de várzea, o restante dos solos, assim como os afloramentos de rochas, ocorrem em toda a área de estudo em diferentes posições da paisagem, em alguns locais os blocos rochosos e salientes elevam-se a dezenas de metros acima do nível do terreno.

O material de origem dos solos é bastante diferenciado, os solos das encostas e partes mais altas têm origem essencialmente em produtos de alterações das rochas citadas no item 2.3, e em material pré-edafizado influenciando até o desenvolvimento do horizonte B. Ocorre na área extensão razoável de encostas coluviais de material transportado em fases diversas, em mistura com produtos da alteração das rochas.

Nas baixadas, o ambiente hidromórfico apresenta sérias limitações impostas pela presença de lençol freático a pouca profundidade. O material de origem dos solos de várzea é constituído de sedimentos argilo-arenosos, compreendendo aluviões fluviais recentes e formações aluviais e coluviais mais antigas, oriundos da decomposição de rochas de áreas circunvizinhas que são carregados das encostas e depositados nas calhas dos rios e córregos. Em certos locais nota-se o aporte recente de material coluvial. Os solos predominantes são Neossolos e Cambissolos Flúvicos Tb distróficos, que ocorrem nas várzeas ao longo do Rio Grande, em pequena proporção, foram identificados Gleissolos Háplicos Tb distróficos, ocupando junto com os Neossolos Flúvicos as partes mais baixas das várzeas.

Foram associadas classes taxonômicas devido à variação espacial de atributos importantes para a classificação e ocorrência de variedade de solos com distribuição irregular pela área de estudo, o que impossibilitou sua delimitação cartográfica, em unidades simples. Na composição das associações, foi considerado em primeiro lugar o componente mais importante, sob o ponto de vista de extensão, usando-se o mesmo critério para os demais componentes da associação.

A Tabela 2 mostra alguns perfis representativos dos solos das terras altas e terras baixas, eles foram numerados de 1 a 7 (P1 a P7) para facilitar a compreensão. Os perfis P1 a P6 são representativos das partes altas da paisagem e o perfil P7 é exclusivo das áreas de baixada.

Tabela 2. Características físicas e químicas de alguns perfis descritos.

P1 – Latossolo Amarelo Distrófico típico -																	
Horizonte	Prof. (cm)	Cor úmida	Textura (g/kg)			ADA g/kg	GF %	Silte/ argila	Densidade g/cm ³		Porosidade cm ³ /100cm ³						
			Areia	Silte	Argila				Ds	Dp							
A	0-30	7.5YR 4/4	415	137	448	305	32	0,31	-	-	-						
AB	30-40	7.5YR 4/6	407	125	468	61	87	0,27	-	-	-						
BA	40-50	7.5YR 4/6	399	112	489	0	100	0,23	-	-	-						
Bw1	50-90	7.5YR 5/6	377	114	509	0	100	0,22	-	-	-						
Bw2	90-130	7.5YR 5/8	396	116	488	0	100	0,24	-	-	-						
Bw3	130-200	5YR 5/8	418	136	446	0	100	0,30	-	-	-						
Bw4	200-260	5YR 5/8	442	112	446	0	100	0,25	-	-	-						
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol./kg)						V (%)	Al (%)	C.O. (g/kg)	Ataque sulfúrico g/kg				Relações moleculares	
	H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	T				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (Kl)	SiO ₂ /R ₂ O ₃ (Kr)
A	4,5	4,0	0,5	0,6	0,22	0,01	1,3	9,7	13	52	20,2	131	190	71	8,9	1,17	0,95
AB	4,5	3,9	0,3	-	0,10	0,01	0,4	7,4	5	76	11,8	133	193	71	9,0	1,17	0,95
BA	4,5	3,9	0,4	-	0,09	0,01	0,5	6,5	8	71	10,7	144	197	80	9,4	1,24	0,99
Bw1	4,6	4,0	0,3	-	0,05	0,01	0,4	5,9	7	71	7,9	144	201	80	9,4	1,22	0,97
Bw2	4,6	4,0	0,3	-	0,06	0,01	0,4	4,3	9	56	5,0	138	203	84	9,3	1,16	0,91
Bw3	4,6	4,2	0,4	-	0,03	0,01	0,4	2,7	15	33	2,9	126	200	87	9,4	1,07	0,84
Bw4	4,9	4,8	0,2	-	0,12	0,01	0,3	2,3	13	0	1,9	116	202	71	8,8	0,98	0,80
P2 – Latossolo Vermelho Distrófico típico -																	
Horizonte	Prof. (cm)	Cor úmida	Textura (g/kg)			ADA g/kg	GF %	silte/ argila	Densidade g/cm ³		Porosidade cm ³ /100cm ³						
			Areia	Silte	Argila				Ds	Dp							
Ap	0-20	2.5YR 4/3	569	107	324	203	37	0,33	-	-	-						
Bw1	20-60	2.5YR 4/6	415	117	468	61	87	0,25	-	-	-						
Bw2	60-110	2.5YR 4/8	447	86	467	0	100	0,18	-	-	-						
Bw3	110-200	2.5YR 4/8	447	86	467	0	100	0,18	-	-	-						
Bw4	260+	2.5YR 5/8	466	68	466	0	100	0,15	-	-	-						
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol./kg)						V (%)	Al (%)	C.O. (g/kg)	Ataque sulfúrico g/kg				Relações moleculares	
	H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	T				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (Kl)	SiO ₂ /R ₂ O ₃ (Kr)
Ap	5,0	4,3	0,6	0,6	0,05	0,01	1,3	5,7	23	19	10,2	112	128	64	7,0	1,49	1,13
Bw1	5,1	4,4	0,6	0,4	0,08	0,01	1,1	4,7	23	15	7,3	176	196	82	10,4	1,53	1,20
Bw2	4,8	4,4	0,4	-	0,04	0,01	0,4	3,4	12	43	5,2	164	198	83	8,9	1,41	1,11
Bw3	4,7	4,4	0,3	-	0,03	0,01	0,3	3,6	8	40	4,1	172	203	86	10,6	1,44	1,13
Bw4	4,9	4,8	0,3	-	0,03	0,01	0,3	2,1	14	0	3,2	155	199	81	9,1	1,32	1,05
P3 – Latossolo Amarelo Distrófico Húmico -																	
Horizonte	Prof. (cm)	Cor úmida	Textura (g/kg)			ADA g/kg	GF %	Silte/ argila	Densidade g/cm ³		Porosidade cm ³ /100cm ³						
			Areia	Silte	Argila				Ds	Dp							
Ap	0-32	7.5YR 3/2	510	122	368	225	39	0,33	-	-	-						
A2	32-64	7.5YR 3/3	476	95	429	245	43	0,22	-	-	-						
A3	64-108	7.5YR 3/1	476	94	430	225	48	0,22	-	-	-						
AB	108-121	7.5YR 4/3	500	73	427	142	67	0,17	-	-	-						
Bw1	121-172	7.5YR 5/8	554	61	385	0	100	0,16	-	-	-						
Bw2	210+	7.5YR 5/8	550	66	384	0	100	0,17	-	-	-						

Tabela 2. Continua.

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol/kg)						V (%)	Al (%)	C.O. (g/kg)	Ataque sulfúrico g/kg				Relações moleculares	
	H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	T				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₂ /R ₂ O ₃ (Kr)
Ap	4,4	4,2	0,9		0,07	0,01	1,0	10,8	9	58	21,1	95	143	65	9,9	1,13	0,87
A2	4,7	4,2	0,5		0,02	0,01	0,5	9,6	5	71	17,8	106	146	71	9,3	1,23	0,94
A3	4,9	4,3	0,3		0,01	0,01	0,3	10,6	3	80	15,4	83	142	72	8,9	0,99	0,75
AB	5,0	4,4	0,4		0,01	0,01	0,4	5,8	7	67	8,6	85	149	86	10,3	0,97	0,71
Bw1	4,9	4,6	0,4		0,01	0,01	0,4	2,7	15	33	3,6	83	140	77	8,7	1,01	0,75
Bw2	5,2	5,1	0,4		0,01	0,01	0,4	2,2	18	0	1,9	88	165	76	9,5	0,91	0,70
P4 – Argissolo Vermelho Distrófico típico -																	
Horizonte	Prof. (cm)	Cor úmida	Textura (g/kg)			ADA g/kg	GF %	silte/ argila	Densidade g/cm ³		Porosidade cm ³ /100cm ³						
			Areia	Silte	Argila				Ds	Dd							
Ap	0-35	2,5YR 4/2	671	127	202	142	30	0,63	-	-	-						
AB	35-47	2,5YR 4/3	626	132	242	162	33	0,55	-	-	-						
BA	47-60	2,5YR 4/4	632	105	263	61	77	0,40	-	-	-						
Bt1	60-90	2,5YR 4/4	485	88	427	0	100	0,21	-	-	-						
Bt2	90-130	2,5YR 4/6	290	77	633	0	100	0,12	-	-	-						
Bt3	130-200+	7,5YR 4/8	297	70	633	0	100	0,11	-	-	-						
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol/kg)						V (%)	Al (%)	C.O. (g/kg)	Ataque sulfúrico g/kg				Relações moleculares	
	H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	T				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₂ /R ₂ O ₃ (Kr)
Ap	5,2	4,3	1,1	0,7	0,06	0,01	1,9	5,2	37	10	9,1	116	84	39	5,1	2,35	1,81
AB	5,1	4,3	0,6	0,4	0,03	0,01	1,0	3,5	29	17	4,4	122	97	40	5,3	2,14	1,69
BA	5,1	4,3	0,5	0,5	0,02	0,01	1,0	3,5	29	23	4,0	114	89	35	4,7	2,18	1,74
Bt1	5,1	4,2	0,7	0,6	0,03	0,01	1,3	4,3	30	24	4,4	195	158	65	7,3	2,10	1,66
Bt2	5,1	4,4	1,0	0,5	0,04	0,01	1,5	4,9	31	12	5,0	274	209	83	9,3	2,23	1,78
Bt3	5,3	4,8	0,7	0,8	0,02	0,01	1,5	4,2	36	0	3,5	277	210	88	9,0	2,24	1,77
P5 – Argissolo Amarelo Distrófico abruptico -																	
Horizonte	Prof. (cm)	Cor úmida	Textura (g/kg)			ADA g/kg	GF %	Silte/ argila	Densidade g/cm ³		Porosidade cm ³ /100cm ³						
			Areia	Silte	Argila				Ds	Dd							
A	0-50	7,5YR 4/3	588	108	304	203	33	0,36	-	-	-						
Bt1	50-80	7,5YR 6/8	273	70	657	0	100	0,11	-	-	-						
Bt2	80-120	7,5YR 5/8	271	72	657	0	100	0,11	-	-	-						
Bt3	160+	7,5YR 5/8	293	52	655	0	100	0,08	-	-	-						
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol/kg)						V (%)	Al (%)	C.O. (g/kg)	Ataque sulfúrico g/kg				Relações moleculares	
	H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	T				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (Ki)	SiO ₂ /R ₂ O ₃ (Kr)
A	5,7	4,8	2,1	0,9	0,16	0,01	3,2	6,0	53	0	13,2	130	119	42	6,8	1,86	1,51
Bt1	5,5	5,0	1,6	0,8	0,02	0,01	2,4	5,1	47	0	5,5	263	213	85	7,5	2,10	1,67
Bt2	5,6	5,4	0,8	1,1	0,01	0,01	1,9	3,7	51	0	3,7	270	218	87	7,4	2,11	1,68
Bt3	5,4	5,1	0,6		0,01	0,01	0,6	2,3	26	0	1,8	277	216	84	7,6	2,18	1,75

Tabela 2. Continua.

P6 – Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico -																	
Horizonte	Prof. (cm)	Cor úmida	Textura (g/kg)			ADA g/kg	GF %	silte/ argila	Densidade g/cm ³		Porosidade cm ³ /100cm ³						
			Areia	Silte	Argila				Ds	Dp							
A	0-40	5YR 4/3	698	140	162	61	62	0,86	-	-	-						
Bi	40-80	7,5YR 5/4	709	129	162	121	25	0,80	-	-	-						
BiC	80-120	7,5YR 5/6	700	98	202	61	70	0,49	-	-	-						
BC	150+	7,5YR 5/6	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol./kg)						V (%)	Al (%)	C.O. (g/kg)	Ataque sulfúrico g/kg				Relações moleculares	
	H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	T				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂ Al ₂ O ₃ (Kl)	SiO ₂ R ₂ O ₃ (Kr)
A	4,8	3,8	0,4		0,34	0,01	0,7	7,6	9	67	10,6	85	84	31	3,6	1,72	1,39
Bi	5,1	3,9	0,2		0,22	0,01	0,4	4,0	10	67	6,1	93	99	35	3,6	1,60	1,30
BiC	4,6	3,7	0,2		0,06	0,01	0,3	3,6	8	79	4,3	85	94	44	4,0	1,54	1,18
BC	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P7 – Neossolo flúvico Tb Distrófico típico -																	
Horizonte	Prof. (cm)	Cor úmida	Textura (g/kg)			ADA g/kg	GF %	silte/ argila	Densidade g/cm ³		Porosidade cm ³ /100cm ³						
			Areia	Silte	Argila				Ds	Dp							
A	0-30	5YR 4/2	804	75	121	81	33	0,62	-	-	-						
C1	30-60	2,5YR 4/2	622	175	203	122	40	0,86	-	-	-						
C2	60-100	2,5YR 5/3	116	407	477	0	100	0,85	-	-	-						
C3	150+	2,5YR 5/2	82	442	476	0	100	0,93	-	-	-						
Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo (cmol./kg)						V (%)	Al (%)	C.O. (g/kg)	Ataque sulfúrico g/kg				Relações moleculares	
	H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	T				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂ Al ₂ O ₃ (Kl)	SiO ₂ R ₂ O ₃ (Kr)
A	6,2	4,9	2,3	1,2	0,66	0,02	4,2	6,8	62	0	8,0	105	84	50	8,7	2,13	1,54
C1	5,3	4,0	1,7	0,5	0,09	0,02	2,3	6,9	33	18	7,7	142	125	61	10,0	1,93	1,47
C2	5,0	3,8	2,5	0,7	0,18	0,04	3,4	13,6	25	29	18,2	241	208	89	13,4	1,97	1,55
C3	5,0	3,7	2,7	0,7	0,14	0,07	3,6	14,0	26	28	16,1	283	208	95	13,5	2,31	1,79

Legenda: ADA = Argila disposta em Água; GF = Grau de flocculação; V = Saturação por bases; Al = saturação por alumínio; CO = Carbono orgânico.

Características mineralógicas de alguns perfis descritos

Foram realizadas análises mineralógicas da fração argila por difratometria de raios-X (DRX) de amostras selecionadas de um horizonte de cada perfil de solo representativo da área. As Figuras 5 a 10 mostram alguns perfis representativos dos solos das terras altas e terras baixas, eles foram numerados de 1 a 7 (P1 a P7) para facilitar a compreensão. Os difratogramas das Figuras 5, 6, 7, 8, 9, 10 mostram perfis representativos das partes altas da paisagem e o difratograma da Figura 11 mostra perfil exclusivo da área de baixada.

De modo geral, há grande semelhança entre os difratogramas dos horizontes de um mesmo perfil de solo. Entre os perfis, no entanto, diferenças na proporção dos minerais e, em grau bem menor, nos espécimes constituintes, são evidentes. Dos minerais identificados, a caulinita encontra-se presente em todas as amostras analisadas. A mineralogia da fração argila dos Latossolos em geral é constituída por caulinita, gibbsita, goethita e, por vezes, com reflexões de pequena magnitude, vermiculita com hidróxi-Al nas entrecamadas, vermiculita e anatásio. No entanto, verifica-se diferença na proporção desses componentes, nos Latossolos situados nas posições mais elevadas refletindo as condições bioclimáticas desses ambientes como referido em Reunião... (1979) e Rezende e Resende (1996), com tendência de maior participação da gibbsita.

Quanto aos Argissolos, ocorre na área certa variedade constituindo-se classe de solos Vermelhos, Vermelho-Amarelos e Amarelos, alguns de características intermediárias como latossólicos, ou de caráter abrupto. Apresentam no geral variado grau de evolução pedogenética, sendo predominantemente cauliniticos. Os DRX mostram reflexões marcantes de caulinita. Entre os óxidos, predomina a goethita. Foram registradas reflexões de gibbsita nos DRX de argila em condições naturais e desferrificada e nos Argissolos intermediários para Latossolo situado em altitude mais elevada.

Os Cambissolos Húmicos situam-se nas posições mais elevadas da paisagem, em áreas de relevo com forte declividade. Verifica-se a tendência de ocorrerem nas faces de menor exposição solar, mais frias e úmidas, onde a atividade biológica é menor, o que restringe a

decomposição da matéria orgânica do solo. Esses solos se encontram associados aos Latossolos Húmicos e, nos trechos mais íngremes da paisagem, a afloramentos rochosos e solos rasos como os Neossolos Litólicos. São solos mais intemperizados e/ou lixiviados em relação aos Cambissolos Háplicos, conforme evidenciado pelos DRX, onde se observam reflexões bem distintas de caulinita e de gibbsita e indícios de goethita e de vermiculita. A presença simultânea de gibbsita e de argilominerais 2:1 sugere que esse óxido pode ter se formado diretamente dos minerais primários do solo (HERRMANN et al., 2007).

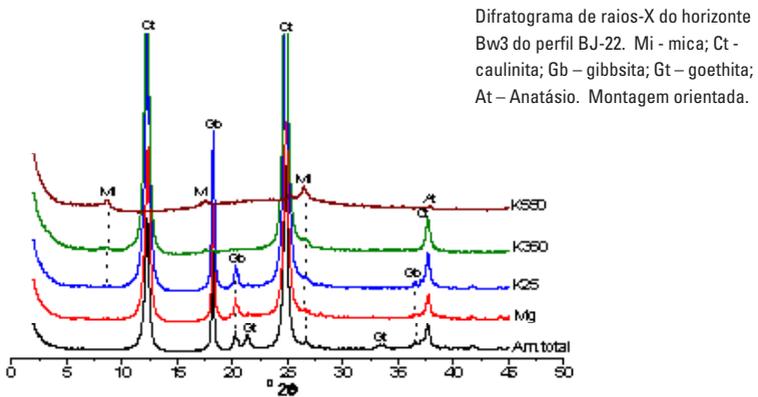


Figura 5. Perfil P1 - Latossolo Vermelho distrófico típico. Horizonte Bw3. Amostra constituída por caulinita; gibbsita e goethita, com indícios de mica e de anatásio.

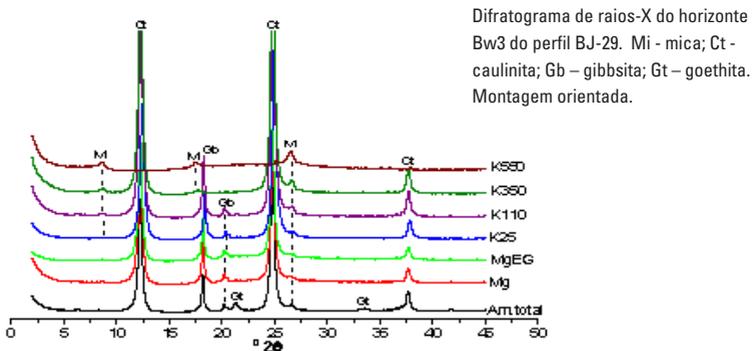


Figura 6. Perfil P2 - Latossolo Vermelho distrófico típico. Horizonte Bw3. Amostra constituída por caulinita; gibbsita e goethita, com indícios de mica e de anatásio.

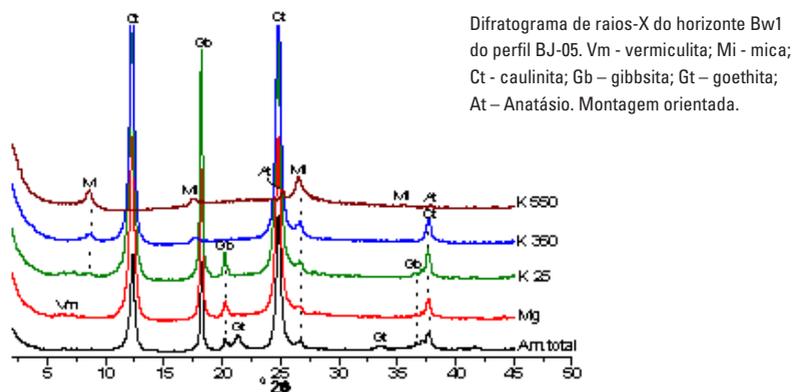


Figura 7. Perfil P3 - Latossolo Amarelo distrófico Húmico. Horizonte Bw1. Amostra constituída por caulinita; gibbsita; goethita, com indícios de mica, de vermiculita e de anatásio.

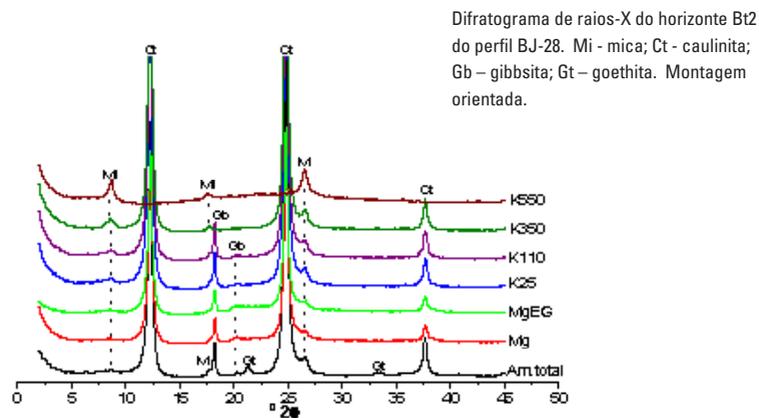


Figura 8. Perfil 4 - Argissolo Vermelho Distrófico típico. Horizonte Bt2. Amostra constituída por caulinita; gibbsita; goethita, com indícios de mica.

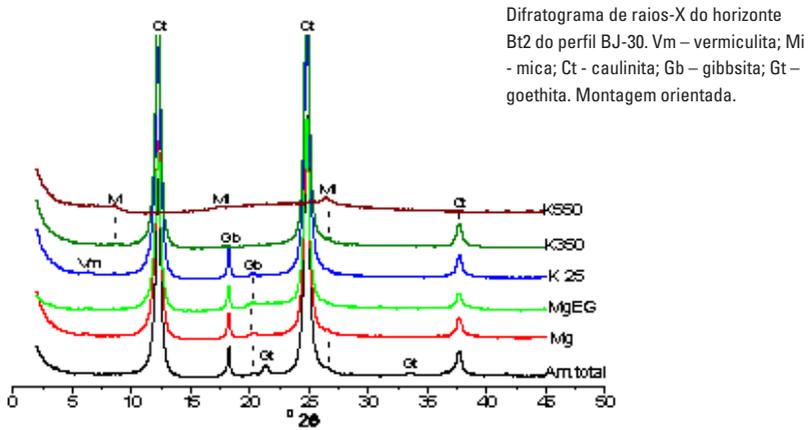


Figura 9. Perfil 5 - Argissolo Amarelo distrófico abruptico. Horizonte Bt2. Amostra constituída por caulinita; gibbsita e goethita, com indícios de mica e de vermiculita.

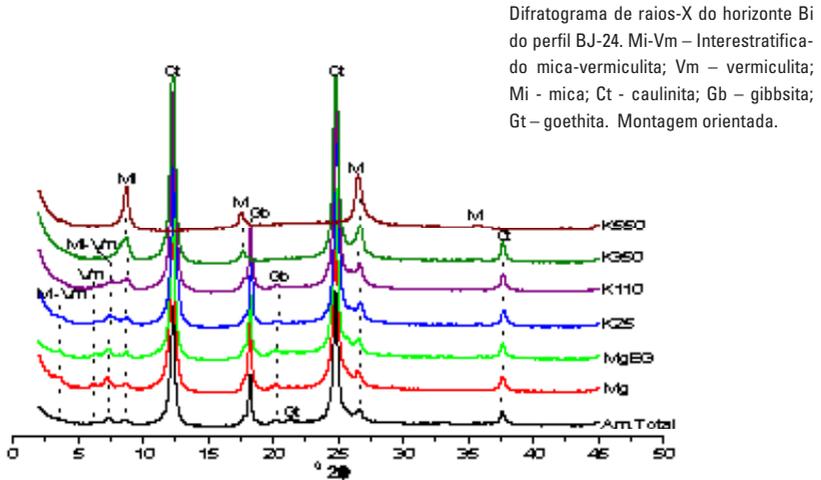


Figura 10. Perfil 6 - Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico. Horizonte Bi. Amostra constituída por caulinita; gibbsita; Interstratificado mica-vermiculita; mica; com indícios de vermiculita e de goethita.

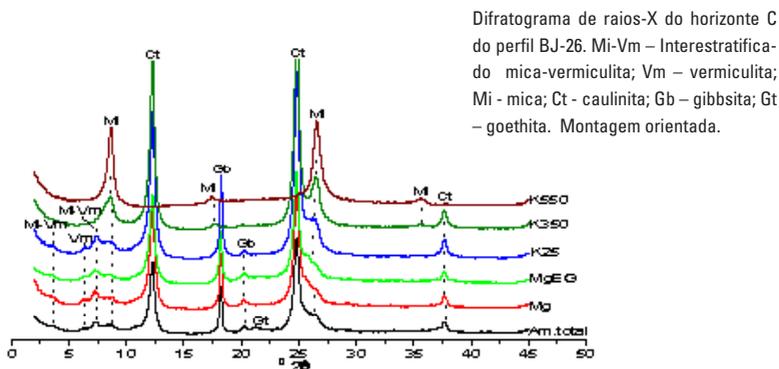


Figura 11. Perfil 7 - Neossolo Flúvico Tb Distrófico típico. Horizonte C. Amostra constituída por caulinita; gibbsita; Interestratificado mica-vermiculita; mica; com indícios de vermiculita e de goethita.

Relevo

A área apresenta um relevo vigoroso e um mosaico de feições que foram sendo alteradas ao longo dos anos, devido à dissecação constante promovida pelo Rio Grande no seu médio alto curso e pelas sucessivas intervenções antrópicas, em função de diferentes usos do solo.

O relevo montanhoso típico da Serra do Mar, de morfologia bastante acidentada e presença de pequenos alinhamentos serranos e paredões rochosos, apresenta localmente cotas entre 800 a 1.300 m, registrando picos com 1.600 m de altitude. No setor menos expressivo, associado à dissecação promovida pelo Rio Grande, as cotas variam entre 600 e 800 m e os picos são bastante elevados. Em direção ao Vale do Paraíba, as cotas decrescem gradativamente de 800 para 400 m.

A área de estudo compreende parte da bacia do médio alto curso do Rio Grande, um dos formadores do Rio Dois Rios e principal coletor de águas na área, que engorda o seu fluxo ao receber as águas do Rio Bengala e tributários, e de vários outros córregos e ribeirões provenientes da localidade de Bom Jardim e região de entorno, sendo os principais receptores de sedimentos carreados das encostas e levados até o Rio Grande que drena suas águas para o Rio Paraíba do Sul. O Rio

Grande corre de leste a oeste, encaixado entre encostas íngremes, às vezes, entre encostas mais suaves, ou blocos rochosos, sendo poucos os compartimentos alargados de sua planície aluvial. A Figura 12 mostra a distribuição das classes de declive e a Tabela 3 mostra a distribuição e percentual das classes de relevo que ocorrem na área.

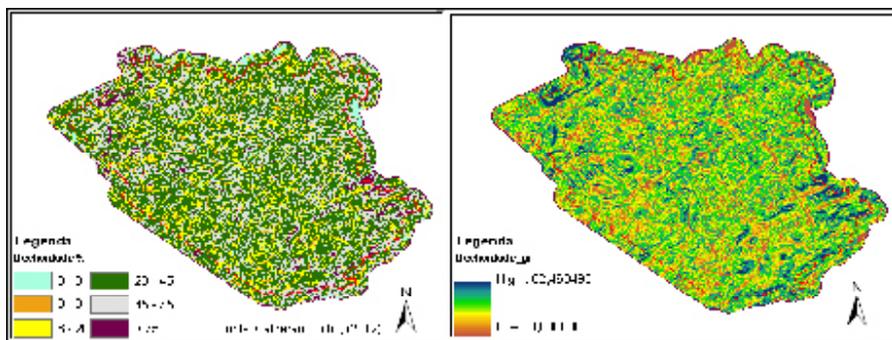


Figura 12. Distribuição das classes de declive em percentagem e em graus.

Os menores declives estão associados às áreas cobertas pelos sedimentos do Quaternário, correspondendo às áreas de várzea que não são muitas. Em alguns locais a várzea é entulhada, observando-se variações de altitude e natureza dos sedimentos. A drenagem no ambiente de várzea é impedida, com solos imperfeitamente drenados. Observa-se também em pequenas porções de anfiteatro e áreas de depósitos de tálus, solos imperfeitamente drenados.

O mapa de declividade foi classificado em seis classes de relevo: plano (0-3%), suave ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), forte ondulado (20-45%), montanhoso (45-70%) e escarpado (> 70%). A definição de intervalos de classes de declives utilizadas está de acordo com Santos et al. (2006). Pela Tabela 3, verifica-se que 69,24% da área apresenta declividade superior a 20%, sendo que 43% em relevo forte ondulado, 20,02% em relevo montanhoso e 6,22% apresenta relevo escarpado. As áreas de relevo ondulado ocupam 20,83%, e as áreas de relevo plano e suave ondulado ocupam 9,93% das terras.

Tabela 3. Distribuição das classes de relevo.

Classe de declive	área (ha)	%
Plano	862,74	1,78
suave ondulado	3.950,22	8,15
Ondulado	10.096,10	20,83
forte ondulado	20.841,69	43,00
Montanhoso	9.703,50	20,02
Escarpado	3.014,77	6,22
Total	48.469,06	100,00

A elevação apresenta a distribuição das classes de altitudes ou patamares hipsométricos, em intervalos verticais equidistantes. A carta hipsométrica foi elaborada com base no modelo digital de elevação (MDE), utilizando para a elaboração as operações efetuadas via SIG-ArcGis. As classes altimétricas foram estabelecidas com intervalos de 100 m cada uma e diferenciadas por cores em degradê. A Figura 13 mostra o modelo digital de elevação e a carta hipsométrica da área. A classe hipsométrica mais baixa 400-500 m engloba as áreas baixas ou os sopés das vertentes e circunda o vale do Rio Grande nos limites com o Município de Cordeiro, e as classes hipsométricas mais elevadas (1.500-1.600 m) e superior a 1.600 m (1.600-1.700 m) encerram o domínio montanhoso e os topos aplainados, delimitando o Município de Nova Friburgo, nas localidades de Campo do Coelho, Amparo e São Pedro da Serra, e o Município de Casimiro de Abreu nas imediações da serra de Macaé de Cima.

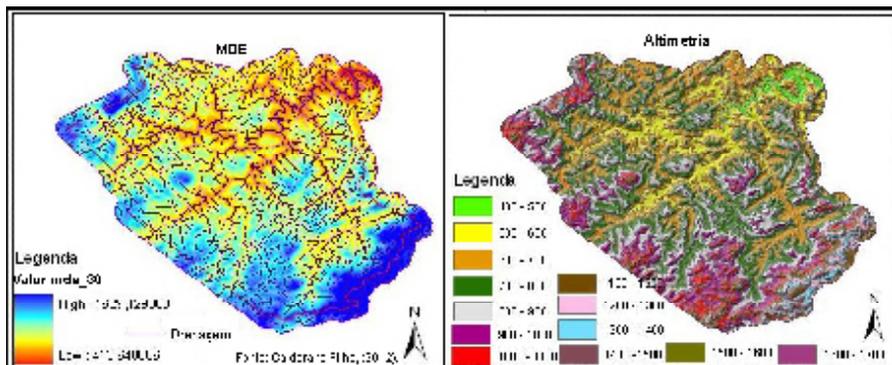


Figura 13. Representação dos temas MDE e Altimetria da área de estudo.

Correlação Geopedológica

O relevo é um parâmetro importante em atividades geotécnicas, assim foram acrescentados números às respectivas legendas geotécnicas quando a mesma classe de solo ocorre em várias fases de relevo. A Tabela 4 mostra algumas considerações de forma generalizada entre as classes de solos mapeadas e seus significados geotécnicos. A Tabela 5 mostra a correlação entre a legenda pedológica e pedogeotécnica, essa tabela é complementada com a descrição de alguns atributos e horizontes diagnósticos usados na classificação dos solos sob o ponto de vista pedológico. Foram descritos apenas os atributos considerados de relevância geotécnica que ocorrem na área de estudo. Foi acrescentado à respectiva unidade geotécnica um número de 1 a 4, em função do relevo onde ocorrem e das características pedológicas apresentadas. A Figura 20 mostra o mapa geopedológico e a Tabela 6 mostra a distribuição e percentual das unidades geopedológicas que ocorrem na área.

Argissolos (P)

Apresentam sequência de horizontes A-B-C na parede do perfil, tendo como horizonte diagnóstico o B textural (Bt), que representa um horizonte de acumulação de argila. O aumento do teor de argila em profundidade caracteriza a diferença textural entre os horizontes superficiais e subsuperficiais, ou seja, incremento de argila no horizonte B em relação ao A. Na área de estudo, distribuem-se em várias fases de relevo, sua gênese está ligada aos produtos de decomposição das rochas cristalinas e pequenas áreas de material coluvial e depósito de tálus, como ocorre na classe do Argissolo Amarelo sob relevo suave ondulado. A fração argila dominante é de atividade baixa, sendo constituída basicamente por caulinita e óxi-hidróxidos de ferro e alumínio. São considerados, em Geotecnia, solos não saturados que podem estar associados a perfis de intemperismo, principalmente os que ocorrem em relevo suave ondulado e ondulado, tendo como material fonte as rochas cristalinas, com exceção do Argissolo Amarelo. Os que ocorrem em relevo forte ondulado podem estar associados a afloramentos de rochas. Em função da diferença textural entre os horizontes A e B se tornam mais propensos a processos erosivos, principalmente após o desmatamento. Os solos que ocupam as paisagens formadas por relevo forte ondulado devem ser destinados à preservação ambiental, pois nestas condições estão sujeitos a movimentos de massa, principalmente os que tem contribuição de materiais coluviais e de tálus em sua formação (Figura 14).

Tabela 4. Síntese da correlação geopedológica.

Classificação Pedológica - SiBCS	Classificação Geotécnica
<p>ARGISSOLOS Desenvolvidos de rochas cristalinas. Horizonte Diagnóstico B textural (Bt), com estrutura em blocos.</p>	<p>SOLO RESIDUAL não saturado Diferença textural entre A e B. Suscetível à erosão superficial. Raros casos de material de origem alóctone, (na área ocorre na classe do Argissolo Amarelo). Indicação de Perfil de Intemperismo</p>
<p>CAMBISSOLOS HÁPLICOS Desenvolvidos de rochas cristalinas (fragmentos de rochas na matriz argilosa com relação silte / argila > 0,7), depósitos de encostas e de sedimentos aluviais. Podem ocupar relevos acidentados ou ondulados. Horizonte diagnóstico B incipiente (Bi). Ricos em minerais primários facilmente intemperizáveis quando residuais. Os Cambissolos Húmicos possuem espessa camada superficial rica em matéria orgânica (horizonte A húmico) que os diferencia dos Cambissolos Háplicos.</p> <p>CAMBISSOLOS FLÚVICOS Os formados em relevos plano desenvolvidos de sedimentos fluviais, areno-argilosos e argilosos são denominados de Cambissolos Flúvicos.</p>	<p>Podem indicar colúvios ou tálus quando ocupam relevos acidentados. Neste caso é indicativo de áreas potenciais de movimentos de massas.</p> <p>SOLO TRANSPORTADO Podem ser indicativos de solos transportados, quando desenvolvidos de sedimentos em relevos planos.</p>
<p>LATOSSOLOS Horizonte diagnóstico B latossólico (Bw), profundo. Mais de 2 metros de espessura. Argila floculadas (100%). Textura muito argilosa ou argilosa ou média dependendo do material de origem (diques rochas básicas, gnaisses, rochas alcalinas, sedimentos e arenitos) Presença de óxi-hidróxidos de ferro e alumínio. Relação silte / argila < 0,7. Os Latossolos Húmicos possuem espessa camada superficial rica em matéria orgânica (horizonte A húmico) que os diferenciam dos Latossolos típicos.</p>	<p>SOLO não saturado O Horizonte B pode ser residual, transportado ou coluvial. Baixa saturação por bases e atividade da argila baixa. Fração argila caulinitica ou oxidica ou mistura de ambos. Solos de boa drenabilidade. Indicativos de jazidas de argila.</p>
<p>NEOSSOLOS Solos poucos evoluídos. Sequência de horizontes A-R , A-C ou A-CR. Ocupam várias fases de relevo. Os formados em relevo montanhosos ou forte ondulados são os Neossolos Litólicos e apresentam caráter lítico. Os formados em relevos plano desenvolvidos de sedimentos fluviais, areno-argilosos e argilosos são denominados de Neossolos Flúvicos</p>	<p>Podem ser indicativos de solos residuais, afloramentos de rocha quando desenvolvidos de rochas cristalinas e ocupam relevo movimentado.</p> <p>Podem ser indicativos de solos transportados, quando desenvolvidos de sedimentos em relevos planos.</p>
<p>GLEISSOLOS Horizonte diagnóstico Glei de coloração cinzenta, esverdeada ou azulada, em função da redução de ferro ou manganês. Ocupam áreas de relevo plano, desenvolvidos de sedimentos recentes. Indicativo de hidromorfismo.</p>	<p>SOLO TRANSPORTADO saturado, sujeito a inundações nos períodos de precipitação intensa. Quando possuem sais solúveis e materiais sulfídricos podem ser potencialmente corrosíveis.</p>

Fonte: adaptado de Antunes et al. (2013).

Tabela 5. Correlação entre legenda pedológica e pedogeotécnica.

Legenda Pedológica	Legenda Pedogeotécnica	Sublegenda Pedogeotécnica
ARGISSOLO (P)	GP	1,2,3 e 4 em função do relevo e transição para outra classe solo
Argissolo Vermelho (PV)	GP	
Argissolo Amarelo (PA)	GP	
Argissolo Vermelho - Amarelo (PVA)	GP	
CAMBISSOLO (C)	GC	1,2,3 e 4 em função do relevo
Cambissolo Háplico, (CX)	GCX	
Cambissolo Húmico (CH)	GCH	
Cambissolo Flúvico (CY)	GCY	
LATOSSOLO (L)	GL	1,2,3 e 4 em função do relevo
Latossolo Amarelo (LA)	GL	
Latossolo Vermelho - Amarelo (LVA)	GL	
Latossolo Vermelho (LV)	GL	
Latossolo Amarelo Húmico (LAH)	GLH	1,2,3 e 4 em função do relevo
NEOSSOLO (R)	GR	1,2,3 e 4 em função do relevo
Neossolo Litólico (RL)	GRL	
Neossolo Flúvico (RY)	GRY	
GLEISSOLO (G)	GG	1, em função do relevo
Gleissolo Háplico (GX)	GGX	



Figura 14. Perfis e paisagem de ocorrência de Argissolo Vermelho e Argissolo Amarelo com horizonte A moderado.

Essa classe de solos caracteriza-se também por possuir solo maduro (horizonte B) de pequena espessura (menor que 1 metro), não sendo indicativo para extração de argila. O conjunto de características dessas classes favorece a sua indicação para ocupação urbana, respeitando-se as condições de relevo e do substrato local (Figura 15).

No mapa pedogeotécnico, a legenda dessa unidade é: GP1 - Unidade geopedológica argissolo em relevo plano e suave ondulado; GP2 - Unidade geopedológica argissolo em relevo ondulado; GP3 - Unidade geopedológica argissolo em relevo forte ondulado e GP4 - Unidade geopedológica argissolo em relevo montanhoso e escarpado. Como a unidade GP4 tem pouca representativa individual na área, as pequenas manchas onde ocorrem foram incluídas na unidade GP3. Também, pequenas áreas de Argissolo Amarelo desenvolvidos de materiais coluviais e de tálus, sem representatividade cartográfica na escala adotada, para serem delineados de forma separada, foram incluídas na unidade GP1.



Fotos: Braz Calderano Filho.

Figura 15. Paisagem de ocorrência Argissolo Vermelho - Amarelo com horizonte A moderado.

Cambissolos (C)

Compreende solos com horizonte diagnóstico Bi (incipiente), que representa um horizonte pouco desenvolvido podendo conter materiais primários e fragmentos de rocha. Apresentam sequência de horizontes A, Bi e C com ou sem r (rocha). Ocorrem em relevos acidentados ou suave ondulados e planos. Os desenvolvidos em relevo acidentado podem ser residuais ou de depósitos colúviais ou de tálus. Os de relevo suave ondulado e plano são desenvolvidos de sedimentos (Figuras 16 e 17).

Ocorrem na área três classes de Cambissolos: Cambissolos Háplicos, Cambissolos Húmicos e Cambissolos Flúvicos (CX, CH e CY), quando húmicos o horizonte A (superficial) ultrapassa a profundidade de 70 cm. A classe dos Cambissolos Háplicos e Húmicos tem como material de origem produtos de decomposição de rochas do cristalino e/ou de depósitos colúviais ou de tálus. A classe dos Cambissolos Flúvicos tem como material de origem produtos de sedimentos.

Os Cambissolos Háplicos foram separados inicialmente em 4 unidades geotécnicas, em função do relevo e de suas características descritivas. GCX1 - unidade geopedológica Cambissolo Háplico em relevo plano e suave ondulado; GCX2 - unidade geopedológica Cambissolo Háplico em relevo ondulado; GCX3 – unidade geopedológica Cambissolo Háplico em relevo forte ondulado e GCX4 – unidade geopedológica Cambissolo Háplico em relevo montanhoso e escarpado. Como a unidade GCX3 tem pouca representativa individual na área, as pequenas manchas onde ocorrem foram incluídas na unidade GCX4. O Cambissolo Húmico passou a constituir a unidade GCH4 – unidade geopedológica Cambissolo Húmico em relevo forte ondulado, montanhoso e escarpado. O Cambissolo Flúvico passou a constituir a unidade GCY1 - unidade geopedológica Cambissolo Flúvico em relevo plano e suave ondulado. Como ela tem pouca representativa individual na escala adotada, ocorrendo sempre associada com os solos Neossolos Flúvicos, no mapa ela é representada junto com a unidade GRY (Neossolos Flúvicos).



Fotos: Braz Calderano Filho.

Figura 16. Perfis de Cambissolo háplico distrófico.



Fotos: Braz Calderano Filho.

Figura 17. Perfis de Cambissolo flúvico distrófico.

Latossolos (L)

Solos que apresentam horizontes minerais A, B, C, tendo como horizonte diagnóstico o horizonte B latossólico (Bw), caracterizado por ser um horizonte altamente intemperizado, constituído por uma fração argila de baixa atividade, tendo quantidades variáveis de caulinita e oxi-hidróxidos de ferro e alumínio. O horizonte B latossólico (Bw) deve possuir espessura mínima de 0,50 m para ser enquadrado na classe dos Latossolos. Na área de estudo, a soma dos horizontes BWs normalmente ultrapassam os 200 cm, constituindo solos profundos e muitos profundos, e os Latossolos húmicos ultrapassam a profundidade de 2,5 m (Figuras 18 e 19).

Estes solos distribuem-se em várias fases de relevo e, em certas áreas, estão associados à classe dos Cambissolos e Argissolos. São solos

formados a partir de depósitos coluviais ou podem ser residuais, tendo como substratos rochas metamórficas e ígneas. Sob o ponto de vista geotécnico, são solos não saturados, cuja fração argila é de baixa atividade. Quando ocorrem em relevo forte ondulado e montanhoso, podem ser indicativos de movimentos de massa. Nestas condições devem ser destinados à preservação ambiental. Ocorrem na área três classes de Latossolos: Latossolo Amarelo (LA), Latossolo Vermelho (LV) e Latossolos Vermelho-Amarelo (LVA). Na classe dos Latossolos Amarelos ocorrem solos com horizonte A moderado, proeminente húmico.

Fotos: Braz Calderano Filho.



Figura 18. Perfis de Latossolo Vermelho e Vermelho distróficos.

Os Latossolos foram subdivididos em três unidades geotécnicas em função do relevo e de suas características descritivas: GL1 - unidade geopedológica Latossolo em relevo plano e suave ondulado; GL2 - unidade geopedológica Latossolo em relevo ondulado e GL3 - unidade geopedológica Latossolo em relevo forte ondulado, montanhoso e escarpado. Os Latossolos Húmicos passaram a constituir as unidades: GLH3 – unidade geopedológica Latossolo Húmico em relevo forte ondulado. GLH4 – unidade geopedológica Latossolo Húmico em relevo montanhoso e escarpado.



Figura 19. Perfis de Latossolo Amarelo Húmico.

Neossolos (R)

São solos pedologicamente pouco evoluídos, constituídos de material mineral, com sequência de horizontes A/R, A/C ou A/Cr não tendo um horizonte B bem definido. Ocupam várias fases de relevo e são desenvolvidos de materiais de origem diversos, em função disso recebem as seguintes denominações: Neossolo Litólico – apresentam sequência de horizontes A/Cr ou A/R, com contato lítico. Ocorrem em relevo montanhoso e forte ondulado, associados a Cambissolos e afloramento de rocha, corresponde à unidade geopedológica GRL (Neossolo Litólico); Neossolo Flúvico – apresentam sequência de horizontes A/C, correspondem aos antigos solos aluviais e ocupam áreas de relevo plano. São derivados de sedimentos areno-argilosos ou argilosos e possuem origem fluvial. Corresponde à unidade geopedológica (GRY).

Sob o ponto de vista geotécnico, os Neossolos Litólicos são solos rasos que ocorrem associados aos afloramentos de rochas (tipicamente cristalinas), na área estão associados a Cambissolos Háplicos e Húmicos (classes CX e CH) e outras classes de solos que ocorrem na mesma fase de relevo (áreas de relevo forte ondulado e montanhoso). Ocupam áreas de relevo movimentado e podem ser indicativas de solos residuais, são desenvolvidos de rochas cristalinas. Quando associados a

afloramentos de rocha e em relevo movimentado, devem ser indicados como área de preservação ambiental. O Neossolo Litólico caracteriza a unidade GRL, unidade geopedológica Neossolo Litólico. Os Neossolos Flúvicos são solos transportados, desenvolvidos de sedimentos areno-argilosos ou argilosos. Ocupam áreas de relevo plano e embora sejam considerados solos não saturados, podem estar sujeitos a inundações nos períodos mais chuvosos. Na área ocorrem associados aos Cambissolos Flúvicos e Gleissolos Háplicos. Para a Geotecnia, caracteriza a unidade GRY, unidade geopedológica Neossolo Flúvico.

Gleissolos (G)

São solos minerais hidromórficos desenvolvidos de sedimentos recentes. Ocupam relevo plano, tendo como característica diagnóstica a presença de um horizonte Glei, formado em ambiente hidromórfico, caracterizado por cores de redução de ferro (cinza, preto, esverdeado). Ocorrem nas áreas de várzeas, são mal ou muito mal drenadas, onde o lençol freático fica elevado durante grande parte do ano. São solos geralmente argilosos com sequência de horizontes A e C, desenvolvidos de sedimentos fluviais. Na área de estudo, ocorrem apenas a classe do Gleissolo Háplico (Gx), assim mesmo em pequenas inclusões associados aos Cambissolos flúvicos e Neossolos Flúvicos. Constituem a unidade geopedológica GG, não separados individualmente na escala adotada.

Sob o ponto de vista geotécnico, são solos saturados, que ocorrem em relevo plano e em vários casos sujeitos a alagamentos em épocas de precipitação mais intensa, principalmente os gleissolos de textura argilosa. O baixo pH os tornam com potencial de corrosão mais elevado. São solos não indicados para ocupação urbana e disposição de resíduos.

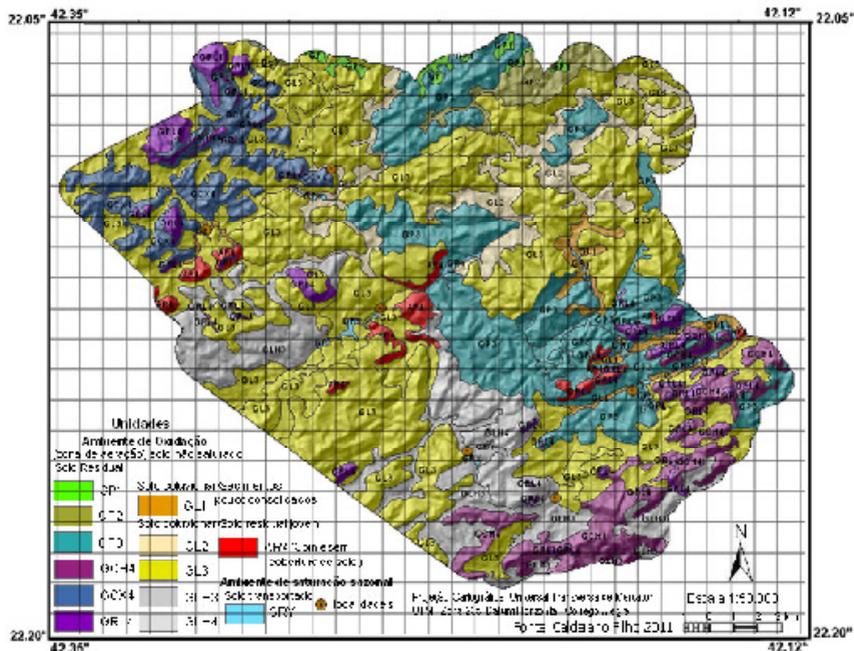


Figura 20. Mapa geopedológico da área.

Considerações Finais

As unidades geopedológicas (GP, GCX, GCH, GL, GLH e GRL) incluem solos da classe dos Argissolos, Latossolos, alguns tipos de Cambissolos e Neossolos litólicos. Estas classes de solos são representativas de solos das terras altas, formados em zona de oxidação, sem influência do lençol freático na sua gênese. Ocupam várias feições de relevo e são formadas a partir de materiais de origens diversificados, de produtos de decomposição das litologias referidas no item 2.3, com ou sem contribuição de colúvios e tálus. São áreas sujeitas a movimentos de massa, principalmente em posições de relevo montanhoso e escarpado, onde os solos são desenvolvidos a partir de materiais colúviais e de tálus.

As unidades geopedológicas (GGX, GCY e GRY) incluem solos da classe dos Gleissolos e alguns tipos de Cambissolos e Neossolos, como os

Cambissolos flúvicos e Neossolos flúvicos. São solos representativos das terras baixas, formadas nas áreas planas sob a influência ou não do lençol freático. São desenvolvidos de sedimentos de granulometria diversificada, com textura diversificada, que foram depositados ao longo das calhas de rios, córregos e áreas de várzeas. Neste agrupamento, apenas os Gleissolos (G) têm a sua gênese ligada à condição de hidromorfismo permanente.

Na unidade geopedológica (GRL) de relevo montanhoso e escarpado, pode ocorrer no período chuvoso deslizamentos superficiais resultantes do contato solo-rocha, o mesmo pode acontecer em alguns tipos de Cambissolos, como nos Cambissolos háplicos e húmicos em relevo mais vigoroso, unidades geopedológicas GCX e GCH. Isso ocorre em função da diferença de permeabilidade entre a camada delgada de solo e a rocha subjacente em períodos de intensas precipitações.

Na classe dos Argissolos e Latossolos, unidades geopedológicas (GP e GL), estes solos desenvolvem perfis com horizonte C ou solo residual jovem de espessuras consideráveis associadas a elementos estruturais reliquiare, e quando sujeitas à ação antrópica, estas áreas são consideradas como potencialmente susceptíveis à ocorrência de movimentos de massa, desenvolvimento de processos erosivos e deslizamentos. Durante os trabalhos de campo, observou-se principalmente na classe do Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho - Amarelo e Latossolo Amarelo perfis de intemperismo com contribuição de material mais micáceo ou estruturas reliquiare no material de origem, ao efetuar cortes nestes solos para fins de traçado de estradas vicinais, os taludes resultantes ficam mais predispostos ao desenvolvimento de escorregamentos e processos erosivos, principalmente nos períodos mais chuvosos.

A classe dos Latossolos e Argissolos desenvolvidos em climas tropicais originam espessos perfis de solos com destaque para o horizonte C (solo residual jovem ou saprolítico), após várias décadas, adquirem uma morfologia que pode apresentar certa estabilidade a partir do desenvolvimento de mecanismos hidráulicos internos próprios (ANTUNES et al., 2013). Mas quando esses solos são submetidos a in-

tervenções inadequadas, o equilíbrio adquirido no tempo geológico é comprometido, ficando sujeitos a processos erosivos superficiais e sub-superficiais, inclusive com desenvolvimento de voçorocas e ocorrências de deslizamentos de várias proporções (ANTUNES et al., 2013). Quando em relevo movimentado, os Argissolos são recomendados para preservação ambiental, devido ao permanente risco de erosão. A erodibilidade é, em geral, muito alta nos solos que apresentam mudança textural acentuada. Pode-se considerar os Argissolos de textura argilosa como material de boa qualidade para piso de estradas.

Os Latossolos, devido à sua elevada permeabilidade e à baixa capacidade adsortiva com relação a alguns elementos, são qualificados como pouco filtrantes, o que leva a crer que, apesar de sua espessura, sejam grandes as possibilidades de contaminação dos aquíferos por material tóxico neles depositados (OLIVEIRA, 2008). A baixa atividade das argilas dos Latossolos confere-lhes diminuta expansibilidade e contração, qualificando os de textura argilosa, como excelente material para piso de estradas. Por serem solos fáceis de serem escavados e ainda bastante profundos e porosos, são muito apropriados para construções civis e aterros sanitários (OLIVEIRA, 2008).

Na classe dos Cambissolos háplicos e húmicos, unidades geopedológicas GCX e GCH, principalmente os associados às áreas onde ocorrem depósitos coluviais e de tálus e sob condições de relevo forte ondulado e montanhoso, tendem a mostrar problemas de estabilidade, ou seja, são potencialmente susceptíveis a processos de deslizamentos. Na classe dos Gleissolos, Cambissolos flúvicos e Neossolos flúvicos, unidades geopedológicas GGX, GCY e GRY, estão os solos que ocorrem em regiões planas ou suaves onduladas, com declividades de até 8%. São áreas onde o lençol freático se encontra pouco profundo ou mais próximo da superfície, na maior parte do ano. Nestas áreas, o maior problema é o risco ocasional de inundação na classe dos Cambissolos flúvicos e Neossolos flúvicos, enquanto tipicamente as classes dos Gleissolos são saturados e sujeitos a alagamentos quase que constantes, devido à influência do lençol freático mais próximo à superfície. Pode ainda estar incluído nestas áreas alguns tipos de solos

indicativos de ocorrências de solos mais expansivos e com potencial de corrosão mais elevado, que não foram detectados na escala cartográfica adotada. São ambientes inadequados para a construção de aterros sanitários, construções civis, lagoas de decantação, como local para recebimento de efluentes e outros usos correlatos, pela inexpressiva zona de aeração e a facilidade de contaminação dos aquíferos. As características destes solos resultam em uma baixa capacidade adsorptiva e fazem com que sejam inadequados para receber efluentes que contenham produtos prejudiciais às plantas, aos animais e ao homem. Estas áreas também não devem ser usadas para depósitos de resíduos sólidos e obras civis enterradas.

No caso de ocupação urbana, as encostas muito íngremes de relevo forte ondulado, montanhoso, montanhoso e escarpado, onde predominam Neossolos Litólicos, Cambissolos háplicos e húmicos, Argissolos e Latossolos típicos e húmicos, devem ser evitadas e destinadas a outras finalidades, inclusive preservação ambiental, como comentado na descrição das unidades. Assim como as áreas de Gleissolos, Neossolos e Cambissolos flúvicos, que ocorrem em zonas de várzea e estão sujeitas a alagamentos constantes. No entanto, os Cambissolos e Neossolos flúvicos que ocorrem nas áreas suave onduladas podem suportar pequenas construções rurais, mas com as devidas obras de infraestrutura adequadas.

No caso de obras civis lineares, as áreas de Neossolos Litólicos e Gleissolos estão excluídas, nas outras classes de solos e unidades geopedológicas deve-se analisar caso a caso, mas todas as áreas de relevo montanhoso e escarpado são destinadas à preservação ambiental. E nas áreas onde ocorre depósitos de tálus, esse tipo de obra deve ser evitado. No caso de depósitos de resíduos sólidos, Antunes et al. (2013) comentam que alguns aspectos específicos são tipicamente mandatórios, quais sejam: necessidade do aterro se situar em local com nível de água inferior a pelo menos três metros abaixo da superfície do terreno e disponibilidade de material argiloso para cobertura diária, material pedregoso para construção de drenos de gás e drenagem superficial e de areia para drenagem de base. Áreas de depósito de tálus e encostas muito íngremes são inadequadas para a implantação desse tipo de empreendimento.

O mapa geopedológico (Figura 20) mostra a distribuição geográfica das treze unidades delineadas. As unidades geopedológicas representativas de solos das terras altas, formados em zona de oxidação, sem influência do lençol freático na sua gênese, são as mais representativas e em maioria na área estudada. Destas, a unidades GL3 representa 44,41% da área e a unidade GP3, 16,67%. A unidade GP1 com apenas 0,58% é representativa das áreas suavizadas, com inclusão de depósitos de tálus e ocorrência de solos imperfeitamente drenados. A unidade geopedológica GRY, representativa de solos das terras baixas, formadas nas áreas planas sob a influência ou não do lençol freático, representa apenas 0,60% da área estudada. As demais são observadas na Tabela 6.

Tabela 6. Distribuição percentual das unidades geopedológicas.

Unidades Geopedológicas	área (ha)	%	Unidades Geopedológicas	área (ha)	%
AR4	906.71197	1.87	GL3	21529.256	44.41
GRL4	1700.1962	3.50	GCH4	2893.9708	5.97
GP1	284.05304	0.58	GLH3	4103.2202	8.46
GP2	843.81176	1.74	GLH4	1602.3231	3.30
GP3	8082.6087	16.67	GCX4	2863.8136	5.90
GL1	783.20132	1.61	GRY	262.5226	0.60
GL2	2613.2749	5.39			
Total				48.469,03ha	100,00

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **HidroWeb**: Sistema de Informações Hidrológicas. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 30 ago. 2013.

AMARAL, C. Landslides disasters management in Rio de Janeiro. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 2., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: [s.n.], 1997. v. 1, p. 209-212.

ANTUNES, F. dos S.; CAMPOS, T. M. P. de; POLIVANOV, H. A.; CALDERANO, S. B.; ANDRADE, A. G. de. Desenvolvimento de classes e unidades geo-pedológicas a partir de interação entre a pedologia e a geotecnia. **Revista Geotecnia**, Lisboa, n. 127, 2013.

ANTUNES, F. S. O uso da pedologia na engenharia. In: COLÓQUIO DE SOLOSTROPICAIS E SUB-TROPICAIS E SUAS APLICAÇÕES EM ENGENHARIA CIVIL, 2., 1989, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 1989. p. 25-33.

ANTUNES, F. S.; BARROSO, J. A.; PEDROTO, A.; POLIVANOV, H. A importância da utilização de levantamentos pedológicos para a elaboração de mapas geotécnicos. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA RJ-ES, 1., 1987, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1987. v. 1, p. 227-235.

BARROSO, J. A.; ANTUNES, F. S.; POLIVANOV, H. Correlações de características genéticas de solos e suas propriedades geotécnicas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS TROPICAIS EM ENGENHARIA, 1981, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABMS, 1981. p. 187-198.

CALDERANO FILHO, B. **Análise geoambiental de paisagens rurais montanhosas da Serra do Mar utilizando redes neurais artificiais:** subsídios à sustentabilidade ambiental de ecossistemas frágeis e fragmentados sob interferência antrópica. 2012. 332 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CALDERANO FILHO, B.; POLIVANOV, H.; BARROSO, E. V.; GUERRA, A. J. T.; CHAGAS, C. da S.; CALDERANO, S. B.; CARVALHO JUNIOR, W. de. Cartografia geoambiental no médio alto curso do Rio Grande (RJ), subsídios ao planejamento de paisagens rurais montanhosas da Serra do Mar. **Geociências**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 560-576, 2013.

CALDERANO FILHO, B.; POLIVANOV, H.; CARVALHO JÚNIOR, W. de; GUERRA, A. J. T.; CHAGAS, C. da S.; CALDERANO, S. B. Caracterização dos solos do município de Bom Jardim-RJ, com suporte de MDE e variáveis morfométricas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza, 2009. **O solo e a produção de bioenergia:** perspectivas e desafios. Fortaleza: SBCS, 2009.

CALDERANO FILHO, B.; POLIVANOV, H.; CHAGAS, C. da S.; CARVALHO JÚNIOR, W. de; CALDERANO, S. B.; GUERRA, A. J. T.; DONAGEMMA, G. K.; BHERING, S. B.; ÁGLIO, M. L. D. **Solos do Médio Alto Curso do Rio Grande, região serrana do Estado do Rio de Janeiro.** Embrapa Solos, 2012. 60 p. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 216).

CALDERANO FILHO, B.; PALMIERI, F.; GUERRA, A. J. T.; CALDERANO, S. B.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; SILVA, E. F. da; CAPECHE, C. L.; CAPECHE, C. L.; FONSECA, O. O. M. da. **Levantamento de solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da Microbacia Janela das Andorinhas no Município de Nova Friburgo, RJ.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 52 p. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 27).

CALDERANO FILHO, B.; WITTERN, K. P.; CONCEIÇÃO, M. da; TAVARES, N. P.; FAGUNDES, S. R. F. **Identificação de limitações pedológicas e ambientais causadoras da degradação de áreas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 1992. 101 p. il. (Série Estudos e contribuições, 10).

CARVALHO, A. P. de; LARACH, J. O. I.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. (Comp.). **Crítérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento:** normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1988. 67 p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 11).

COELHO NETTO, A. L. Catastrophic landscape evolution in a humid region (SE Brazil): inheritances from tectonic, climatic and land use induced changes. **Geografia Física e Dinâmica Quaternária**, Bologna, v. 3, p. 21-48, 1999. Suplemento.

DANTAS, M. E. **Estudo geoambiental do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2001. 19 p. (Estudo geoambiental do Estado do Rio de Janeiro).

DANTAS, M. E.; SHINZATO, E.; MEDINA, A. I. M.; SILVA, C. R.; PIMENTEL, J.; LUMBRE-RAS, J. F.; CALDERANO, S. B.; CARVALHO FILHO, A. **Estudo geoambiental do Estado do Rio de Janeiro: diagnóstico geoambiental do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2001. 1 CD-ROM.

DE PLOEY, J.; CRUZ, O. Landslides in the Serra do Mar, Brazil. **Catena**, v. 6, n. 2, p. 111-122, Sept. 1979.

DEERE, D. V.; PATTON, F. D. Slope stability in residual soils. In: PANAMERICAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 4., 1971, San Juan, Puerto Rico. **Proceedings...** New York: American Society of Civil Engineers, 1971. v. 1, p. 98-170.

ENGINEERING geological maps: a guide to their preparation. Paris: Unesco Press, 1976. 79 p.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Geoprocessing in ArcGIS**. Re-lands, 2006.

FELL, R.; COROMINAS, J.; BONNARD, C.; CASCINI, L.; LEROI, E.; SAVAGE, W. D. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. **Engineering Geology**, v. 102, n. 3/4, p. 85-98, 2008.

GOMES DA SILVA, A. M. B. **Condicionantes geológico-geotécnicos de escavação grampeada em solo residual de gnaissse**. 2006. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; FERNANDES, N. F. Avaliação de parâmetros morfológicos das cicatrizes dos escorregamentos da bacia do Rio Quitite (RJ). **Revista GEO-SUL**, Florianópolis, v. 14, n. 27, p. 316-320, 1998.

HERRMANN, L.; ANONGRAK, N.; ZAREI, M.; SCHULER, U.; SPOHRER, K. Factors and processes of gibbsite formation in northern Thailand. **Catena**, v. 71, n. 2, p. 279-291, 2007.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. Tolerância de perdas de terra para solos do Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo, 1975. 12 p. (IAC. Boletim técnico, 28).

MATOS, G. M. M. de; FERRARI, P. G.; CAVALCANTI, J. C. **Projeto Faixa Calcária Cordeiro-Cantagalo**. Belo Horizonte: CPRM, 1980. 620 p.

MENDES, J. C.; TEIXEIRA, P. A. D.; MATOS, G. C. de; LUDKA, I. P.; MEDEIROS, F. F. F. de; ÁVILA, C. A. Geoquímica e geocronologia do granitóide Barra Alegre, faixa móvel Ribeira, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 101-113, mar. 2007.

MEIS, M. R. M. de; SILVA, J. X. da. Considerações geomorfológicas a propósito dos movimentos de massa ocorridos no Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 55-72, 1968.

NIELSEN, D. R. Emerging frontiers in soil science. **Geoderma**, v. 40, n. 3/4, p. 267-273, Oct. 1987.

NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Sudeste**. Rio de Janeiro, 1977. v. 3, p. 51- 89.

OLIVEIRA, J. B. de. **Pedologia aplicada**. 3. ed. Piracicaba: FEALQ, 2008. 592 p.

OLIVEIRA, L. B. de (Coord.). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS, 1979.

REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10., 1979, Rio de Janeiro. **Súmula...** Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1979. 83 p. (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 1).

REZENDE, S. B.; RESENDE, M. Solos dos mares de morros: ocupação e uso. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCE/UFV, 1996. p. 261-288.

RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Turismo. Departamento de Recursos Minerais. **Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro**. Niterói, 1982. Escala 1:50.000. Folhas Nova Friburgo e Duas Barras.

SALOMÃO, F. X. T.; ANTUNES, F. S. Solos. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. de B. (Ed.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998. cap. 6.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SANTOS, M. de L. M.; ANTUNES, F. dos S.; CALDERANO, S. B.; SANTOS, H. G. dos; PALIVANOV, H.; CAMPOS, T. M. P. de; ZARONI, M. J.; DONAGEMMA, G. K.; AMARAL, C. P. do. **Correlação pedológico-geotécnica do município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 46 p. (Embrapa Solos. Documentos, 117).

SIMONSON, R. W. Outline of a generalized theory of soil genesis. **Soil Science Society of American Journal**, v. 23, n. 2, p. 152-156, 1959.

SKEMPTON, A. W. The colloidal activity of clays. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 3., 1953, Zurich. **Proceedings...** Zurich: SMFE, 1953. v. 1, p. 57-61.

VAZ, L. F. Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rochas em regiões tropicais. **Revista Solos e Rochas**, São Paulo, v. 19, n. 2, p.117-136, 1996.

VIEIRA, B. C.; CASTRO JR., E.; FERNANDES, N. F. Controles fitomorfológicos dos es-corregamentos da bacia do Quitite (RJ). **Revista GEO-SUL**, Florianópolis, v. 14, n. 27, p. 324-328, 1998.

WITTERN, K. P.; CALDERANO FILHO, B.; FONSECA, O. O. M. da; FAGUNDES, S. R. F.; TAVARES, N. P.; VASCONCELOS, J. B.; MUELER, K. E. K.; ARONOVICH, S.; TAVARES, A. M. S.; DAMAZIO, H. N. Zoneamento agroecológico do Estado do Rio de Janeiro escala 1:250.000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. **Cerrados: fronteira agrícola no século XXI: resumos**. Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. v. 2, p. 413-414.

WITTERN, K. P.; CALDERANO, B.; TAVARES, N. P.; MOTHCI, E. P.; SANTOS, H. G. dos; CONCEIÇÃO, M. da; FONSECA, O. O. M. da; FAGUNDES, S. R. F.; AMARAL, F. C. S. do. Zoneamento agroecológico dos municípios que compõem os vales dos rios Una, Macaé e São João, a leste do Estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., 1991, Porto Alegre. **Produzir sem degradar: programa e resumos**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. p. 265.

WOLSKI, M. S.; ORTH, D. M.; DIAS, R. D. Contribuição à cartografia geotécnica de grandes áreas com o uso de sistemas de informações geográficas: uma aplicação à região do médio Uruguai (RS). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFUN-
CIONAL, 3., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1998.