

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**INFLUÊNCIA DA ORIENTAÇÃO, DECLIVIDADE E MORFOLOGIA DE
ENCOSTAS NOS CONTEÚDOS DE MATÉRIA ORGÂNICA DE SOLOS DA
BACIA DO RIO BONITO (POSSE, PETRÓPOLIS, RJ).**

RAFAEL SATHLER

ORIENTADOR: Prof. Dr. Antonio José Teixeira Guerra

Rio de Janeiro
Março – 2004

T1106
S253I

**INFLUÊNCIA DA ORIENTAÇÃO, DECLIVIDADE E MORFOLOGIA DE
ENCOSTAS NOS CONTEÚDOS DE MATÉRIA ORGÂNICA DE SOLOS NA
BACIA DO RIO BONITO (POSSE, PETRÓPOLIS, RJ).**

Rafael Sathler

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ciências: Geografia.

Aprovada por:

Prof. Dr. Antonio José Teixeira Guerra – Orientador.

Prof^a. Dr^a. Mônica dos Santos Marçal

Prof^a. Dr^a. Rosangela Garrido Machado Botelho

Rio de Janeiro

Março – 2004

Sathler, Rafael.

Influência da orientação, declividade e morfologia de encostas nos conteúdos de matéria orgânica de solos da bacia do rio Bonito (Posse, Petrópolis, RJ) / Rafael Sathler. – Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2004.

xii, 115p. il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, PPGG, 2004.

1. Matéria orgânica. 2. Uso do solo. 3. Relações Solo e Paisagem. I. Título.

**A minha família e a meus amigos
A todos aqueles com quem convivi, ri e aprendi,
que passaram por minha vida e me deixam saudades**

AGRADECIMENTOS

Ao Professor **Antonio José Teixeira Guerra** (UFRJ), por toda sua disposição em contribuir e auxiliar, por sua paciência, compreensão e capacidade de relevar.

À Professora **Neusa Maria Costa Mafra** (GISP-UERJ), por sua generosidade ao fornecer livremente os dados relativos à bacia do rio Bonito, sem os quais não seria possível realizar este estudo; por seu apoio, amizade e auxílio, constantes ao longo de toda minha vida acadêmica.

À Professora **Mônica dos Santos Marçal** (UFRJ), por sua amizade e apoio ao longo do curso de Mestrado.

A **Antonio Soares da Silva** (DRM-RJ), por seu apoio, auxílio e dedicação, ao longo da realização desta dissertação.

A **Fernanda Araújo dos Santos**, do GISP-UERJ e da Embrapa-Solos, por todo o auxílio e apoio que me forneceu nas inúmeras vezes nas quais a ela recorri. Por seu carinho e vontade genuína em ajudar de todas as formas, minha gratidão.

A **Jacqueline Serzedello de Souza**, técnica-química do LAGEFIS-UERJ, por sua boa-vontade, paciência, simpatia e didatismo em ensinar, auxiliar e supervisionar nas análises de matéria orgânica das amostras de solo.

A todos os integrantes, atuais e anteriores, do **Grupo de Investigação Solos-Paisagem da UERJ** (GISP-UERJ), por seu trabalho sério e relevante, por toda sua contribuição, direta ou indireta, a esta dissertação.

A **Simone Ferreira Garcia** (Eletrobrás), colega de Mestrado, por toda a ajuda e material fornecido tanto para o Exame de Qualificação quanto para a dissertação. Por sua vontade sincera em ajudar, por todo o apoio que me proporcionou, por ser compreensiva e amiga.

A **Juliere Gomes da Silva**, colega de Mestrado, pelo valioso esclarecimento acerca da metodologia de classificação de horizontes superficiais húmicos segundo Embrapa. Por sua disposição em ajudar mesmo estando tão atarefada e dispondo de tão pouco tempo.

A **Sandra Cristina Pinheiro da Silva**, colega de Mestrado, por seu apoio e conselhos, sua amizade e simpatia, sua boa-vontade, interesse genuíno e disposição constante em ajudar.

A **Luciano Marin Lucas**, colega de Mestrado, por seu auxílio fundamental na realização de perfis topográficos e cálculos de escala.

A **Marcel Rocha Soares Lopes**, por sua generosidade em indicar bibliografia e compartilhar de seu conhecimento relativo aos métodos de análise de matéria orgânica dos solos.

A **Mauro da Conceição** e **Wilson Sant'Anna de Araújo**, engenheiros agrônomos da Embrapa-Solos, pelo interesse por minha pesquisa, e pelo auxílio prestado, com extrema boa-vontade, quanto aos métodos de determinação do teor de matéria orgânica dos solos.

A meu tio, **Lúcio Sathler**, a quem devo a idéia e motivação de meu ingresso no curso de Mestrado. Pelos cinco anos em que me hospedou em sua casa e por me tratar como se eu fosse seu filho.

A **Antonio Lisboa**, por seu incentivo essencial e inestimável durante o processo de seleção ao curso de Mestrado. A ele bem como aos outros igualmente inestimáveis amigos de graduação que também seguiram rumos diferentes do meu, **Elisabeth Anne Anderson** e **Vânia Maria Reis Fontes**, meu muito obrigado por sua amizade, pelos anos de convivência, carinho e compreensão. Que a gente ainda possa se reencontrar.

A minha mui querida amiga desde os tempos de graduação, heróica remanescente, **Márcia Cristina Lima Brandão**, por me acolher no Rio todas as vezes que precisei, bem como pelos anos de convivência, amizade, carinho, compreensão e aceitação. Obrigado por não desistir de mim, por estar todos esses anos compartilhando sua vida comigo, por ser meu porto seguro nos momentos difíceis, por fazer de mim uma pessoa cada vez melhor.

Aos novos e já mui queridos amigos **Alex Marcos Lima Alves** e **Rogério da Costa Campanate**, por abrirem sua casa e suas vidas para mim, sem restrições e com boa vontade, me recebendo como a um amigo desde o princípio. Pela grande generosidade em oferecer sua casa como minha nova morada no Rio.

A **Luziane Mesquita da Luz**, minha Vitória Régia, por todo auxílio prestado em diversas etapas de organização de dados e de cálculo de escalas cartográficas. Por todos os momentos de convivência, de pura felicidade e completo esquecimento do mundo além de nós, por tudo de bom que me ensinou e proporcionou. Por ter

desencadeado um processo de amadurecimento que vem me transformando em uma pessoa melhor, mais feliz e equilibrada, menos egoísta e mais compreensiva. Por ter surgido na minha vida e ter permitido que eu fizesse parte da sua.

A minha mãe, **Elizabeth Casado Sathler**, a minha irmã, **Alessandra Sathler Montesanto Pereira Leite**, a meu cunhado, **Rodrigo Montesanto Pereira Leite**, e a meus “anjinhos” de sobrinhos, **Pedro Casado S. M. Leite** e **Henrique Casado S. M. Leite**, por serem meu esteio familiar, por estarem presentes, me apoiarem e ajudarem sempre que preciso.

À providência, pelo privilégio de concluir um curso de Mestrado, em uma das melhores universidades do país, sob a direção de professores competentes e cheios de conhecimento, em uma universidade pública e gratuita.

RESUMO

SATHLER, R. **Influência da orientação, declividade e morfologia de encostas nos conteúdos de matéria orgânica de solos da bacia do rio Bonito (Posse, Petrópolis, RJ)**. Orientador: Antonio José Teixeira Guerra. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências: Geografia).

A bacia hidrográfica do rio Bonito é uma área de expressiva atividade econômica, predominantemente agrícola, situada no município de Petrópolis, Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. Sérias limitações de uso, típicas de áreas montanhosas tropicais, são observadas, tais como solos ácidos e distróficos, e encostas de fortes declividades. O crescimento econômico da área, expresso por asfaltamento de estrada de rodagem, diversificação de atividades econômicas e ocupação de novas áreas pela agricultura, pode ampliar a ocupação de áreas com sérias limitações ao uso agrícola. A ocorrência de solos com expressivos conteúdos de matéria orgânica revela-se um atenuante às referidas limitações. O conhecimento da dinâmica do acúmulo de matéria orgânica, ditada por fatores de âmbito geomorfológico, possibilita a condução de novas ocupações a espaços mais propícios à agricultura. A realização de correlações entre dados pedológicos e geomorfológicos, a partir de uma integração típica de estudos das relações Solo-Paisagem, possibilitou avaliar que a profundidade e diferenciação de horizontes superficiais são diretamente influenciadas pela morfologia e declividade de encostas, enquanto que os conteúdos de matéria orgânica dos solos da bacia respondem basicamente à morfologia de encostas e a aspectos de cobertura vegetal associados à orientação de vertentes. Nesse sentido, a expansão das áreas agrícolas pode guiar-se por critérios de morfologia e declividade de encostas, direcionando-se a encostas mais abaciadas e com declives mais suaves, onde se localizam solos mais profundos e produtivos. O respeito a tais critérios pode assegurar a ocupação de áreas economicamente mais viáveis, assegurando um maior desenvolvimento econômico.

ABSTRACT

SATHLER, R. **Influência da orientação, declividade e morfologia de encostas nos conteúdos de matéria orgânica de solos da bacia do rio Bonito (Posse, Petrópolis, RJ)**. Orientador: Antonio José Teixeira Guerra. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências: Geografia).

The Bonito River Basin is an area of important economic activity, mainly agricultural, situated in the Petrópolis municipality, Mountain Region of Rio de Janeiro State. Serious limitations of use, typical of tropical mountainous areas, are observed, such as soils with low natural fertility and high acidity, besides hillslopes of strong declivities. The economic development from the area, evidenced for tarring of road, economic activities diversification and occupation of new areas by the agriculture, can extend the occupation of areas with serious limitations to the agricultural use. The occurrence of soils with expressive amounts of organic matter reveals itself an attenuating to them referred limitations. The knowledge from the dynamics of the organic matter accumulation, dictated by factors of geomorphological scope, enables the conduction to the new occupations to more suitable spaces to agriculture. The achievement of correlation between pedological and geomorphological data, from a typical integration of the relations Soil-Landscape studies, enabled us to evaluate that the depth and differentiation of superficial horizons, are straightly influenced by the slope forms and gradients, while that the organic matter contents of the soils of the drainage basin directly reflect the slope forms and aspects of vegetal covering associates to the slope orientations. In that sense, the expansion of the agricultural areas can guide itself by criteria of slope forms and gradients, directing to the more concave and smoother slopes, where locate deeper and productive soils. The respect to these criteria can assure the occupation of areas economically most viable, assuring an economic development more significant.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS:

1. Mapa de localização, delimitação e pontuação de perfis de solo da bacia do rio Bonito, distrito de Posse, Petrópolis-RJ (Sathler, R.; 2004).....	3
2. Aumento da erosão em encostas sob condições comparáveis exceto quanto à morfologia (Resende, 1985).....	8
3. Curva de relação entre declividade e profundidade do solo (Norton & Smith, 1930)	10
4. Variação anual da relação entre irradiação solar global (%) em superfícies a 20° de latitude sul com exposições e inclinações variadas (Tubelis & Nascimento, 1980)	11
5. Localização dos perfis segundo grupamentos de análise (Ull, F.V., 2001).....	17
6. Distribuição espacial dos tipos climáticos do Estado do Rio de Janeiro com base no período de 1931 a 1975, segundo Thornthwaite (FIDERJ, 1978).....	28
7. Mapa hipsométrico da bacia do rio Bonito (Sathler, R.; 2004).....	29
8. Mapa geológico da bacia do rio Bonito (Ull, F.V.; 2001).....	32
9. Perfil esquemático transversal às estruturas geológicas entre o oceano atlântico e o vale do Paraíba, RJ (Almeida & Carneiro, 1998; modificado de Ruellan, 1944)...	35
10. Mapa geomorfológico da bacia do rio Bonito (Dantas, 2000)	37
11. Relevo de degradação, domínio montanhoso (Mafra, N.M.C.; 1999).....	38
12. Mapa de compartimentação geomorfológica da bacia do rio Bonito (Sathler, R. & Ull, F.V.; 2001).....	40
13. Mapa de declividade do alto e médio curso do rio Bonito (Ull, F.V.; 1999a).....	41
14. Mapa de exposição solar do alto e médio curso do rio Bonito (Ull, F.V.; 1999b).....	42
15. Levantamento de reconhecimento detalhado de solos do alto e médio curso do rio Bonito (Mafra, N.M.C. & Ull, F.V.; 2000).....	44
16. Mapa de uso e cobertura vegetal do alto e médio curso da bacia do rio Bonito (Governo do Estado do Rio de Janeiro, 1994).....	56
17. Tipos de vegetação recorrentes na bacia (Sathler, R.; 2002).....	57
18. Aspectos da cobertura vegetal no córrego do Jacuba (Sathler, R.; 2002)	59
19. Aspectos da cobertura vegetal no córrego Santa Matilde (Sathler, R.; 2002).....	59

20. Cultivo em vertente de forte declividade (Mafra, N.M.C.; 1999)	61
21. Exemplo de cultivo em horizontes húmicos de solos de fundo de vale (Mafra, N.M.C.; 2000).....	61
22. Área de depósito de tálus e afloramentos rochosos com forte declividade, sob cultivo agrícola (Sathler, R.; 1998).....	62
23. Inventário de uso do solo e cobertura vegetal - bacia do rio Bonito, Posse, Petrópolis-RJ (Sathler, R.; 2002).....	63
24. Encosta do perfil 1 (Sathler, R.; 1998)	66
25. Detalhe do perfil 1 (Mafra, N.M.C.; 1998).....	66
26. Morfologia de encosta do perfil 1 em planta (Prefeitura Municipal de Petrópolis, 1994).....	67
27. Morfologia de encosta do perfil 1 em perfil topográfico (Sathler, R.; 2004).....	67
28. Encosta do perfil 19 (Sathler, R.; 2000)	68
29. Detalhe do perfil 19 (Sathler, R.; 2000).....	68
30. Morfologia de encosta do perfil 19 em planta (Prefeitura Municipal de Petrópolis, 1994).....	69
31. Morfologia de encosta do perfil 19 em perfil topográfico (Sathler, R.; 2004).....	69
32. Encosta do perfil 3 (Sathler, R.; 2002)	71
33. Detalhe do perfil 3 (Sathler, R.; 1998).....	71
34. Morfologia de encosta do perfil 3 em planta (Prefeitura Municipal de Petrópolis, 1994).....	72
35. Morfologia de encosta do perfil 3 em perfil topográfico (Sathler, R.; 2004).....	72
36. Encosta do perfil 27 (Santos, F.A. dos; 2002).....	75
37. Detalhe do perfil 27 (Lisboa, A.; 1999).....	75
38. Morfologia de encosta do perfil 27 em planta (Prefeitura Municipal de Petrópolis, 1994).....	76
39. Morfologia de encosta do perfil 27 em perfil topográfico (Sathler, R.; 2004).....	76
40. Encosta do perfil 26 (Santos, F.A. dos; 2002).....	78
41. Detalhe do perfil 26 (Mafra, N.M.C.; 1999).....	78
42. Morfologia de encosta do perfil 26 em planta (Prefeitura Municipal de Petrópolis, 1994).....	79
43. Morfologia de encosta do perfil 26 em perfil topográfico (Sathler, R.; 2004).....	79

44. Encosta do perfil 4 (Sathler, R.; 2000)	81
45. Detalhe do perfil 4 (Sathler, R.; 1998).....	81
46. Morfologia de encosta do perfil 4 em planta (Prefeitura Municipal de Petrópolis, 1994)	82
47. Morfologia de encosta do perfil 4 em perfil topográfico (Sathler, R.; 2004)	82
48. Elevação topográfica do perfil 21 (Santos, F.A. dos; 2002).....	86
49. Detalhe do perfil 21 (Mafra, N.M.C.; 1999).....	86
50. Morfologia de encosta do perfil 21 em planta (Prefeitura Municipal de Petrópolis, 1994)	87
51. Morfologia de encosta do perfil 21 em perfil topográfico (Sathler, R.; 2004)	87
52. Encosta do perfil 9 (Santos, F.A. dos; 2002)	88
53. Detalhe do perfil 9 (Sathler, R.; 1999).....	88
54. Morfologia de encosta do perfil 9 em planta (Prefeitura Municipal de Petrópolis, 1994)	89
55. Morfologia de encosta do perfil 9 em perfil topográfico (Sathler, R.; 2004)	89
56. Encosta nas proximidades do perfil 18 (Mafra, N.M.C.; 1999)	92
57. Detalhe do perfil 18 (Mafra, N.M.C.; 1999).....	92
58. Morfologia de encosta do perfil 18 em planta (Prefeitura Municipal de Petrópolis, 1994)	93
59. Morfologia de encosta do perfil 18 em perfil topográfico (Sathler, R.; 2004)	93
60. Encosta do perfil 8 (Sathler, R.; 2000)	95
61. Detalhe do perfil 8 (Mafra, N.M.C.; 1999).....	95
62. Morfologia de encosta do perfil 8 em planta (Prefeitura Municipal de Petrópolis, 1994)	96
63. Morfologia de encosta do perfil 8 em perfil topográfico (Sathler, R.; 2004)	96

TABELAS:

1. Médias pluviométricas (em mm) das estações do município de Petrópolis-RJ - período de 1994 a 2001 para Fazenda Marambaia (Lagesolos-UFRJ); de 1954 a 1977 para Fagundes e de 1938 a 1977 para as demais	30
2. Características morfológicas dos solos estudados	45
3. Propriedades químicas e físicas dos solos estudados.....	46

4. Descrição de aspectos ambientais das áreas dos perfis de solo	47
5. Perfis de solo com horizontes húmicos, segundo valor mínimo proposto por Embrapa (1999)	48
6. Inserção dos perfis de solo em grupamentos de análise	64
7. Tabela comparativa entre os perfis 1 e 19	70
8. Tabela comparativa entre os perfis 1 e 3	73
9. Tabela comparativa entre os perfis 3 e 19	73
10. Tabela comparativa entre os perfis 1 e 27	74
11. Tabela comparativa entre os perfis 1 e 26	77
12. Tabela comparativa entre os perfis 26 e 27	80
13. Tabela comparativa entre os perfis 4 e 3	83
14. Tabela comparativa entre os perfis 4 e 27	84
15. Tabela comparativa entre os perfis 4 e 26	85
16. Tabela comparativa entre os perfis 21 e 9	90
17. Tabela comparativa entre os perfis 21 e 18	91
18. Tabela comparativa entre os perfis 21 e 8	94
19. Tabela comparativa entre os perfis 8, 9 e 18	97
20. Comparações individuais feitas perfil com perfil, segundo grupamentos de análise	99
21. Profundidade total de horizontes superficiais em ordem decrescente por perfil, em correlação com condições geomorfológicas, de cobertura vegetal e de uso do solo	101
22. Maiores conteúdos em matéria orgânica em ordem decrescente por perfil, em correlação com condições geomorfológicas, de cobertura vegetal, de uso do solo, e com propriedades físicas dos solos.....	102

SUMÁRIO

1. Introdução:	1
2. Revisão Bibliográfica:	5
3. Metodologia e material empregados	14
3.1. Levantamento de dados físicos	18
3.2. Pesquisa de campo	23
3.3. Análises laboratoriais.....	23
4. Caracterização da bacia do rio Bonito	26
4.1. Características climáticas.....	26
4.2. Geologia.....	31
4.3. Geomorfologia	34
4.4. Solos.....	39
4.5. Histórico de ocupação e uso do solo do município de Petrópolis	51
4.6. Cobertura vegetal e uso do solo na bacia do rio Bonito	54
5. Correlações entre parâmetros geomorfológicos e propriedades de solos da bacia. 64	
6. Conclusões	103
7. Bibliografia	106

1. INTRODUÇÃO

É amplamente reconhecida a importância da matéria orgânica para a estabilidade e produtividade dos solos. Segundo Gliessman (2000), a matéria orgânica constitui componente-chave da boa estrutura dos solos, aumenta a retenção de água e nutrientes, e fornece proteção mecânica importante para a superfície, entre outros fatores. De acordo com Palmieri & Larach (1996), um solo rico em substâncias húmicas apresenta características favoráveis de umidade, aeração e nutrição, indispensáveis para uma boa produtividade vegetal, entre outros fatores.

Evidencia-se tal importância nos trópicos úmidos, onde a intensa lixiviação origina solos muitas vezes inadequados à agricultura. Nesse caso, quando presente, a matéria orgânica estocada na serapilheira constitui importante fonte ao complexo sortivo dos solos, conferindo fertilidade aos mesmos.

Trabalhos realizados em bacias hidrográficas do município de Petrópolis (Mafra *et al.*, 1999; Silva & Botelho, 1999; Mafra, 2000) têm documentado a ocorrência de solos com horizontes superficiais de espessuras consideráveis e significativos teores de matéria orgânica, confirmando a existência de um zoneamento de ocorrência de solos com horizontes ricos em matéria orgânica (Silva & Botelho, 1997), na área serrana fluminense.

Os referidos trabalhos revelam a importância da ocorrência desses solos, na Serra do Mar do estado do Rio de Janeiro, importância esta relacionada à extensão da área de ocorrência, e com o uso agrícola potencial de tais solos.

Sobre a importância da atividade agrícola na área serrana de Petrópolis, Tavares (1987) observava já na década de 1980, que se pode visualizar o potencial da região ao se deparar com o trabalho agrícola desenvolvido nas várzeas e, principalmente, nas encostas com declives acentuados do vale do rio Caxambu Pequeno. Essa atividade agrícola praticada em condições adversas demonstra, segundo o autor, a importância sócio-econômica com que se reveste potencialmente a região serrana.

Segundo Mafra *et al.* (2000), tem havido, em decorrência da expansão de áreas urbanas e periféricas, uma mobilização das atividades agrícolas para zonas montanhosas do estado do Rio de Janeiro, dentre as quais inclui-se a bacia hidrográfica do rio Bonito. De acordo com os autores, zonas montanhosas sob clima tropical úmido reúnem

condições desfavoráveis ao uso, tais como declividades acentuadas e solos com baixa fertilidade natural. Desta forma, as atividades agrícolas desenvolvidas nessa área estariam sendo viabilizadas sobretudo devido à presença de horizontes superficiais ricos em matéria orgânica, sobre os quais os agricultores preferencialmente cultivam, sendo observada naquela área tanto a horticultura quanto a floricultura.

Portanto, a referida bacia evidencia um processo de ocupação de áreas aparentemente impróprias para o cultivo, mas que em uma segunda análise propiciam o desenvolvimento agrícola por conta de peculiaridades pedológicas dos horizontes superficiais.

A bacia hidrográfica do rio Bonito é uma bacia de 5ª ordem, situa-se em Posse, distrito do município de Petrópolis, na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro. Localiza-se em sua maior parte na porção setentrional da folha Itaipava (IBGE, 1986). Em valores aproximados, possui 71km² e se estende de 7544000N a 7530000N e de 710000E a 698000E, em coordenadas cartográficas; de 22°12'30''S a 22°20'S e de 42°58'O a 43°03'O em coordenadas geográficas (Figura 1).

O município de Petrópolis localiza-se em parte da Serra do Mar, localmente denominada Serra dos Órgãos. Ocupa a região serrana por excelência, desde encostas escarpadas ao sul, passando por gradativa suavização do relevo em direção ao norte, ao longo do vale do rio Piabanha, a meio caminho para o vale do rio Paraíba do Sul (Tavares, 1987). O município limita-se ao norte com São José do Vale do Rio Preto; a leste com Teresópolis e Magé; ao sul com Duque de Caxias e Miguel Pereira; e a oeste com Paty do Alferes, Paraíba do Sul e Areal. Possui uma área de 853 km², representando cerca de 1,8% da área total do estado do Rio de Janeiro. Sua altitude média é de 845 metros. Subdivide-se em cinco distritos, quais sejam, Petrópolis (sede), Cascatinha, Itaipava, Pedro do Rio, e Posse (Governo do Estado do Rio de Janeiro, 1998). Dentre estes, situado no extremo norte encontra-se o quinto e último, Posse, no qual predominam atividades econômicas rurais, em comparação com os demais distritos.

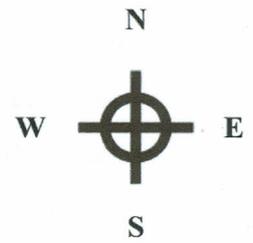
SÍMBOLOS PRINCIPAIS:

9
↓ Localização e número do perfil de solo

Vegetação florestal

Rede de drenagem

Curvas de nível



7542

7540

7538

7536

7534

7532

7530

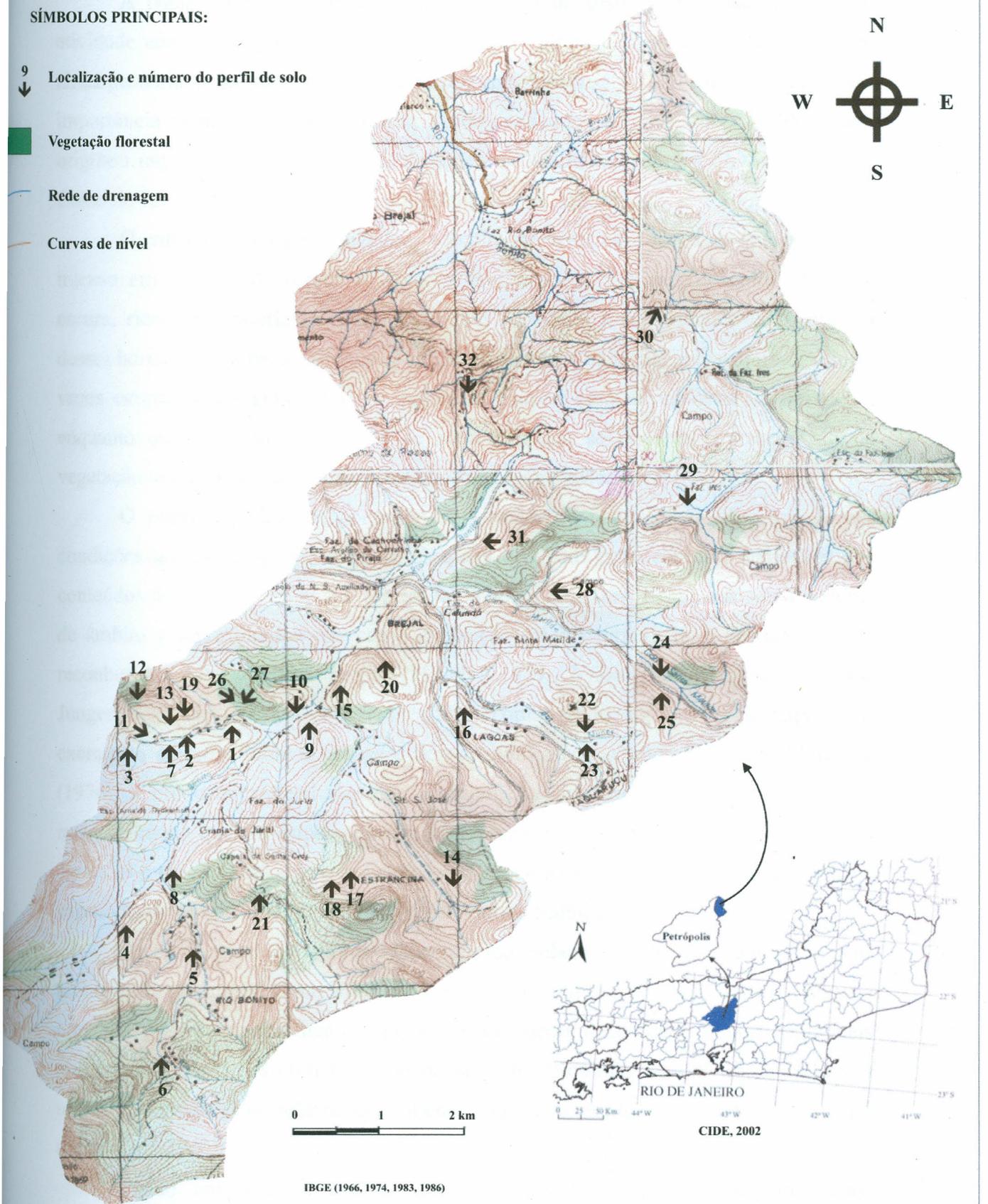


Figura 1: Mapa de localização, delimitação e pontuação de perfis de solo da bacia do rio Bonito, distrito de Posse, Petrópolis-RJ (Sathler, R; 2004)

A bacia do Bonito situa-se em zona rural do distrito de Posse. Tem como atividade econômica principal a agricultura (olericultura e horticultura), apresentando ainda pecuária, avicultura, e outras atividades agro-industriais e agro-turísticas de menor importância econômica. Estudos vêm sendo realizados na área desde 1998, o que originou um Levantamento de Reconhecimento Detalhado de Solos do Alto e Médio Curso do Rio Bonito (Mafra & Ull, 2000; Lopes *et al.*, 2001).

O cultivo agrícola é realizado predominantemente em fundos de vales e é mais intenso em áreas onde foram observados horizontes superficiais de coloração mais escura, ricos em matéria orgânica. Esse fato corrobora a importância da ocorrência desses horizontes na bacia. No que se refere às vertentes da bacia, apresentam-se muitas vezes ocupadas por gramíneas sob pastoreio, para o caso de encostas de insolação, enquanto que em muitas encostas de sombreamento se observa o crescimento de vegetação secundária nos primeiros estádios de regeneração.

O referido padrão de ocupação agro-pastoril é naturalmente direcionado por condições geomorfológicas diversas, as quais originam microclimas e variações nos conteúdos de matéria orgânica e espessura de horizontes superficiais dos solos. Fatores de âmbito geomorfológico tais como exposição solar, declividade, e morfologia, são reconhecidos por diversos autores (Brady, 1979; Jenny 1980; Birkeland, 1984; Jungerius, 1985; Palmieri & Larach, 1996) como sendo alguns dos principais por exercerem controle sobre a gênese e desenvolvimento dos solos. Segundo Benincasa (1976), a produção vegetal depende estreitamente das condições climatológicas do meio, de modo que em estudos do aproveitamento de uma bacia hidrográfica para fins agrícolas é preciso considerar as condições microclimáticas resultantes da declividade e exposição do terreno à radiação solar, dentre outras condições.

De modo geral, os autores acima referidos relatam condições pedológicas mais propícias à agricultura, como solos mais espessos e com maiores conteúdos em matéria orgânica, em vertentes de menor exposição solar, menor declividade, e morfologia mais abaciada; ou condições climatológicas do ar e dos solos mais favoráveis, como maior umidade, temperaturas mais baixas e menor amplitude térmica, em vertentes de menor exposição solar.

Tendo em vista a estreita inter-relação entre Solos e Paisagem, acima reafirmada, representou objetivo central desta pesquisa o estabelecimento de relações

entre as condições geomorfológicas de encostas e os conteúdos de matéria orgânica e espessura de horizontes superficiais de 10 perfis de solo (1, 3, 4, 8, 9, 18, 19, 21, 26 e 27) dentre os 32 levantados para a bacia, segundo a numeração original (figura 1). As correlações realizadas propiciaram a avaliação da influência das condições geomorfológicas na distribuição espacial dos solos, fornecendo um quadro físico da área, relevante ao desenvolvimento adequado da agricultura local.

De acordo com Palmieri & Larach (1996), o conhecimento e a organização das qualidades e das características dos solos na sua ambiência possibilitam o estabelecimento de políticas e estratégias de educação ambiental, ordenamento e reordenamento de utilização de áreas que sejam economicamente viáveis, bem como propiciam a seleção de áreas para exploração agrícola, pastoril e florestal intensivas ao nível de propriedade rural, dentre outras possibilidades.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Uma investigação acerca da distribuição de solos com distintos conteúdos de matéria orgânica, segundo condições geomorfológicas tais como orientação, declividade e morfologia de encostas, insere-se nos estudos das relações Solo-Paisagem, também conhecidas por *Soil Geomorphology* ou *Soil and Geomorphology* (Birkeland, 1984; Jungerius, 1985; Gerrard, 1995).

Conforme Daniels *et al.* (1971), existe forte ligação entre a Geomorfologia e a Pedologia, já que ambas são ciências da natureza, voltadas para a análise de processos que ocorrem na superfície da Terra. Neste sentido, é bastante significativo o fato de que praticamente toda pesquisa acerca da distribuição dos solos na superfície da Terra empregue algum conceito geomorfológico. McFadden *et al.* (1990) observam que tanto pedólogos quanto geomorfólogos entendem que os solos, surgindo nas mais variadas posições de relevo, têm sua história ligada à própria história do relevo, tanto localmente quanto regionalmente. Segundo Gerrard (1995), há uma verdadeira teia de relações entre solos e elementos da paisagem. O fluxo de material formador de solos e relevo pode ser organizado dentro de unidades funcionais ou sistemas de solo-paisagem, estando ambos os processos, pedogenéticos e geomorfológicos, envolvidos.

De acordo com Jungerius (1985), para o pedólogo o significado da Geomorfologia se apóia em quatro condições principais: na relação entre a distribuição do solo e a fisiografia; na dependência da gênese para com a topografia; no desenvolvimento simultâneo dos solos e do relevo; e na influência dos processos geomorfológicos nas características do material de origem. Birkeland (1984) ressalta que a topografia controla a distribuição dos solos na paisagem de maneira que suas propriedades se modificam com a topografia. Uma das razões para isto seria a orientação das vertentes nas quais se formam, que influencia no microclima e conseqüentemente nas suas características físicas e químicas. Outra razão seria o gradiente da vertente, que afeta às propriedades do solo porque o índice de escoamento e a erosão variam conforme o gradiente.

Cooper (1960) afirma que microclimas produzidos por diferenças locais de topografia, como a orientação de vertentes, oferecem experimentos naturais controlados, nos quais pode-se estudar o papel da topografia, agindo através de seu efeito no microclima e nos organismos, sobre a gênese dos solos. Nessas condições, o clima regional bem como o material de formação e tempo, podem ser consideradas variáveis constantes de formação dos solos. Segundo Melton (1973), vertentes adjacentes com orientações diferenciadas revelam-se importantes indicadoras de distinções derivadas das variadas exposições solares, tais como intensidade de processos gradacionais; tipos de ambientes erosivos; microclimas; tipos de vegetação, de rochas e de solos.

Tanto Buol *et al.* (1973), quanto Palmieri & Larach (1996) observam que afirmações específicas acerca das relações entre relevo e solos podem ser feitas somente dentro dos limites de áreas geográficas específicas, devido às variações na intensidade e natureza dos outros fatores de formação dos solos. Aspectos locais do relevo têm grande efeito nas condições hídricas e térmicas dos solos, de maneira a favorecer o aparecimento de microclimas, cobertura vegetal variada e de solos distintos em suas características e propriedades. Segundo Palmieri & Larach (1996), o clima atmosférico associado ao pedoclima, à morfologia e à posição das encostas, à flora e à fauna e às ações do homem, são os fatores externos que mais afetam o ambiente no qual o solo está inserido. De acordo com Buol *et al.* (1973), as propriedades dos solos mais relevantes na relação entre encostas e solos, são a profundidade total, a espessura e o

conteúdo de matéria orgânica dos horizontes A, a umidade relativa dos perfis, e a temperatura.

A matéria orgânica do solo é toda substância formada por materiais vegetais e animais, em fase de decomposição ou humificada. Húmus é uma mistura complexa e muito resistente, de substâncias amorfas e coloidais de cor castanha ou castanho-escura proveniente de detritos vegetais e animais que sofreram um processo de decomposição biológica através da ação de microorganismos, encontrando-se em forma resistente a ataques microbianos. Como complexo coloidal é muito semelhante à argila, apresentando ambos as mesmas reações de permuta de cátions e mesma fórmula estrutural. Os fatores mais decisivos na formação da matéria orgânica são a vegetação de cujos restos se forma; o clima reinante; a riqueza ou pobreza mineral do solo; o pH do solo; os microorganismos ativos na decomposição; e o manejo do solo pelo homem (Brady, 1979; Primavesi, 1981; Bigarella *et al.*, 1996).

A bioestrutura e toda a produtividade do solo se baseiam na presença de matéria orgânica, em decomposição ou humificada. A matéria orgânica fornece nutrientes para o crescimento das plantas, além de construir e manter o ecossistema do solo. É uma componente chave da boa estrutura, aumenta a retenção de água e nutrientes, possuindo capacidade de retenção de cátions de duas a trinta vezes maior do que a dos colóides minerais. É fonte de alimento para os microorganismos do solo, além de fornecer proteção mecânica importante para a superfície, pois auxilia na granulação, reduz a plasticidade e coesão do solo (Primavesi, 1981; Gliessman, 2000).

Denich *et al.* (1986), baseando-se em trabalho de Anderson & Swift (1983), afirmam que se pode estabelecer uma seqüência onde os efeitos sobre a decomposição da matéria orgânica seriam decrescentes: macroclima, microclima, qualidade do substrato e comunidade de organismos decompositores. Observam ainda que a decomposição em climas tropicais ocorre em poucos meses, exceto em agrossistemas, onde a quantificação de uma taxa de decomposição é obstada pela introdução irregular de material vegetal, muitas vezes alóctone, durante o ano.

Na ausência de intervenção humana, o conteúdo de matéria orgânica do solo depende principalmente do clima e da cobertura vegetal, sendo que geralmente se encontra mais matéria orgânica em climas úmidos e temperados (Gliessman, 2000). Brady (1979) observa que o total de matéria orgânica e nitrogênio aumenta de duas a

três vezes para uma queda de cada 10 °C na temperatura anual média, dentro de áreas sob condições de umidade uniforme e de vegetação comparável. Esse fato provoca uma espacialização mundial do fenômeno de aumento de carbono e nitrogênio.

Segundo Primavesi (1981), em solos agrícolas, no clima tropical e subtropical, onde predominam bactérias aeróbias com atividade intensa, é quase impossível um grande acúmulo de húmus. Em solo nativo tropical e subtropical, seja ele pastagem ou floresta, o húmus acumulado oscila, segundo a textura do solo e o clima local, entre 3% e 6%. Uma concentração maior nos solos tropicais indica condições deficientes de decomposição, como clima menos quente, acidez elevada no solo, falta de umidade, e outras condições. A textura do solo deve ser considerada devido às diferenças de aeração que originam, as quais afetam diretamente as taxas de decomposição da matéria orgânica.

Outro fator a ser considerado diz respeito à morfologia das encostas. Resende (1985) afirma ser a forma da encosta importante no que se refere à erosão laminar, ocorrendo aumento na remoção de partículas e água, de encostas côncavas, passando pelas retilíneas, até as convexas (Figura 2). Encostas côncavas tenderiam à convergência de águas, sofrendo erosão à montante, porém deposição à jusante, enquanto nas encostas convexas predominaria a erosão, ou retirada de material do sistema devido à divergência de águas.

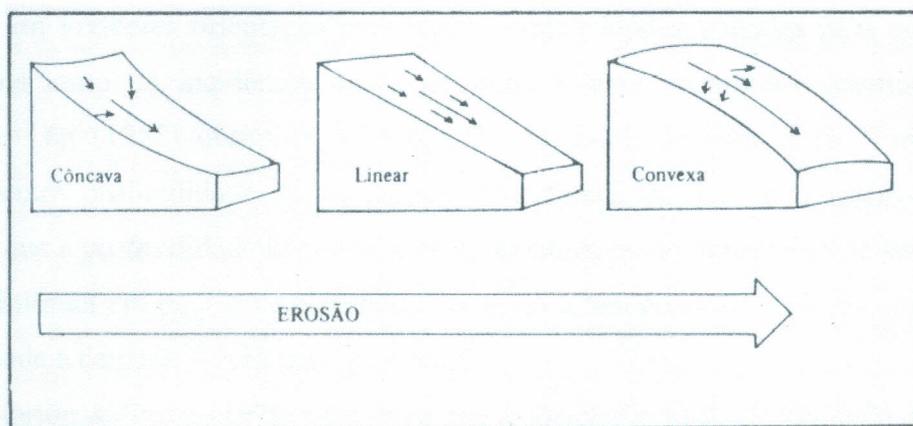


Figura 2: Aumento da erosão em encostas sob condições comparáveis exceto quanto à morfologia (Resende, 1985)

Bunting (1968) observa que variações nos solos são freqüentemente relacionadas com aspectos de concavidade e convexidade de encostas. Solos em áreas baixas de

concauidades, onde materiais coluviais finos se acumulam e a umidade é maior, apresentam perfis mais profundos que outras áreas mais elevadas ou mais íngremes. Encostas convexas são freqüentemente erodidas até a rocha-mãe, quando ocorre rápido recuo da vertente por ação do intemperismo físico, criando uma concauidade basal. Bigarella *et al.* (1996) ressaltam que a quantidade de matéria orgânica aumenta em superfícies mais suaves de uma vertente, onde o escoamento apresenta-se mais difuso e lento; os horizontes superficiais nas superfícies cumulativas seriam espessados devido a processos locais e ao influxo de matéria orgânica e material argiloso de montante.

Guerra (2003) observa, com base em Small & Clark (1982), que em regiões úmidas os segmentos retilíneos das encostas ocupam geralmente a parte central mais íngreme do perfil de encosta, formando paredões abruptos de relevo acentuado; ou então áreas controladas por processos típicos de baixa declividade. Já as encostas de forma convexa são características de processos de rastejamento, erosão por salpicamento e divergência de fluxos, com lavagem da superfície do terreno; enquanto as concauidades são associadas tanto à erosão como à deposição causadas pela água. Guerra (*op.cit.*) revela que a atuação conjunta e variável de características tais como forma de encostas, litologia, declividade, disponibilidade de material, clima, cobertura vegetal e uso e manejo dos solos, determina distintas taxas de erosão.

Aandhal (1948) observou que perfis de solo em *Iowa* (Estados Unidos da América) apresentavam menor conteúdo de nitrogênio em áreas convexas ou em topos, e maior em vertentes orientadas para leste e concauidades voltadas para norte, locais protegidos tanto da incidência direta de raios solares quanto dos ventos secos de sudoeste. Låg (1951) observou ao longo de um corte de estrada na Noruega, uma relação entre profundidade de horizontes superficiais do solo e o micro-relevo, de maneira que a profundidade de horizontes A₂ aumentava em depressões da superfície do solo e diminuía em pequenas elevações, havendo a tendência de maiores conteúdos de húmus onde a camada A₂ era mais profunda.

Norton & Smith (1930) observam que a correlação entre declividade de encostas e profundidade de perfis de solo é negativa e alta, ou seja, quando a declividade de encostas aumenta, a profundidade da zona de acumulação decresce (Figura 3). Essa relação, segundo Norton & Smith (*op.cit.*), não é linear, mas parabólica. Mais especificamente, uma diferença de 3% em encostas de baixos gradientes está associada

com uma diferença de 33,25 centímetros na profundidade da zona de acumulação, enquanto que em gradientes mais elevados, a mesma diferença de 3% está associada com uma diferença de apenas 11 centímetros em profundidade na zona de acumulação. Evidencia-se, portanto, que a declividade e a morfologia de encostas são fatores de considerável influência no processo de acúmulo de matéria orgânica dos solos, e do próprio material formador de solo.

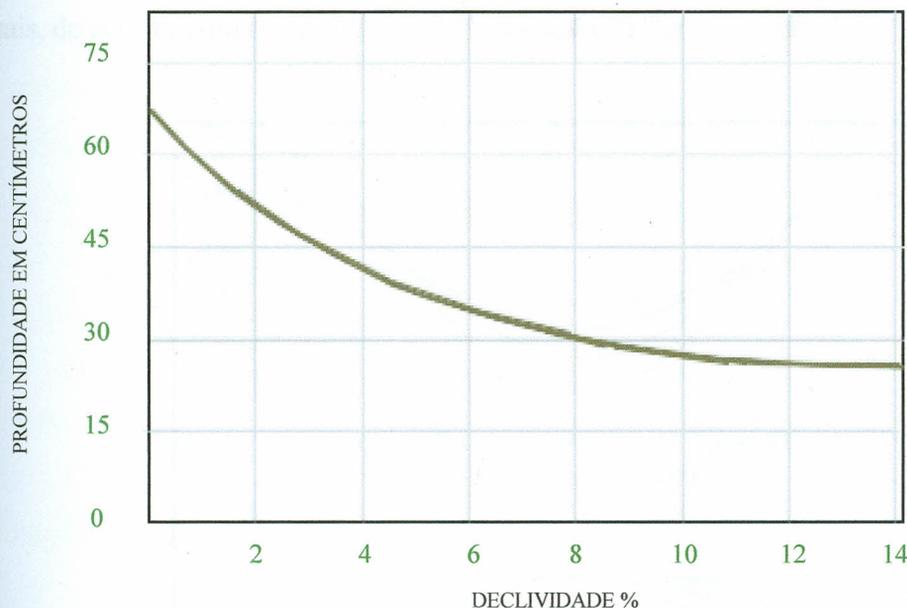


Figura 3: Curva de relação entre declividade e profundidade do solo (Norton & Smith, 1930)

No que se refere à orientação de vertentes, a consequência inicial de sua variação é a recepção diferenciada de radiação solar, que implica na composição de microclimas ou pedoclimas distintos. A partir dessa composição diferenciada, toda uma gama de fatores se desencadeia de forma individualizada, para os diferentes microclimas. Diferenciações de temperatura acarretam distinções de permanência de umidade do solo, causando por sua vez influência no tipo e quantidade de vegetação presente em uma área. Diferentes coberturas vegetais podem propiciar diferentes taxas erosivas, bem como diferentes tipos e quantidades de matéria orgânica produzida. As variações de temperatura irão ainda determinar taxas de decomposição diferenciadas de matéria orgânica. Assim sendo, a orientação das vertentes influencia de modo decisivo, ainda que indireto, na gênese dos solos. Outros fatores a influenciarem a quantidade de energia solar incidente sobre o solo seriam a cor do solo, cobertura vegetal, estação do

ano, e declividade da superfície (Russel, 1931; Lotspeich & Smith, 1953; Bunting, 1968; Buol *et al.*, 1973; Resende & Rezende, 1983; Birkeland, 1984; Brady, 1984; Kutiel *et al.*, 1998; Kidron *et al.*, 2000).

Tanto a inclinação quanto a exposição ou azimute da encosta afetam o fluxo de calor no solo, sendo mais aquecidas aquelas cujas inclinações proporcionam uma incidência normal aos raios solares. A exposição ou azimute ocasiona variações diárias de irradiação solar, determinadas pelo movimento aparente do sol de leste para oeste; e anuais, de acordo com o movimento de translação da Terra (Figura 4).

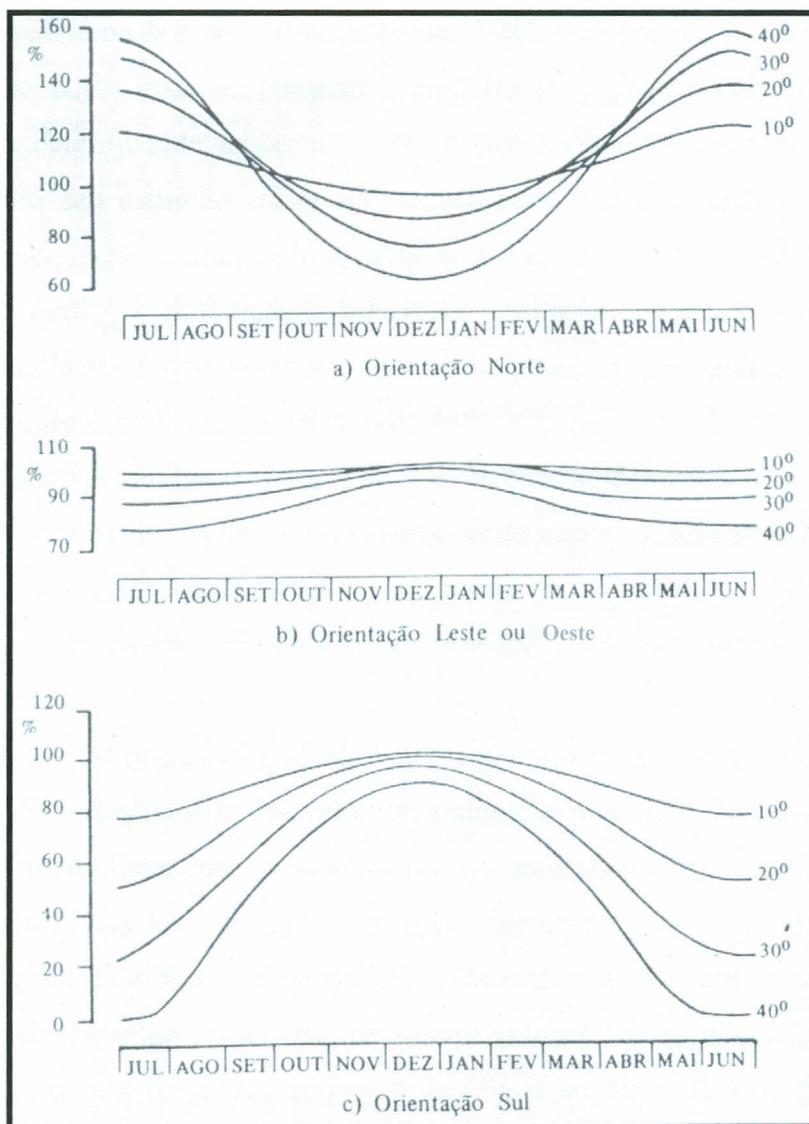


Figura 4: Variação anual da relação entre irradiação solar global (%) em superfícies a 20° de latitude sul com exposições e inclinações variadas (Tubelis & Nascimento, 1980)

No caso do hemisfério Sul, as encostas voltadas para o Norte interceptam maior quantidade de energia solar; bem como as encostas voltadas para Oeste são geralmente mais aquecidas do que as orientadas para Leste, pois que estas interceptam a radiação solar pela manhã, quando a superfície está fria, e parte da energia é utilizada para a evaporação de orvalho. As encostas de exposição norte e noroeste são conhecidas como faces “soalheiras”, enquanto que as orientadas para sul e sudeste são conhecidas como “noruegas”. Estas, sobretudo no inverno, são mais frias e úmidas, por se manterem praticamente na sombra o dia todo, estando sujeitas à incidência de neblina orográfica, especialmente em áreas acima dos 800 metros de altitude (Mota, 1975; Alves, 1981; Camargo, 1985; Sediyaama & Prates, 1986; Resende 1986, Galvani *et al.*, 2001).

A radiação solar assume, porquanto, importante papel na gênese de solos. Tornar-se-á mais determinante, sobretudo em situações intermediárias de altitude e precipitação, sendo seu estímulo maior na estação seca. Nessas condições, aspectos como altitude, precipitação e exposição à radiação solar, funcionam como uma tríade, determinando as condições climáticas locais para a formação dos solos, em termos de temperatura e umidade, o que pode ser defendido para toda a região montanhosa gnáissico-granítica do Brasil Sudeste (Resende, 1986; Cerqueira *et al.*, 1995). Resende & Rezende (1983) observam que em casos de relevos mais acidentados, há um aumento substancial da influência do declive e da orientação de encostas, seja para Norte, Sul, Leste ou Oeste. Em virtude desses fatores, a influência da exposição de vertentes pode ser muito pronunciada mesmo em uma latitude de 20° Sul, assumindo-se condições atmosféricas constantes.

Benincasa (1976) observou a 21° de latitude Sul, no estado de São Paulo, que o efeito da orientação e declividade das vertentes durante o inverno é tão acentuado que gera condições microclimáticas consideráveis. As encostas com exposição norte apresentaram valores médios de radiação solar correspondentes aos do mês de dezembro em regiões de clima tropical úmido de latitude sul. As com exposição Sul, apresentando declividades de 30 a 50%, revelaram valores que se enquadram aos de clima subtropical no mês de junho, enquanto aquelas com 10 e 20% de declividade notificaram valores referentes aos meses de junho de clima tropical úmido. O autor ainda observou que ao longo do ano as encostas com exposição Sul apresentaram-se sempre mais úmidas e mais frias, estando expostas a menor radiação solar do que as

com exposição norte; essas mesmas condições foram observadas ainda por Galbiatti (1978), Villa Nova *et al.* (1988), e Galvani *et al.* (2001).

Essas mesmas variações locais de temperatura nos solos, propiciadas por condições distintas de insolação entre vertentes com diferentes orientações e declividades, afetam o crescimento e o estado nutricional de algumas plantas, de maneira que as taxas de desenvolvimento vegetal e sua disposição no espaço evidenciam respostas às influências apreciáveis do seu micro-ambiente (Lopes, 1973; Sediya & Prates, 1986; Turco *et al.*, 1998). Resende (1980) cita o levantamento de solos realizado para a área das chapadas do Alto Jequitinhonha-MG, onde se observou que a vegetação de capões do mato se situa apenas nas encostas voltadas para Leste, das veredas de sentido Norte-Sul, o que ocorria pelo fato de o solo na face voltada para Leste não se aquecer tanto quanto a face voltada para Oeste. Esta recebe diretamente uma maior carga energética que vai ser consumida na evapotranspiração, reduzindo o teor de água do solo.

Alguns autores evidenciam de forma mais ampla a existência de uma inter-relação dos fatores envolvidos nas diferenciações genéticas dos solos, confirmando que as condições climáticas, principalmente temperatura e precipitação, ao mesmo tempo em que são controladas pela orientação das vertentes, são controladoras da distribuição da vegetação, e dos solos, notadamente nos seus distintos conteúdos em matéria orgânica. Harradine & Jenny (1958), Finney *et al.* (1962) e Cooper (1960), relatam para o caso do hemisfério Norte, a espacialização de encostas mais frias e úmidas voltadas para Norte, nas quais desenvolviam-se: vegetação mais densa, menor ação erosiva, solos mais profundos, e horizontes superficiais mais espessos com maiores conteúdos em matéria orgânica. Enquanto as encostas Sul apresentam-se mais secas e quentes, desenvolvendo-se nestas: cobertura vegetal menos densa, maior ação erosiva, solos menos profundos, horizontes superficiais menos espessos e com menores conteúdos em matéria orgânica. Jenny (1980) descreve elevação na Califórnia-EUA, onde a face norte, mais úmida e fria, apresenta uma floresta de carvalhos enraizada sobre solos profundos e escuros, enquanto que a face sul, mais quente e seca, apresenta gramíneas sobre solos rasos, marrom-acinzentados, com menor quantidade de matéria orgânica.

Whittaker *et al.* (1968) observaram variações de temperatura e precipitação em uma seção longitudinal a partir de ecossistemas áridos até ecossistemas montanhosos,

no estado de Arizona, Estados Unidos da América. Nesse caso, maiores altitudes estavam associadas a maiores montantes de precipitação e menores temperaturas, enquanto as áreas mais rebaixadas e as encostas voltadas para sul apresentaram maiores temperaturas, menor umidade, menor densidade de cobertura vegetal, menor estoque de serapilheira e maiores taxas de decomposição da matéria orgânica. Em resposta, os conteúdos em matéria orgânica dos solos de encosta decrescem das áreas mais elevadas em direção às áreas mais baixas, e das encostas voltadas para norte em direção às voltadas para sul. Tal padrão observado pelos autores assemelha-se em algumas particularidades com o ecossistema montanhoso da Serra do Mar do estado do Rio, em comparação com a baixada litorânea fluminense, no que se refere à maior umidade, mais baixas temperaturas, e maior acúmulo de matéria orgânica dos solos de encostas encontrados nas áreas mais elevadas.

A compreensão da distribuição dos solos na paisagem, relacionando seus conteúdos em matéria orgânica, pressupõe portanto, o entendimento da atuação dos fatores envolvidos na sua formação e acúmulo, notadamente da orientação de vertentes, declividade e morfologia de encostas. Tal análise refere-se a um trabalho de interface entre Pedologia e Geomorfologia, empregando portanto conceitos de ambas as áreas do conhecimento científico.

3. METODOLOGIA E MATERIAL EMPREGADOS

A operacionalização desta pesquisa fundamenta-se em etapas de trabalho realizadas alternadamente, em campo, laboratório e gabinete, de acordo com o desenvolvimento da investigação. Constitui em análise de dados e produtos previamente produzidos, nos quais o presente autor participou em etapas de geração dos referidos dados e produtos. Os perfis de solos em análise foram selecionados a partir do Levantamento de Reconhecimento Detalhado dos Solos da bacia do rio Bonito (Mafra & Ull, 2000; Lopes *et al.*, 2001). Dentre outros mapeamentos relevantes, sobressaem o Mapa de Exposição Solar (Ull, 1999a), e o Mapa de Declividade (Ull, 1999b). Idas a

campo bem como análises laboratoriais foram realizadas como apoio ou suplemento aos dados pré-existentes.

A pesquisa direcionou-se para a obtenção de dados quantitativos relativos à matéria orgânica de amostras de horizontes superficiais de solos, correlacionando com fatores geomorfológicos como exposição solar, declividade e morfologia de encostas. Outros estudos semelhantes, realizados ou mencionados por diversos autores (Lotspeich & Smith, 1953; Finney *et al.*, 1962; Lopes, 1973; Benincasa, 1976; Galbiatti, 1978; Jenny, 1980; Alves, 1981; Resende & Rezende, 1983; Birkeland, 1984; Camargo, 1985; Resende, 1986; Cerqueira *et al.*, 1995; Galvani *et al.*, 2001; Nunes *et al.*, 2001), fundamentaram os procedimentos adotados, doravante relatados.

Em princípio, os perfis de solos situados em planícies aluviais foram descartados para a análise, devido à baixa ou nula influência da orientação de vertentes sobre a incidência solar nesses solos. Assim sendo, foram selecionados perfis situados em vertentes de insolação e em vertentes de sombreamento, o que permitiria examinar possíveis distinções em conteúdos de matéria orgânica dos solos, segundo as variações de exposição solar. Os solos que se encontravam sob significativo uso antrópico, como agricultura, foram descartados, visando-se evitar a obtenção de resultados alterados pelo efeito de degradação e perda de matéria orgânica, ou mesmo de adição, desencadeados por usos antrópicos intensivos. Nesse sentido, o pastoreio realizado na bacia, de caráter extensivo, não constituiu impedimento à análise dos solos sob essa modalidade de uso.

A escolha dos perfis levou em consideração sobretudo a proximidade entre perfis em encostas com orientações opostas. Desta forma, deu-se preferência àqueles perfis que apresentassem correspondentes em encostas opostas de um mesmo vale, ou em encostas opostas de uma mesma elevação. Assim, foi possível fazer comparações entre uma gama de variáveis, tais como cobertura vegetal, uso do solo, declividade, tipos de solos, morfologia de encostas, e orientação de vertentes. Correlações entre solos com maiores conteúdos de matéria orgânica dentre todas as encostas de insolação com aqueles com maiores conteúdos entre todas as de sombreamento, permitiram avaliar como os fatores geomorfológicos e pedológicos estariam determinando os maiores conteúdos de matéria orgânica para os solos da bacia.

Em outra instância, a ocorrência predominante de Cambissolos e Latossolos na área da bacia possibilitou examinar perfis de solos similares, quantos às suas

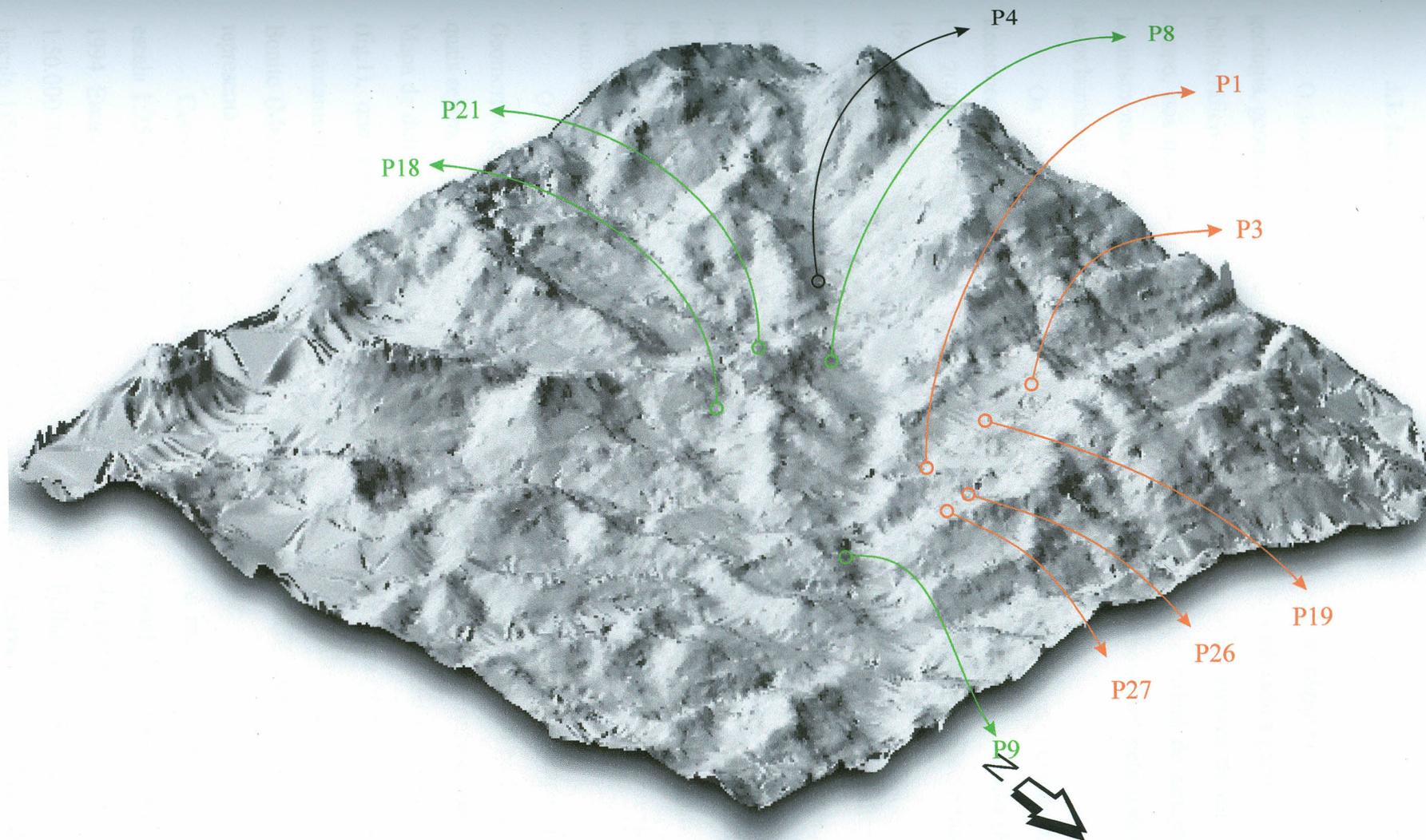
características e propriedades, situados em diferentes sub-bacias, proporcionando uma uniformização da variável pedológica, o que em teoria permite distinguir os efeitos dos fatores geomorfológicos sobre a dinâmica de formação e acúmulo de matéria orgânica, dentre os demais. Nesse sentido, até mesmo a ação dos fatores ambientais regionais pode ser considerada uniforme para todos os solos, já que de acordo com Cooper (1960), tanto o clima regional como o material de formação e o tempo podem ser consideradas variáveis constantes de formação dos solos, em estudos acerca do papel da topografia local sobre a gênese do solo.

A análise comparativa dos perfis foi realizada considerando-se três grupos principais de análise, definidos por distintos critérios, como variação de orientação de vertentes no interior de uma sub-bacia, similaridade pedológica, e variação de orientação de vertentes em uma mesma elevação (Figura 5). A criação de tais grupos de análise fundamentou-se nos moldes dos inúmeros estudos, anteriormente citados, que serviram de base a esta pesquisa. Considera-se para efeito comparativo o horizonte com maior conteúdo de matéria orgânica, para cada perfil.

O primeiro grupamento refere-se aos perfis 1, 3, 19, 26 e 27. Foi definido com o intuito de avaliar variações nos conteúdos de matéria orgânica de solos situados em vertentes frontais, com exposições solares opostas, no interior de uma sub-bacia. O modelo de comparação de perfis em uma mesma sub-bacia foi adotado por autores tais como Aandhal (1948), Bunting (1968) e Melton (1973).

O segundo grupamento foi determinado com o intuito de se analisar diferenciações em solos pedologicamente similares, sob condições geomorfológicas distintas, isolados em termos de ocorrência espacial. Diz respeito aos perfis 3, 4, 26 e 27.

O terceiro grupamento corresponde aos perfis 8, 9, 18, e 21. Foi idealizado com a finalidade de se observar variações em solos situados em vertentes com orientações variadas, a partir de um giro de 360° ao longo de uma mesma elevação topográfica. A comparação entre solos em uma mesma elevação está presente em trabalhos tais como os de Jenny (1980) e de Whittaker *et al.* (1968).



1º grupamento, solos situados em uma mesma sub-bacia: 1, 3, 19, 26, 27

2º grupamento, solos similares: 4, 8, 26, 27

3º grupamento, solos situados em uma mesma elevação topográfica: 8, 9, 18, 21



MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Figura 5: Localização dos perfis segundo grupamentos de análise (Ull, F.V.; 2001)

3.1. Levantamento de dados físicos

O levantamento das condições ambientais locais e regionais, como clima, geologia, geomorfologia, vegetação e uso atual do solo, foi realizado a partir do material bibliográfico e cartográfico disponível para a área, bem como através de trabalhos de campo, nos quais se realizou a documentação fotográfica e coleta de amostras. Tal levantamento fornece indicações da dinâmica ambiental responsável pela formação de solos húmicos na área da bacia.

Os mapeamentos mais relevantes a esta pesquisa são o Levantamento de Reconhecimento Detalhado de Solos do Alto e Médio Curso do Rio Bonito (Mafra & Ull, 2000), o Mapa de Exposição Solar (Ull, 1999a), e o Mapa de Declividade (Ull, 1999b).

Os mapas de solos, de declividade e de exposição, representam o alto e médio curso do rio Bonito. Esse caráter parcial determinou a restrição da pesquisa aos perfis de solos levantados na referida área. A porção não mapeada da bacia corresponde à área a jusante, a qual apresenta em grande parte altitudes abaixo de 700 ou 800 metros de altitude. Este seria o limite mínimo de altitude necessária à ocorrência significativa de horizontes superficiais ricos em matéria orgânica, no sudeste brasileiro, segundo autores como Palmieri & Larach, (1996) e Silva & Botelho (1997 e 1999).

Os mapas de maior relevância, tais como Hipsométrico, de Compartimentação Geomorfológica, de Exposição Solar, de Declividade, pontuam os 10 perfis analisados, quais sejam, 1, 3, 4, 8, 9, 18, 19, 21, 26, 27. Exceção feita a dois mapas, quais sejam, o Mapa de delimitação da bacia do rio Bonito e localização dos perfis de solo levantados (fig.1), que apresenta todos os 32 perfis catalogados para a área da bacia; e o Levantamento de Reconhecimento Detalhado de Solos do Alto e Médio Curso do Rio Bonito (Mafra & Ull, 2000), que devido à sua representação espacial parcial da bacia, representa 22 perfis (do 1º ao 22º) dos 32 catalogados.

Constituem base cartográfica desses e de outros mapeamentos, fotos aéreas na escala 1:25.000 (PROSPEC. **Fotografias aéreas** (diversas). Vôo 691, de dezembro de 1994. Escala 1:25000. PROSPEC, Rio de Janeiro. 1994), cartas topográficas nas escalas 1:50.000 (IBGE. **Cartas topográficas do Brasil**. Folha Três Rios (SF.23-Q-II-2). Escala 1:50000. IBGE. Rio de Janeiro. 1966; IBGE. **Cartas topográficas do Brasil**.

Folha Anta (SF-23-Z-B-II-1). Escala 1:50000. IBGE. Rio de Janeiro. 1974; IBGE. **Cartas topográficas do Brasil**. Folha Teresópolis (SF.23-Z-B-II-3). Escala 1:50000. IBGE. Rio de Janeiro. 1983; IBGE. **Cartas topográficas do Brasil**. Folha Itaipava (SF.23-Z-B-I-4). Escala 1:50000. IBGE. Rio de Janeiro. 1986) e 1:10.000 (PREFEITURA MUNICIPAL DE PETRÓPOLIS. Coordenadoria de Planejamento, Levantamento Aerofotogramétrico Digital. Nomenclatura da Folha: **SF.23-Z-B-I-4-NE-B**. Escala 1:10000. PROSPEC, Rio de Janeiro. 1994), e cartas geológicas na escala 1:50.000 (PENHA, H.M., FERRARI, A.L., JUNHO, M.C.B., SOUZA, S.L.A., BRENNER, T.L. **Projeto Carta Geológica do estado do Rio de Janeiro – Carta geológica**. Folha Itaipava (SF.23-Z-B-I-4). Escala 1:50000. DRM. Rio de Janeiro. 1980; PENHA, H.M., FERRARI, A.L., JUNHO, M.C.B., SOUZA, S.L.A., BRENNER, T.L. **Projeto Carta Geológica do estado do Rio de Janeiro – Carta geológica**. Folha Três Rios (SF.23-Q-II-2). Escala 1:50000. DRM. Rio de Janeiro. 1981a; PENHA, H.M., FERRARI, A.L., JUNHO, M.C.B., SOUZA, S.L.A., BRENNER, T.L. **Projeto Carta Geológica do estado do Rio de Janeiro – Carta geológica**. Folha Anta (SF.23-Z-B-II-1). Escala 1:50000. DRM. Rio de Janeiro. 1982a; PENHA, H.M., FERRARI, A.L., JUNHO, M.C.B., SOUZA, S.L.A., BRENNER, T.L. **Projeto Carta Geológica do estado do Rio de Janeiro – Carta geológica**. Folha Teresópolis (SF.23-Z-B-II-3). Escala 1:50000. DRM. Rio de Janeiro. 1982b).

Mapas (1)

Levantamento de Reconhecimento Detalhado de Solos do alto e médio curso da bacia do rio Bonito (Distrito de Posse, Petrópolis, RJ) (Mafra & Ull, 2000):

Realizado a partir de levantamento de perfis de solo em campo, análises de amostras de solo em laboratório, e interpretação sobre fotografia aérea (PROSPEC, 1994) na escala 1:25.000, gerado através do SPRING (INPE).

O uso das cartas topográficas do IBGE (1966; 1974; 1983; 1986) esteve ligado à localização dos pontos de perfis de solo identificados e classificados preliminarmente em campo. A delimitação final das unidades de solo seguiu critérios de Embrapa (1995) e de Olmos & Larach (1983), sendo realizada com o apoio de foto-interpretação segundo critérios de Monteiro & Silva (1979).

Este mapeamento diz respeito à área do alto e médio curso do rio Bonito, ou seja, é de caráter parcial. Nesse sentido, representa 22 perfis de solos, dentre um total de

32 levantados em toda a bacia. Em outras palavras, outros 10 perfis de solo levantados na área do baixó curso do rio Bonito ainda não foram utilizados no referido mapeamento.

Dentre os 22 perfis representados no levantamento parcial, 10 foram selecionados para a pesquisa. Devido aos objetivos do trabalho foram utilizadas as informações referentes aos horizontes superficiais. Optou-se por manter a numeração original dos perfis.

Mapa de Declividade do alto e médio curso do rio Bonito (Ull, 1999b):

De autoria de Ull (1999b), teve por base as cartas topográficas de Três rios (IBGE, 1966), Anta (IBGE, 1974), Teresópolis (IBGE, 1983), e Itaipava (IBGE, 1986), em escala 1:50.000, sendo ampliado para a escala 1:30.000. Foram criadas 5 classes de declividade, adaptadas à escala das cartas topográficas, sendo consideradas todas as curvas de nível para o mapeamento.

Este mapa constitui um MNT, gerado a partir do SPRING (INPE). Câmara & Medeiros (1996) ressaltam que mapas de declividade são especializações de modelos numéricos de terreno (MNT), os quais representam quantitativamente uma grandeza que varia continuamente no espaço. São modelos matemáticos que reproduzem superfícies reais a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos, denominado de amostras 3D. Lopes (1999) observa que um MNT é uma representação matemática de uma determinada característica vinculada a uma superfície real e em geral contínua.

Mapa de Exposição Solar do alto e médio curso do rio Bonito (Ull, 1999a):

Evidencia a exposição solar a que se submetem as vertentes dos perfis de solo na bacia, favorecendo tanto a distinção de encostas de sombreamento e encostas de insolação, quanto a avaliação do grau de exposição solar ao qual está submetido cada perfil em análise. Mapas de exposição solar de encostas também constituem especializações de modelos numéricos de terreno (Câmara & Medeiros, 1996; Lopes, 1999), sendo produzidos de forma semelhante à de mapeamentos de declividade.

De autoria de Ull (1999a), teve como base cartas topográficas na escala 1:50.000, de Três rios (IBGE, 1966), Anta (IBGE, 1974), Teresópolis (IBGE, 1983), e Itaipava (IBGE, 1986). Sua produção baseou-se totalmente em recursos do SPRING, de

autoria do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. O produto final foi apresentado em escala ampliada para 1:30.000.

Mapa de Compartimentação geomorfológica da bacia do rio Bonito (Sathler & Ull, 2000):

Para a realização deste mapeamento, foram utilizadas como base cartográfica as cartas topográficas em escala 1:50.000 de Três rios (IBGE, 1966), Anta (IBGE, 1974), Teresópolis (IBGE, 1983), e Itaipava (IBGE, 1986). As informações obtidas com a compartimentação foram digitalizadas e tratadas a partir do Spring-INPE, obtendo-se o produto final. A metodologia utilizada corresponde à descrita por MEIS *et al.* (1982), na qual considera-se o grau de encaixamento da drenagem e o entalhe erosivo, ou índice de dissecação do relevo, que determinam o desnivelamento de altitude, o qual é utilizado como parâmetro para a compartimentação do relevo. O nível hierárquico da drenagem, considerado como representativo da dissecação das encostas do Planalto do Sudeste do Brasil, é o de 2ª ordem.

Mapa Geológico da Bacia do rio Bonito (Penha *et al.*, 1980; 1981a; 1982a; 1982b):

Representação combinada das cartas geológicas na escala 1:50.000, de Itaipava (Penha *et al.*, 1980), Três Rios (Penha *et al.*, 1981a), Anta (Penha *et al.*, 1982a) e Teresópolis (Penha *et al.*, 1982b), digitalizado e tratado a partir do Spring-INPE.

Localização dos perfis segundo grupamentos de análise (Sathler, 2004; modificado de Ull, 2001):

Fornece uma visualização geral mais espacializada, em três dimensões, dos perfis escolhidos para análise, agrupados segundo critérios tais como semelhanças pedológicas, inclusão em uma mesma sub-bacia hidrográfica ou em uma mesma elevação topográfica.

Consiste em um Modelo Digital de Terreno de autoria de Ull (2001) gerado através do Spring (INPE) a partir das cartas topográficas em escala 1:50.000 de Três rios (IBGE, 1966), Anta (IBGE, 1974), Teresópolis (IBGE, 1983), e Itaipava (IBGE, 1986). Refere-se a um modelo matemático que se apoiando na base cartográfica

mencionada reproduz a geomorfologia real da bacia do rio Bonito, a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos que constitui a amostra 3D (Câmara & Medeiros, 1996; Lopes, 1999).

Mapa Hipsométrico da bacia do rio Bonito (Sathler, 2004):

Utiliza como base cartográfica as cartas topográficas em escala 1:50.000 de Três Rios (IBGE, 1966), Anta (IBGE, 1974), Teresópolis (IBGE, 1983), e Itaipava (IBGE, 1986). Representa a variação altimétrica da bacia considerando-se as curvas mestras das cartas topográficas do IBGE, ou seja, em intervalos de 100 metros. Indica uma gradação que vai desde 501-600 metros, até 1801-1900 metros, evidenciada por uma passagem de colorações mais claras, para as classes de menor altitude, para cores escuras, correspondentes às maiores altitudes encontradas na bacia.

Os dados de declividade e classes de relevo contidos no Levantamento de Solos (Mafra & Ull, 2000) representam um nível de detalhamento insuficiente à proposta desta pesquisa. Igualmente o mapa de declividade (Ull, 1999b) gerado para a bacia, não atende ao nível de aprofundamento requerido.

Desta forma, optou-se por determinar para cada perfil de solo, classes de declividade mais detalhadas, de 5 em 5%. Para tanto, recorreu-se à utilização de ábaco de declividade confeccionado a partir de método De Biasi (1970), sobre carta topográfica em 1:10.000 da Prefeitura de Petrópolis (1994). Os valores encontrados apresentaram-se bastante similares àqueles levantados em campo, mas divergiram em alguns casos daqueles apresentados no mapa de declividade, possivelmente por conta do menor nível de detalhamento deste, que teve por base a carta topográfica na escala de 1:50.000. As classes de relevo foram determinadas a partir de critérios de Embrapa (1999).

Quanto à morfologia de cada encosta sob investigação, optou-se por determiná-la individualmente, com maior exatidão a partir da observação da carta topográfica em 1:10.000 e da confecção de perfis topográficos. Não houve interesse em realizar um mapa de morfologia de encostas para toda a bacia, já que a pesquisa enfoca-se no estudo de encostas pré-determinadas.

3.2. Pesquisa de Campo

As atividades em campo foram realizadas entre os anos de 2001 e 2003, e corresponderam a quatro idas a campo, que tiveram por objetivo a checagem dos dados pré-existentes, objetivando-se a confirmação ou complementação das informações. Dedicou-se especial atenção a fatores tais como profundidade e cor de horizontes superficiais, características húmicas das unidades de solo, aspectos de morfologia de encostas, declividade e orientação, cobertura vegetal e uso do solo.

A observação direta em campo, dos dados de declividade, relevo, altitude, vegetação e uso do solo, contou com apoio cartográfico e uso de clinômetro e altímetro. A orientação de encostas foi confirmada a partir de material cartográfico disponível, referente sobretudo à carta topográfica na escala de 1:10.000 da Prefeitura Municipal de Petrópolis (1994), e secundariamente à folha Itaipava (IBGE, 1986), à escala de 1:50.000. A exposição solar foi determinada a partir do Mapa de Exposição Solar.

As informações de altitude reunidas no levantamento de solos foram confrontadas com informações em cartas topográficas, devido à variação encontrada entre diferentes altímetros, dando-se preferência àquelas constantes nas cartas. No período de 1998 a 2000 utilizou-se altímetro analógico de ajuste altimétrico manual, o qual acusou quase sempre altitudes pouco superiores às encontradas nas cartas topográficas do IBGE, e em poucas vezes semelhantes ou pouco inferiores. Entre 2001 e 2003 foram realizadas novas leituras altimétricas a partir de altímetro digital incorporado a aparelho de GPS (Sistema de Posicionamento Global). As novas leituras revelaram-se muitas vezes bastante superiores às acusadas em cartas topográficas do IBGE, e em alguns casos inferiores. Em virtude da aleatoriedade aparente das leituras de altímetros, anteriores e recentes, deu-se preferência às informações encontradas na base cartográfica.

3.3. Análises laboratoriais

As análises de laboratório foram realizadas no Laboratório de Geografia Física e Solos da UERJ (LAGEFIS), pelo Grupo de Investigação Solos-Paisagem (GISP), como etapa do levantamento de solos da bacia, desde 1998. As características morfológicas

das amostras foram determinadas segundo descrições de Lemos & Santos (1996). A granulometria foi determinada pelo método densimétrico de Bouyoucos modificado para quatro tempos de sedimentação, segundo Porta *et al.* (1986). Para todos os casos, a matéria orgânica dos horizontes superficiais foi queimada com peróxido de hidrogênio, antes da determinação da granulometria (Embrapa, 1997). As classes texturais foram determinadas utilizando-se o diagrama de partição de classes texturais para classificação granulométrica de horizontes de solo, adotado pelo USDA, SBCS, e CNPS. As análises volumétricas (densidade real; percentuais de água, ar, poros e matéria sólida) e de pH obedecem a proposições da Embrapa (1997). A cor dos horizontes foi determinada a partir das cartas de cores de solos de Munsell (1994).

Os conteúdos de matéria orgânica referentes ao Levantamento de reconhecimento detalhado de solos do alto e médio curso do rio Bonito (Mafrá & Ull, 2000) foram obtidos a partir de perda por ignição (LOI). Segundo Nelson & Sommers (1996), métodos LOI são gravimétricos, ou seja, baseiam-se na perda de peso por combustão a seco, em outras palavras, induzida por calor. Especificamente no que se refere ao método utilizado, foram pesados dois gramas de terra fina seca ao ar para cada horizonte de solo analisado, os quais são levados à estufa mantida a 450° centígrados. As amostras são submetidas a 24 horas de aquecimento, ao fim das quais registra-se a diferença de peso, obtida com a combustão do carbono orgânico (Lynn *et al.*, 1974). Todas as amostras foram analisadas durante o período de 1998 e 2000, no Laboratório de Geologia Experimental da Faculdade de Geologia da UERJ, sob responsabilidade do Técnico de laboratório Mário Miranda Pacheco.

Segundo Nelson & Sommers (1996), métodos de ignição fornecem valores superestimados porque durante a combustão, constituintes tanto orgânicos quanto inorgânicos do solo podem ser reduzidos. Aluminossilicatos hidratados perdem água estrutural, bem como minerais carbonatados e sais hidratados são decompostos. A desidroxilação e decomposição pelo calor, de constituintes inorgânicos, resultam em perdas de peso consideráveis, que ultrapassam o peso específico dos conteúdos de matéria orgânica dos solos.

No intuito de evitar a obtenção de dados superestimados, optou-se por determinar os conteúdos de matéria orgânica dos perfis analisados sob método diverso do utilizado no referido mapeamento, ainda que este permaneça como um referencial no

que se refere a outros dados. De acordo com Nelson & Sommers (1996), métodos de combustão da matéria orgânica em meio líquido apresentam vantagens tais como equipamento facilmente adquirível, boa acurácia e análise de CO_2 menos sujeita a erros operacionais.

Nelson & Sommers (1996) observam que, dentre as análises de solos por combustão em meio líquido, a digestão por ácido crômico é um método padrão de determinação do carbono total. Uma grande vantagem é o menor custo dos aparatos necessários a sua realização. O método adotado para os perfis analisados é o de oxidação via úmida com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,4 N (dicromato de potássio) e titulação pelo $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,1 N (sulfato ferroso amoniacal) com difenilamina como indicador, método-padrão da Embrapa (1997) atribuído a Walkley & Black (1934).

Para determinação da matéria orgânica segundo o método do dicromato de potássio, deve-se separar terra fina seca ao ar e triturá-la em gral até que passe por peneira de 80 mesh ou 0,177mm. Para solos com até 20g/kg de carbono orgânico, pesa-se 0,500g de amostra, transfere-se para erlenmeyer de 250,00ml, acrescenta-se 10ml de solução de dicromato de potássio 0,4 N, leva-se ao aquecimento durante 5min. Após o resfriamento, adicionam-se 50,00ml de água destilada e 2,50ml de ácido ortofosfórico concentrado, além de até 3 gotas de difenilamina 1% ao titular. A titulação é realizada a partir de bureta de 50,00ml preenchida com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1 N, sobre agitador magnético, até obter-se a virada de cor. Para solos com teores maiores que 20g/kg de carbono orgânico, opta-se pelo método com diluição, onde inicialmente pesa-se metade da quantidade original de amostra mantendo-se a quantidade original de solução de dicromato de potássio (10,00ml). Sendo necessário, adicione quantidades crescentes de dicromato, de 10 em 10 ml, até o máximo de 50,00ml totais de dicromato (Nelson & Sommers, 1996; Embrapa, 1997).

Todas as análises de oxidação via úmida com dicromato de potássio e titulação pelo sulfato ferroso amoniacal, com difenilamina como indicador, foram realizadas no Laboratório de Geografia Física e Solos (LAGEFIS) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), sob orientação, supervisão e auxílio da Técnica-Química Jacqueline Serzedello de Souza. Os resultados alcançados consideram a realização de prova em branco e fator de correção correspondente. Dizem respeito a valores de carbono orgânico, expressos em grama por quilograma, que multiplicados por 1,724 revelam os

conteúdos em matéria orgânica das amostras, também expressos em grama por quilograma. Os resultados obtidos por esse método são a base para as correlações realizadas nesta pesquisa. As classificações de solos apresentadas ao longo da discussão de resultados respeitam a esses valores, exceção feita àquelas classificações constantes no Levantamento de Reconhecimento Detalhado de Solos do Alto e Médio Curso do Rio Bonito (Mafra & Ull, 2000).

4. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO RIO BONITO

A caracterização sócio-ambiental da bacia é etapa fundamental da pesquisa, pois constitui levantamento de dados essenciais tanto ao entendimento da dinâmica de formação e acúmulo de matéria orgânica nos solos da área quanto da problemática de ocupação e uso da terra.

4.1. Características climáticas

A localização da área de estudos na região serrana fluminense lhe confere certas particularidades climatológicas. De acordo com Nimer (1979), por constituir uma elevação abrupta e contínua próxima ao Oceano Atlântico, a Serra do Mar favorece precipitações orográficas, notadamente durante a passagem de frentes polares. As escarpas e serras, tornando as chuvas mais frequentes e abundantes, atuam no sentido de diminuir a duração de estações secas, enquanto os vales mais profundos, agindo inversamente, geram secas mais prolongadas. Desta forma, na escarpa da serra os níveis pluviométricos alcançam de 2.000 a 4.500 mm (Nimer, *op.cit.*), enquanto a depressão do Vale do Paraíba apresenta pluviometria anual que varia de 750 a 1.000 mm.

Segundo Bernardes (1952), o tipo climático sempre úmido parece não se estender senão até o distrito petropolitano de Cascatinha. Em contrapartida ao decréscimo em precipitação, observa-se do alto da serra para o vale do Paraíba um aumento de temperatura, em decorrência da diminuição de altitude. As áreas dos divisores de águas prolongam para o interior os níveis superiores da serra, originando

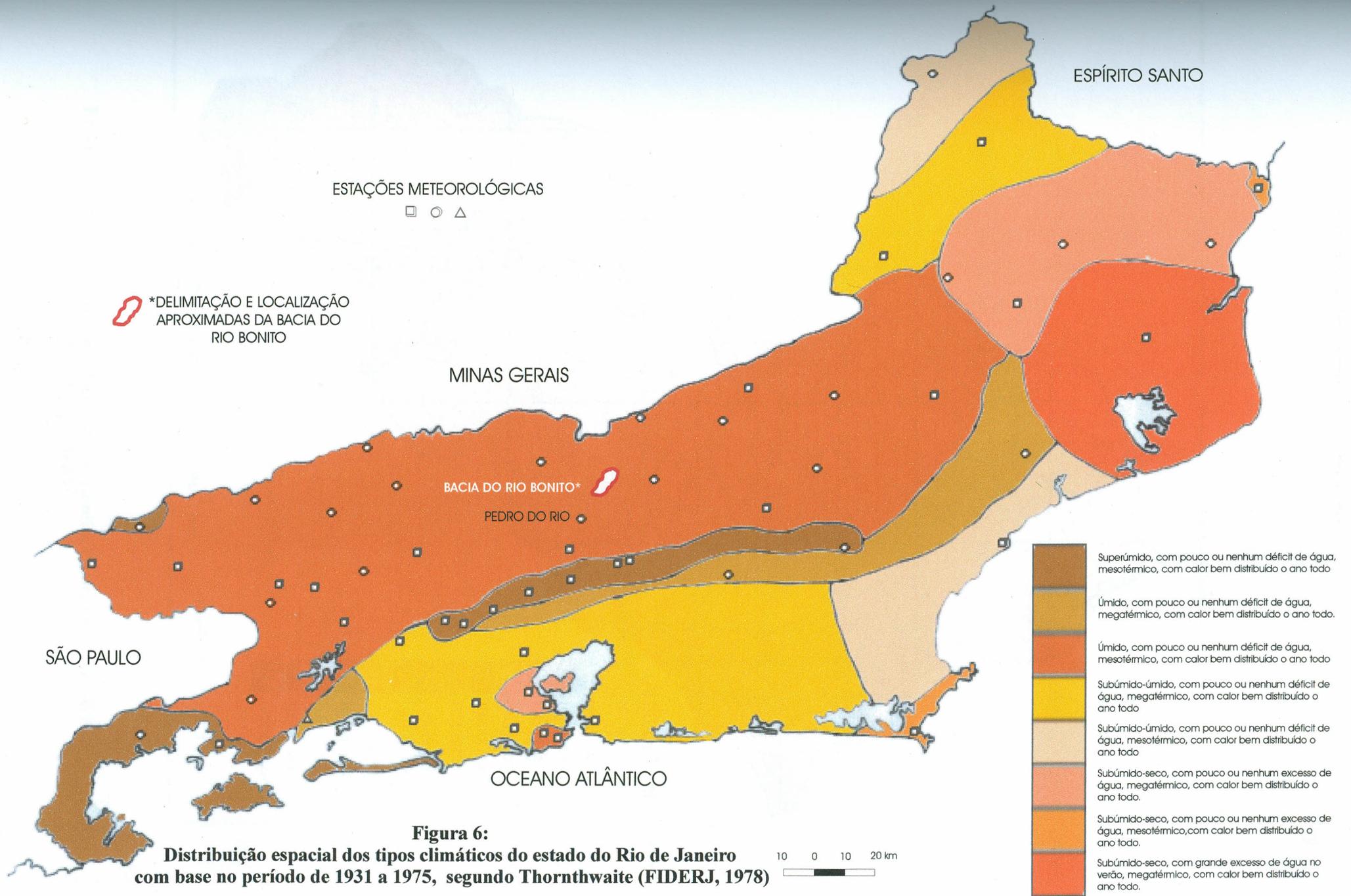
vales elevados, como é o caso da bacia do rio Bonito, nos quais ainda se registra o clima de verões brandos, conquanto já apresentando estação seca pronunciada.

Segundo FIDERJ (1978), o fenômeno de decréscimo de umidade para o anterior determina para a área de estudos, situada a norte da estação meteorológica de Pedro do Rio, um clima úmido, com pouco ou nenhum déficit de água, mesotérmico, com calor bem distribuído o ano todo (Figura 6). Esse tipo climático estende-se em grande área do reverso da Serra dos Órgãos. O tipo mesotérmico superúmido apresenta-se mais restrito, em estreita faixa a qual corresponde a escarpa da Serra e primeiros quilômetros em direção ao interior.

O tipo climático mesotérmico apresenta temperatura média anual entre 18 a 19°C. O verão é brando, predominando no mês mais quente temperaturas médias entre 18 a 20°C. O inverno apresenta ao menos um mês com temperatura média inferior a 15°C. Nos meses mais frios, a média das temperaturas mínimas está em torno de 6 a 8°C, podendo ocorrer mínimas diárias em torno de 0°C e raras geadas (Nimer, 1979). Segundo dados do Governo do Estado do Rio de Janeiro (1998), as maiores precipitações e as temperaturas mais altas ocorreriam no período de novembro a março.

Segundo Nimer (1972), o clima mesotérmico ocorre, na Região Serrana, nas cotas altimétricas acima dos 700 metros. Considerando-se que a bacia do rio Bonito apresenta altitudes entre 500 a 1900 metros (Figura 7), predominando altitudes de 800 a 1100 metros, pode-se afirmar a influência do referido clima sobre a área, sobretudo no que diz respeito à localização dos perfis em análise, os quais se encontram entre 850 e 1200 metros.

Dados pluviométricos do Departamento de Águas e Energia Elétrica (Brasil, 1980) e do Lagesolos-UFRJ (inédito) confirmam a maior concentração pluviométrica nos meses de verão, bem como a tendência de diminuição das precipitações e aumento da duração do período seco de sul para norte (Tabela 1), relatadas por Bernardes (1952), FIDERJ (1978), e Nimer (1979). Segundo critério adotado por Nimer (1972), os meses secos, no clima tropical mesotérmico brando, referem-se àqueles cujo total pluviométrico não excede 36mm.



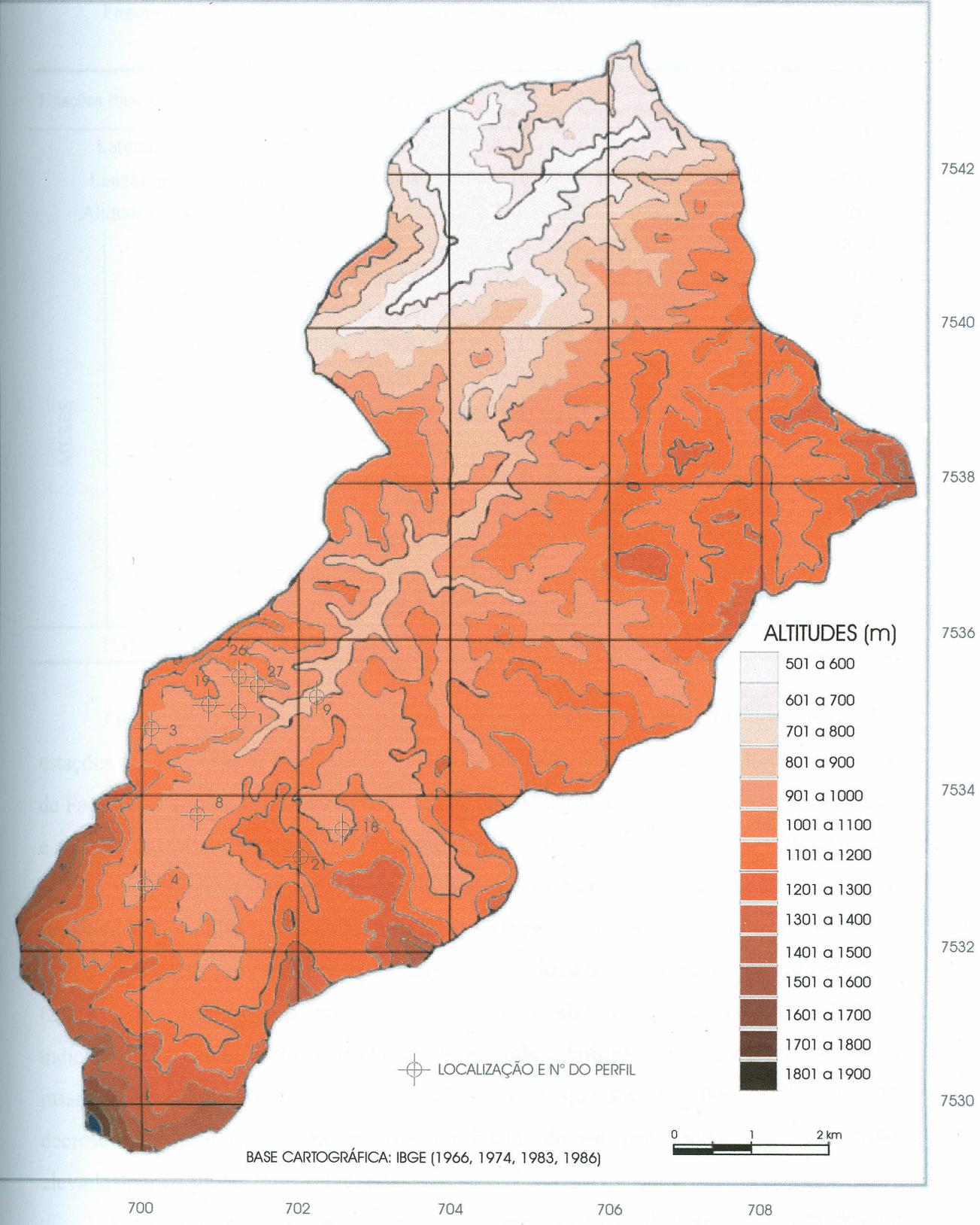


Figura 7: Mapa hipsométrico - bacia do rio Bonito, Posse, Petrópolis-RJ (Sathler, R.; 2004)

TABELA 1: Médias pluviométricas (em mm) das estações do município de Petrópolis-RJ – período de 1994 a 2001 para Fazenda Marambaia (Lagesolos-UFRJ, inédito); de 1954 a 1977 para Fagundes e de 1938 a 1977 para as demais (Brasil, 1980).

Estações Pluviométricas	Petrópolis	Itamarati	Rio da Cidade	Fazenda Marambaia	Pedro do Rio	Fagundes	
Latitude	22° 31'	22° 29'	22° 27'	22° 27'	22°20'	22°18'	
Longitude	43° 11'	43° 08'	43° 10'	43° 08'	43°08'	43°11'	
Altitude (m)	820	825	720	720	720	460	
MESES	Janeiro	314,3	269,4	268,6	207,74	239,8	182,3
	Fevereiro	234,4	189,8	189,3	143,71	165,6	130,5
	Março	231,3	196,5	168,5	156,51	138,8	122,3
	Abril	141,3	96,8	69,1	44,91	52,6	56,5
	Mai	86,7	63,0	45,7	61,55	35,9	36,5
	Junho	55,3	38,3	26,2	23,38	21,0	16,7
	Julho	52,0	33,0	23,4	20,55	17,8	22,9
	Agosto	66,1	41,2	28,8	25,77	20,9	22,2
	Setembro	81,7	57,8	48,6	56,98	40,0	48,0
	Outubro	150,9	112,7	106,4	97,8	98,2	102,1
	Novembro	215,4	169,3	165,3	165,25	139,2	143,7
	Dezembro	282,0	255,0	251,5	260,4	210,1	182,9
TOTAL	1908,5	1521,7	1387,5	1264,55	1175,8	1066,5	

Os índices pluviométricos encontrados na bacia podem ser deduzidos a partir das estações pluviométricas localizadas nas proximidades, quais sejam, de Pedro do Rio e de Fagundes. Tendo em mente a variação de altitudes na bacia, bem como a localização e altitude das estações pluviométricas próximas, pode-se inferir que a estação de Pedro do Rio, localizada a 720 metros de altitude e contígua aos limites austrais da bacia, representa com maior fidedignidade os índices de pluviosidade da bacia do rio Bonito.

A estação pluviométrica de Fagundes está localizada mais ao norte da anterior (22°18'), à altitude comparativamente inferior de 460 metros, e evidencia menores índices pluviométricos. Suas condições de altitude e latitude são comparáveis à área à jusante da bacia do rio Bonito, sua porção norte, o que sugere a possibilidade de um decréscimo pluviométrico no interior da bacia, de sul para norte, das áreas mais elevadas para aquelas mais rebaixadas.

Pode-se todavia afirmar que, quanto aos perfis analisados, as condições de altitude e posicionamento geográfico os inserem na área de clima mesotérmico úmido,

onde os índices pluviométricos anuais, à semelhança de Pedro do Rio, são de 1100mm, ou maiores. Mendes *et al.* (2001) e Mafra *et al.* (2001) afirmam que o confinamento de bacias e a ocorrência de cobertura vegetal florestal bem preservada são fatores que favorecem a permanência de umidade nos solos da bacia. Serras locais de grandes altitudes, frontais ao Oceano Atlântico, como a do Taquaril e a do Taquaruçu, elevam a pluviosidade, ao propiciar chuvas orográficas.

4.2. Geologia

A caracterização geológica da área apóia-se basicamente no Relatório Final da Carta Geológica de Itaipava (Penha *et al.*, 1981b). A partir das cartas geológicas de Itaipava, Três Rios, Anta e Teresópolis (Penha *et al.*, 1980; 1981a; 1982a; 1982b), pôde-se traçar um mapa de geologia para a bacia do rio Bonito (Figura 8), o qual apresenta as seguintes unidades:

- 1) Batólito Serra dos Órgãos (PE gr gn)
- 2) Plúton de aplogranito (PE gr)
- 3) Depósitos de várzea (Qhf)
- 4) Depósitos aluvionares areno-argilosos (Qa)

O domínio do Batólito Serra dos Órgãos (Pegrn, Pegr) constitui o embasamento geológico de quase toda a bacia. Compreende gnaisses graníticos e granodioríticos, de tons róseos e acinzentados, granulação média, com variação de leucocrático a mesocrático, apresentando uma textura típica, gnáissica, dada pelo alinhamento de aglomerados máficos, sendo ricas em microclina e apresentando-se bastante homogêneas, com forte presença de quartzos grosseiros de textura levemente orientada (Penha *et al.*, 1981b).

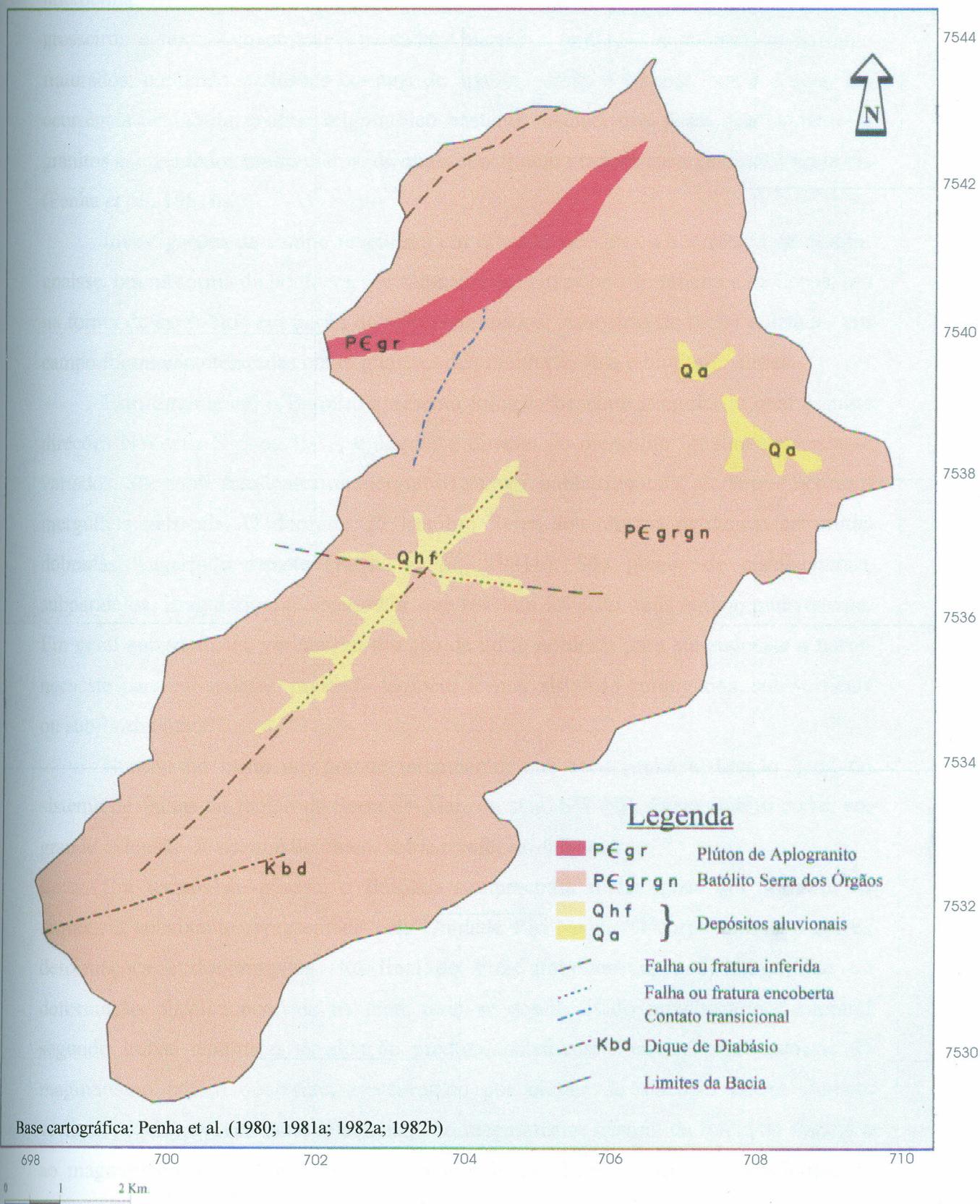


Figura 8: Mapa geológico da bacia do rio Bonito - Posse, Petrópolis, RJ (Ull F.V., 2001)

Petrograficamente, a unidade é representada por biotita gnaisses e biotita gnaisses graníticos de granulação grosseira e coloração cinza clara a rosada, ricos em microclina. Apresentam-se bastante homogêneos. Nota-se forte presença de quartzos grosseiros e textura levemente orientada. Quartzo e feldspato encontram-se bastante fraturados, contendo inclusões comuns de apatita, zircão e biotita, dentre outras. Há ocorrência de biotita gnaisse migmatítico bastante maciço, que passa gradualmente a granitos acinzentados muito claros, os quais constituem grandes escarpamentos verticais (Penha *et al.*, 1981b).

Investigações de campo revelaram em diversas ocasiões a ocorrência de biotita-gnaisse, ora na forma de boulders, nos talus circundantes aos afloramentos rochosos, ora na forma de saprolitos em perfis de solo examinados. Amostras de rocha coletadas em campo foram caracterizadas como gnaisses de granulação fina e biotita-gnaisses.

Estruturalmente, o Batólito apresenta foliação bastante irregular, a qual assume direções NW-SE, N-S ou E-W, e ângulo e direção de mergulho igualmente bastante variados. São mais freqüentes os mergulhos suaves, subhorizontais, ainda que ocorram mergulhos verticais. O domínio do Batólito Serra dos Órgãos evidencia estruturas dobradas, sugerindo arraste (Penha *et al.*, 1981b). São planos de cisalhamento, subparalelos, irregularmente espaçados, que revelam foliação mais antiga, preexistente. Em geral sub-verticais, variam em direção de norte-nordeste para sul-sudoeste a norte-noroeste para sul-sudeste, podendo também formar sistemas conjugados, sub-verticais ou sub-horizontais.

Nota-se na bacia um grande falhamento, que acompanha a direção geral do sistema de falhas da região da Serra do Mar, ou seja, SW-NE. O rio Bonito corre, em grande extensão de seu médio curso, sobre o referido falhamento.

Em termos de gênese, o Batólito compreendia rocha ígnea que intruiu na seqüência encaixante representada pela Unidade Rio Negro. O corpo intrusivo sofreu deformações e dobramentos. Ao final do Pré-Cambriano, após a última fase de deformação plástica ocorrida na área, teria se desenvolvido uma tectônica ruptural segundo linhas tectônicas de direção predominantemente noroeste para sudoeste. O magmatismo básico ocorrente, representado por diques de diabásio essencialmente verticais, está provavelmente relacionado ao magmatismo fissural da Bacia do Paraná e ao magmatismo básico associado à implantação das bacias marginais brasileiras, de

idade juro-cretácica. Esses diques podem ser separados em: diques mais possantes e contínuos, de direção essencialmente leste-nordeste; diques mais finos, de direção nordeste e, esporadicamente, norte-nordeste.

No caso da bacia do rio Bonito, foi identificado um dique de diabásio o qual não consta na Carta Geológica de Itaipava (Penha *et al.*, 1980). Os diques estão associados a sistemas de fratura de importância regional. As fraturas desses sistemas, em alguns casos, parecem ter se desenvolvido totalmente no Mesozóico e, em outros casos, aproveitando descontinuidades preexistentes. O condicionamento tectônico parece ser regional, com adaptações locais.

A bacia apresenta ainda, em menor proporção, granito anorogênico (PE gr) correspondente a um plúton de aplogranito hololeucocrático, homófono a incipientemente foliado nos bordos, na área à jusante da bacia, extremo norte. Há ocorrência de depósitos de várzea (Qhf) no médio curso, os quais correspondem a areias feldspáticas estratificadas selecionadas e argilas silticas orgânicas. Documenta-se ainda a ocorrência restrita de depósitos aluvionares areno-argilosos (Qa).

4.3. Geomorfologia

A bacia do rio Bonito localiza-se no Domínio Serrano da região Sudeste, caracterizando-se pela presença de segmentos da Serra do Mar. Segundo Penha *et al.* (1981b), tal domínio pode ser caracterizado como montanhoso, possuindo escarpas íngremes e rochosas, vales em V, com paredões escarpados e não verticalizados.

Sob um ponto de vista mais abrangente, a área corresponde ao Planalto Sudeste do Brasil, o qual, segundo Asmus & Ferrari (1979), refere-se a uma estrutura cenozóica originada por falhamentos normais, cujos rejeitos verticais estão estimados em torno de 2.000 a 3.000 metros. Tais falhamentos ocorreram ao longo de antigas linhas de fraqueza do Pré-Cambriano, apresentando direção predominante leste-nordeste. O deslizamento gravitacional de blocos deu lugar a escarpas de linha de falha tais como a Serra do Mar, a Serra da Mantiqueira, e o Maciço da Carioca, e grabens dentre essas escarpas, como o do Vale do Paraíba e o da Guanabara (Figura 9).

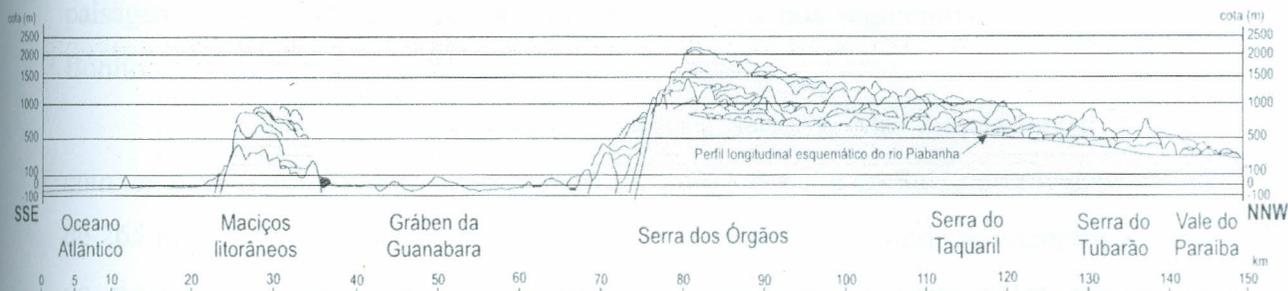


Figura 9: Perfil esquemático transversal às estruturas geológicas entre o Oceano Atlântico e o Vale do Paraíba, RJ (Almeida & Carneiro, 1998; modificado de Ruellan, 1944).

A Serra do Mar configura-se como imponente escarpa de falha recuada pela erosão remontante, possuindo desníveis em torno de 800 a 1.000 metros e chegando a alcançar cerca de 2.400 metros no estado do Rio de Janeiro. Considerações similares ou idênticas são realizadas por outros autores, tais como Ruellan (1944), King (1956), Ab'Saber & Bernardes (1958), Almeida & Carneiro (1998), no que se refere ao evento de soerguimento da Serra do Mar.

A Serra do Mar em seu conjunto compõe-se por escarpas escalonadas e festonadas. Seu reverso se caracteriza por lineações de vales estruturais e de cristas serranas, de maciços graníticos, morros com desníveis altimétricos acentuados, e alvéolos intermontanos. Tais feições refletem áreas de dobramentos remobilizados sob formas de blocos justapostos, e são comuns no contexto da bacia do rio Bonito. Linhas de fraturas, principalmente NE-SW, cortadas por talvegues, geram cristas e vales retilíneos, de entalhes profundos ou decapitados pela erosão regressiva. Ocorre notável adaptação da rede de drenagem à estrutura, particularmente na direção NE-SW. O próprio rio Bonito segue, em seu médio curso, a orientação NE-SW anteriormente mencionada, encaixando sua drenagem em falhamento mapeado (Penha *et al.*, 1981).

Serras com menor significado regional, tais como da Estrela, das Cambotas, das Araras, e do Cantagalo, constituem prolongamentos da Serra do Mar em direção ao vale do Paraíba. Nesses prolongamentos o relevo é escarpado e as cotas médias estão acima de mil metros. Uma dessas serras destaca-se na área de estudo, como importante divisor de águas da bacia: a Serra do Taquaril. Grandes vales, com campos de matacões e presença de *boulders* gigantescos de granito, emprestam características bem peculiares à

paisagem de alta montanha, como pode se constatar nos segmentos do alto curso do Bonito.

A rede fluvial que se prolonga a norte da Serra do Mar é mais longa, dirigida com um declive muito mais suave em direção ao rio Paraíba do Sul, cujo nível de base é de 265 metros na confluência do rio Piabanha. Nesse reverso, onde se encontra a bacia do rio Bonito, os rios tributários do Paraíba do Sul escavaram vales geralmente digitados, separados uns dos outros por linhas de grandes picos, as quais formam as serras que separam as bacias fluviais de orientação sul-norte (Ruellan, 1944).

Do ponto de vista morfoescultural, Dantas (2001) fornece um quadro mais detalhado dos aspectos geomorfológicos da bacia, subdividindo-a em dois sistemas de relevo com domínios distintos, ambos inseridos no Planalto Reverso da Região Serrana (Figura 10). O mapa geomorfológico em questão insere a maior parte da bacia, desde o alto até o médio curso, em Relevo de Degradação em Área Montanhosa, Domínio Montanhoso, típico do reverso da escarpa da Serra do Mar (Figura 11).

O relevo mencionado apresenta, segundo Dantas (2001), vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas com topos de cristas alinhadas, aguçadas ou levemente arredondadas. Documenta-se a ocorrência de compartimentos colinosos e/ou de morros, em seções alveolares nos vales principais, além de ocorrência pontual de relevo suave ondulado, com elevações locais, localizado em planaltos elevados. Para esse domínio, a densidade de drenagem apresenta-se alta com padrão de drenagem variando de dendrítico a treliça ou retangular. Predominam amplitudes topográficas superiores a 400 metros e gradientes elevados a muito elevados, com ocorrência de colúvios e depósitos de tálus, solos rasos e afloramentos de rocha.

Para um pequeno trecho à jusante da bacia, em seu extremo norte, observa-se Relevo de Degradação em Planalto Dissecado, correlativo a Domínio de Morros Elevados com ocorrência de pães-de-açúcar. Corresponde a morros convexo-côncavos dissecados e topos arredondados ou aguçados, com sedimentação de colúvios, alúvios e subordinadamente depósitos de tálus. Apresenta *monadnocks* e compartimentos colinosos em seções alveolares nos vales principais. A densidade de drenagem é média a alta, com padrão de drenagem variando de dendrítico a treliça ou retangular. Predominam amplitudes topográficas entre 200 e 400 metros e gradientes médios, com presença de formas residuais proeminentes e gradientes elevados (Dantas, 2000).

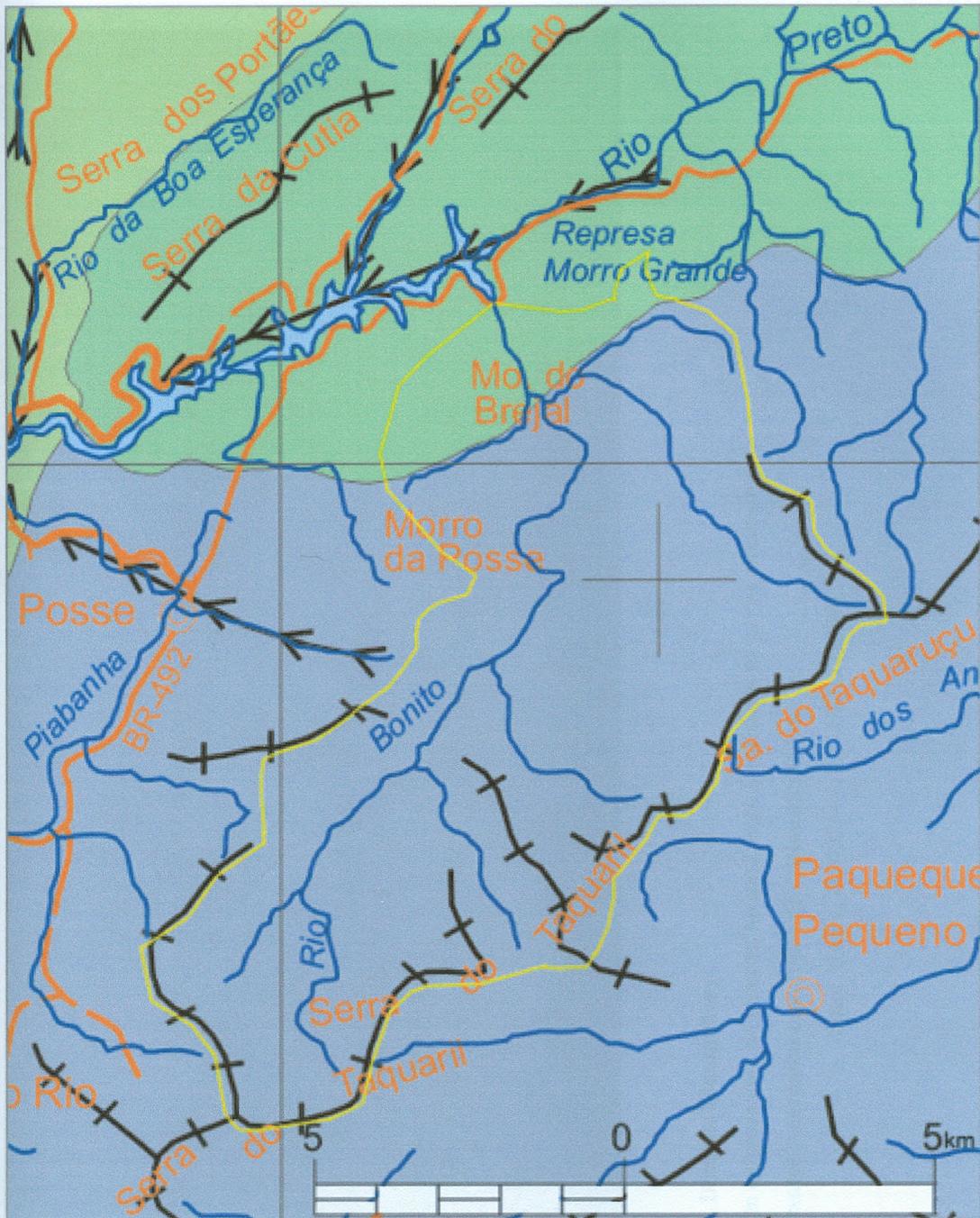


Figura 10: Mapa Geomorfológico da bacia do rio Bonito (Dantas, 2000)

LEGENDA

-  Relevo de degradação em área montanhosa; domínio montanhoso
-  Relevo de degradação em planalto dissecado ou superfície aplainada; domínio de morros elevados (com ocorrência de Pães-de-açúcar)
-  Cristas indiferenciadas e principais interflúvios
-  Delimitação aproximada da bacia do rio Bonito

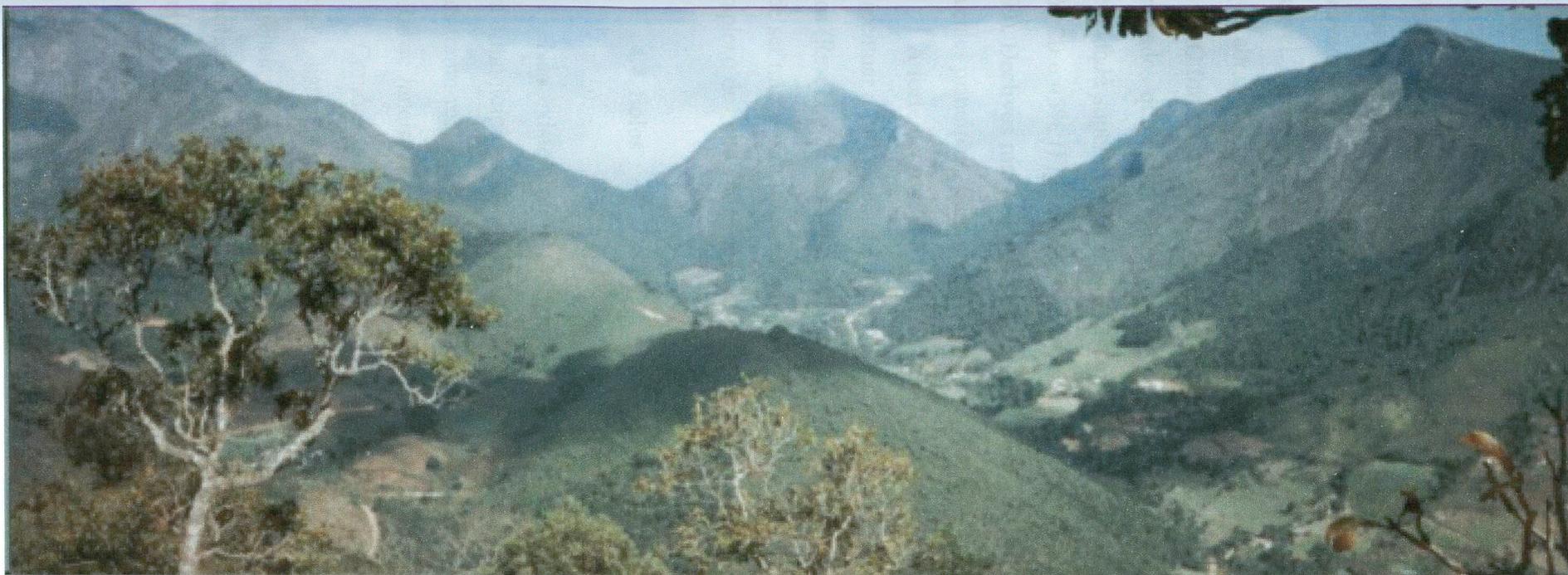


Figura 11: Relevo de Degradação, Domínio Montanhoso

Em primeiro plano, compartimento colinoso e/ou de morros, no qual estão localizados os perfis analisados.

Ao fundo, Serra do Taquaril: vertentes escarpadas com topos de cristas alinhadas.

Foto: Mafra, N.M.C. – GISP-UERJ (1999).

Ocorre, por conseguinte, uma transição entre sistemas de relevo no interior da bacia do rio Bonito, onde um relevo mais montanhoso a montante cede lugar a outro mais suave à jusante. Investigação detalhada, realizada na escala de 1:50.000, demonstrou mais apuradamente como esse aspecto repercute nos desníveis altimétricos da bacia. Enquanto a jusante e a leste da bacia há desníveis menos consideráveis, observam-se degraus de serra muito escarpados a montante, caracterizados por grande desnível. No restante da bacia predomina o compartimento de colinas muito dissecadas, o qual abrange a localização de quase todos os perfis de solo investigados (Figura 12).

O forte desnível altimétrico encontrado ao sul tem relação direta com os declives acentuados que as vertentes integrantes da serra do Taquaril apresentam. Nessa área, a declividade supera os 70%. No restante da bacia há o predomínio da classe de declive entre 20 e 45% (Figura 13), correspondente a relevo do tipo forte ondulado (Embrapa, 1999). Declives mais suaves surgem em trechos ao longo dos vales do rio Bonito e dos afluentes principais, bem como em alguns planaltos elevados.

A forte declividade da maioria das vertentes encontradas na bacia age no sentido de acentuar a influência da orientação de vertentes nas taxas de irradiação solar sobre os solos (Resende & Rezende, 1983). Desta forma, a influência da orientação de vertentes pode ser muito pronunciada mesmo em uma latitude de 20° Sul, compondo um mosaico complexo de exposições solares variadas (Figura 14).

4.4. Solos

Não existem até o momento mapeamentos em nível de semidetalhe ou detalhe, para o município de Petrópolis. Apenas levantamentos em nível de reconhecimento de solos foram realizados, dentre os quais observa-se o mais atual, realizado para o estado do Rio de Janeiro, à escala de 1:500.000 (Carvalho Filho *et al.*, 2001a).

Como o referido levantamento não apresenta delimitação entre municípios, pode-se listar somente de maneira aproximada, para o município de Petrópolis, a ocorrência dos seguintes tipos de solos: Latossolo Vermelho Amarelo álico ou distrófico A proeminente ou moderado textura argilosa ou muito argilosa; Latossolo Vermelho Amarelo álico ou distrófico pouco profundo A proeminente ou moderado textura argilosa; Alissolo e Argissolo latossólico A moderado textura argilosa/muito

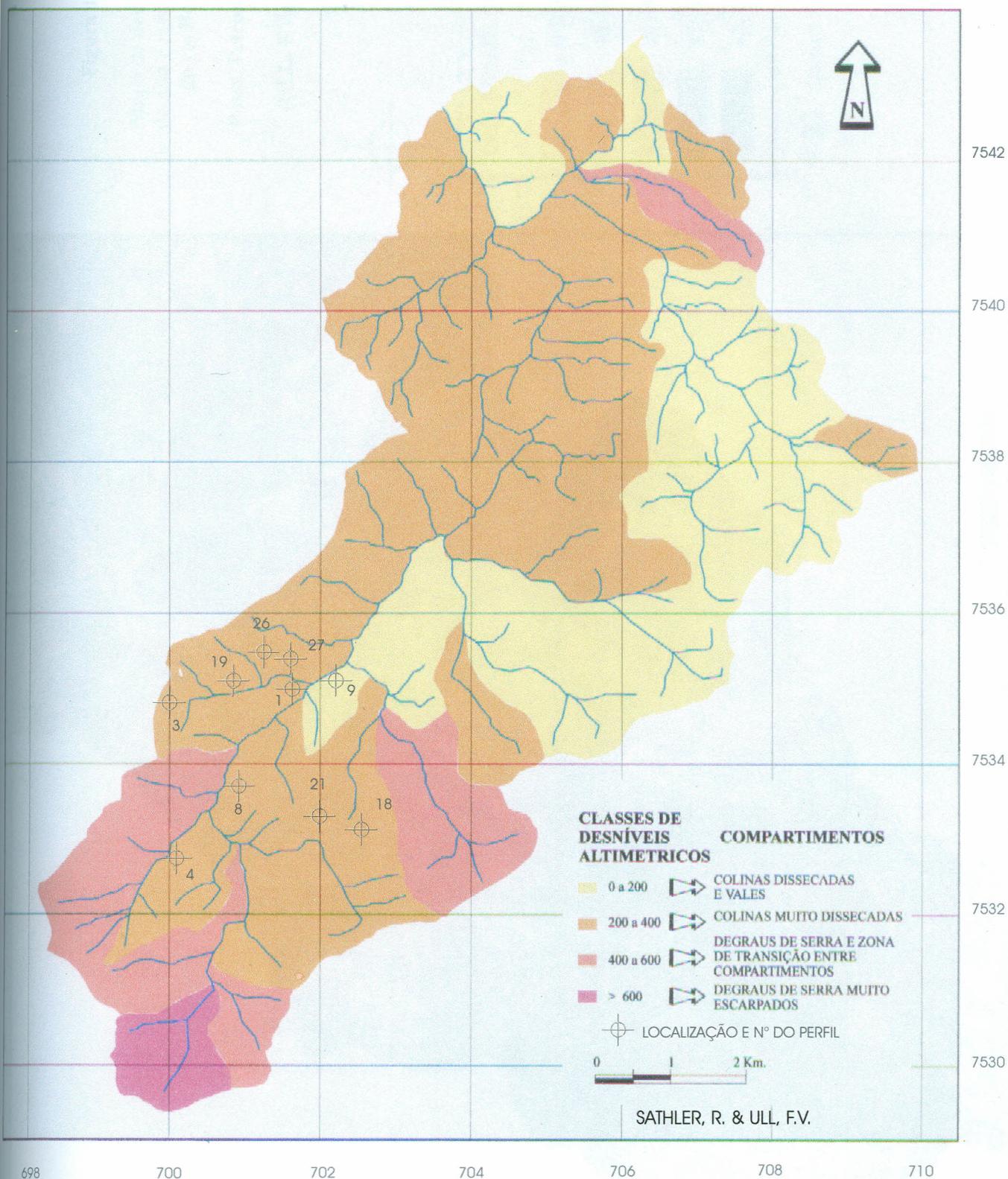
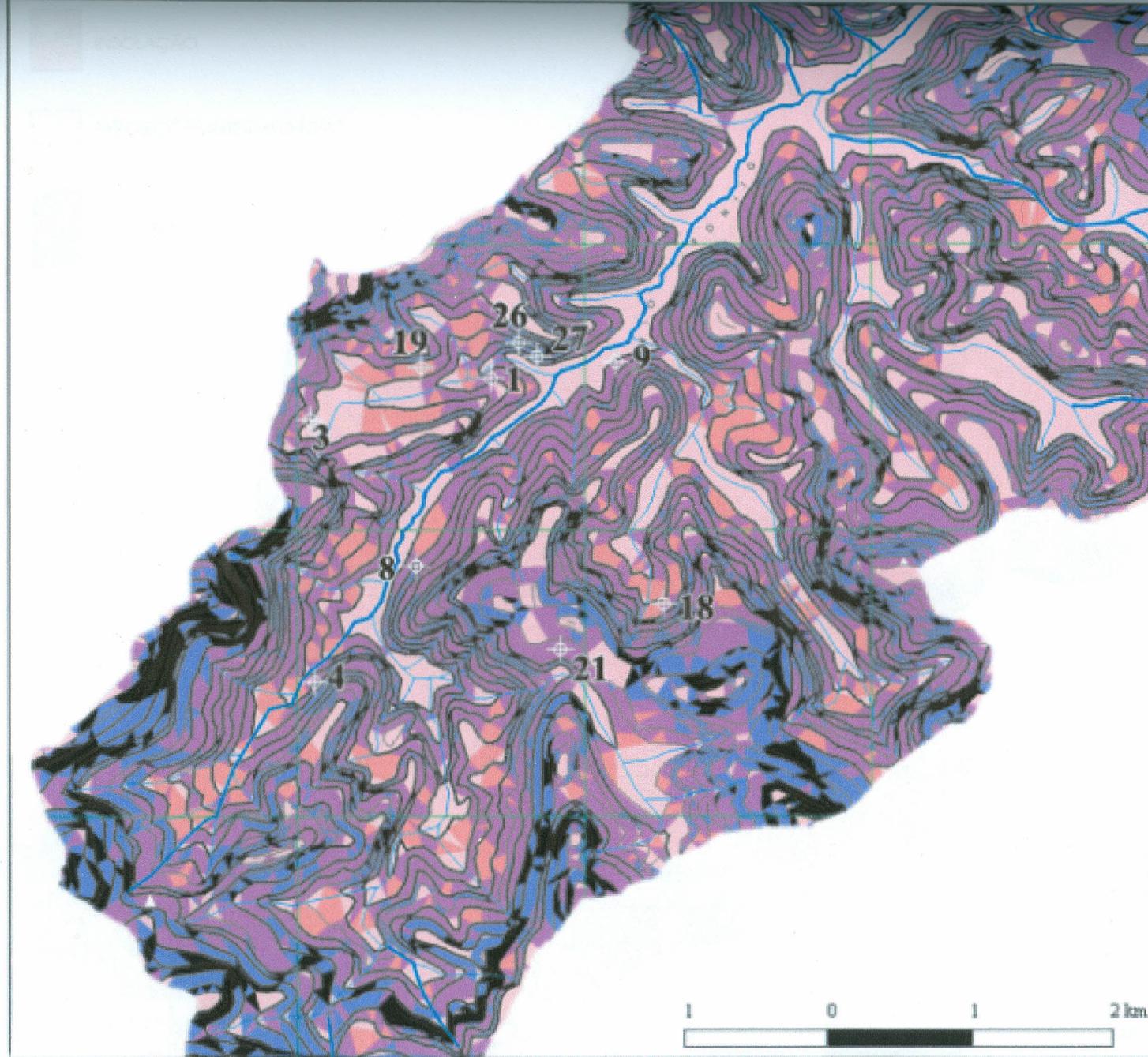


Figura 12: Mapa de compartimentação geomorfológica da bacia do rio Bonito, Posse, Petrópolis-RJ (Sathler, R & Ull, F.V., 2001)

7536

7534

7532



700

702

704

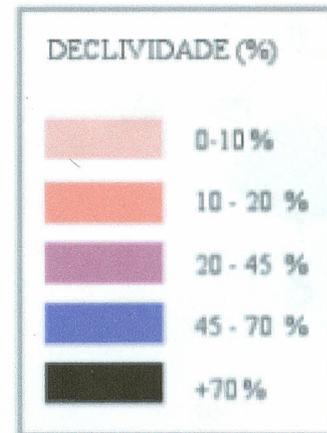


Figura 13:

**Mapa de declividade
do alto e médio curso
do rio Bonito**

Posse, Petrópolis, RJ

(ULL, F.V.; 199a)



21 Localização dos perfis

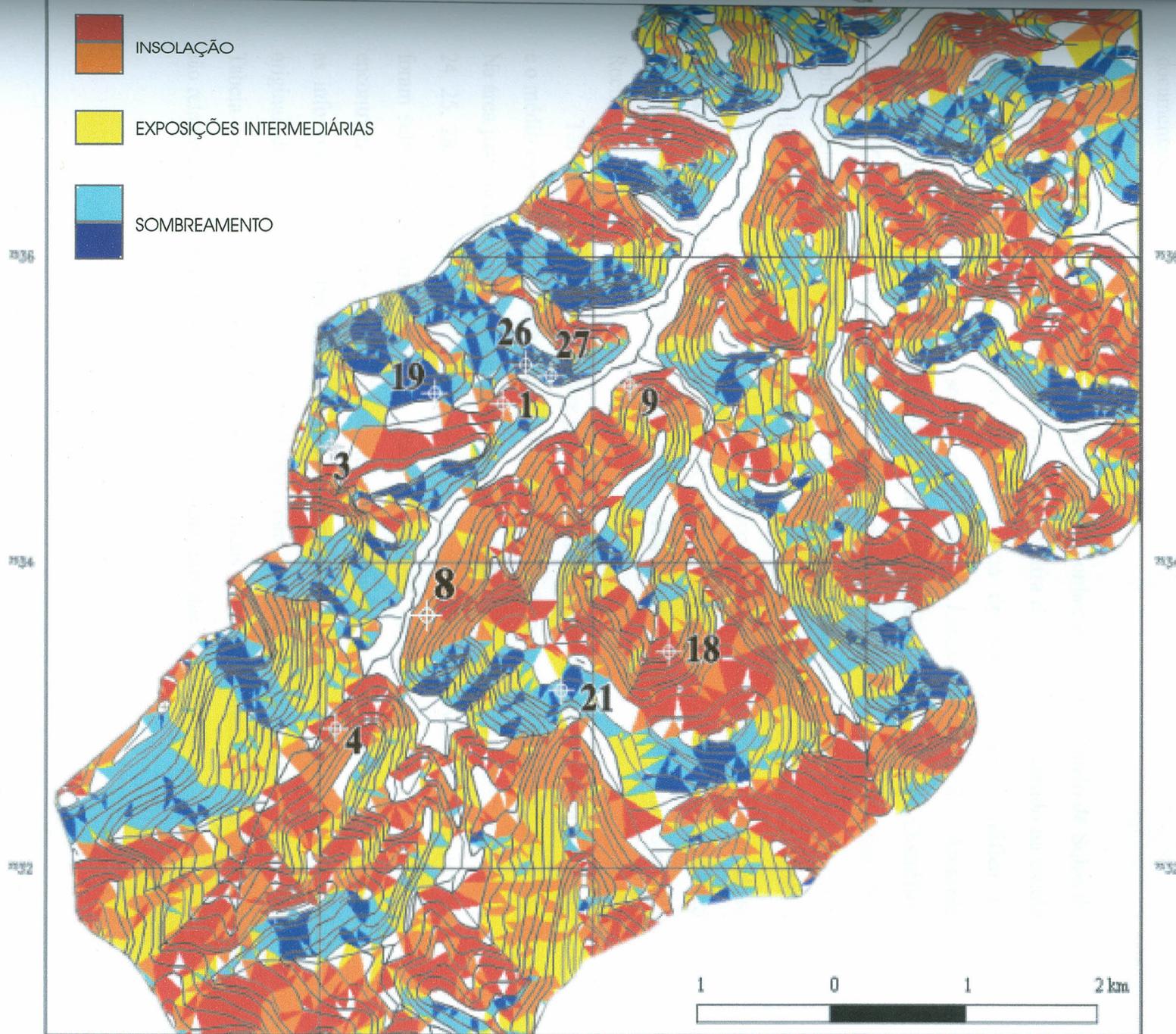


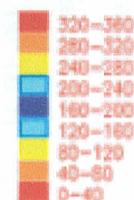
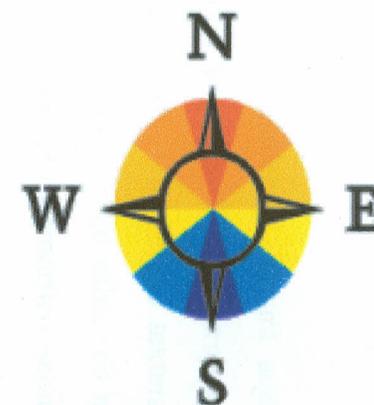
Figura 14:

Mapa de exposição solar
do alto e médio curso
do rio Bonito

Posse, Petrópolis, RJ

(ULL, F.V.; 1999b)

ORIENTAÇÃO
DE VERTENTES



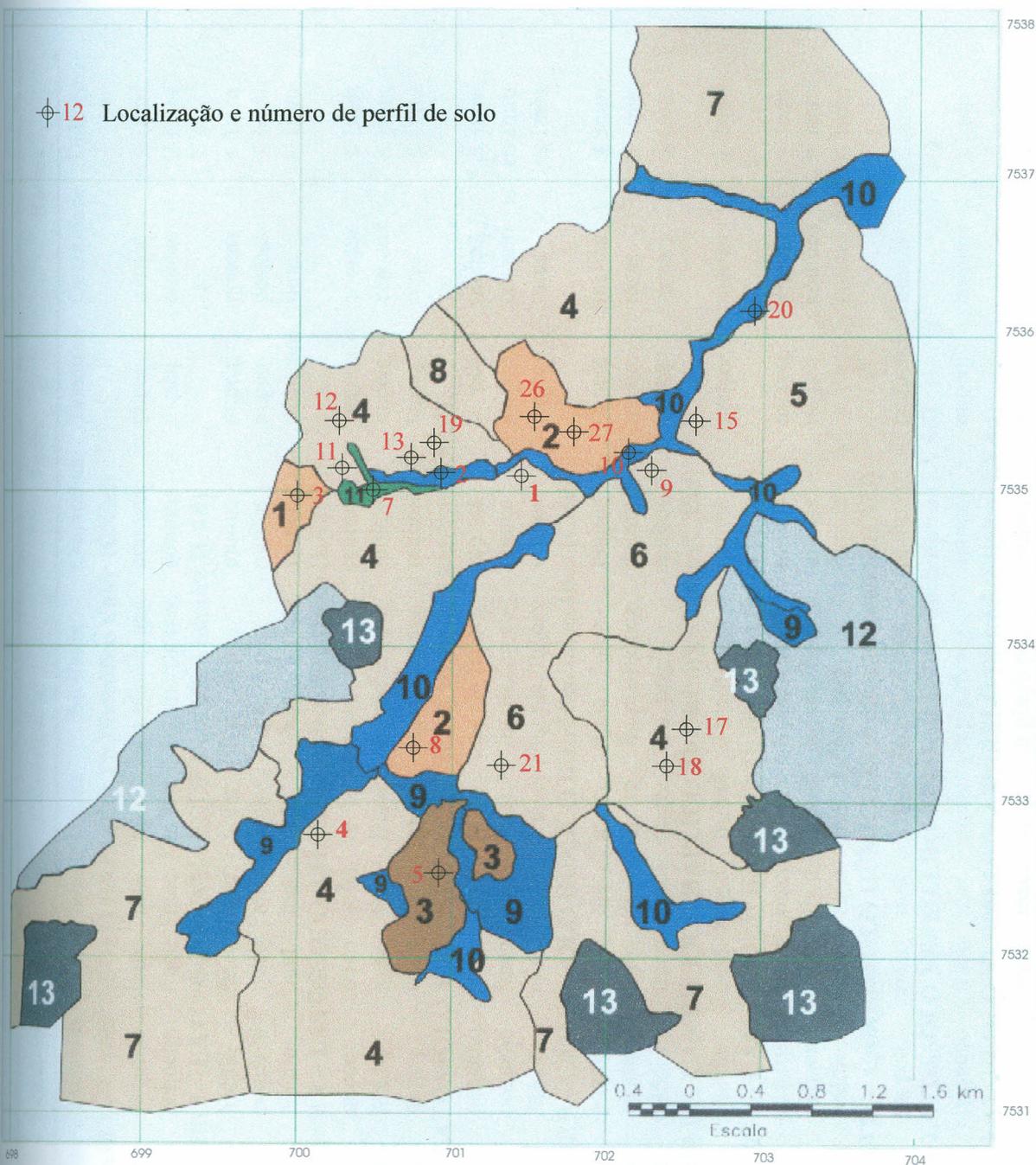
21 Localização dos perfis

argilosa; Alissolo e Argissolo Tb A moderado textura argilosa/muito argilosa ou média/argilosa; Cambissolo álico ou distrófico Tb A proeminente ou moderado textura argilosa ou média; Cambissolo álico Tb A moderado textura média cascalhenta ou argilosa fase rochosa ou não; Gleissolo tiomórfico salino ou não Ta ou Tb H turfoso textura argilosa ou muito argilosa; Gleissolo tiomórfico salino ou não Ta ou Tb A moderado textura argilosa ou muito argilosa; Neossolo Litólico álicos Tb A moderado ou A proeminente textura média. Extensas áreas de afloramentos rochosos são documentadas.

Para a área da bacia, o Levantamento de Reconhecimento Detalhado de Solos do Alto e Médio Curso do Rio Bonito (Figura 15) (Mafra & Ull, 2000), baseado na escala de 1:25.000, representa um nível mais adequado de detalhamento. Identifica 12 unidades de mapeamento de solos, quais sejam: Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico húmico; Chernossolo Háptico Órtico típico; Cambissolo Húmico Distrófico típico & Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico; Cambissolo Húmico Distrófico típico; Cambissolo Húmico Distrófico Latossólico & Cambissolo Háptico Tb Distrófico latossólico; Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico & Neossolo Litólico Distrófico típico; Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico & Afloramento de Rocha; Colúvio Edafizado; Neossolo Flúvico Tb Distrófico gleico; Gleissolo Háptico Tb Distrófico típico; Neossolo Litólico Distrófico típico & Afloramento de Rocha; e Afloramento de Rocha.

Tal levantamento é de caráter parcial e abrange especificamente a área montante e o médio curso do rio Bonito, representando 22 perfis de solo (1 a 15, 17 a 21, 26 e 27). Na área jusante da bacia, ainda não mapeada, encontram-se outros 10 perfis (16, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 30, 31 e 32). Dentre os 22 perfis constantes no levantamento atual, 10 foram selecionados para a pesquisa, quais sejam, 1, 3, 4, 8, 9, 18, 19, 21, 26 e 27, e encontram-se descritos a seguir. Tendo em vista o objetivo do trabalho, foram utilizadas as informações referentes aos horizontes superficiais. A numeração apresentada é a original do levantamento. A Tabela 2 apresenta as características morfológicas, na Tabela 3 são apresentadas as propriedades químicas e físicas, e finalmente na Tabela 4 são relacionadas as descrições dos aspectos ambientais das áreas dos perfis.

⊕12 Localização e número de perfil de solo



LEGENDA

- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. IAd LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO HÚMICO A IDEM TEXTURA ARGILOSA FASE FLORESTA TROPICAL SUBPERENIFÓLIA RELEVO FORTE ONDULADO</p> <p>2. LVAd LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO HÚMICO A IDEM TEXTURA ARGILOSA, FLORESTA IDEM, RELEVO IDEM</p> <p>3. MXo CHERNOSSOLO HÁPLICO ÓRTICO TÍPICO A MODERADO TEXTURA ARGILOSA, IDEM FLORESTA, RELEVO ONDULADO</p> <p>4. CHd ASSOCIAÇÃO DE CAMBISSOLO HÚMICO DISTRÓFICO + CXbd TÍPICO + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICO TÍPICO A HÚMICO E MODERADO TEXTURA MÉDIA E ARGILOSA, IDEM FLORESTA, RELEVO FORTE ONDULADO E MONTANHOSO</p> <p>5. CHd CAMBISSOLO HÚMICO DISTRÓFICO TÍPICO A MODERADO TEXTURA MÉDIA E ARGILOSA, IDEM FLORESTA, RELEVO FORTE ONDULADO E MONTANHOSO</p> <p>6. CHd ASSOCIAÇÃO DE CAMBISSOLO HÚMICO LATOSSÓLICO + CXbd CAMBISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICO LATOSSÓLICO A PROEMINENTE TEXTURA MÉDIA E ARGILOSA, IDEM FLORESTA, RELEVO FORTE ONDULADO E MONTANHOSO</p> | <p>7. CXbd ASSOCIAÇÃO DE CAMBISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICO + Rld TÍPICO + NEOSSOLO LITÓLICO DISTRÓFICO TÍPICO A MODERADO E A FRACO TEXTURA MÉDIA, IDEM FLORESTA, RELEVO MONTANHOSO</p> <p>8. CXbd CAMBISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICO TÍPICO A MODERADO + AR TEXTURA MÉDIA, IDEM FLORESTA RELEVO MONTANHOSO + AFLORAMENTO DE ROCHA</p> <p>9. CL (*) COLÚVIO EDAFISADO A FRACO E MODERADO TEXTURA MÉDIA, IDEM FLORESTA, RELEVO ONDULADO (*) UNIDADE IDEALIZADA POR MAFRA (1997)</p> <p>10. RVbd NEOSSOLO FLÚVICO Tb DISTRÓFICO GLEICO A HÚMICO E MODERADO TEXTURA MÉDIA E ARENOSA FASE FLORESTA DE VÁRZEA, RELEVO SUAVE ONDULADO E PLANO</p> <p>11. GXbd GLEISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICO TÍPICO A MODERADO TEXTURA MÉDIA FASE CAMPO DE VÁRZEA, RELEVO PLANO</p> <p>12. Rld ASSOCIAÇÃO DE NEOSSOLO LITÓLICO DISTRÓFICO TÍPICO A FRACO TEXTURA MÉDIA FLORESTA TROPICAL SUBPERENIFÓLIA RELEVO MONTANHOSO + AFLORAMENTO DE ROCHA</p> <p>13. AR AFLORAMENTO DE ROCHA</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Figura 15: Levantamento de reconhecimento detalhado de solos do alto e médio curso do rio Bonito, distrito de Posse, Petrópolis, Rio de Janeiro (Mafra, N.M.C. & Uil, F.V.; 2000)

TABELA 2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DOS HORIZONTES SUPERFICIAIS DOS SOLOS ESTUDADOS.

Horizonte/ sub- horizonte	Profun- didade (cm)	Cor		Estrutura			Consistência			Poros		Raízes		
		Seca	Úmida	Forma	Tamanho	Grau	Seca	Úmida	Molhada	Quantidade	Tamanho	Quantidade	Diâmetro	
Perfil 1 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (CXbd)														
A	0-25	7,5YR3/4	7,5YR3/2	gran.	pequeno	fraco	mac.	m.fr.	lig.pla./lig.peg.	comuns	m.peq.	muitas	≤ 1mm	
AB	25-45	7,5YR4/6	7,5YR3/4	gran.	pequeno	fraco	mac.	m.fr.	lig.pla./lig.peg.	comuns	m.peq.	poucas	≤ 1mm	
Perfil 3 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico (LAd)														
A	0-70	10YR3/3	10YR2/2	gran.	Médio	fraco	mac.	Solta	ñ pla./ñ peg.	muitos	m.peq.	poucas	< 1mm	
Ab	70-120	10YR3/2	10YR2/1	gran.	pequeno	fraco	mac.	Solta	ñ pla./ñ peg.	muitos	m.peq.	poucas	< 1mm	
AB	120-140	10YR4/4	7,5YR3/4	gran.	Médio	mod.	mac.	m.fr.	lig.pla./lig.peg.	comuns	pequenos	raras	< 1mm	
Perfil 4 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (LAd)														
A	A ₁	0-10	10YR5/3	10YR3/4	gran.	m.peq.	fraco	solta	m. fr.	ñ pla./ lig. peg.	muitos	pequenos	comuns	≤ 1mm
	A ₂	10-90	10YR6/6	7,5YR4/6	gran.	Médio	forte	lig.d	friável	lig.pla./lig.peg.	muitos	m.peq.	comuns	≤ 1mm
	Ab	90-140	10YR5/4	7,5YR4/6	gran.	m.peq.	fraco	mac.	m. fr.	lig.pla./lig.peg.	muitos	m.peq.	raras	≤ 1mm
Perfil 8 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico húmico (LVAd)														
A	A ₁	0-20	7,5YR4/3	7,5YR3/2	gran.	pequeno	mod.	lig.d	m. fr.	lig.pla./lig.peg.	muitos	m. peq.	muitas	≤ 3mm
	A ₂	20-135	7,5YR3/3	7,5YR2/3	gran.	pequeno	fraco	mac.	m. fr.	lig.pla./lig.peg.	muitos	m. peq.	comuns	≤ 1mm
	AB	135-155	10YR5/4	10YR3/3	gran.	Médio	mod.	lig.d	friável	lig.pla./lig.peg.	muitos	m.peq.	raras	≤ 1mm
Perfil 9 – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico (CHd)														
A	A ₁	0-10	10YR4/3	7,5YR3/2	gran.	pequeno	fraco	mac.	m. fr.	ñ pla./ ñ peg.	muitos	m.peq.	muitas	≤ 3mm
	A ₂	10-120	7,5YR3/3	7,5YR2/3	gran.	Médio	fraco	mac.	m. fr.	lig.pla./lig.peg.	muitos	m.peq.	raras	≤ 1mm
	AB	120-145	7,5YR4/6	7,5YR3/4	gran.	Médio	fraco	mac.	m. fr.	pla./peg.	muitos	m.peq.	raras	≤ 1mm
Perfil 18 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (CXbd)														
A	0-20	10YR3/3	10YR3/2	grum.	Médio	mod.	lig.d	friável	ñ pla./ñ peg.	muitos	pequenos	muitas	1-2mm	
Perfil 19 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (CXbd)														
A	A ₁	0-6	10YR3/2	10YR2/2	gran.	m.peq.	fraco	mac.	m. fr.	ñ pla./ñ peg.	muitos	m. peq.	muitas	< 1mm
	A ₂	6-18	10YR4/2	10YR2/2	gran.	pequeno	mod.	lig.d	friável	lig.pla./lig.peg.	muitos	m. peq.	comuns	< 1mm
	AB	18-45	7,5YR5/6	7,5YR4/6	gran.	Médio	mod.	lig.d	friável	pla./peg.	muitos	m. peq.	poucas	< 1mm
Perfil 21 – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico (CHd)														
A	0-25	7,5YR2.5/1	7,5YR2.5/1	gran.	m. peq.	fraco	mac.	friável	ñ pla./ñ peg.	muitos	pequenos	muitas	≤ 1mm	
Perfil 26 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (LVAd)														
A	0-12	10YR4/6	10YR3/4	gran.	pequeno	fraco	mac.	m. fr.	ñ pla./ñ peg.	comuns	m.peq.	comuns	≤ 1mm	
Perfil 27 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (LVAd)														
A	0-60	7,5YR5/6	5YR4/4	gran.	m. peq.	fraco	mac.	m. fr.	ñ pla./ñ peg.	muitos	m.peq.	poucas	≤ 1mm	

Abreviações: gran.-granular; m.peq.-muito pequeno; mod.-moderado; mac.-macia; lig.d.-ligeiramente dura; m.fr.-muito friável; lig.pla.-ligeiramente plástica; lig.peg.-ligeiramente pegajosa; ñ pla.-não plástica; ñ peg.-não pegajosa; pla.-plástica; peg.-pegajosa; lar.-larvas; nem.-nematóides; ar.-aranhas.

TABELA 3 – PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DOS HORIZONTES SUPERFICIAIS DOS SOLOS ESTUDADOS

Horizonte/ sub- horizonte	Profun- didade (cm)	C.O. g/kg	M.O. g/kg	pH		Granulometria			Classe textural	Análise volumétrica					
				H ₂ O	KCl	Areias %	Silte %	Argila %		DR g/cm ³	Água %	MS %	Ar %	Poros %	
Perfil 1 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (CXbd)															
A	0-25	21,62	37,27	5,74	4,76	55,70	20,30	24,00	Fr. Arg. Ar.	2,56	17,68	42,58	39,74	57,42	
AB	25-45	12,83	22,12	5,81	4,40	41,40	20,96	37,64	Argilosa	2,59	19,68	38,65	41,67	61,35	
Perfil 3 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico (LAd)															
A	0-70	22,81	39,32	5,60	4,48	80,00	8,00	12,00	Fr. Arenosa	2,60	24,14	38,98	36,88	61,02	
Ab	70-120	16,98	29,27	5,58	4,49	53,80	22,20	24,00	Fr. Arenosa	2,47	25,15	37,83	37,02	62,17	
AB	120-140	11,40	19,66	5,66	4,46	43,50	16,50	40,00	Fr. Arg. Ar.	2,53	21,36	42,03	36,61	57,97	
Perfil 4 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (LAd)															
A	A ₁	0-10	15,96	27,51	4,89	4,31	76,00	14,43	9,57	Fr. Arenosa	2,56	7,36	36,65	55,99	63,35
	A ₂	10-90	5,61	9,68	4,72	4,28	41,10	12,10	46,80	Argilosa	2,60	12,00	36,03	51,97	63,97
	Ab	90-140	5,91	10,19	5,00	4,38	49,00	20,00	31,00	Fr. Arg. Ar.	2,73	12,27	43,24	44,49	56,76
Perfil 8 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico húmico (LVAd)															
A	A ₁	0-20	20,09	34,64	5,40	4,40	60,00	16,00	24,00	Fr. Arg. Ar.	2,46	22,95	34,52	42,53	65,48
	A ₂	20-135	7,80	13,45	5,50	4,20	50,00	16,85	38,15	Fr. Arg. Ar.	2,66	18,83	42,24	38,93	57,76
	AB	135-155	5,14	8,86	5,20	4,20	48,00	8,00	44,00	Arg. Ar.	-	-	-	-	-
Perfil 9 – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico (CHd)															
A	A ₁	0-10	19,27	33,21	5,01	3,99	72,00	12,00	16,00	Fr. Arenosa	2,43	21,16	40,67	38,17	59,33
	A ₂	10-120	9,81	16,91	5,15	4,06	43,50	12,50	44,00	Argilosa	2,70	20,37	33,75	45,88	66,25
	AB	120-145	5,74	9,89	5,17	4,12	36,00	12,00	52,00	Argilosa	2,70	15,88	35,91	48,21	64,09
Perfil 18 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (CXbd)															
A	0-20	22,93	39,53	5,24	4,18	64,00	8,00	28,00	Fr. Arg. Ar.	2,56	16,94	41,66	41,40	58,34	
Perfil 19 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (CXbd)															
A	A ₁	0-6	23,64	40,75	4,70	3,87	60,00	8,00	32,00	Fr. Arg. Ar.	-	-	-	-	-
	A ₂	6-18	14,49	24,99	4,48	3,81	64,00	8,00	28,00	Fr. Arg. Ar.	2,56	15,22	32,71	52,07	67,29
	AB	18-45	7,72	13,31	4,53	4,11	56,00	4,00	40,00	Arg. Arenosa	2,59	17,04	43,74	39,22	56,26
Perfil 21 – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico (CHd)															
A	0-25	31,84	54,89	3,61	2,86	68,00	25,64	6,36	Fr. Arenosa	2,46	15,57	34,56	49,87	65,44	
Perfil 26 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (LVAd)															
A	0-12	20,31	35,01	4,84	3,99	60,00	4,00	36,00	Arg. Arenosa	2,53	15,35	39,33	45,32	60,67	
Perfil 27 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (LVAd)															
A	0-60	9,86	17,00	4,87	4,16	44,00	20,00	36,00	Fr. Argilosa	2,50	13,75	37,20	49,05	62,80	

Abreviações: C.O. – Carbono Orgânico; M.O. – Matéria Orgânica; DR – Densidade Real; MS – Matéria Sólida; Fr.Arg.Ar. – Franco-argilo-arenosa; Fr.Arenosa – Franco Arenosa; Arg.Ar. – Argilo-arenosa; Fr.Argilosa – Franco-argilosa.

TABELA 4 - DESCRIÇÃO DE ASPECTOS AMBIENTAIS DAS ÁREAS DOS PERFIS DE SOLO

Horizonte/ subhorizonte	Profundi- dade (cm)	M. O. g/kg	Orientação da encosta	Exposição solar	Morfologia da encosta (plxpe)	Declividade %	Relevo da área	Altitude (m.).	Aspectos da cobertura vegetal sobre o perfil	
Perfil 1 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (CXbd)										
A	0-25	37,27	Oeste- noroeste	Insolação	retilínea x retilínea	55	Montanhoso	900-910	Gramíneas e arbustos isolados	
AB	25-45	22,12								
Perfil 3 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico (Lad)										
A	0-70	39,32	Sudeste	Sombreamento	côncava x retilínea	55	Montanhoso	970-980	Floresta ombrófila com gramíneas	
Ab	70-120	29,27								
AB	120-140	19,66								
Perfil 4 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (LAd)										
A	A ₁	0-10	Noroeste	Insolação	retilínea x retilínea	30	Forte ondulado	970-980	Floresta ombrófila com gramíneas	
	A ₂	10-90								27,51
	Ab	90-140								9,68 10,19
Perfil 8 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico húmico (LVAd)										
A	A ₁	0-20	Oeste- noroeste	Insolação	convexa x côncava	25	Forte ondulado	900-910	Gramíneas e arbustos isolados	
	A ₂	20-135								34,64 13,45
	AB	135-155								8,86
Perfil 9 – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico (CHd)										
A	A ₁	0-10	Noroeste	Insolação	côncava x retilínea	50	Montanhoso	890-900	Vegetação secundária com gramíneas	
	A ₂	10-120								33,21 16,91
	AB	120-145								9,89
Perfil 18 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (CXbd)										
A	0-20	39,53	Noroeste	Insolação	côncava x convexa	45	Montanhoso	970-980	Vegetação secundária	
Perfil 19 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (CXbd)										
A	A ₁	0-6	Sul	Sombreamento	côncava x retilínea	55	Montanhoso	930-940	Floresta ombrófila com gramíneas	
	A ₂	6-18								40,75 24,99
	AB	18-45								13,31
Perfil 21 – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico (CHd)										
A	0-25	54,89	Sudeste	Sombreamento	côncava x retilínea	50	Montanhoso	1120- 1130	Floresta ombrófila	
Perfil 26 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (LVAd)										
A	0-12	35,01	Sul- sudoeste	Sombreamento	convexa x retilínea	60	Montanhoso	920-930	Vegetação secundária muito degradada com gramíneas	
Perfil 27 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (LVAd)										
A	0-60	17,00	Sudoeste	Sombreamento	côncava x retilínea	45	Forte ondulado	920-930	Gramíneas	

Abreviações: M.O. – Matéria Orgânica; (plxpe) – Planta x Perfil.

Dentre os perfis de solo investigados, os de número 4, 8, 9 e 19, apresentaram em campo diferenciação considerável entre a porção mais superficial do A, e sua porção mais inferior. Essas diferenciações dizem respeito sobretudo à cor, estrutura, consistência, quantidade de raízes e folhas. Ou seja, a porção mais superficial em geral apresenta-se mais escura, com estrutura mais fracamente desenvolvida, e consistência menos firme, menos plástica e menos pegajosa, bem como possui mais raízes e folhas. Tais diferenciações determinaram a individualização de sub-horizontes para os referidos perfis, denominando-se A₁ a porção mais superficial, e A₂ a porção logo abaixo.

Para a classificação de horizontes diagnósticos superficiais, segundo critérios de Embrapa (1999), foi considerada a totalidade do horizonte A (A₁ e A₂) dos perfis mencionados, sendo efetuada uma média tanto para o percentual de argila quanto para o carbono orgânico encontrados nos sub-horizontes. Para a comparação entre perfis, foram observados os valores de matéria orgânica de forma individualizada, com fins de avaliação da influência de parâmetros ambientais sobre sua distribuição na paisagem.

Quatro perfis de solo investigados apresentaram horizontes A húmicos, quais sejam, perfis 3, 8, 9 e 21 (Tabela 5). Por definição, horizontes A húmicos são horizontes minerais superficiais de cor escura, com valor e croma 4,0 ou menor, saturação por bases (V%) inferior a 65%, e espessura e conteúdo de carbono orgânico dentro dos seguintes limites: teor de carbono orgânico inferior ao limite mínimo para caracterizar o horizonte hístico; e teor de carbono orgânico igual ou maior e proporcional à espessura do horizonte e profundidade do solo de acordo com diversos critérios (Embrapa, 1999).

Tabela 5: Perfis de solo com horizontes húmicos, segundo valor mínimo proposto por Embrapa (1999).

Perfil	Horizonte	Espessura do horizonte (cm)	Profundidade aproximada do perfil (cm)	Percentual de carbono orgânico do horizonte	Valor mínimo para caracterização de horizonte húmico (Embrapa, 1999)
3	A	70	300	2,281	1,08
8	A	135	300	1,3945	0,9729
9	A	120	200	1,454	0,96
21	A	25	200	3,184	2,2544

O horizonte A do perfil 3 enquadra-se no critério de carbono orgânico maior ou igual a $0,87 + (0,0175 \times \% \text{ de argila [12]})$, para até o mínimo de 50cm de espessura, sendo o solo mais profundo que 50cm. Segundo a relação exposta, o valor percentual mínimo de carbono orgânico para caracterização do referido horizonte como húmico seria de 1,08, sendo o valor correspondente deste horizonte de 2,281%. Neste sentido, o referido horizonte atende a todos os requisitos formulados por Embrapa (1999) para caracterização como húmico.

O horizonte A do perfil 8 enquadra-se no critério de carbono orgânico maior ou igual a $0,60 + (0,012 \times \% \text{ de argila [31,075]})$, para até o mínimo de 80cm de espessura, sendo o solo de 100cm ou mais profundo. Segundo a relação demonstrada, o valor percentual mínimo de carbono orgânico para caracterizar este horizonte como húmico seria de 0,9729, quando encontra-se 1,3945% de carbono orgânico neste horizonte (média dos sub-horizontes A₁ e A₂).

O horizonte A do perfil 9 enquadra-se no critério de carbono orgânico maior ou igual a $0,60 + (0,012 \times \% \text{ de argila [30]})$, para até o mínimo de 80cm de espessura sendo o solo de 100cm ou mais profundo. De acordo com a relação citada, o valor percentual mínimo de carbono orgânico para caracterização de horizonte húmico, neste caso, é de 0,96, quando se observa o percentual de 1,454 para este perfil.

O horizonte A do perfil 21 enquadra-se no critério de carbono orgânico maior ou igual a $2,00 + (0,040 \times \% \text{ de argila [6,36]})$, para até o mínimo de 25cm de espessura, sendo o solo mais profundo que 50cm. Segundo a relação exposta, o valor percentual mínimo de carbono orgânico para caracterização do referido horizonte como húmico seria de 2,2544, sendo o valor correspondente a este horizonte de 3,184%. Portanto, o horizonte A do perfil 21 atende a todos os requisitos para caracterização como húmico, propostos por Embrapa (1999).

Os demais perfis apresentam horizontes superficiais moderados ou fracos. Não atendem aos requisitos para horizontes húmicos na medida em que apresentam valores percentuais de carbono orgânico abaixo do mínimo convencional (perfis 1, 18, 26 e 27), possui espessura abaixo do mínimo requerido (perfil 19), ou coloração muito clara (perfil 4). As características comuns à maioria dos solos encontrados na bacia são, notadamente, baixa fertilidade natural, acidez (baixos valores de pH), boa drenagem,

ação de erosão laminar, e apreciáveis conteúdos de matéria orgânica nos horizontes superficiais.

Relatos de solos com epípedons húmicos de espessuras consideráveis e elevados teores de matéria orgânica são recorrentes em trabalhos realizados em bacias hidrográficas do município de Petrópolis (Silva & Botelho, 1997; Matos *et al.*, 1999; Mafra, 2000). Segundo alguns autores, há uma espacialização do fenômeno nas áreas montanhosas das regiões brasileiras Sudeste e Sul, onde as altitudes superem os 700 ou 800 metros (Queiroz Neto & Castro, 1974; Volkoff *et al.* 1984; Resende, 1986; Palmieri & Larach, 1996).

Conforme Resende (1986), no Brasil os solos com características húmicas incidem nas áreas subtropicais ou subtropicais de altitude, onde ocorrem temperaturas entre 15 e 22°C, correspondentes aos regimes térmico e isotérmico. As áreas mais elevadas de Minas Gerais e Bahia marcam os limites setentrionais dessa incidência. Palmieri & Larach (1996) observam que em áreas altimontanas, acima de 700 metros de altitude, o clima mais ameno condicionado pela altitude determina uma mineralização mais lenta do material orgânico. Nessas condições, os horizontes superficiais A orgânico-minerais apresentam-se mais espessos e com teores elevados de matéria orgânica, mesmo em regiões tropicais.

Queiroz Neto & Castro (1974), observaram a ocorrência de perfis semelhantes de latossolos húmicos em São Paulo, Minas Gerais, Sul da Bahia, e Rio de Janeiro, o que sugere um mesmo processo de formação de solos para toda a área. Volkoff *et al.* (1984) afirmam que o conjunto dos solos de altitude da zona subtropical úmida brasileira, desde Minas Gerais até Santa Catarina, sofreu um mesmo processo de evolução, responsável pela formação de um complexo mineral caracterizado, entre outros processos, pela acumulação de matéria orgânica.

Matos *et al.* (1999) observam que o ambiente impôs à Região Serrana fluminense, uma ocorrência significativa de horizontes superficiais A húmicos bastante espessos, ricos em matéria orgânica, de coloração mais escura. Botelho *et al.* (1996), observaram que o teor de matéria orgânica mostrou-se relativamente alto, em solos da bacia do rio Cuiabá, limítrofe à do rio Bonito. Alguns horizontes superficiais foram caracterizados como A húmico, indicando uma condição climática favorável à acumulação de matéria orgânica no topo do solo. Silva & Botelho (1999) registraram

forte correlação entre horizontes superficiais húmicos e altitude. Todos os horizontes húmicos mapeados na bacia hidrográfica do rio Manga Larga, distrito de Itaipava, foram encontrados acima da cota de 800 metros de altitude, enfatizando a participação de temperaturas mais baixas decorrentes da altitude na formação desses horizontes.

Constatou-se ainda uma influência da morfologia e declividade das encostas no processo de acúmulo de matéria orgânica nos solos da bacia. Todos os solos a apresentar horizontes húmicos estavam situados em morfologia suave, com declividade média de 14%, denunciando uma relação entre o gradiente das encostas e a ocorrência desses horizontes. Os trechos mais íngremes, a montante de encostas, favoreceriam a perda de matéria orgânica, a qual acumulava-se em segmentos mais à jusante, de menor declividade. A constatação de menor quantidade de matéria orgânica em uma sondagem sob vegetação arbórea mais densa levou à interpretação de que na formação de horizontes húmicos a variável topográfica pode ter maior influência do que a cobertura vegetal (Silva & Botelho, 1999).

Mafra (1999), e Mendes *et al.* (2001), afirmam que o clima tropical mesotérmico, influenciado pela altitude e por condições de umidade, responde pela ocorrência de solos húmicos e ácidos na bacia do rio Bonito. As condições de umidade são garantidas tanto por médias pluviométricas em torno dos 1.700mm anuais, quanto pela cobertura vegetal relativamente preservada, além de aspectos particulares da geomorfologia regional, como o confinamento de bacias.

4.5. Histórico de ocupação e uso do solo do município de Petrópolis

Segundo Botelho (1996), a história da ocupação do município de Petrópolis divide-se nitidamente em duas fases distintas. A primeira fase diz respeito ao início da ocupação da região, em fins do século XVII e início do XVIII, estendendo-se até a década de 1800. Caracteriza-se pela formação das primeiras fazendas e consagração de Petrópolis como cidade de veraneio, mantendo-se o caráter agrário de grande parte do município. A segunda fase se caracteriza pela urbanização acelerada da cidade e dos distritos próximos, bem como pelo desenvolvimento acentuado de atividades não-agrícolas, sobretudo nas sedes dos distritos, gerando repartição de terras, especulação imobiliária, construção de sítios de lazer e de condomínios.

A história de fundação do município está intimamente ligada à cidade do Rio de Janeiro. A Região Serrana, como um todo, apresenta particularidades em comparação com o restante do estado. Segundo Lamego (1963), essa região pode ser considerada como de ocupação relativamente recente, quando comparada com a ocupação da Baixada Litorânea Fluminense, iniciada e impulsionada pela cultura da cana-de-açúcar desde meados do século XVI. A cultura da cana não se adaptou ao clima da Serra. Igualmente a expansão da cafeicultura foi barrada nessa área, devido aos fortes desníveis topográficos e à ocorrência esporádica de geadas.

Essa inadequação das culturas de cana e de café ao clima serrano retardou as primeiras iniciativas de desmatamento da floresta para fins do século XVII, quando então se buscou abrir caminhos de penetração que comunicassem a cidade do Rio com a então incipiente região aurífera do estado de Minas Gerais. Lamego (1963) afirma que a produção agrícola da área iniciou-se a partir de então, pautando-se na olericultura para subsistência, o que inviabilizou a adoção do modelo de latifúndios monocultores existente no restante do estado. Essa peculiaridade contribuiu para a preservação da vegetação original. Segundo relatos do fim do século XIX, a área rural do município ainda apresentava densas florestas cobrindo grande parte de suas colinas.

Conforme Gonçalves & Guerra (2001), o município de Petrópolis começou a ser ocupado por volta de 1720, a partir do estabelecimento da sesmaria do Itamaraty, da qual surgiram várias fazendas. Contudo, somente em 1843 se dá a colonização efetiva de Petrópolis, quando Dom Pedro II inicia a construção do palácio imperial e empreende o planejamento da ocupação das adjacências do palácio, ao longo do curso dos três principais rios locais: Palatinado, Quitandinha e Piabanha.

De acordo com Strauch (1958), Petrópolis, à semelhança de Friburgo e Teresópolis, surgiu das tentativas de colonização estrangeira, empreendidas pelo Segundo Império, sendo a colonização agrícola alemã a origem da cidade. A destruição efetiva da floresta inicia-se de fato com a fundação e construção do sítio urbano de Petrópolis. Na medida em que o clima mostrou-se um atrativo, Petrópolis tornou-se estância de veraneio, sobretudo a partir do momento em que o imperador estabeleceu ali residência de verão. Desta forma, as atividades urbanas como turismo, indústria e comércio, tornam-se gradativamente predominantes em relação às rurais.

Gonçalves & Guerra (2001), baseando-se em Magalhães (1966) observam que a atividade agrícola entrou em crise em parte do município devido à atuação de fatores limitantes, tais como o clima mais frio, o relevo acidentado e a propensão dos solos à erosão. Em um primeiro momento a crise estimulou os colonos a entrar no mercado madeireiro, o que gerou o desmatamento das florestas da área. Restrições à atividade madeireira estimularam, subseqüentemente, o surgimento da atividade industrial, a partir da segunda metade do século XIX. A indústria se estabelece então, sobretudo no distrito-sede, de Petrópolis, enquanto que distritos tais como Pedro do Rio e Posse permanecem fundamentalmente agro-pecuários.

Strauch relata que em 1958 já ocorria uma transformação de antigas propriedades agropecuárias em zonas de veraneio, com inúmeras fazendas abandonando suas atividades e se dedicando exclusivamente à exploração do turismo e veraneio, além do loteamento das grandes propriedades em centenas e até milhares de pequenos lotes. Porém, nessa época a ocupação perdia seu caráter recreativo a partir de Pedro do Rio, sendo observadas a partir de então muitas propriedades de exploração agro-pastoril. Nessa área as granjas refletiam um tipo intermediário entre residências de veraneio e de exploração própria, com a criação de galinhas em aviários bem organizados.

A urbanização desordenada do distrito-sede e daqueles mais próximos tem acarretado uma série de problemas ambientais ao município. Segundo Gonçalves & Guerra (2001), o setor industrial do município, sobretudo no distrito-sede, atrai um contingente populacional cada vez maior. O crescimento acelerado faz com que espaços ainda disponíveis para a ocupação, em geral encostas íngremes de difícil acesso e sob preservação ambiental, sejam ocupados de forma desordenada, aumentando o desmatamento nas encostas e o número de habitantes residentes em áreas de risco.

Penha & Ramos (1988) citam a ocorrência de inúmeros agentes de desmatamento, sobretudo nas áreas urbanas ou em suas proximidades, tais como expansão urbana, implantação de loteamentos, extração de lenha para uso industrial ou doméstico, incêndios de diversas origens, plantios de culturas variadas, implantação de obras viárias, dentre outros. As principais conseqüências têm sido desequilíbrios ambientais, destruição da flora e fauna, favorecimento da ocorrência de enxurradas e enchentes nos vales, erosão e empobrecimento de solos potencialmente férteis,

diminuição do fator de estabilização de encostas e aumento na frequência de escorregamentos, dentre outras.

4.5. Cobertura vegetal e uso do solo na bacia do rio Bonito

No que se refere à cobertura vegetal encontrada na bacia, de acordo com mapeamento geoambiental do estado do Rio (Dantas *et al.*, 2001b), ocorre considerável variação de vegetação na área em estudo, segundo variações principalmente de relevo e precipitação média anual.

Grande parte da bacia, em especial sua área central, era coberta originalmente pela floresta perenifólia tropical, associada a relevo montanhoso e a precipitação média anual variando de 1.300 a 2.200 mm. Na atualidade encontra-se limitada a pequenas áreas montanhosas de difícil acesso, tendo cedido lugar a pastagens e agricultura nas áreas mais rebaixadas de fácil acesso, tais como vales e sopés de encostas.

A jusante encontrava-se originalmente a floresta tropical subperenifólia, idêntica àquela situada nos médios cursos dos rios Pirai e Piabanha. Esta área apresenta relevo e precipitação média anual similares à área central da bacia. Ainda mais a jusante da bacia, em seu extremo norte, o referido mapeamento acusa outra pequena área de floresta perenifólia que se encontra associada a relevo diferenciado, de morros e pães-de-açúcar, com ocorrência de compartimentos colinosos nos principais fundos de vales; também a precipitação média anual é mais modesta, variando de 1300 a 1500 mm. A floresta subperenifólia em ambas as áreas deu lugar a pastagens, fragmentos de mata e agricultura.

No extremo oposto da bacia, área montante onde se localizam as maiores altitudes, a vegetação original, ainda preservada, constitui formações rupestres, floresta perenifólia e campos de altitude, situados nos altos cumes. Nessa área a precipitação média anual varia de 1.100 a 2.200 mm. Predominam afloramentos de rocha e Neossolos litólicos. O difícil acesso favoreceu a preservação da vegetação original.

A variação de vegetação perenifólia para subperenifólia evidencia a influência da transição de relevo e precipitação sobre a vegetação da área, caracterizando a bacia do rio Bonito como área de transição de relevos, precipitação, e vegetação. A diminuição da precipitação e o aumento de espécies decíduas em direção ao norte, para

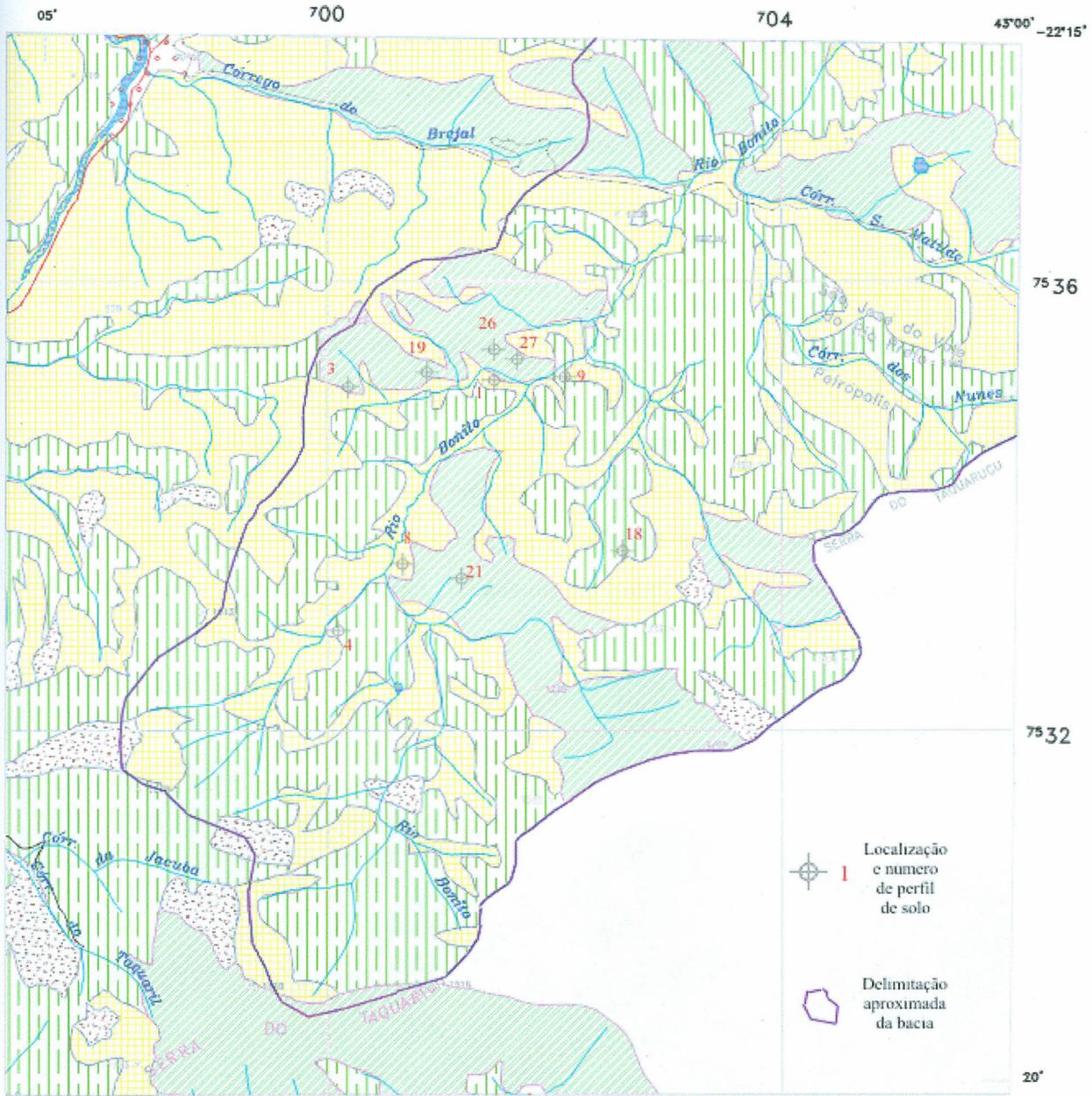
o vale do Paraíba do Sul, refletem o controle climático exercido pela Serra do Mar, de subtração da umidade em direção ao interior.

O Governo do Estado do Rio de Janeiro (1995) aponta três principais unidades de cobertura vegetal e uso para a bacia do rio Bonito (Figura 16):

- Campos e/ou pastagens, também denominados campos antrópicos, em função da substituição, ocorrida sobretudo nos vales e em inúmeras encostas, da vegetação natural primitiva por pastagens; ocorrem em grandes áreas.
- Vegetação secundária ou capoeira, predominante na bacia. Ocupa extensas áreas, compreendendo parte da floresta natural primitiva que sofreu exploração seletiva, estando portanto descaracterizada.
- Floresta Ombrófila ou Mata Atlântica, que compreende vegetação de porte arbóreo com indivíduos apresentando entre 15 e 30 metros de altura, com abundância em lianas e epífitas. Desenvolve-se em ambiente tropical de temperatura média de 25°C e alta precipitação ao longo do ano. Na atualidade, encontra-se isolada em poucas áreas de difícil acesso.

De acordo com Penha *et al.* (1981), a Mata Atlântica, ou Floresta Latifoliada Tropical, corresponde à vegetação de encosta baixa, dominante em altitudes inferiores a 1.800 metros, e se caracteriza por sua fisionomia arbórea mais definida no porte, na magnitude e na exuberância, bem como pela presença de árvores agrupadas de forma densa, devido ao relevo e à elevada pluviosidade. São espécies nativas como quaresmeiras, canelas, ingás, acácias, cedros, ipês, paineiras, canjeranas, pau-pereiras, begônias, samambaias, bromélias, lianas, palmeiras, orquídeas, bambus, taquaras, taquarussus.

A Mata Atlântica apresenta fanerófitas perenifoliadas, com brotos foliares geralmente desprovidos de proteção contra a seca. Ocupa extensa área tropical úmida, ao longo do litoral brasileiro, incluindo o estado do Rio de Janeiro, na qual o período seco anual varia entre 0 a 90 dias (Brasil, 1983). Subdivide-se em ambientes representados por cinco formações (Penha *et al.*, 1981), a saber:



LEGENDA TEMÁTICA

- FLORESTA OMBRÓFILA (MATA ATLÂNTICA): Vegetação de porte arbóreo com indivíduos apresentando entre 15 e 30m de altura, ocorrendo em abundância lianas e epífitas. Desenvolve-se em ambiente tropical de elevada temperatura (média de 25°C) e alta precipitação ao longo do ano.
- VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA (CAPOEIRA): Compreende parte da floresta natural primitiva que sofreu exploração seletiva, sendo por esta razão, descharacterizada e dominada por vegetação florestal.
- CAMPO/PASTAGEM: Áreas onde a vegetação natural primitiva foi substituída por pastagens. Estes campos antrópicos são utilizados como criatórios de animais.
- ÁREA URBANIZADA (BAIXA INTENSIDADE DE OCUPAÇÃO): Áreas de ocupação horizontal esparsa, entremeadas por verdes ou terrenos vazios. A ocorrência deste tipo de ocupação freqüentemente se dá em áreas de vegetação degradada, floresta secundária, de várzea ou de ocupação agro-pecuária.
- ÁREA INUNDÁVEL: Áreas inundáveis periodicamente.

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Auto-Estrada
- Estrada Pavimentada
- Estrada não Pavimentada (Tráfego Permanente)
- Estrada não Pavimentada (Tráfego Periódico)
- Caminho
- Ferrovia
- Limite Interestadual
- Limite Intermunicipal
- Limite da bacia Hidrográfica
- CAPITAL
- SEDE MUNICIPAL (CIDADE)
- SEDE DISTRITAL (VILA)
- OUTRA LOCALIDADE
- Ponto Trigonométrico
- Referência de Nível
- Ponto Cotado
- Linha de Transmissão
- Oleoduto
- Adutora
- Adutora Subterrânea
- Afloramento Rochoso
- Areia da praia
- Pontos Notáveis
- Aeroporto
- Campo de Pousa
- Farol

Figura 16: Mapa de uso e cobertura vegetal do alto e médio cursos da bacia do rio Bonito

- Formação Aluvial → relacionada a sedimentos fluviais quaternários.
- Floresta das Terras Baixas → até 50 metros de altitude.
- Floresta Submontana → entre 50 e 500 metros.
- Floresta Montana → entre 500 a 1500 metros.
- Floresta Alto-Montana → acima de 1500 metros de altitude.

Para a área de estudo, observa-se a ocorrência das florestas Montana em quase toda a bacia, e Alto-montana a montante, em pequenas áreas situadas à Serra do Taquaril. As áreas que sofreram o impacto da ocupação humana se apresentam atualmente ocupadas por pastagem, vegetação secundária, culturas cíclicas, culturas permanentes, e reflorestamentos com espécies exóticas à região, tais como eucalipto, pinus e araucária angustifólia, como constatado em trabalhos de campo (Figura 17).



Figura 17: Tipos de vegetação recorrentes na bacia. Acima à esquerda, floresta ombrófila (Governo do Estado do Rio de Janeiro, 1995); acima à direita, gramíneas; abaixo, na área central, espécies exóticas tais como pinus, eucaliptos, e araucárias. Foto: Sathler, R. (2002)

As espécies mencionadas têm origem em regiões de climas mais frios, mas parecem ter encontrado condições propícias ao seu estabelecimento no clima

mesotérmico brando da Região Serrana. Constatou-se ainda, em campo, a recorrência significativa de vegetação de gramíneas relativa a campos ou pastagens, em encostas orientadas para Norte, sob insolação, e de vegetação secundária bem como de floresta ombrófila, em encostas sob sombreamento, orientadas para Sul (Figuras 18 e 19).

O mesmo padrão de distribuição espacial da cobertura vegetal se repete em diversas sub-bacias, ocorrendo de fato amplamente ao longo da bacia, como se evidencia no mapeamento da cobertura vegetal presente nas Figuras 1 e 16. Nota-se, portanto, uma correlação negativa, na qual uma maior incidência solar associa-se a menor porte da vegetação, enquanto no extremo oposto, uma menor incidência solar relaciona-se a um maior porte ou estado de conservação da cobertura vegetal. Possíveis condições de umidade mais elevadas nas encostas sob sombreamento podem estar favorecendo a regeneração da vegetação de porte arbóreo, permitindo o restabelecimento de florestas nessas localizações.

No que se refere ao uso do solo predominante na área, Botelho (1996) observa que os distritos apresentam uma participação diferenciada na distribuição das atividades econômicas do município: o primeiro e segundo distritos, Petrópolis e Cascatinha, possuem respectivamente funções predominantemente industrial e comercial; o quarto e o quinto, Pedro do Rio e Posse, apresentam função agrária significativa; Itaipava pode ser vista como zona de transição das atividades mencionadas anteriormente. A multiplicação de condomínios residenciais e da hotelaria de lazer, sobretudo nos distritos de Itaipava, Cascatinha e Petrópolis, evidencia o potencial turístico que o município apresenta como cidade histórica e local de clima ameno.

Contudo, apesar do crescimento urbano desordenado do distrito-sede e daqueles mais próximos, observa-se uma permanência do meio de vida rural, uma persistência da atividade agrícola, em outras áreas do município. Segundo Tavares (1987), o município de Petrópolis é importante produtor de hortifrutigranjeiros, abastecendo o município do Rio de Janeiro e outros. Nesse sentido, a amplitude das atividades agrícolas desenvolvidas na área de estudo, relaciona-se com o contexto de área rural de um dos distritos com maior participação agrícola no município de Petrópolis.



Figura 18: Aspectos de cobertura vegetal no Córrego do Jacuba.

À esquerda, vertente de orientação norte, sob gramíneas.

À direita, vertentes de orientação sul, sob floresta ombrófila. Foto: Sathler, R. (2002).



Figura 19: Aspectos de cobertura vegetal no Córrego Santa Matilde.

À esquerda, vertentes de orientação sul sob floresta ombrófila.

À direita, vertente de orientação norte sob gramíneas.

Foto: Sathler, R. (2002).

A ocupação do solo da área se pauta basicamente em atividades agro-pecuárias desenvolvidas em pequenas propriedades familiares (Carvalho Filho *et al.*, 2001b). A agricultura da área sofre limitações tais como baixa fertilidade natural e alta acidez dos solos, e fortes declividades. Em virtude dessas limitações, observa-se para a área central da bacia, ou médio curso do rio Bonito, solos de aptidão restrita para pastagem plantada. Nessa área, o nível tecnológico é médio, predominando tração animal. Para grande área ao redor dos limites da bacia, bem como em toda a área à jusante, notificam-se solos sem aptidão para uso agrícola, aos quais se indica preservação da flora e fauna (Carvalho Filho *et al.*, 2001b).

Segundo Mafra (2000), apesar das limitações encontradas, as condições químicas, físicas e biológicas de solos com epípedons húmicos, encontrados em algumas áreas da bacia, sobretudo fundos de vale, parecem estar favorecendo um manejo racional do solo, ao contrário do observado em outras áreas de montanha onde não se relatam tais características pedológicas. As práticas agrícolas mais comuns, posteriores ao desmatamento, são as de preparação do solo de forma manual e correção da acidez. Os agricultores, de maneira geral, não queimam os resíduos vegetais do desmatamento, como habitualmente ocorre em zonas tropicais visando-se elevar o pH e disponibilizar o fósforo para as plantas. Também não há utilização de arado mecânico, provavelmente por conta da limitação imposta pela forte declividade das encostas da bacia (Figura 20).

Sendo a terra preparada de forma manual, diminuem as possibilidades de degradação do solo. Um dos aspectos que comprova a ausência de sinais de degradação da capa arável seria a presença de horizontes A húmicos relativamente preservados, fato que contrasta com algumas outras áreas de montanha de características climáticas e pedológicas semelhantes, no estado do Rio, onde esses tipos de horizontes estão sendo degradados a ponto de se tornarem horizontes A proeminentes e A moderados, em função do manejo agrícola, conforme relatam Matos *et al.* (1999).

Os agricultores locais cultivam especialmente em áreas onde foram observados horizontes superficiais A húmicos (Figura 21), sobretudo em fundos de vale. Áreas de cultivo em vertentes, geralmente sob insolação, compõem uma menor extensão da bacia, comparativamente aos fundos de vale. Ao cultivo nas encostas impõem-se

limitações de uso tais como fortes gradientes, solos mais rasos, depósitos de tálus, e afloramentos rochosos (Figura 22).



Figura 20: Cultivo em vertente de forte declividade (45%).

Foto: Mafra, N.M.C. – GISP-UERJ (1999)



Figura 21: Exemplo de cultivo em horizontes húmicos de solos de fundo de vale

Foto: Mafra, N.M.C. – GISP-UERJ (2000)

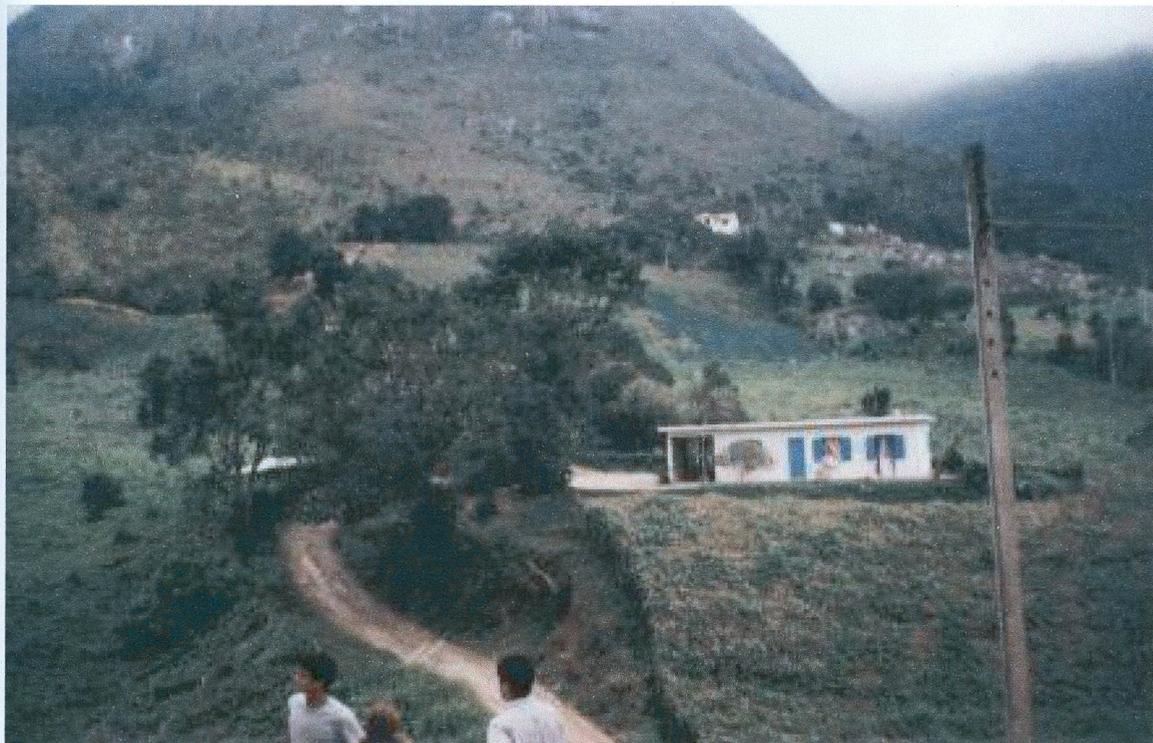


Figura 22: Área de depósito de tálus e afloramentos rochosos com fortes gradientes, sob cultivo agrícola. Foto: Sathler, R. (1998).

O cultivo de legumes e verduras é predominante na bacia (Figura 23). Encontram-se ainda pequenas áreas de floricultura e de cafeicultura. Entre os legumes destacam-se as couves, cenouras, e chuchu, entre outros. Os vales extensos de declives suaves são áreas de atração às práticas agrícolas. Conseqüentemente, os vales do rio Bonito e dos afluentes principais encontram-se extensamente ocupados por olericultura.

Observa-se ainda uma gama variada de atividades econômicas de importância secundária, relacionadas ao turismo rural e ecológico e à indústria artesanal. Costa (2002) relata, para a área da bacia, atividades tais como extração e venda de mel, própolis e cera; venda de azeites, vinagres artesanais, molhos e geléias; cultivo e venda de cogumelos; produção e venda de mudas de plantas ornamentais; criação, degustação e venda de trutas; trilhas para caminhadas ecológicas e paredões para a prática de rapel; aluguel de cavalos, rodeios, provas de marcha e de tambores, preparação de cavalos de salto; plantio e venda de ervas finas e temperos, legumes e verduras orgânicas, hortaliças e flores.

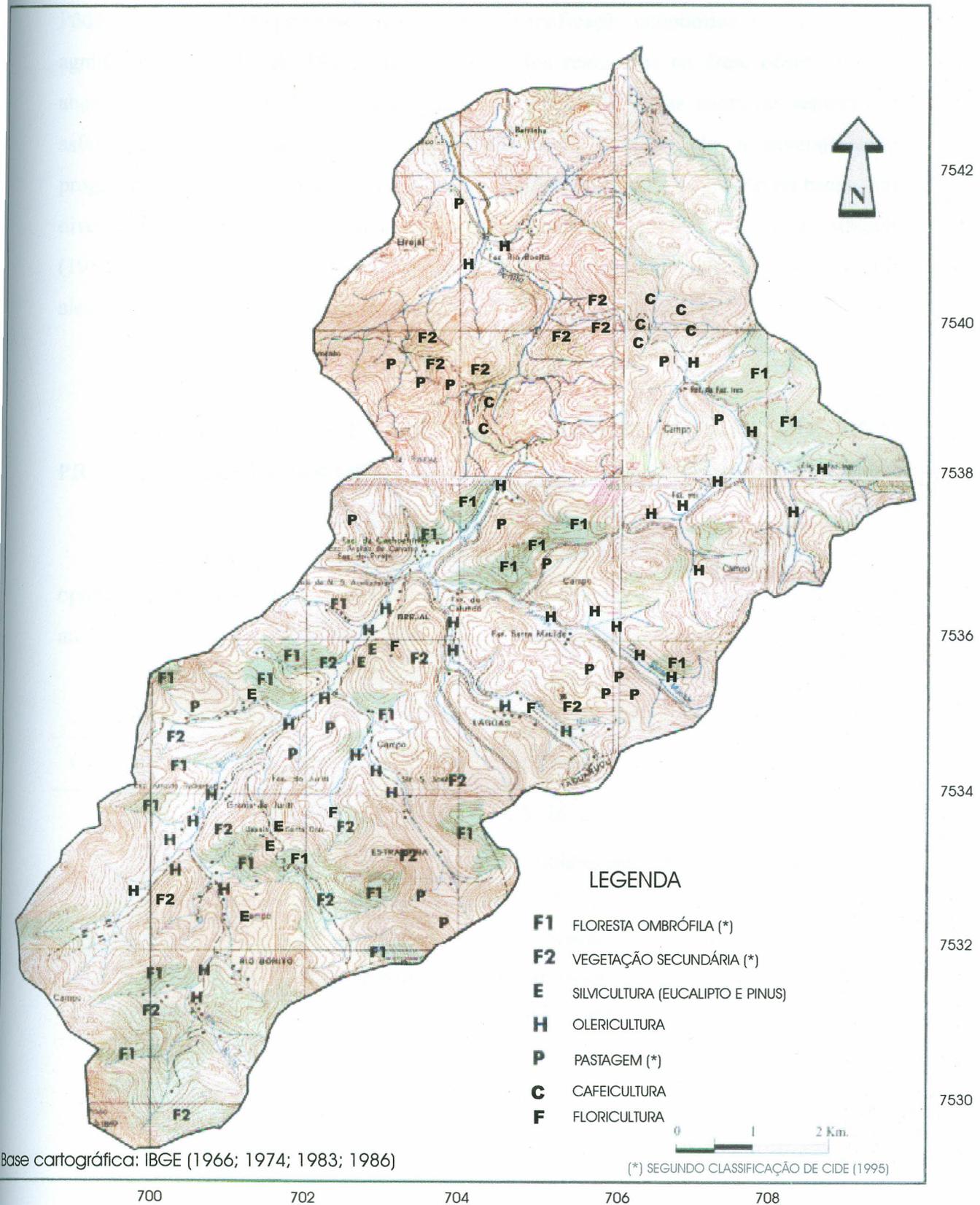


Figura 23: Inventário de uso do solo e cobertura vegetal - bacia do rio Bonito, Posse, Petrópolis-RJ (Sathler, 2002)

Durante os trabalhos de campo foram observados e em alguns casos visitados, estabelecimentos economicamente relevantes ao longo de toda a bacia, tais como haras, aviários, e pequenos estabelecimentos de processamento e embalagem de temperos. Pôde-se constatar um processo crescente de diversificação econômica e ocupação não agrária da bacia. Desde 1997, início dos estudos realizados na área, observou-se a abertura de hotel e de loja de artesanato, construção de novas casas de veraneio, e asfaltamento de estrada até o interior da bacia, confirmando a diversificação progressiva, tanto das atividades econômicas, quanto do tipo de ocupação da bacia. Tal diversificação relaciona-se com a expansão relatada por autores tais como Strauch (1958) e Botelho (1996), das atividades de lazer e turismo, a qual parece estar alcançando a área do distrito de Posse.

5. CORRELAÇÕES ENTRE PARÂMETROS GEOMORFOLÓGICOS E PROPRIEDADES DE SOLOS DA BACIA

Como revelado anteriormente em capítulo de metodologia (Figura 6, p.17), optou-se por realizar as correlações entre os perfis de solo a partir de grupamentos de análise (Tabela 6).

Tabela 6: Inserção dos perfis de solo em grupamentos de análise

Grupamentos	Primeiro	Segundo	Terceiro
Perfis	1, 3, 19, 26, 27	4, 8, 26, 27	8, 9, 18, 21
Características	Solos situados em encostas frontais, de orientações opostas, em uma mesma sub-bacia.	Solos similares em termos pedológicos (classificação/ características morfológicas)	Solos situados em encostas com orientações variadas, ao redor de uma mesma elevação topográfica.

No que se refere ao **primeiro grupamento**, observa-se que o perfil 1 (Figuras 24 e 25) corresponde a um Cambissolo Háplico situado em vertente de insolação de morfologia retilínea em planta e em perfil (Figuras 26 e 27) cuja declividade alcança aproximadamente 55%. Sobre o perfil desenvolve-se vegetação de gramíneas e arbustos esparsos, tratando-se de área sem uso antrópico atual. Apresenta 45 centímetros de horizontes superficiais (A e AB), sendo o maior conteúdo de matéria orgânica encontrado no horizonte A (37,27g/kg), o qual apresenta 25 centímetros de profundidade, cor 7,5YR3/2 quando úmido, 55,70% de areias, 20,30% de silte, 24,00% de argilas e 57,42% de poros.

Os demais perfis do primeiro grupamento encontram-se em vertentes de sombreamento. O perfil 19 (Figuras 28 e 29) também corresponde a um Cambissolo Háplico, situado em vertente de morfologia côncava em planta e retilínea em perfil (Figuras 30 e 31), com aproximadamente 55% de declividade.

Sobre o perfil 19 desenvolve-se vegetação de Mata Atlântica bem preservada, bem como gramíneas. Um horizonte e dois sub-horizontes superficiais foram observados (A₁, A₂ e AB), em um total de 45 centímetros de profundidade. Os conteúdos de matéria orgânica decrescem em profundidade, sendo o maior valor encontrado no sub-horizonte A₁ (40,75g/kg), o qual possui 6 centímetros de espessura, cor 10YR2/2 quando úmido, 60% de areias, 8% de silte, 32% de argilas.

Os perfis 1 e 19 (Tabela 7) são portanto bastante semelhantes no que se refere à declividade e profundidade de horizontes superficiais, sendo ainda idênticos em classificação. Os horizontes com maiores conteúdos de matéria orgânica em cada perfil são os mais superficiais (A do perfil 1 e A₁ do perfil 19), sendo que o horizonte A do perfil 1 apresenta-se mais claro, menos argiloso, e com menor conteúdo de matéria orgânica do que o sub-horizonte A₁ do perfil 19. O resultado condiz com as condições mais propícias ao acúmulo de matéria orgânica encontradas no perfil 19, referentes à morfologia mais côncava, vegetação mais densa, e menor exposição solar.

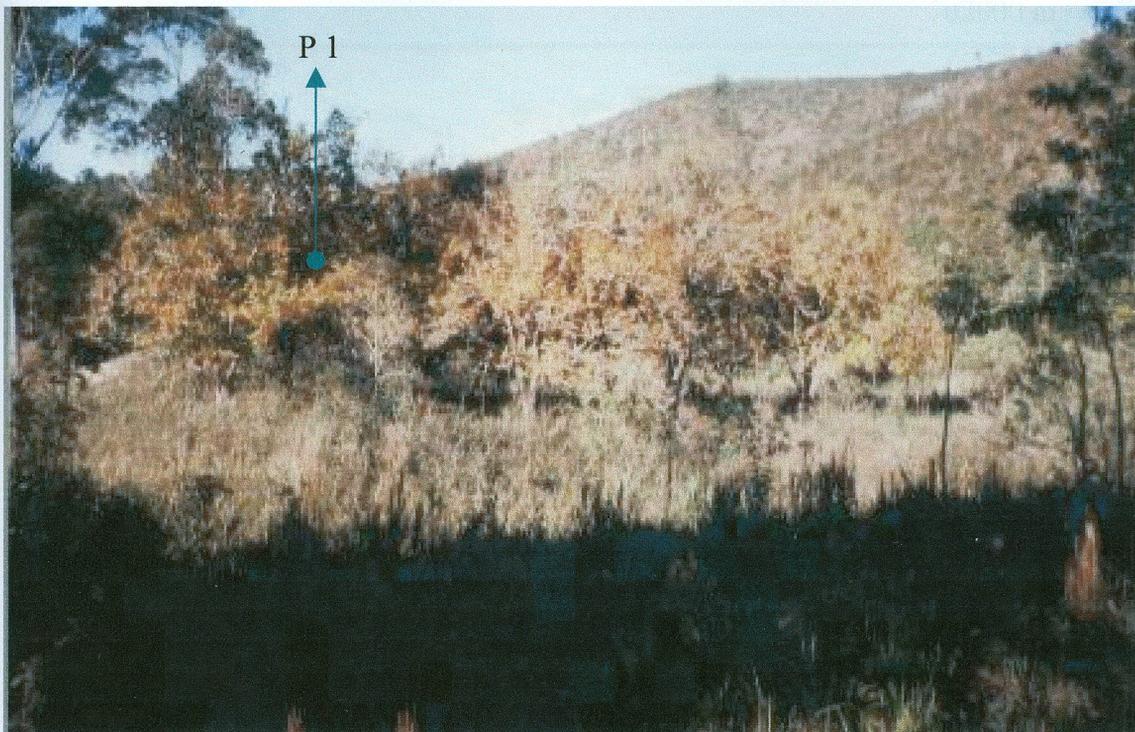


Figura 25: Encosta do perfil 1
Foto: Sathler, R. (1998)

Panorama da encosta de orientação Oeste-noroeste, sob insolação, onde se situa o perfil 1, o qual se encontra encoberto pelas árvores (localização aproximada).

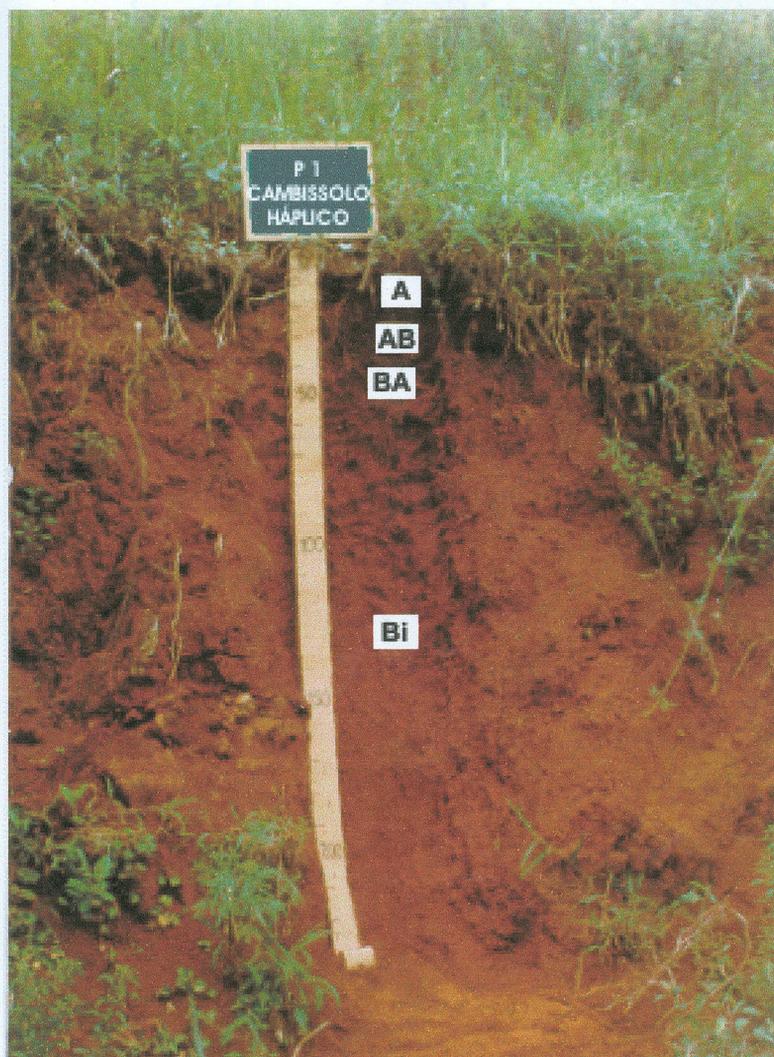
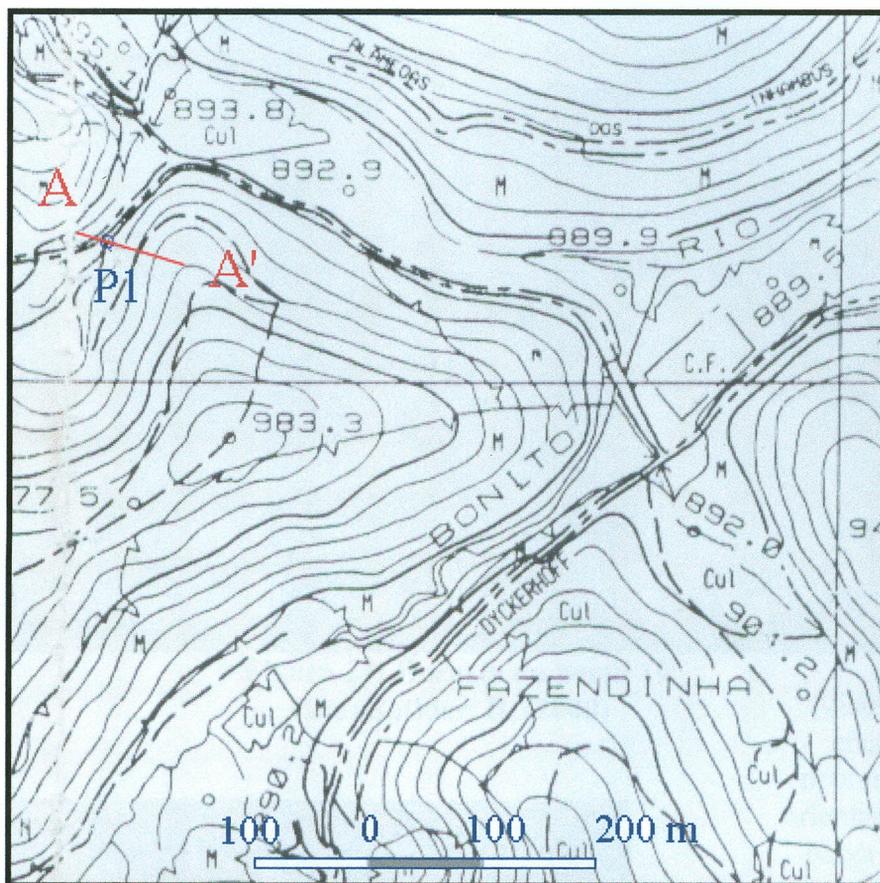


Figura 26: Detalhe do perfil 1. Foto: Mafra, N.M.C. – GISP-UERJ (1998)

Corte de estrada em seção retilínea x retilínea de encosta na qual foi aberto o perfil 1. Vegetação graminácea predominante, associada a vegetação arbustiva esparsa.

702000 m



Base cartográfica: Prefeitura Municipal de Petrópolis (1994)

Figura 27: Morfologia de encosta do perfil 1 em planta

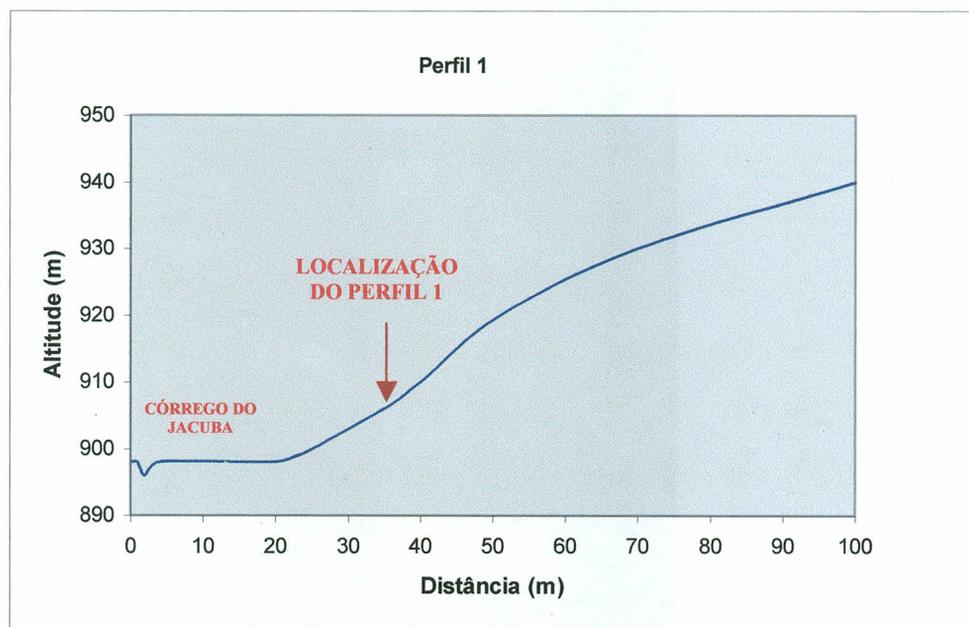


Figura 28: Morfologia de encosta do perfil 1 em perfil topográfico

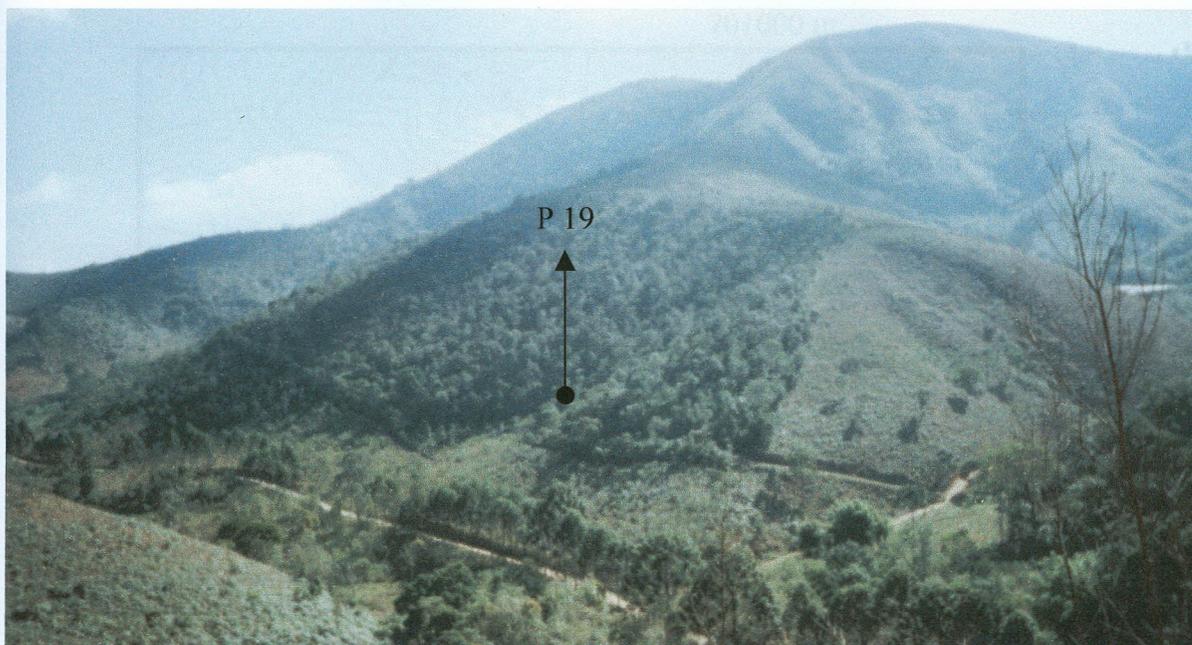


Figura 29: Encosta do perfil 19
Foto: Sathler, R. (2000)

Vista panorâmica da encosta na qual se encontra o perfil 19, cuja orientação sul lhe confere baixa exposição solar.

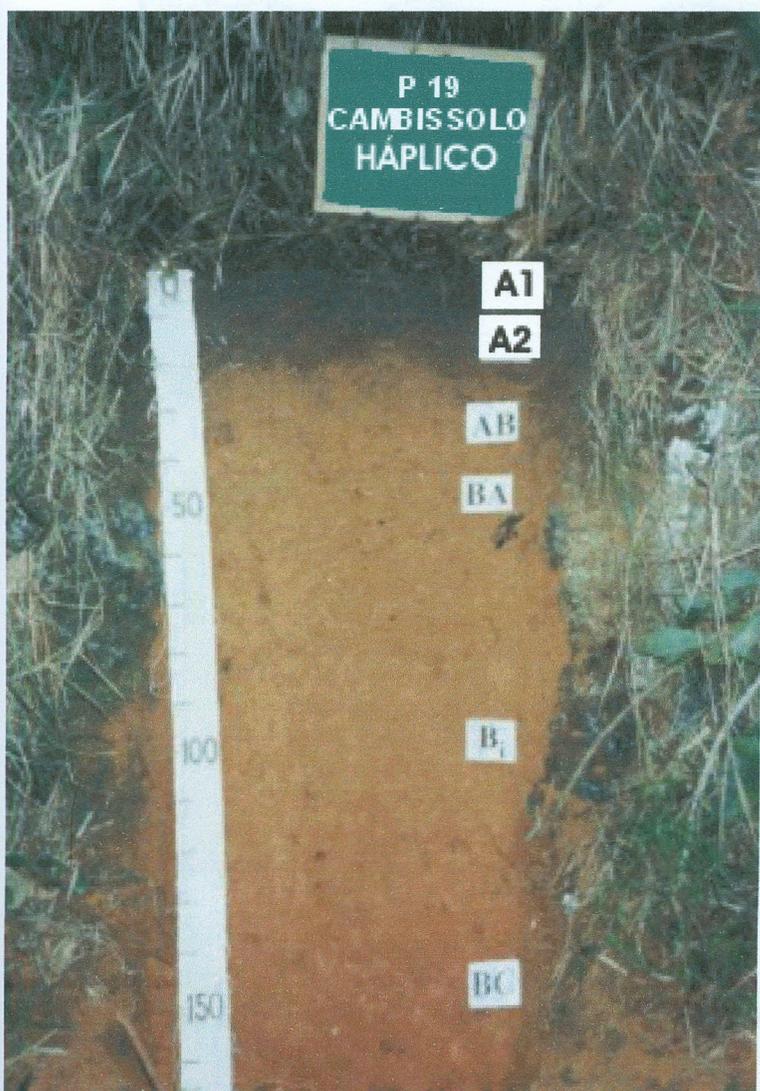
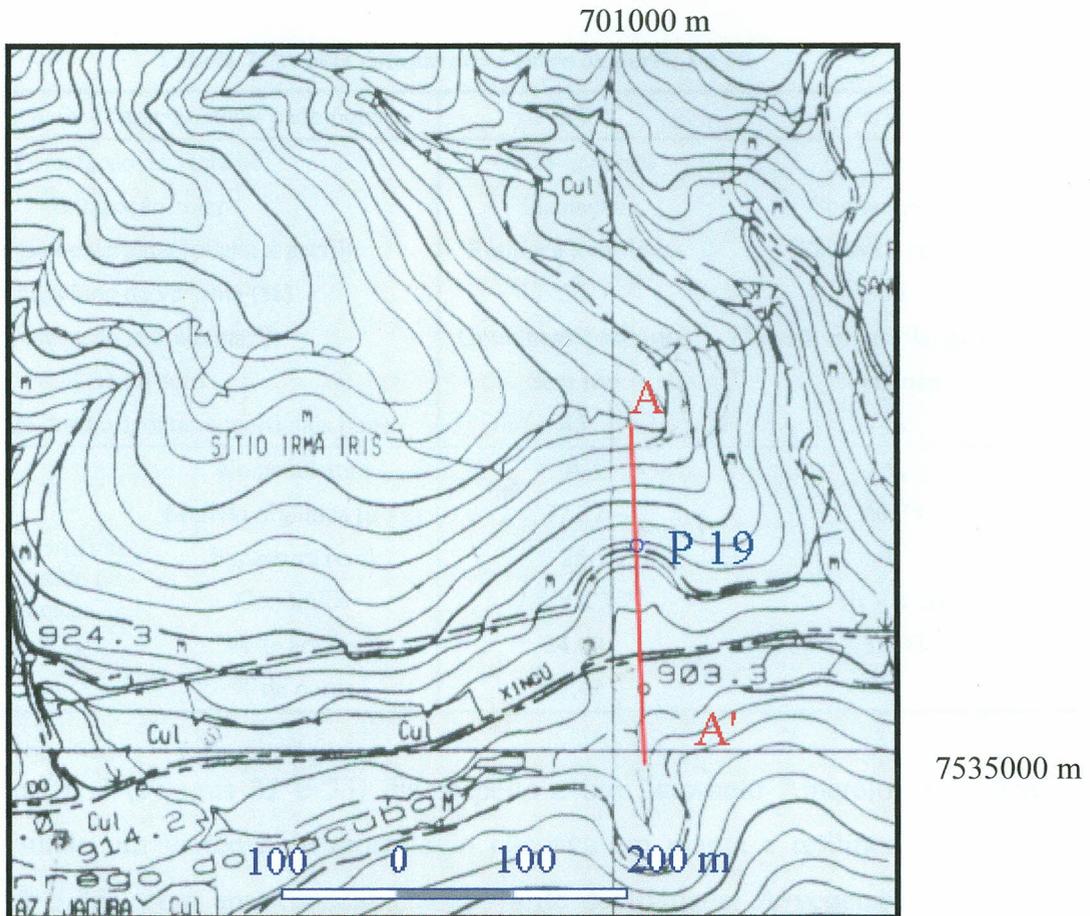


Figura 30: Detalhe do perfil 19. Foto: Sathler, R. (2000)

Detalhe do perfil 19, situado em encosta côncava x retilínea coberta por floresta ombrófila associada a gramíneas.



Base cartográfica: Prefeitura Municipal de Petrópolis (1994)

Figura 31: Morfologia de encosta do perfil 19 em planta

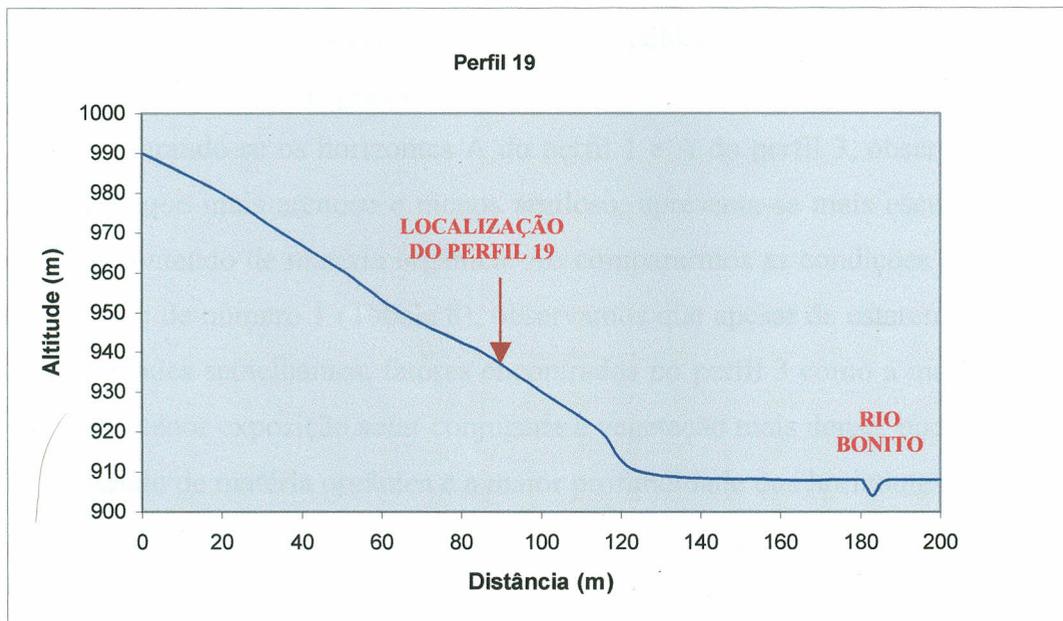


Figura 32: Morfologia de encosta do perfil 19 em perfil topográfico

Tabela 7: Tabela comparativa entre os perfis 1 e 19.

Fatores ambientais e características pedológicas	Perfil 1	Perfil 19	
Orientação de vertente	Oeste-noroeste	Sul	
Exposição solar	Insolação	Sombreamento	
Morfologia de vertente (planta x perfil)	Retilínea x retilínea	Côncava x retilínea	
Declividade de vertente (%)	55	55	
Vegetação sobre o perfil	Gramíneas e arbustos	Floresta ombrófila; gramíneas	
Uso do solo	Sem uso	Sem uso	
Profundidade dos horizontes superficiais (cm)	45	45	
Nomenclatura	A	A ₁	
Matéria orgânica (g/kg)	37,27	40,75	
Horizonte/ sub-horizonte com maior conteúdo de matéria orgânica	Espessura (cm)	25	6
	Cor úmida	7,5 YR 3/2	10 YR 2/2
	% de argilas	24,00	32,00
	% de poros	57,42	-

O perfil 3 (Figuras 32 e 33) diz respeito a um Latossolo Amarelo Distrófico húmico, situado em vertente de morfologia côncava em planta e retilínea em perfil (Figuras 34 e 35), com aproximadamente 55% de declividade. A vegetação sobre o perfil é de mata atlântica bem preservada, apresentando vegetação de gramínea densa. Três horizontes superficiais (A, Ab e AB) contabilizam 140 centímetros de profundidade total. Os maiores conteúdos de matéria orgânica encontram-se nos horizontes A e Ab, sendo o maior de 39,32g/kg para o horizonte A. Este horizonte de cor 10YR2/2 conta com 70 centímetros de profundidade, 80% de areias, 8% de silte, 12% de argilas e 61,02% de poros.

Comparando-se os horizontes A do perfil 1 e A do perfil 3, observa-se que este último ainda que mais arenoso e menos argiloso, apresenta-se mais escuro, espesso, e com maior conteúdo de matéria orgânica. Ao compararmos as condições ambientais do perfil 3 com o de número 1 (Tabela 8), observamos que apesar de estarem em vertentes com declividades semelhantes, fatores encontrados no perfil 3 como a morfologia mais côncava e a menor exposição solar conjugada à vegetação mais densa, podem explicar o maior conteúdo de matéria orgânica e a maior profundidade dos horizontes superficiais.

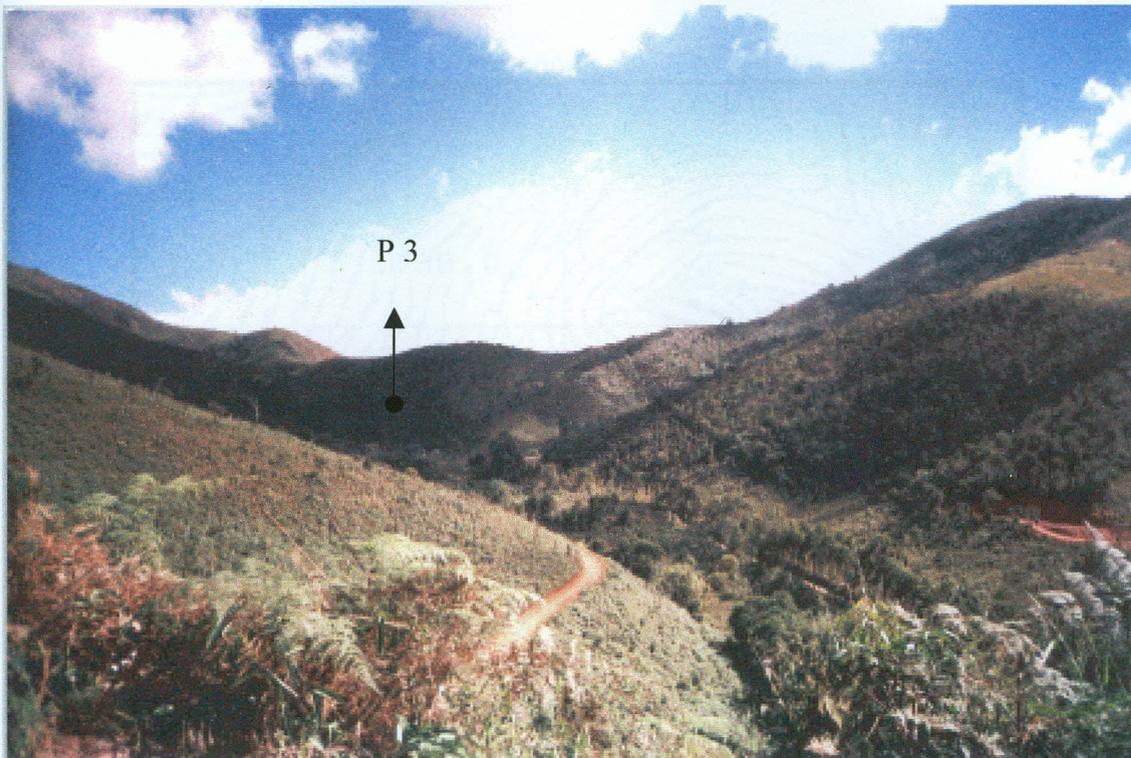


Figura 32: Encosta do perfil 3. Foto: Sathler, R. (2002).

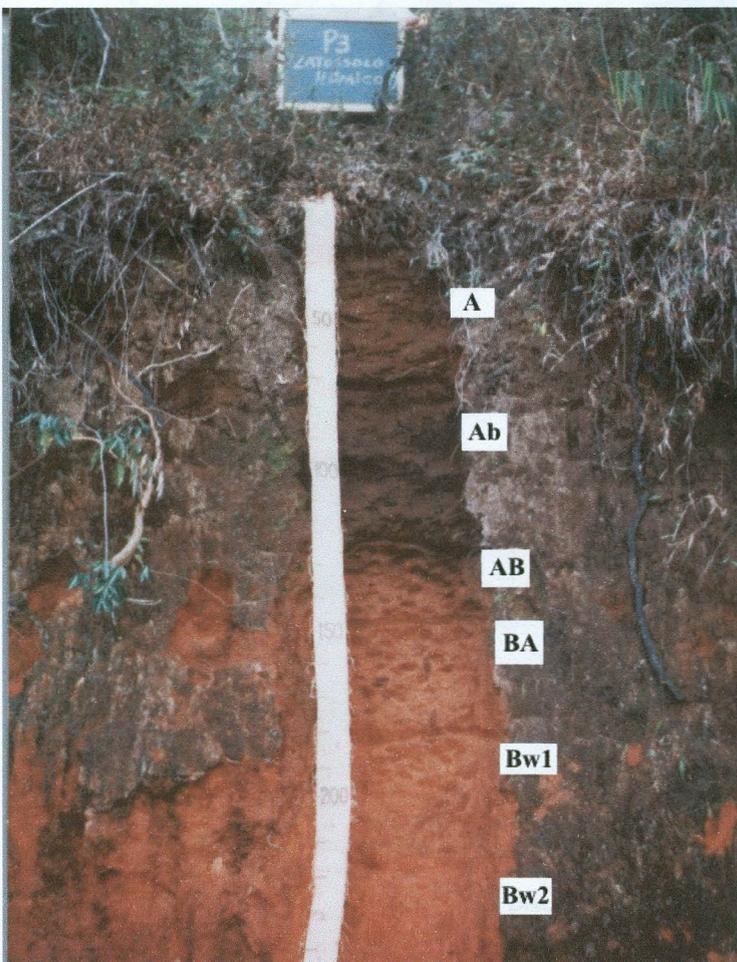
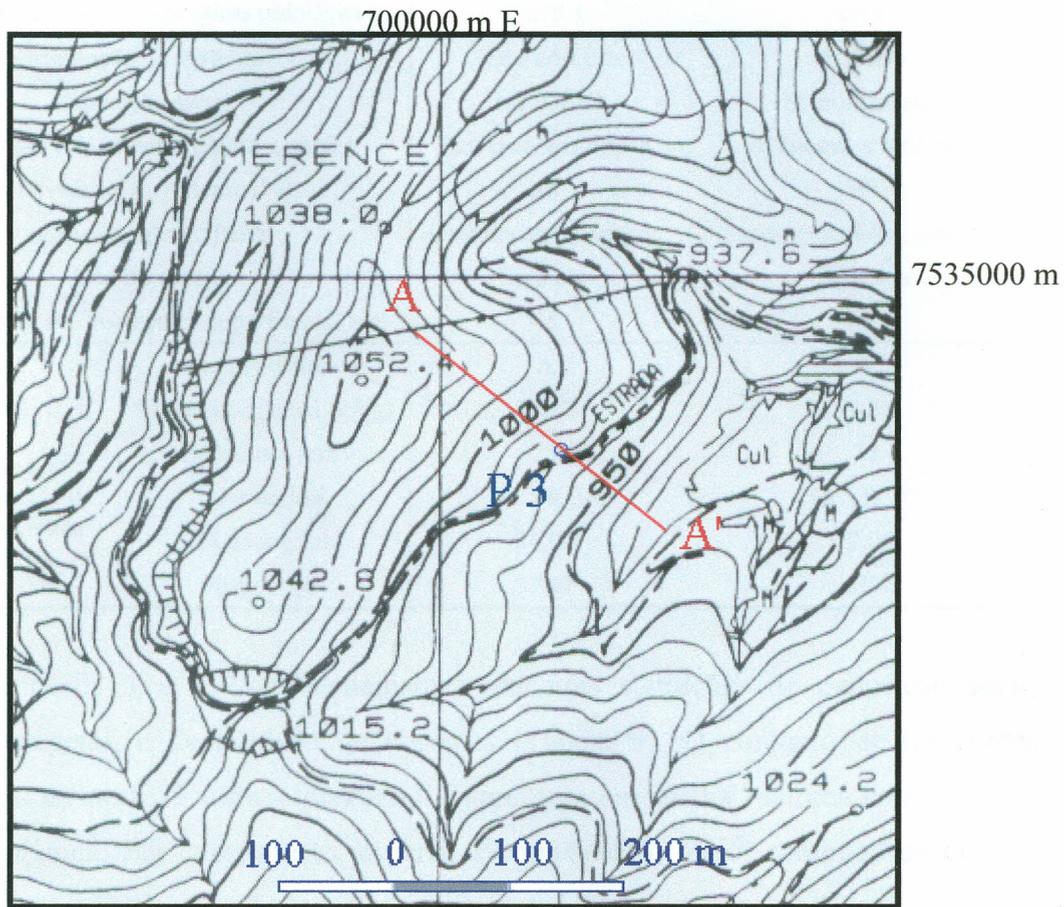


Figura 33: Detalhe do perfil 3. Foto: Sathler, R. (1998).

Encosta de orientação sudeste, caracterizada como de sombreamento, na qual encontra-se o perfil 3.

Perfil aberto em corte de estrada em seção de encosta côncava x retilínea, sob floresta secundária associada a gramíneas.



Base cartográfica: Prefeitura Municipal de Petrópolis (1994)

Figura 34: Morfologia de encosta do perfil 3 em planta

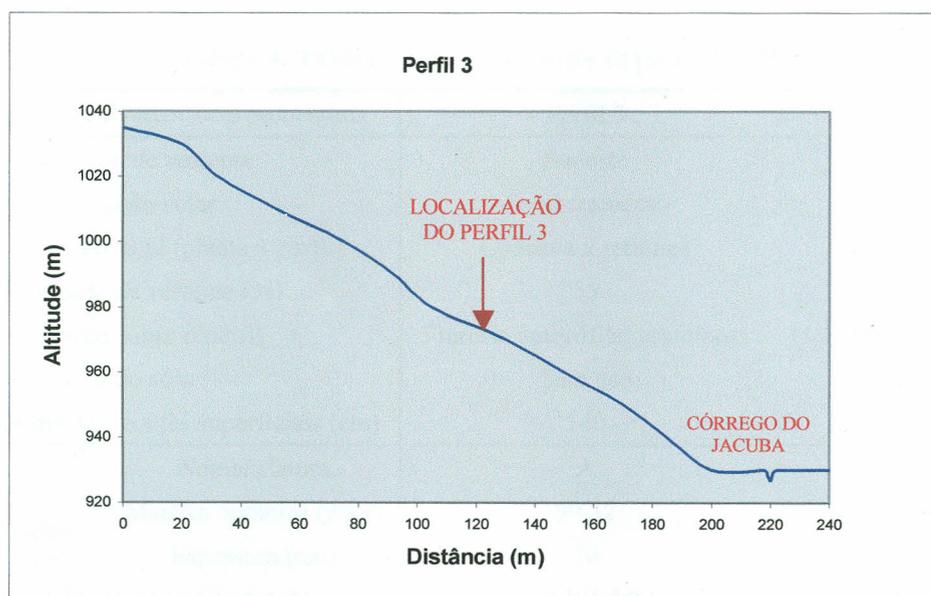


Figura 35: Morfologia de encosta do perfil 3 em perfil topográfico

Tabela 8: Tabela comparativa entre os perfis 1 e 3.

Fatores ambientais e características pedológicas	Perfil 1	Perfil 3
Orientação de vertente	Oeste-noroeste	Sudeste
Exposição solar	Insolação	Sombreamento
Morfologia de vertente (planta x perfil)	Retilínea x retilínea	Côncava x retilínea
Declividade de vertente (%)	55	55
Vegetação sobre o perfil	Gramíneas e arbustos	Floresta ombrófila; gramíneas
Uso do solo	Sem uso	Sem uso
Profundidade dos horizontes superficiais (cm)	45	140
Nomenclatura	A	A
Matéria orgânica (g/kg)	37,27	39,32
Horizonte com maior conteúdo de matéria orgânica		
Espessura (cm)	25	70
Cor úmida	7,5 YR 3/2	10 YR 2/2
% de argilas	24,00	12,00
% de poros	57,42	61,02

Os perfis 3 e 19 são semelhantes em suas condições de exposição solar, cobertura vegetal, e declividade de encostas (Tabela 9). O conjunto de horizontes superficiais do perfil 3 é mais profundo e apresenta em média maiores conteúdos de matéria orgânica. Em comparação, o perfil 19 apresenta o maior conteúdo de matéria orgânica dentre os dois perfis, presente em seu sub-horizonte A₁, ainda que evidencie menores conteúdos em profundidade (restante dos horizontes). A textura mais argilosa e a vertente de orientação sul podem explicar o maior conteúdo de matéria orgânica do sub-horizonte A₁ do perfil 19.

Tabela 9: Tabela comparativa entre os perfis 3 e 19.

Fatores ambientais e características pedológicas	Perfil 3	Perfil 19
Orientação de vertente	Sudeste	Sul
Exposição solar	Sombreamento	Sombreamento
Morfologia de vertente (planta x perfil)	Côncava x retilínea	Côncava x retilínea
Declividade de vertente (%)	55	55
Vegetação sobre o perfil	Floresta ombrófila; gramíneas	Floresta ombrófila; gramíneas
Uso do solo	Sem uso	Sem uso
Profundidade dos horizontes superficiais (cm)	140	45
Nomenclatura	A	A ₁
Horizonte/ sub-horizonte com maior conteúdo de matéria orgânica		
Matéria orgânica (g/kg)	39,32	40,75
Espessura (cm)	70	6
Cor úmida	10 YR 2/2	10 YR 2/2
% de argilas	12,00	32,00
% de poros	61,02	-

Os perfis 26 e 27 correspondem a Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos, localizados a pequena distância entre si, ainda que sob condições ambientais distintas, sobretudo geomorfológicas e de cobertura vegetal.

O perfil 27 (Figuras 36 e 37) situa-se em vertente côncava em planta e retilínea em perfil (Figuras 38 e 39), com aproximadamente 45% de declividade. Observou-se que a área do entorno do perfil está atualmente sob pastoreio. Apresenta apenas um horizonte superficial (A), com 60 centímetros de profundidade, 17,00g/kg de matéria orgânica, cor 5YR4/4 quando úmido, 44% de areias, 20% de silte, 36% de argilas e 62,80% de poros.

Comparando-se os horizontes A do perfil 1 e A do perfil 27 (Tabela 10), observa-se que este se apresenta mais espesso, menos arenoso e mais poroso. O conteúdo de matéria orgânica, encontrado no perfil 27, é bastante menor do que aquele encontrado no perfil 1. Também apresenta aquele perfil maior espessura de horizonte superficial do que todo o conjunto de horizontes do perfil 1, o que pode ser explicado pela menor declividade da encosta do perfil 27, a qual propicia maior deposição de material tanto orgânico quanto mineral bem como pedogênese mais avançada.

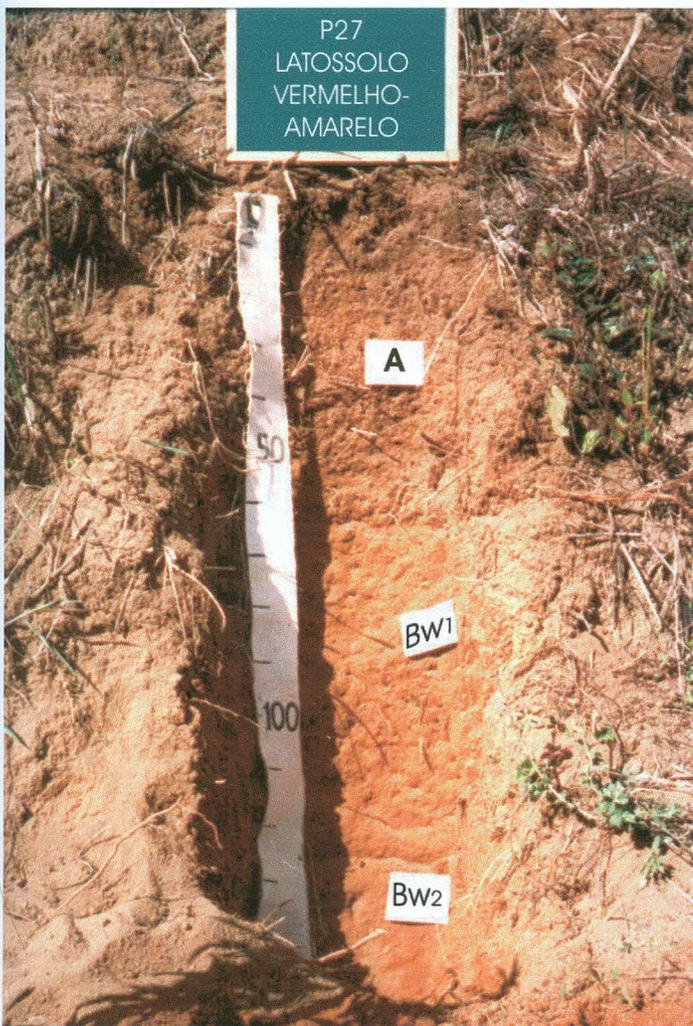
Tabela 10: Tabela comparativa entre os perfis 1 e 27.

Fatores ambientais e características pedológicas	Perfil 1	Perfil 27
Orientação de vertente	Oeste-noroeste	Sudoeste
Exposição solar	Insolação	Sombreamento
Morfologia de vertente (planta x perfil)	Retilínea x retilínea	Côncava x retilínea
Declividade de vertente (%)	55	45
Vegetação sobre o perfil	Gramíneas e arbustos	Gramíneas
Uso do solo	Sem uso	Pastagem
Profundidade dos horizontes superficiais (cm)	45	60
Nomenclatura	A	A
Horizonte com maior conteúdo de matéria orgânica		
Matéria orgânica (g/kg)	37,27	17,00
Espessura (cm)	25	60
Cor úmida	7,5 YR 3/2	5 YR 4/4
% de argilas	24,00	36,00
% de poros	57,42	62,80



Figura 36: Encosta do perfil 27
Foto: Santos, F.A. dos – GISP-UERJ (2002).

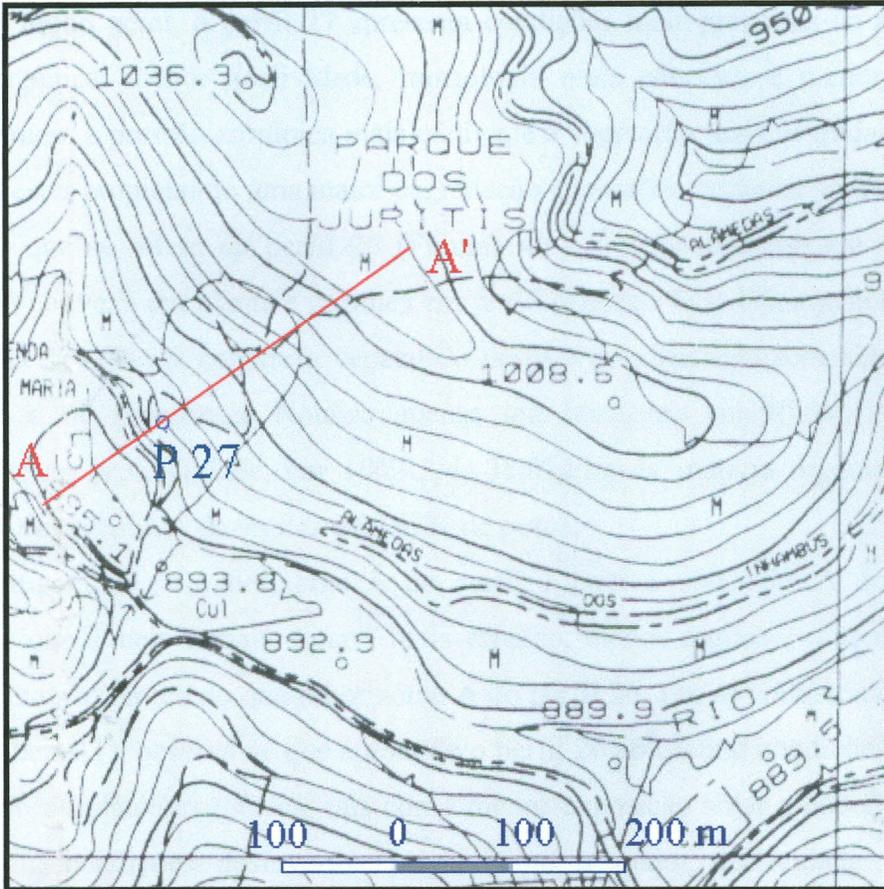
Encosta de sombreamento, com 45% de declividade, na qual se encontra o perfil 27



Abertura de perfil em corte de estrada, em seção côncava x côncava de encosta, sob vegetação de gramíneas.

Figura 37: Detalhe do perfil 27. Foto: Lisboa, A. – GISP-UERJ (1999).

702000 m



7535000 m

Base Cartográfica: Prefeitura Municipal de Petrópolis (1994)

Figura 38: Morfologia de encosta do perfil 27 em planta

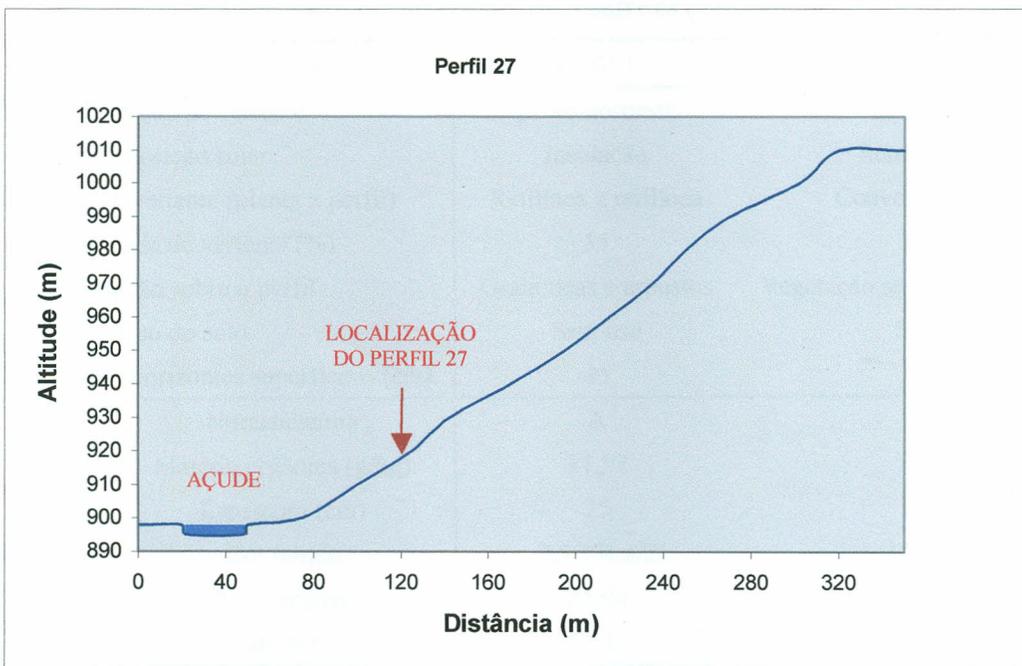


Figura 39: Morfologia de encosta do perfil 27 em perfil topográfico

De modo geral, o perfil 27 apresenta condições mais propícias ao acúmulo de matéria orgânica: menor declividade, morfologia mais côncava, e menor exposição solar. Contudo, a pressão antrópica mais efetiva, e a vegetação mais degradada do perfil 27 podem estar propiciando uma maior degradação da matéria orgânica para este perfil.

No que se refere ao perfil 26 (Figuras 40 e 41), encontra-se em vertente de morfologia convexa em planta e retilínea em perfil (Figuras 42 e 43), a uma declividade aproximada de 60%. A cobertura vegetal do perfil é de vegetação secundária bastante degradada e de gramíneas. Nota-se apenas um horizonte superficial, A, com 12 centímetros de profundidade, cor 10YR3/4, 35,01g/kg de matéria orgânica, 60% de areias, 4% de silte, 36% de argilas e 60,67% de poros.

Comparando-se o horizonte A do perfil 1 com o horizonte A do perfil 26, observa-se que aquele é mais escuro, mais espesso, menos argiloso, menos arenoso e poroso, e mais orgânico do que o horizonte A do perfil 26. Em se comparando os perfis 1 e 26 (Tabela 11), observa-se que apesar de o perfil 26 apresentar condições favoráveis ao acúmulo de matéria orgânica, tais como menor exposição solar e cobertura vegetal mais densa, condições desfavoráveis tais como a maior declividade e a maior convexidade da encosta parecem ser determinantes para a menor concentração de matéria orgânica e menor espessura de horizonte superficial.

Tabela 11: Tabela comparativa entre os perfis 1 e 26.

Fatores ambientais e características pedológicas		Perfil 1	Perfil 26
	Orientação de vertente	Oeste-noroeste	Sul-sudoeste
	Exposição solar	Insolação	Sombreamento
	Morfologia de vertente (planta x perfil)	Retilínea x retilínea	Convexa x retilínea
	Declividade de vertente (%)	55	60
	Vegetação sobre o perfil	Gramíneas e arbustos	Vegetação secundária; gramíneas
	Uso do solo	Sem uso	Sem uso
	Profundidade dos horizontes superficiais (cm)	45	12
Horizonte com maior conteúdo de matéria orgânica	Nomenclatura	A	A
	Matéria orgânica (g/kg)	37,27	35,01
	Espessura (cm)	25	12
	Cor úmida	7,5 YR 3/2	10 YR 3/4
	% de argilas	24,00	36,00
	% de poros	57,42	60,67



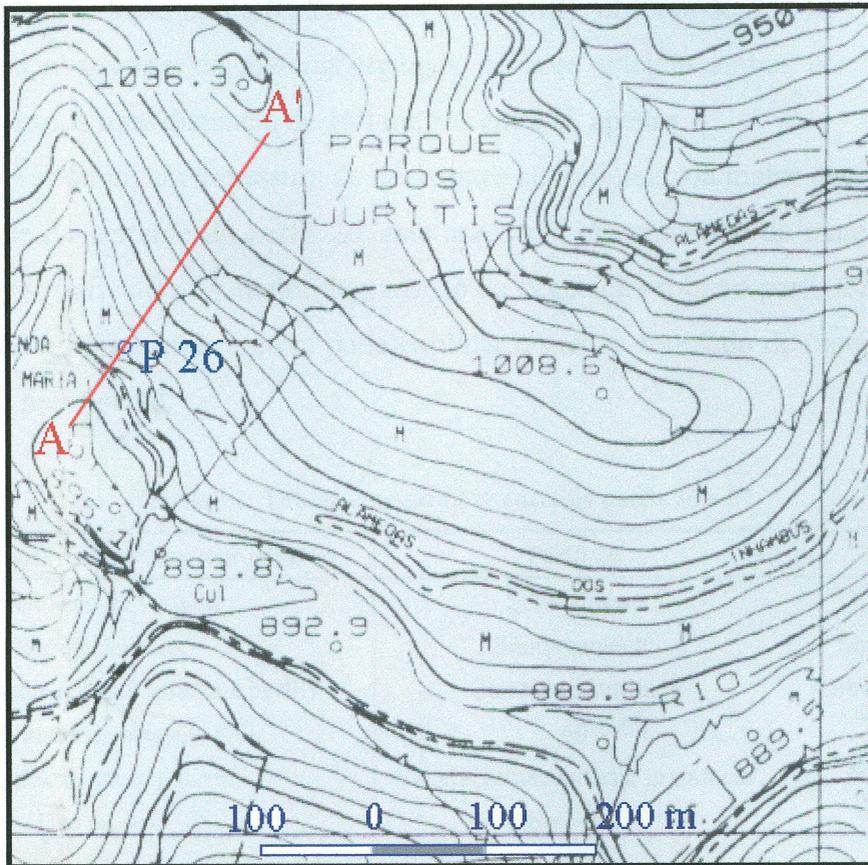
Figura 40: Encosta do Perfil 26. Foto: Santos, F.A. dos – GISP-UERJ (2002).



Figura 41: Detalhe do perfil 26. Foto: Mafra, N.M.C. – GISP-UERJ (1999).

Encosta do Perfil 26, com 85% de declividade, cuja orientação sul-sudoeste lhe confere baixa exposição solar

Abertura de perfil em seção convexa x retilínea de encosta, sob vegetação secundária muito degradada e gramíneas.



Base cartográfica: Prefeitura Municipal de Petrópolis (1994)

702000 m

7535000 m

Figura 42: Morfologia de encosta do perfil 26 em planta

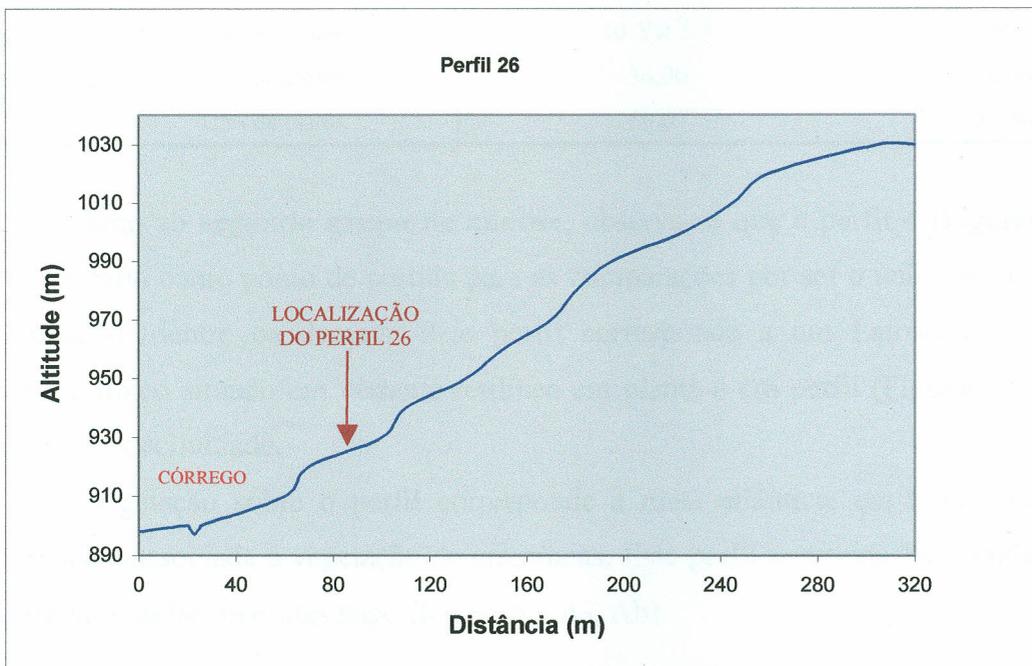


Figura 43: Morfologia de encosta do perfil 26 em perfil topográfico

Comparando-se os perfis 26 e 27 (Tabela 12), observa-se que há diferenciação significativa nos teores de matéria orgânica, embora estejam ambos em vertentes de sombreamento, a uma distância de 100 metros entre si, apenas.

Apesar da menor espessura de horizontes superficiais, da maior declividade e da convexidade da vertente do perfil 26, este apresenta um conteúdo de matéria orgânica muito mais significativo. A maior degradação da vegetação sobre o perfil 27 ocasionada pela pressão humana mais efetiva pode explicar o menor conteúdo de matéria orgânica encontrado neste perfil.

Tabela 12: Tabela comparativa entre os perfis 26 e 27.

Fatores ambientais e características pedológicas	Perfil 26	Perfil 27
Orientação de vertente	Sul-sudoeste	Sudoeste
Exposição solar	Sombreamento	Sombreamento
Morfologia de vertente (planta x perfil)	Convexa x retilínea	Côncava x retilínea
Declividade de vertente (%)	60	45
Vegetação sobre o perfil	Vegetação secundária; gramíneas	Gramíneas
Uso do solo	Sem uso	Pastagem
Profundidade dos horizontes superficiais (cm)	12	60
Nomenclatura	A	A
Horizonte com maior conteúdo de matéria orgânica		
Matéria orgânica (g/kg)	35,01	17,00
Espessura (cm)	12	60
Cor úmida	10 YR 3/4	5 YR 4/4
% de argilas	36,00	36,00
% de poros	60,67	62,80

Quanto ao **segundo grupo de análise**, observa-se que o perfil 4 (Figuras 44 e 45) foi tomado como ponto de partida para as comparações por ser o único em vertente de insolação, dentre os demais. Este perfil corresponde a um Latossolo Amarelo Distrófico típico situado em vertente retilínea em planta e em perfil (Figuras 46 e 47), com 30% de declividade.

A vegetação sobre o perfil corresponde à mata atlântica, em bom estado de conservação, associada à vegetação de gramíneas. Este perfil apresenta 140 centímetros de horizontes/sub-horizontes superficiais (A₁, A₂, Ab).

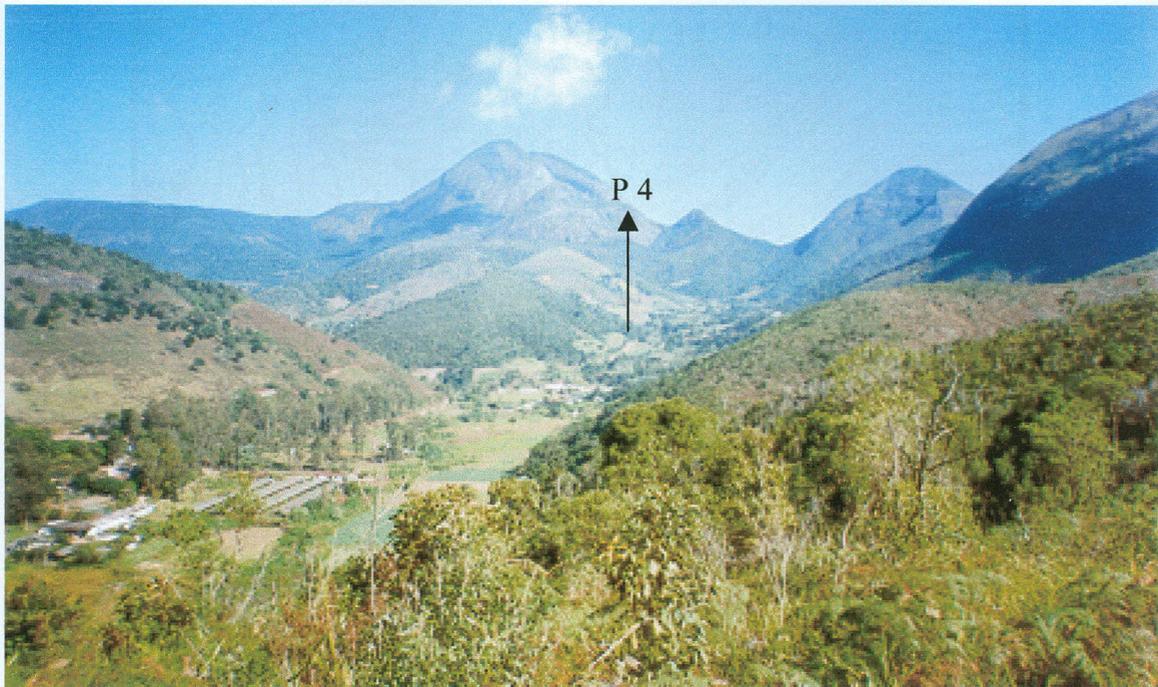


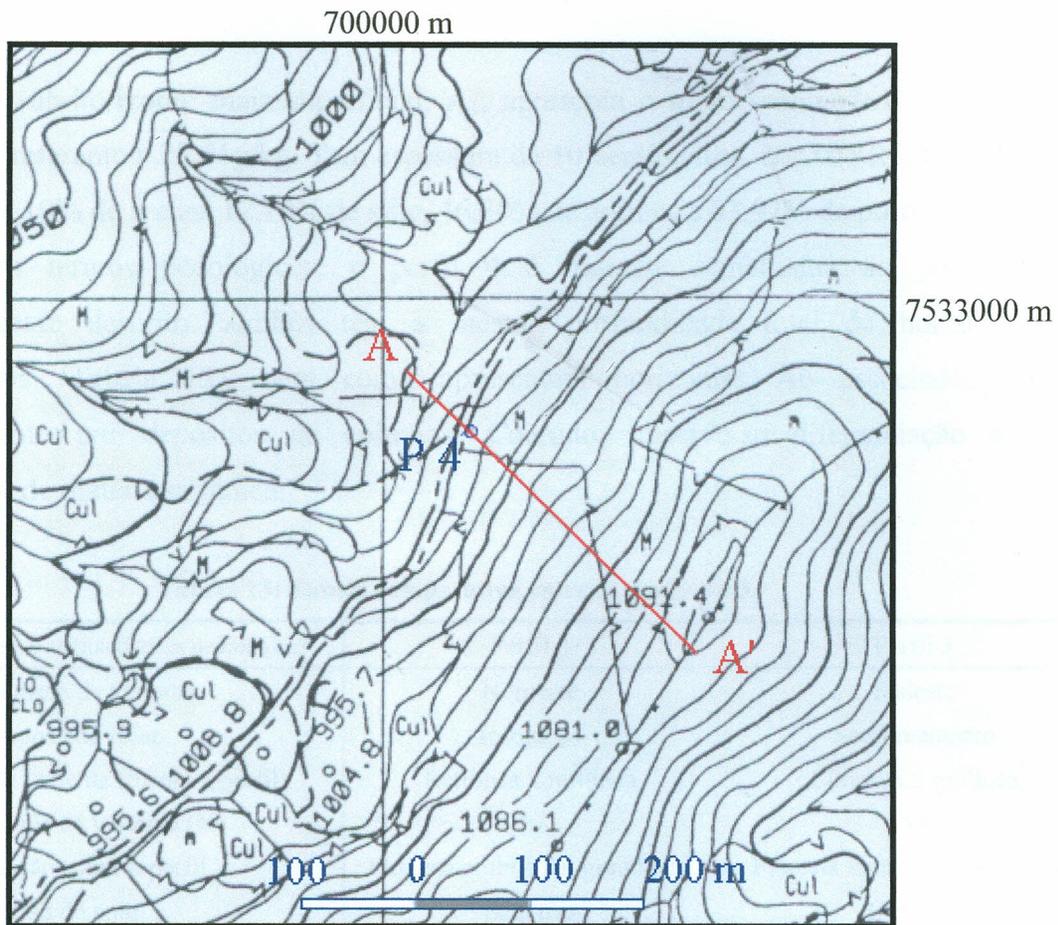
Figura 44: Encosta do perfil 4. Foto: Sathler, R. (2000).



Figura 45: Detalhe do perfil 4. Foto: Sathler, R. (1998).

Elevação onde se situa o perfil 4, de 30% de declividade. Orientação Noroeste, correspondente a insolação.

Abertura do perfil 4 em corte de estrada, em seção retilínea x retilínea de encosta. Presença de floresta ombrófila em associação com gramíneas.



Base cartográfica: Prefeitura Municipal de Petrópolis (1994)

Figura 46: Morfologia de encosta do perfil 4 em planta

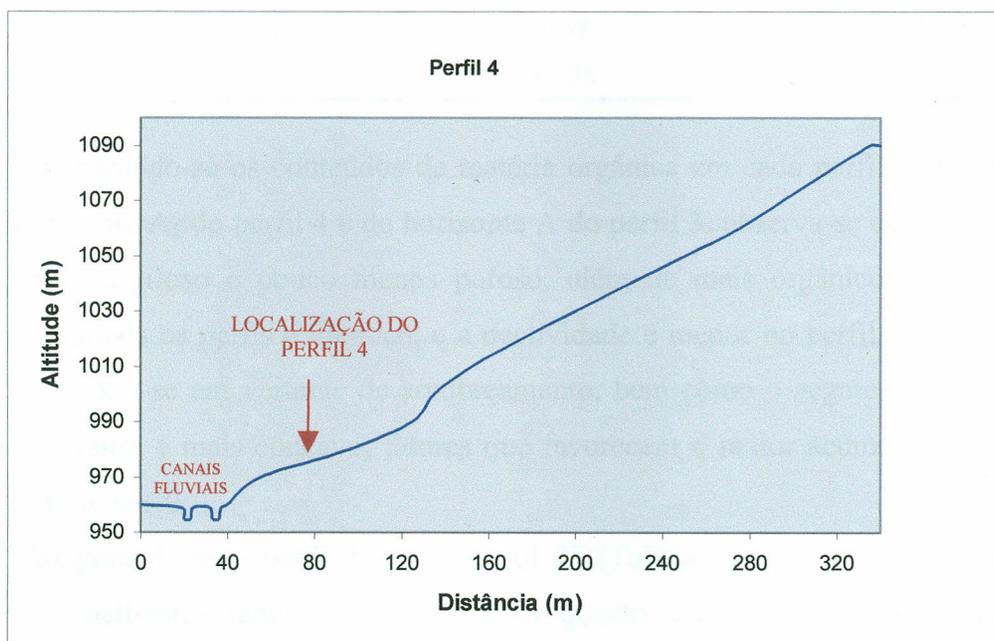


Figura 47: Morfologia de encosta do perfil 4 em perfil topográfico

O sub-horizonte mais superficial, A₁, apresenta o maior conteúdo de matéria orgânica, referente a 27,51g/kg. Tem espessura de 10 centímetros, cor 10YR3/4 quando úmido, 41,10% de areias, 12,10% de silte, 46,80% de argilas, e 63,97% de poros.

Em termos pedológicos, o perfil 4 é bastante semelhante ao perfil 3, anteriormente descrito. Ambos têm a mesma profundidade total de horizontes superficiais (Tabela 13), bem como apresentam horizontes Ab associados ao soterramento por depósitos de colúvios. Contudo, observa-se diferenciação nos conteúdos de matéria orgânica.

Tabela 13: Tabela comparativa entre os perfis 4 e 3.

Fatores ambientais e características pedológicas		Perfil 4	Perfil 3
Orientação de vertente		Noroeste	Sudeste
Exposição solar		Insolação	Sombreamento
Morfologia de vertente (planta x perfil)		Retilínea x retilínea	Côncava x retilínea
Declividade de vertente (%)		30	55
Vegetação sobre o perfil		Floresta ombrófila; gramíneas	Floresta ombrófila; gramíneas
Uso do solo		Sem uso	Sem uso
Profundidade dos horizontes superficiais (cm)		140	140
Nomenclatura		A ₁	A
Horizonte/ sub-horizonte com maior conteúdo de matéria orgânica	Matéria orgânica (g/kg)	27,51	39,32
	Espessura (cm)	10	70
	Cor úmida	10 YR 3/4	10 YR 2/2
	% de argilas	9,57	12,00
	% de poros	63,35	61,02

Comparando-se os conteúdos de matéria orgânica em cada perfil, notadamente do sub-horizonte A₁ do perfil 4 e do horizonte A do perfil 3, observa-se que este é mais escuro, mais argiloso e pouco menos poroso, além de mais orgânico. A cobertura vegetal de ambos os perfis é idêntica, e a declividade é menor no perfil 4. Contudo, o perfil 3 encontra-se em vertente de sombreamento, bem como o segmento de encosta onde se encontra é mais côncavo, fatores que favorecem o maior acúmulo de matéria orgânica neste perfil.

Comparando-se o perfil 4 com o perfil 27 (Tabela 14), já descrito, observa-se que são semelhantes tanto em classificação quanto em condições ambientais. A declividade do perfil 4 (30%) é mais suave do que a do perfil 27 (45%). A cobertura vegetal do perfil 4 é de mata atlântica em contraponto à vegetação de gramíneas do

perfil 27, bem como a profundidade total de horizontes superficiais do perfil 4 é maior. Em contraposição, a morfologia do perfil 27 é mais abaciada. Comparando-se o sub-horizonte A₁ do perfil 4 com o A do 27, observa-se que aquele é menos argiloso, e mais orgânico. Neste caso, observa-se a ocorrência de um solo com maior conteúdo de matéria orgânica em condições de maior exposição solar e menos abaciamento do relevo. Tanto o maior conteúdo de matéria orgânica quanto a maior profundidade de horizontes superficiais encontrados no perfil 4 estão claramente relacionados à menor declividade da encosta deste perfil, bem como com a melhor preservação da cobertura vegetal.

Tabela 14: Tabela comparativa entre os perfis 4 e 27.

Fatores ambientais e características pedológicas	Perfil 4	Perfil 27
Orientação de vertente	Noroeste	Sudoeste
Exposição solar	Insolação	Sombreamento
Morfologia de vertente (planta x perfil)	Retilínea x retilínea	Côncava x retilínea
Declividade de vertente (%)	30	45
Vegetação sobre o perfil	Floresta ombrófila; gramíneas	Gramíneas
Uso do solo	Sem uso	Pastagem
Profundidade dos horizontes superficiais (cm)	140	60
Horizonte/ sub-horizonte com maior conteúdo de matéria orgânica		
Nomenclatura	A ₁	A
Matéria orgânica (g/kg)	27,51	17,00
Espessura (cm)	10	60
Cor úmida	10 YR 3/4	5 YR 4/4
% de argilas	9,57	36,00
% de poros	63,35	62,80

Em comparação com o perfil 26, anteriormente descrito, o perfil 4 apresentaria mais condições propícias ao acúmulo de matéria orgânica: encosta menos convexa, declividade mais suave, cobertura vegetal mais preservada (Tabela 15). De fato, a profundidade de horizontes superficiais do perfil 4 é maior. Contudo, o maior conteúdo de matéria orgânica encontra-se no perfil 26, favorecido pela menor exposição solar da encosta e maior percentual de argilas do horizonte A.

Tabela 15: Tabela comparativa entre os perfis 4 e 26.

Fatores ambientais e características pedológicas	Perfil 4	Perfil 26	
Orientação de vertente	Noroeste	Sul-sudoeste	
Exposição solar	Insolação	Sombreamento	
Morfologia de vertente (planta x perfil)	Retilínea x retilínea	Convexa x retilínea	
Declividade de vertente (%)	30	60	
Vegetação sobre o perfil	Floresta ombrófila; gramíneas	Vegetação secundária; gramíneas	
Uso do solo	Sem uso	Sem uso	
Profundidade dos horizontes superficiais (cm)	140	12	
Nomenclatura	A ₁	A	
Horizonte/ sub-horizonte com maior conteúdo de matéria orgânica	Matéria orgânica (g/kg)	27,51	35,01
	Espessura (cm)	10	12
	Cor úmida	10 YR 3/4	10 YR 3/4
	% de argilas	9,57	36,00
	% de poros	63,35	60,67

No que diz respeito ao **terceiro grupo de análise**, parte-se do perfil 21 (Figuras 48 e 49) para a realização de comparações, já que este é o único perfil em vertente de sombreamento, dentre os demais. Refere-se a um Cambissolo Húmico Distrófico latossólico, localizado em vertente côncava em planta e retilínea em perfil (Figuras 50 e 51), com 50% de declividade. Sobre o perfil constatou-se a presença de mata atlântica em boas condições de conservação, com ocorrência pouco expressiva de vegetação de gramíneas. Apresenta apenas um horizonte superficial, A, com 25 centímetros de profundidade, 54,89g/kg de matéria orgânica, cor 7,5YR2.5/1 quando úmido, 68% de areias, 25,64% de silte, 6,36 de argilas, e 65,44% de poros. Este conteúdo de matéria orgânica é o maior dentre os perfis de solo abertos em encosta, e um dos maiores dentre todos os perfis da bacia, sejam abertos em encostas ou em fundos de vales.

O perfil 9 (Figuras 52 e 53) corresponde a um Cambissolo Húmico Distrófico latossólico, localizando-se na mesma unidade de mapeamento de solos do perfil 21. Encontra-se em vertente côncava em planta e retilínea em perfil (Figuras 54 e 55), prolongamento da mesma elevação onde se encontra o perfil 21. Sua vertente apresenta aproximadamente 50% de declividade.



Figura 48: Elevação topográfica do perfil 21
Foto: Santos, F.A. dos – GISP-UERJ (2002)

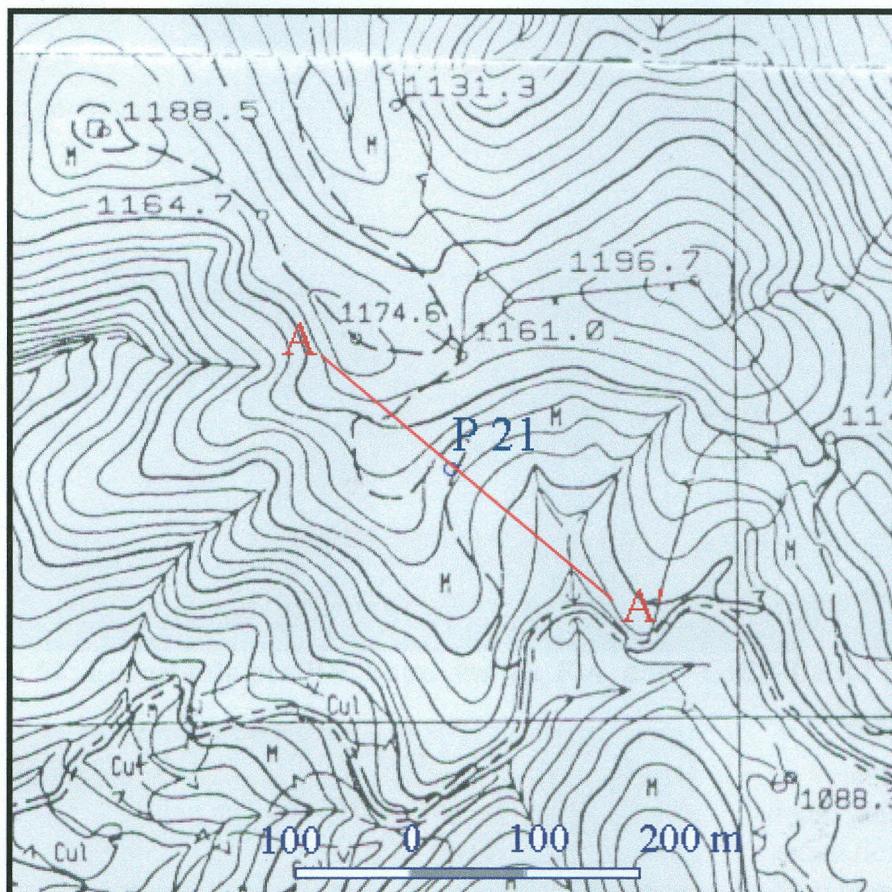


Figura 49: Detalhe do perfil 21. Foto: Mafra, N.M.C. – GISP-UERJ (1999).

Aspecto do relevo da elevação onde se situa o perfil 21. A seta indica a posição aproximada do perfil, o qual está localizado na vertente oposta à visualizada.

Perfil de Cambissolo Húmico latossólico aberto em corte de estrada, em encosta de morfologia côncava em planta e retilínea em perfil, sob floresta

702000 m



7533000 m

Base cartográfica: Prefeitura Municipal de Petrópolis (1994)

Figura 50: Morfologia de encosta do perfil 21 em planta

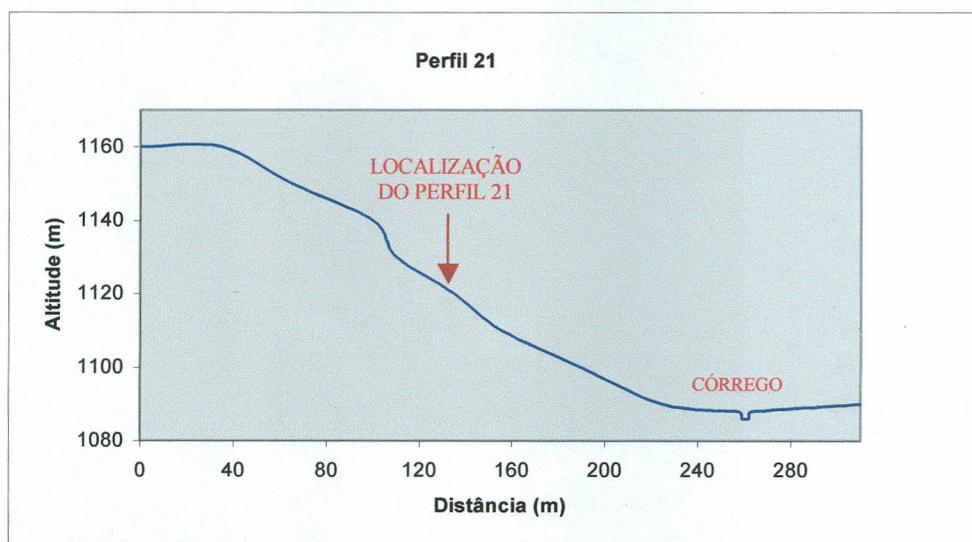


Figura 51: Morfologia de encosta do perfil 21 em perfil topográfico

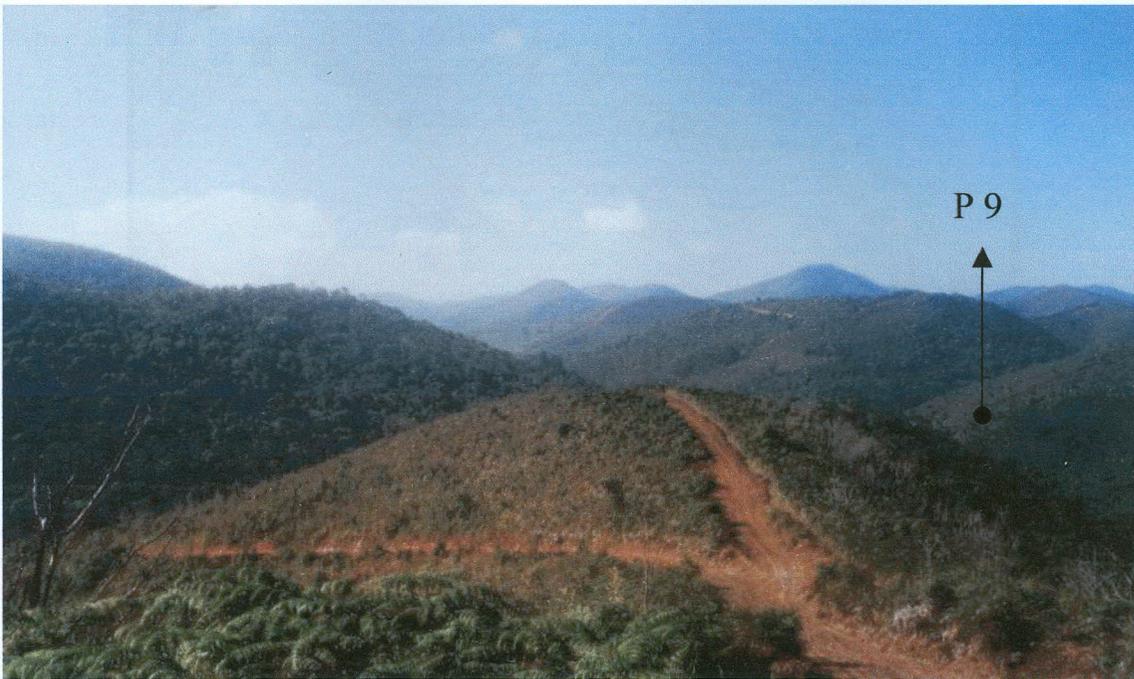
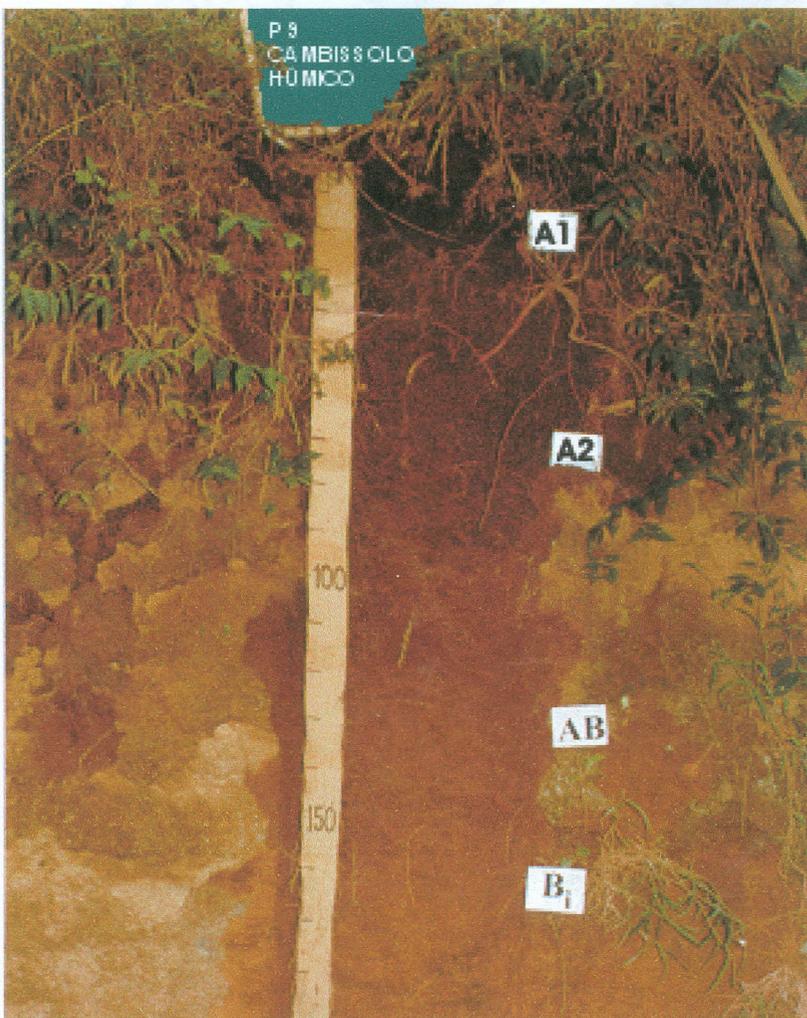


Figura 52: Encosta do perfil 9. Foto: Santos, F.A. dos – GISP-UERJ (2002).

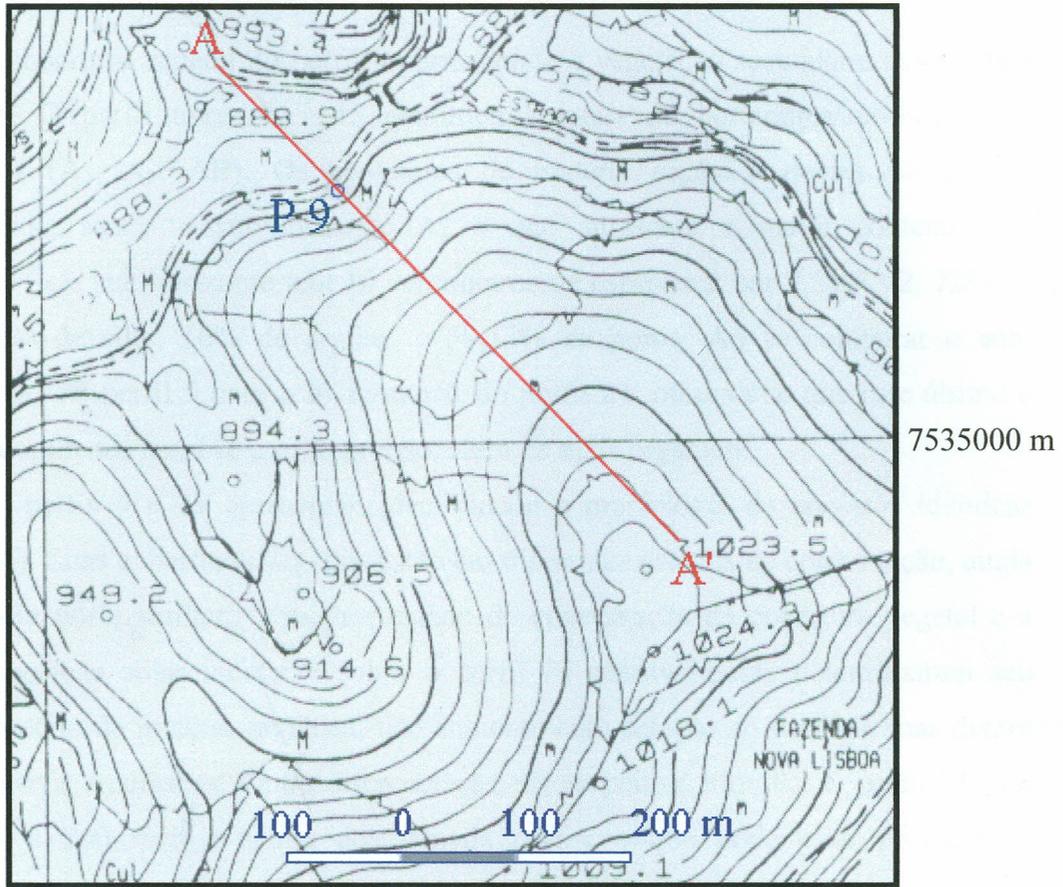


Encosta de insolação, com orientação noroeste e declividade de 50%. O local exato de abertura do perfil, em posição mais inferior que a indicada, teve sua visão obliterada pela encosta situada em primeiro plano.

Foto do perfil 9, aberto em corte de estrada, sob floresta secundária e gramíneas, em encosta côncava x retilínea.

Figura 53: Detalhe do perfil 9. Foto: Sathler, R. (1999).

702000 m



Base cartográfica: Prefeitura Municipal de Petrópolis (1994)

Figura 54: Morfologia de encosta do perfil 9 em planta

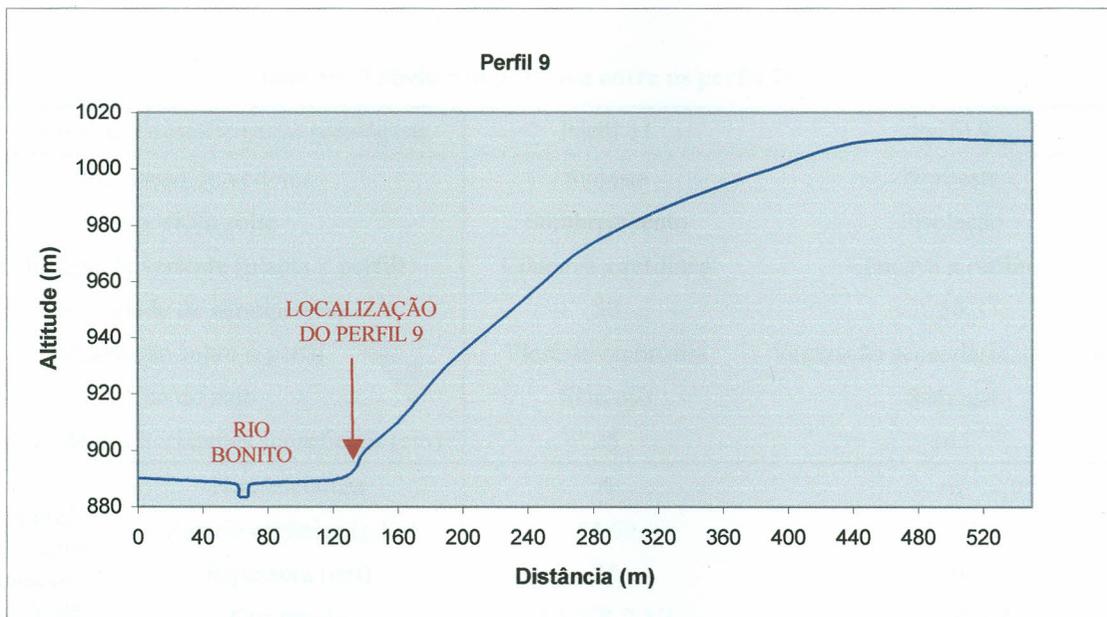


Figura 55: Morfologia de encosta do perfil 9 em perfil topográfico

A cobertura vegetal do perfil 9 corresponde a vegetação secundária associada a gramíneas. O perfil apresenta 145 centímetros totais de horizontes/sub-horizontes superficiais (A₁, A₂, AB). Os conteúdos de matéria orgânica decrescem com a profundidade, sendo o sub-horizonte A₁ o que apresenta o maior conteúdo, de 33,21g/kg. Este sub-horizonte tem 10 centímetros de espessura, cor 7,5YR3/2, 72% de areias, 12% de silte, 16% de argilas, e 59,33% de poros. Ao se comparar o sub-horizonte A₁ do perfil 9 com o horizonte A do perfil 21, observa-se que este último é mais escuro, menos arenoso e mais poroso, além de mais orgânico.

Os perfis 9 e 21 apresentam declividade e morfologia de encostas idênticas (Tabela 16). Suas coberturas vegetais estão em diferentes estados de conservação, ainda que revelem porte similar. O melhor estado de conservação da cobertura vegetal e a menor exposição solar incidente sobre o perfil 21 possivelmente determinaram seu maior conteúdo de matéria orgânica, não somente com relação ao perfil 9, mas dentre todos os perfis analisados. Outra diferenciação diz respeito à altitude. O perfil 21 está entre 150 a 200 metros acima dos demais perfis, o que pode estar propiciando temperaturas diárias, sobretudo noturnas, comparativamente mais baixas, favorecendo a maior conservação da matéria orgânica neste perfil. A posição em alta encosta do perfil 21 explica a menor espessura de seu horizonte superficial, em comparação com a maior espessura de horizontes superficiais do perfil 9, este situado em baixa encosta.

Tabela 16: Tabela comparativa entre os perfis 21 e 9.

Fatores ambientais e características pedológicas		Perfil 21	Perfil 9
Orientação de vertente		Sudeste	Noroeste
Exposição solar		Sombreamento	Insolação
Morfologia de vertente (planta x perfil)		Côncava x retilínea	Côncava x retilínea
Declividade de vertente (%)		50	50
Vegetação sobre o perfil		Floresta ombrófila	Vegetação secundária; gramíneas
Uso do solo		Sem uso	Sem uso
Profundidade dos horizontes superficiais (cm)		25	145
Nomenclatura		A	A ₁
Horizonte/ sub-horizonte com maior conteúdo de matéria orgânica	Matéria orgânica (g/kg)	54,89	33,21
	Espessura (cm)	25	10
	Cor úmida	7,5 YR 2.5/1	7,5 YR 3/2
	% de argilas	6,36	16,00
	% de poros	65,44	59,33

No que se refere ao perfil 18 (Figuras 56 e 57), identificado como Cambissolo Háplico, está localizado relativamente próximo ao perfil 21, em vertente côncava em planta e convexa em perfil (Figuras 58 e 59), com 45% de declividade. Vegetação secundária cobre a área do perfil. Há apenas um horizonte superficial, A, com 20 centímetros de profundidade, 39,53g/kg de matéria orgânica, cor 10YR3/2, 64% de areias, 8% de silte, 28% de argilas, e 58,34% de poros. Esse horizonte apresenta-se cinco centímetros menos espesso, bem como menos orgânico, mais claro, mais argiloso e menos poroso do que o horizonte A do perfil 21.

Apesar da menor declividade da vertente do perfil 18, o perfil 21 reúne melhores condições de conservação da matéria orgânica, tais como área mais abaciada, melhor estado de conservação da vegetação, e menor exposição solar, o que coaduna com o maior conteúdo de matéria orgânica encontrado neste perfil (Tabela 17).

Tabela 17: Tabela comparativa entre os perfis 21 e 18.

Fatores ambientais e características pedológicas	Perfil 21	Perfil 18
Orientação de vertente	Sudeste	Noroeste
Exposição solar	Sombreamento	Insolação
Morfologia de vertente (planta x perfil)	Côncava x retilínea	Côncava x convexa
Declividade de vertente (%)	50	45
Vegetação sobre o perfil	Floresta ombrófila	Vegetação secundária
Uso do solo	Sem uso	Sem uso
Profundidade dos horizontes superficiais (cm)	25	20
Nomenclatura	A	A
Horizonte com maior conteúdo de matéria orgânica	Matéria orgânica (g/kg) 54,89	39,53
	Espessura (cm) 25	20
	Cor úmida 7,5 YR 2.5/1	10 YR 3/2
	% de argilas 6,36	28,00
	% de poros 65,44	58,34



Figura 56: Encosta nas proximidades do perfil 18.

Foto: Mafra, N.M.C. – GISP-UERJ (1999)



Figura 57: Detalhe do perfil 18. Foto: Mafra, N.M.C. – GISP-UERJ (1999).

Encosta de insolação, com orientação noroeste e 45% de declividade.

Ao fundo, vegetação secundária idêntica à encontrada sobre o perfil 18, o qual se encontra a aproximadamente 200 metros à direita desta foto.

Abertura de perfil em seção côncava x convexa de encosta, sob vegetação secundária.

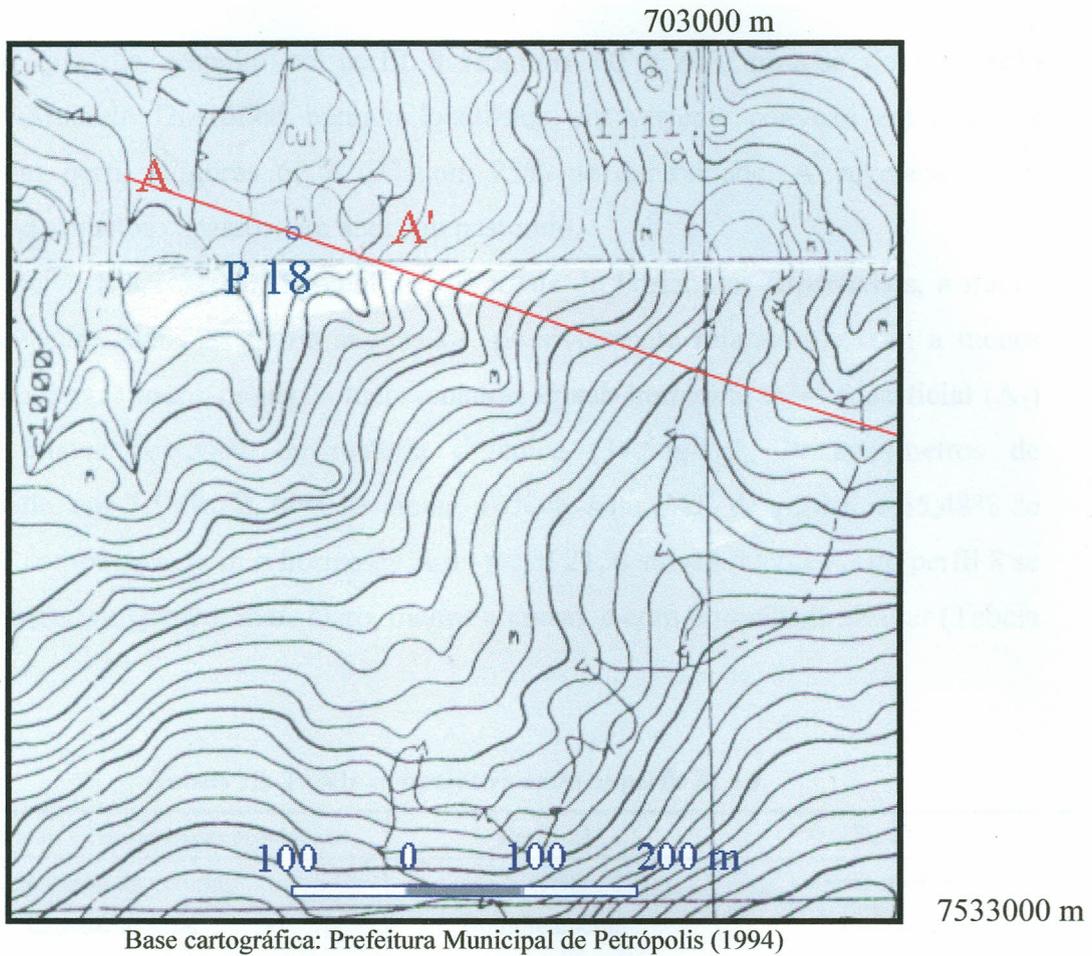


Figura 58: Morfologia de encosta do perfil 18 em planta

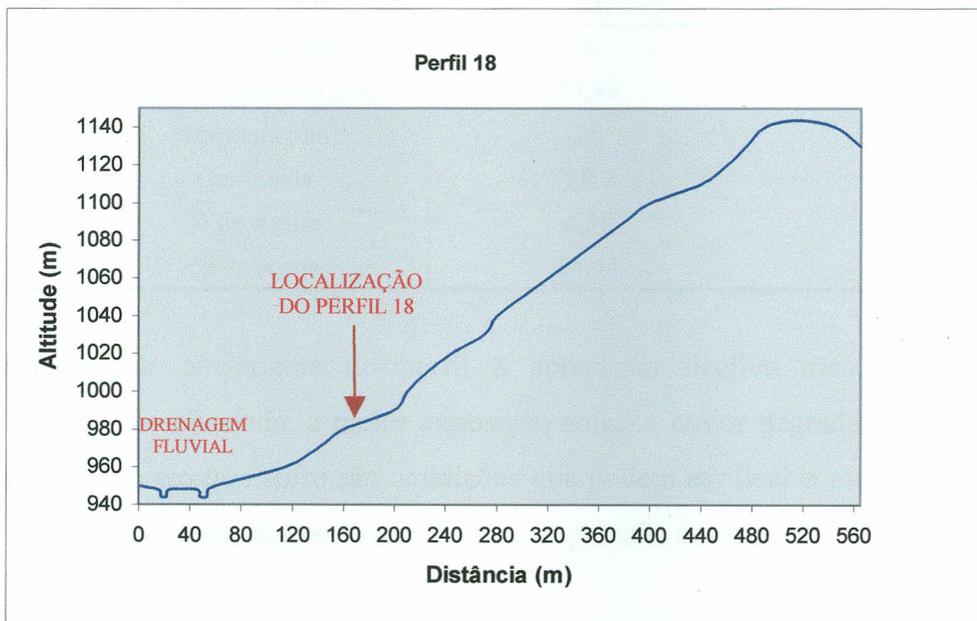


Figura 59: Morfologia de encosta do perfil 18 em perfil topográfico

No que diz respeito ao perfil 8 (Figuras 60 e 61), trata-se de Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico húmico localizado em vertente convexa em planta e côncava em perfil (Figuras 62 e 63) com 25% de declividade. A vegetação é de gramíneas e arbustos esparsos, em área sob pastoreio.

O perfil 8 apresenta 155 centímetros totais de horizontes superficiais, a maior espessura dentre todos os perfis analisados, possivelmente relacionada com a menor declividade dentre todos os perfis mencionados. O sub-horizonte mais superficial (A₁) possui o maior conteúdo de matéria orgânica (34,64g/kg), 20 centímetros de profundidade, cor 7,5YR3/2, 60% de areias, 16% de silte, 24% de argilas, e 65,48% de poros. Em comparação com o horizonte A do perfil 21, o sub-horizonte A₁ do perfil 8 se apresenta menos orgânico, mais claro, menos arenoso, e com porosidade similar (Tabela 18).

Tabela 18: Tabela comparativa entre os perfis 21 e 8.

Fatores ambientais e características pedológicas		Perfil 21	Perfil 8
Orientação de vertente		Sudeste	Oeste-noroeste
Exposição solar		Sombreamento	Insolação
Morfologia de vertente (planta x perfil)		Côncava x retilínea	Convexa x côncava
Declividade de vertente (%)		50	25
Vegetação sobre o perfil		Floresta ombrófila	Gramíneas; arbustos
Uso do solo		Sem uso	Pastagem
Profundidade dos horizontes superficiais (cm)		25	155
Nomenclatura		A	A ₁
Horizonte/ sub-horizonte com maior conteúdo de matéria orgânica	Matéria orgânica (g/kg)	54,89	34,64
	Espessura (cm)	25	20
	Cor úmida	7,5 YR 2.5/1	7,5 YR 3/2
	% de argilas	6,36	24,00
	% de poros	65,44	65,48

Apesar de a vertente do perfil 8 apresentar declive menos acentuado, a morfologia menos abaciada, a maior exposição solar, a maior degradação da cobertura vegetal e o pastoreio que sofre são condições que podem explicar o menor conteúdo de matéria orgânica encontrado neste perfil, em comparação com o perfil 21.

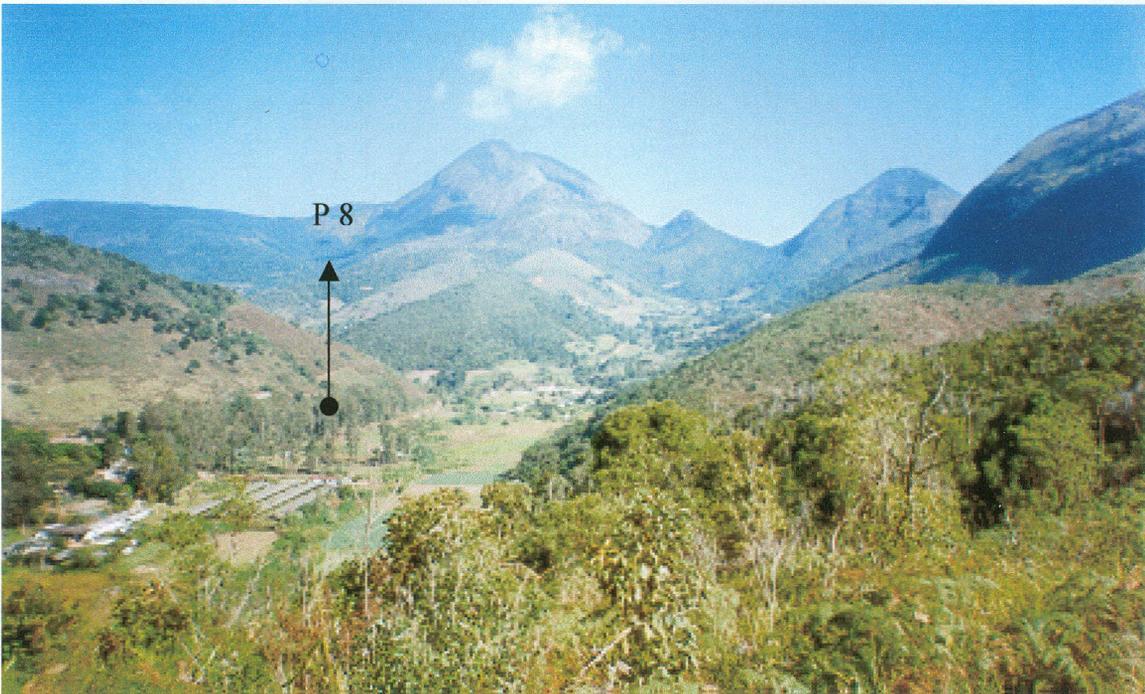


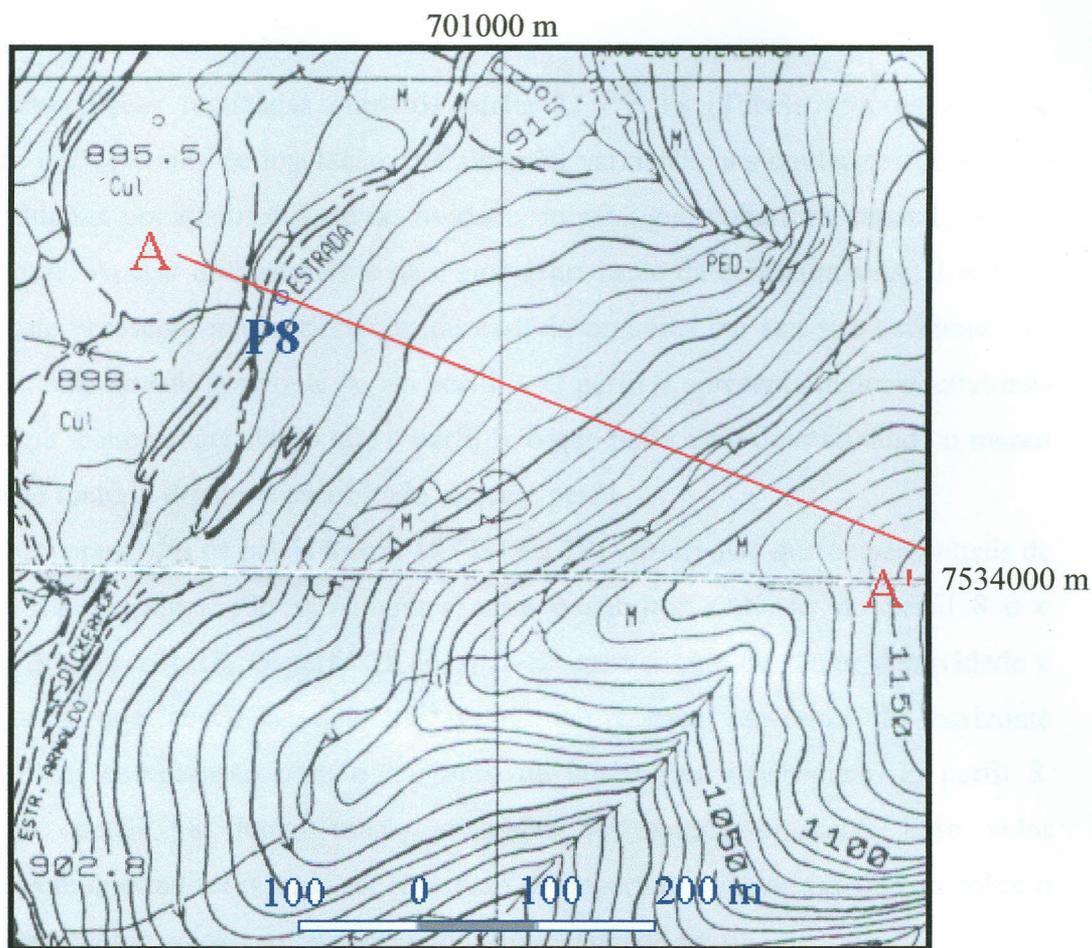
Figura 60: Encosta do perfil 8
Foto: Sathler, R. (2000)



Figura 61: Detalhe do perfil 8
Foto: Mafra, N.M.C. – GISP-UERJ (1999).

Localização do Perfil 8 em encosta com orientação Oeste-noroeste, caracterizada como de insolação.

Corte de estrada onde foi aberto o referido perfil, em seção de encosta convexa x côncava, sob gramíneas e arbustos isolados.



Base cartográfica: Prefeitura Municipal de Petrópolis (1994)

Figura 62: Morfologia de encosta do perfil 8 em planta

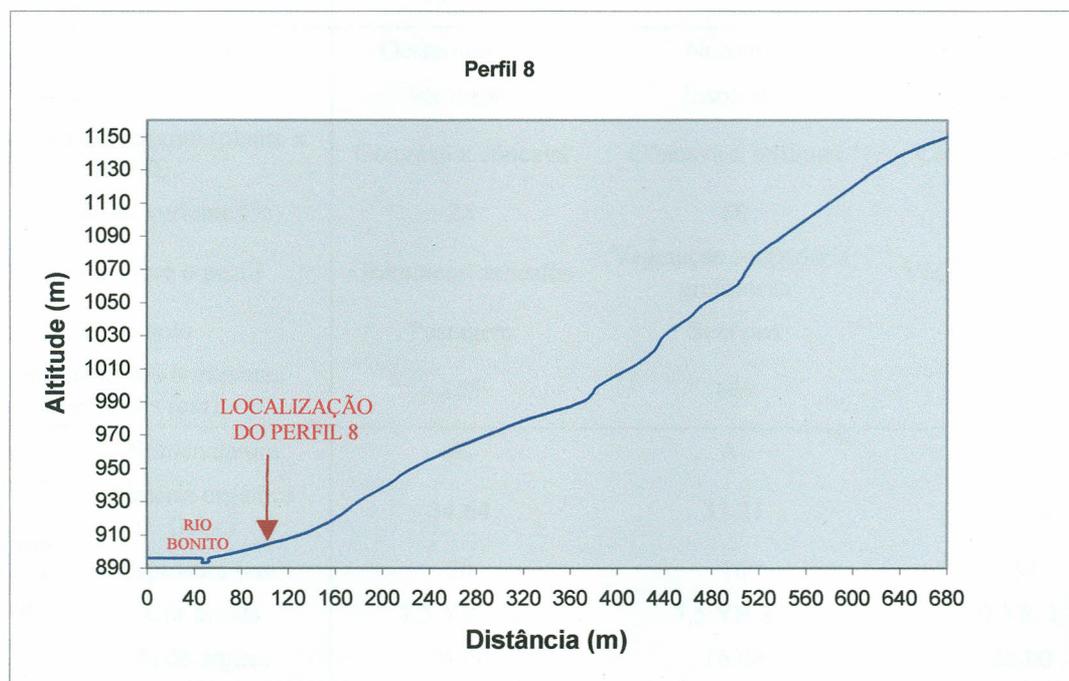


Figura 63: Morfologia de encosta do perfil 8 em perfil topográfico

Comparações realizadas entre os perfis 8, 9 e 18 (Tabela 19), os quais se encontram em vertentes de insolação, demonstram variações nos conteúdos de matéria orgânica ditadas por distinções de declividade, morfologia, cobertura vegetal, uso do solo e textura. Apesar do pastoreio e da maior degradação da cobertura vegetal sobre o perfil 8, este apresenta maior conteúdo de matéria orgânica em seu sub-horizonte A₁, em comparação ao sub-horizonte A₁ do perfil 9. O perfil 9 apresenta maior declividade e morfologia menos abaciada do que o perfil 8, o que pode estar determinando o menor conteúdo de matéria orgânica encontrado naquele perfil.

Comparando-se os perfis 8 com 18 (Tabela 19), observa-se que os percentuais de areias, argilas, e poros, são semelhantes entre o sub-horizonte A₁ do perfil 8 e o horizonte A do perfil 18. O perfil 18 localiza-se em vertente de maior declividade e morfologia menos abaciada, que lhe impuseram menor espessura de horizonte superficial em comparação com o conjunto de horizontes superficiais do perfil 8. Contudo, o perfil 18 detém maior conteúdo de matéria orgânica. Esse valor aparentemente contraditório pode ser resultado da cobertura vegetal mais densa sobre o perfil 18, em contraposição ao pastoreio que sofre a área do perfil 8.

Tabela 19: Tabela comparativa entre os perfis 8, 9 e 18.

Fatores ambientais e características pedológicas		Perfil 8	Perfil 9	Perfil 18
Orientação de vertente		Oeste-noroeste	Noroeste	Noroeste
Exposição solar		Insolação	Insolação	Insolação
Morfologia de vertente (planta x perfil)		Convexa x côncava	Côncava x retilínea	Côncava x convexa
Declividade de vertente (%)		25	50	45
Vegetação sobre o perfil		Gramíneas; arbustos	Vegetação secundária; gramíneas	Vegetação secundária
Uso do solo		Pastagem	Sem uso	Sem uso
Profundidade dos horizontes superficiais (cm)		155	145	20
Horizonte/ sub- horizonte com maior conteúdo de matéria orgânica	Nomenclatura	A ₁	A ₁	A
	Matéria orgânica (g/kg)	34,64	33,21	39,53
	Espessura (cm)	20	10	20
	Cor úmida	7,5 YR 3/2	7,5 YR 3/2	10 YR 3/2
	% de argilas	24,00	16,00	28,00
	% de poros	65,48	59,33	58,34

Em se comparando os perfis 18 e 9 (Tabela 19), nota-se que este se localiza em vertente de maior declividade, de morfologia mais abaciada, sob cobertura vegetal um pouco menos preservada. Comparando-se o sub-horizonte A₁ do perfil 9 com o horizonte A do perfil 18, observa-se que este é menos arenoso, menos poroso e mais orgânico. O maior percentual de argilas, a menor declividade e a menor alteração da cobertura vegetal na área do perfil 18 podem explicar seu horizonte superficial mais orgânico.

Em resumo, dentre as 15 comparações individuais feitas perfil com perfil (Tabela 20), observa-se uma predominância de solos com maiores conteúdos de matéria orgânica sob condição de vegetação mais densa ou menos degradada (9 casos: 19 comparado com 1, 3 comparado com 1, 1 comparado com 27, 26 comparado com 27, 4 comparado com 27, 21 comparado com 9, 21 comparado com 18, 18 comparado com 8, 18 comparado com 9), em encosta menos exposta ao sol (8 casos: 19 comparado com 1, 3 comparado com 1, 19 comparado com 3, 3 comparado com 4, 26 comparado com 4, 21 comparado com 9, 21 comparado com 18, 21 comparado com 8), com morfologia mais abaciada (7 casos: 19 comparado com 1, 3 comparado com 1, 1 comparado com 26, 3 comparado com 4, 21 comparado com 18, 21 comparado com 8, 8 comparado com 9). São ainda observados quatro casos onde perfis de solo sob menor declividade apresentam maiores conteúdos de matéria orgânica (1 comparado com 26, 4 comparado com 27, 8 comparado com 9, e 18 comparado com 9).

Em contraposição, observa-se em sete comparações a ocorrência de maiores conteúdos de matéria orgânica em perfis sob maior declividade: no perfil 26 comparado com os perfis 4 e 27, no perfil 21 comparado com os perfis 18 e 8, no perfil 18 comparado com o 8, no perfil 3 comparado com o 4, e no perfil 1 comparado com o 27. Nesse sentido, a declividade como fator isolado não se mostra preponderante na dinâmica de acúmulo de matéria orgânica nos solos. Notam-se do mesmo modo cinco casos comparativos onde o maior conteúdo de matéria orgânica ocorre em solos com morfologia menos abaciada: perfil 26 em comparação com os perfis 27 e 4; perfil 1 em comparação com o 27; perfil 4 em comparação com 27; perfil 1 em comparação com o 27; e perfil 18 em comparação com o 9.

Tabela 20: Comparações individuais feitas perfil com perfil, segundo grupamentos de análise

Comparações entre perfis		Fatores ambientais favoráveis ao acúmulo de matéria orgânica na área do perfil com maior conteúdo de matéria orgânica	Fatores desfavoráveis ao acúmulo de matéria orgânica na área do perfil com maior conteúdo de matéria orgânica
Menor conteúdo de matéria orgânica	Maior conteúdo de matéria orgânica		
1	19	Morfologia mais abaciada, cobertura vegetal menos degradada, menor exposição solar	—
1	3	Morfologia mais abaciada, cobertura vegetal menos degradada, menor exposição solar	—
3	19	Menor exposição solar, horizonte mais argiloso	—
27	1	Cobertura vegetal menos degradada	Morfologia menos abaciada, maior declividade, maior exposição solar
26	1	Menor declividade, morfologia mais abaciada	Cobertura vegetal menos densa, maior exposição solar
27	26	Cobertura vegetal menos degradada	Maior declividade, morfologia menos abaciada
4	3	Menor exposição solar, morfologia mais abaciada	Maior declividade
27	4	Menor declividade, cobertura vegetal menos degradada	Morfologia menos abaciada, maior exposição solar
4	26	Menor exposição solar, horizonte mais argiloso	Maior declividade, cobertura vegetal mais degradada, morfologia menos abaciada
9	21	Cobertura vegetal menos degradada, menor exposição solar	—
18	21	Cobertura vegetal menos degradada, menor exposição solar, morfologia mais abaciada	Maior declividade
8	21	Menor exposição solar, morfologia mais abaciada	Maior declividade
9	8	Menor declividade, morfologia mais abaciada	Cobertura vegetal mais degradada
8	18	Cobertura vegetal menos degradada	Maior declividade
9	18	Cobertura vegetal menos degradada, menor declividade, horizonte mais argiloso	Morfologia menos abaciada

Três casos comparativos revelam maiores conteúdos de matéria orgânica em perfis sob maior exposição solar: 1 em comparação com os perfis 26 e 27, e 4 em comparação com o perfil 27. Outros três casos comparativos evidenciam maiores conteúdos de matéria orgânica em perfis sob cobertura vegetal mais degradada: 1 em comparação com 26; 26 em comparação com 4; e 8 em comparação com 9.

Nesse sentido, a comparação perfil com perfil possibilita delinear algumas características da dinâmica de acúmulo de matéria orgânica na bacia. Com exceção de raros casos onde um único fator pode explicar o maior conteúdo de matéria orgânica (por exemplo, vegetação, na comparação do perfil 27 com o 26, do 8 com o 18), observa-se em cada perfil uma atuação conjunta de fatores favoráveis a maiores conteúdos de matéria orgânica, não sendo portanto possível afirmar a preponderância de um só fator. Contudo, pode-se afirmar a ação mais decisiva da cobertura vegetal, bem como da orientação de vertentes, a qual demonstra uma correlação com a distribuição da vegetação na bacia e influencia na decomposição da matéria orgânica através da variação de exposição solar. Observa-se ainda uma atuação relevante da morfologia de encostas, enquanto que a declividade de encostas se mostra pouco determinante.

Correlações amplas, tendo em vista o conjunto dos perfis, expõem dados relevantes. De maneira geral, observa-se no conjunto dos perfis analisados, uma diminuição dos conteúdos de matéria orgânica em profundidade nos perfis, bem como a recorrência dos maiores valores nos horizontes mais superficiais, A, ou sub-horizontes A₁. No que se refere à profundidade total e à quantidade de horizontes superficiais dos perfis analisados (Tabela 21), observou-se que estão relacionados sobretudo com aspectos como declividade e morfologia das encostas.

Há uma tendência de aumento da profundidade total e da diferenciação de horizontes superficiais, sobretudo nas encostas onde a declividade é mais suave (perfis 8, 4 e 27), ou nas quais a morfologia tende ao abaciamento (perfis 9, 3). Em contraposição, quando a morfologia é menos abaciada (perfis 1 e 26) e sobretudo quando a encosta apresenta grande declividade (perfis 19, 1, 21 e 26), decrescem a profundidade total e o número de horizontes superficiais por perfil. Nesse sentido, a declividade parece ser o fator de influência determinante, secundada pela morfologia de encostas.

Aspectos como exposição solar, cobertura vegetal e uso do solo, não parecem exercer influência sobre a profundidade e diferenciação de horizontes superficiais, dada a aleatoriedade de ocorrência das condições mais e menos propícias ao acúmulo e/ou intemperização de materiais orgânicos e inorgânicos formadores desses horizontes. A

maior diferenciação de horizontes superficiais encontra-se nos perfis com maiores profundidades totais de horizontes superficiais.

Tabela 21: Profundidade total de horizontes superficiais em ordem decrescente por perfil, em correlação com condições geomorfológicas, de cobertura vegetal e de uso do solo.

<i>Perfis</i>	<i>Horizontes superficiais</i>	<i>Profundidade total</i>	<i>Exposição solar</i>	<i>Declividade</i>	<i>Morfologia de encostas</i>	<i>Cobertura vegetal</i>	<i>Uso do solo</i>
8	A ₁ , A ₂ , AB	155	insolação	25	convexa x côncava	gramíneas e arbustos	Pastagem
9	A ₁ , A ₂ , AB	145	insolação	50	côncava x retilínea	vegetação secundária	Sem uso
4	A ₁ , A ₂ , AB	140	insolação	30	retilínea x retilínea	floresta ombrófila	Sem uso
3	A, Ab, AB	140	sombreamento	55	côncava x retilínea	floresta ombrófila	Sem uso
27	A	60	sombreamento	45	côncava x retilínea	gramíneas	Pastagem
19	A ₁ , A ₂ , AB	45	sombreamento	55	côncava x retilínea	floresta ombrófila	Sem uso
1	A, AB	45	insolação	55	retilínea x retilínea	gramíneas e arbustos	Sem uso
21	A	25	sombreamento	50	côncava x retilínea	floresta ombrófila	Sem uso
18	A	20	insolação	45	côncava x convexa	vegetação secundária	Sem uso
26	A	12	sombreamento	60	convexa x retilínea	vegetação secundária	Sem uso

A localização dos perfis em seções de encosta também parece ter sido, ao menos no geral, de pouca relevância. Quase todos os perfis se encontram em seção de baixa encosta, exceção feita aos perfis 3 e 21, que se encontram em seção de meia-encosta, o que pode ter influenciado, ao menos para este último, na menor profundidade e diferenciação de horizontes superficiais.

Considerando-se, como anteriormente, o horizonte ou sub-horizonte superficial a apresentar o maior conteúdo de matéria orgânica para cada perfil, observa-se, no que se refere aos conteúdos de matéria orgânica de todos os solos analisados (Tabela 22), uma tendência de maiores valores nas encostas de morfologias que tendem ao abaciamento, ou seja, naquelas mais côncavas (perfis 21, 19, 3), enquanto que alguns dos menores conteúdos de matéria orgânica encontram-se nos perfis cujas encostas apresentam morfologias mais convexas ou retilíneas (perfis 26, 8, 4).

Tabela 22: Maiores conteúdos de matéria orgânica em ordem decrescente por perfil, em correlação com condições geomorfológicas, de cobertura vegetal, de uso do solo, e com propriedades físicas dos solos.

Horizonte/ Sub-horizonte (g/kg)	Exposição solar	Declividade %	Morfologia de encosta (planta x perfil)	Cobertura vegetal (classificação segundo Governo do Estado do Rio de Janeiro, 1995)	Uso do solo	Granulometria %			Porosidade %
						areias	Silte	argilas	
Perfil 21 – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico (CHd)									
A - 54,89	sombreamento	50	côncava x retilínea	floresta ombrófila	Sem uso	68,00	25,64	6,36	65,44
Perfil 19 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (CXbd)									
A ₁ - 40,75	sombreamento	55	côncava x retilínea	floresta ombrófila	Sem uso	56,00	4,00	40,00	56,26
Perfil 18 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (CXbd)									
A - 39,53	insolação	45	côncava x convexa	vegetação secundária	Sem uso	64,00	8,00	28,00	58,34
Perfil 3 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico húmico (LAd)									
A - 39,32	sombreamento	55	côncava x retilínea	floresta ombrófila	Sem uso	53,80	22,20	24,00	62,17
Perfil 1 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (CXbd)									
A - 37,27	insolação	55	retilínea x retilínea	gramíneas e arbustos	Sem uso	55,70	20,30	24,00	57,42
Perfil 26 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (LVAd)									
A - 35,01	sombreamento	60	convexa x retilínea	vegetação secundária	Sem uso	60,00	4,00	36,00	60,67
Perfil 8 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico húmico (LVAd)									
A ₁ - 34,64	insolação	25	convexa x côncava	gramíneas e arbustos	Pastagem	60,00	16,00	24,00	65,48
Perfil 9 – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico (CHd)									
A ₁ - 33,21	insolação	50	côncava x retilínea	vegetação secundária	Sem uso	36,00	12,00	52,00	64,09
Perfil 4 – LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico (LAd)									
A ₁ - 27,51	insolação	30	retilínea x retilínea	floresta ombrófila	Sem uso	41,10	12,10	46,80	63,97
Perfil 27 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico (LVAd)									
A - 17,00	sombreamento	45	côncava x retilínea	gramíneas	Pastagem	44,00	20,00	36,00	62,80

A declividade parece não exercer influência significativa, visto que alguns dos menores conteúdos de matéria orgânica encontram-se nos perfis de menor declividade dentre os analisados (perfis 8, 4 e 27), enquanto que alguns dos maiores conteúdos encontram-se nos perfis em vertentes com os maiores percentuais de declividade, entre 50 a 55% (perfis 21, 19, 3 e 1). A aleatoriedade de ocorrência dos maiores e menores percentuais de areias/argilas e de porosidade dos horizontes superficiais no conjunto dos perfis, não permite relatar tendências correlativas com os conteúdos de matéria orgânica.

Quanto às condições de exposição solar, cobertura vegetal e uso do solo, observa-se que os maiores conteúdos de matéria orgânica (perfis 21 e 19) encontram-se em vertentes de sombreamento sob floresta ombrófila. O quarto maior conteúdo (perfil 3) também ocorre em vertente de sombreamento sob floresta ombrófila. Em contrapartida, alguns dos perfis com menores conteúdos de matéria orgânica encontram-se em vertentes de insolação (perfis 8, 9 e 4) e/ou sob vegetação secundária ou de gramíneas (8, 9 e 27) e sob uso (8 e 27), o que revela certa influência do uso, da cobertura vegetal, e da orientação de vertentes, sobre os conteúdos de matéria orgânica.

6. Conclusões

A bacia do rio Bonito é uma área predominantemente agrícola e apresenta um processo de crescimento econômico expresso por asfaltamento de estradas de rodagem, ampliação da diversificação de atividades econômicas, e ocupação de novas áreas pela agricultura. O conhecimento da dinâmica do acúmulo de matéria orgânica é de suma importância, especialmente dada a dependência da atividade agrícola desenvolvida na área com relação à ocorrência de horizontes superficiais ricos em matéria orgânica, a qual constitui atenuante às sérias limitações, típicas de áreas montanhosas tropicais, que se impõem à área, tais como solos ácidos e pouco férteis, além de fortes declividades.

A investigação correlativa entre variáveis ambientais e características e propriedades dos solos da área evidencia uma dinâmica de formação e acúmulo de matéria orgânica que pode ser subdividida em âmbitos regional e local.

Sob a perspectiva das condições sócio-ambientais de âmbito regional, observa-se um conjunto favorável ao desenvolvimento e conservação de solos com apreciáveis conteúdos de matéria orgânica e considerável profundidade de horizontes superficiais. São eles: a cobertura vegetal bem preservada em certos locais da bacia; o uso antrópico relativamente recente da área, em comparação com o restante do estado; e o clima mesotérmico úmido relacionado às elevadas altitudes. As temperaturas mais baixas e as condições de umidade propiciadas por este clima respondem, em grande parte, pela formação dos horizontes superficiais ricos em matéria orgânica encontrados na bacia, dentre os quais observam-se inclusive epípedons húmicos. Como circunstância desfavorável ao acúmulo de matéria orgânica, distingue-se em especial a geomorfologia regional, representada por relevo montanhoso, de forte declividade e forte desnível altimétrico, o qual constitui ainda limitação ao uso agrícola.

As comparações realizadas entre perfis de solos propiciaram a avaliação da dinâmica de formação e acúmulo de matéria orgânica em âmbito local, revelando uma dinâmica bem mais complexa do que se poderia avaliar sob uma perspectiva regional.

No que se refere à profundidade total e diferenciação dos horizontes superficiais dos solos, tanto as comparações realizadas entre perfis segundo grupamentos, quanto as correlações realizadas para o conjunto dos perfis, revelam maiores profundidades em solos sob encostas de menor declividade e/ou morfologia mais abaciada, enquanto as menores profundidades encontram-se nos perfis sob encostas de maior declividade, menos abaciadas, ou ambas. Há uma maior diferenciação de horizontes superficiais nos perfis com maior profundidade total.

A ocorrência das maiores profundidades totais de horizontes superficiais de solos em áreas de insolação e vegetação de gramíneas, ou secundária degradada, revela a pouca relevância da exposição solar e cobertura vegetal sobre a dinâmica de formação de horizontes superficiais.

No tocante aos conteúdos de matéria orgânica dos solos, observa-se tanto no conjunto dos perfis, quanto nas comparações entre perfis, uma influência considerável da morfologia de encostas, na medida em que há muitos casos onde os maiores conteúdos ocorrem nos perfis de encostas cuja morfologia é mais abaciada. Observa-se ainda a ocorrência de maiores conteúdos de matéria orgânica em perfis sob menor

exposição solar ou cobertura vegetal densa e bem preservada. A recorrência de encostas sombreadas sob cobertura vegetal mais densa ou mais preservada é observada em vasta área da bacia do rio Bonito. Nesse sentido, constata-se uma correlação onde encostas mais sombreadas e com cobertura vegetal mais desenvolvida, apresentam solos cujos horizontes superficiais detêm maiores conteúdos de matéria orgânica.

Em contrapartida, tanto no conjunto dos perfis quanto nas comparações entre perfis, observa-se a ocorrência de maiores conteúdos de matéria orgânica em solos sob as maiores declividades dentre todos os perfis analisados, ou dentre os solos mais arenosos e porosos, todas estas condições desfavoráveis que parecem exercer influência menos decisiva sobre o acúmulo da matéria orgânica.

Em suma, constata-se que a profundidade e diferenciação de horizontes superficiais refletem a ação conjunta de morfologia e declividade de encostas, sobretudo desta última, enquanto que os conteúdos de matéria orgânica dos solos respondem a uma gama variada de fatores, revelando assim uma dinâmica de ocorrência mais complexa, ainda que se observe um papel preponderante do estado de preservação e porte da vegetação, da exposição de vertentes, e da morfologia de encostas. A influência de fatores tais como granulometria, e porosidade dos horizontes, parece ser pouco decisiva ou secundária, frente aos outros fatores.

Em última análise, nota-se que a uma conjuntura de âmbito regional, expressa pelo clima mesotérmico brando úmido, cobertura vegetal densa e bem preservada, e relevo montanhoso de consideráveis altitudes, interpõe-se uma conjuntura local onde morfologia e orientação de encostas, bem como cobertura vegetal, controlam sobremaneira a dinâmica de acúmulo de matéria orgânica. Nesse sentido, a ocupação de novas áreas de encostas da bacia por atividades agrícolas, pode guiar-se por critérios de orientação, morfologia e declividade de encostas, direcionando-se a encostas mais abaciadas, e de declividade mais suave, onde se situam solos mais profundos e produtivos. A importância da cobertura vegetal, na incorporação de matéria orgânica aos horizontes superficiais, aponta para a necessidade de uma prática regular de pousio, que propicie a recuperação periódica do solo. O respeito a tais critérios pode assegurar a ocupação de áreas economicamente mais viáveis, assegurando um maior desenvolvimento econômico.

7. Bibliografia

- AB'SABER, A.N., BERNARDES, N. Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e arredores de São Paulo. In: **Congresso Internacional de Geografia**, 18. Guia de excursão n.º.4, Rio de Janeiro: UGI / CNB – CNG. 1958.
- ALMEIDA, F.F.M., CARNEIRO, C.D.R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**. 28 (2):135-150, junho de 1998.
- ALVES, A.R. **Irradiância solar global em superfícies de diferentes inclinações e azimutes, para Viçosa, MG**. UFV, Tese de mestrado. Viçosa-MG. 1981
- AANDHAL, A.R. The characterization of slope positions and their influence on the total nitrogen content of a few virgin soils of Western Iowa. In: **Soil Science Society Proceedings**. 1948.
- ASMUS, H.E., FERRARI, A.L. Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na Região Sudeste do Brasil. **Série Projeto Remac n.º. 4**, Aspectos estruturais da margem continental Leste e Sudeste do Brasil. Rio de Janeiro: CENPES/PETROBRÁS. 1979.
- BENINCASA, M. **Efeito de rampas com diferentes declividades e exposições Norte e Sul de uma bacia hidrográfica sobre o microclima e produtividade biológica do Sorghum bicolor (L.) Moench**. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia de Jaboticabal. Tese de livre docência. Jaboticabal-SP. 1976.
- BENNETT, O.L., MATHIAS, E.L., HENDERLONG, P.R. Effects of North- and South-facing Slopes on Yield of Kentucky Bluegrass (*Poa pratensis* L.) with Variable Rate and time of Nitrogen Application. **Agronomy Journal**, vol.64, September-October 1972. 1972.
- BERNALDEZ, F.G. **Ecología e Paisaje. Ciencias de la naturaleza**. Madrid: H. Blume Ediciones. 1981.
- BERNARDES, L.M.C. Tipos de clima do estado do Rio de Janeiro. In: **Revista Brasileira de Geografia**, 14 (1), jan-mar de 1952.
- BIGARELLA, J.J., BECKER, R.D, PASSOS, E. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Volume 2, editora da UFSC, Florianópolis. 1996.
- BIRKELAND, P.W. **Soil and geomorphology**. Oxford University Press, New York. 1984.

- BOTELHO, R.G.M. **Identificação de unidades ambientais na bacia do rio Cuiabá (Petrópolis – RJ) visando o planejamento de uso do solo.** Dissertação de mestrado. UFRJ, Rio de Janeiro. 1996.
- BOTELHO, R.G.M., SILVA, J.G., LAMIM, A.S. Caracterização morfológica, física e química dos solos da bacia do rio Cuiabá – Petrópolis (RJ). In: **Anais do I Simpósio Nacional de Geomorfologia.** Sociedade e Natureza, volume 8, nº 15. UFU, Uberlândia, MG. 1996.
- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos.** Livraria Freitas Bastos, Rio de Janeiro. 1979.
- BRASIL. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Divisão de Controle de Recursos Hídricos. **Bacia do Rio Paraíba do Sul, dados pluviométricos mensais atualizados até 1977.** Brasília-DF. 1980.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia, Secretaria Geral, Projeto Radambrasil. **Levantamento de Recursos Naturais.** Volume 32. Folhas SF.23/24, Rio de Janeiro/Vitória. RADAMBRASIL, Rio de Janeiro. 1983.
- BUNTING, B.T. **The Geography of soil.** Hutchinson University Library, London. 1968.
- BUOL, S.W., HOLE, F.D., McCracken, R.J. **Soil Genesis and Classification.** The Iowa State University Press, Ames. 1973.
- CÂMARA, G., MEDEIROS, J.S. **Geoprocessamento para projetos ambientais.** INPE, São José dos Campos, SP. 1996.
- CAMARGO, A.P. O clima e a cafeicultura no Brasil. In: **Informe agropecuário**, 11 (126), junho de 1985. Belo Horizonte. 1985.
- CONCEIÇÃO, M., MANZATTO, C.V., ARAÚJO, W.S., NETO, L.M., SAAB, S.C., CUNHA, T.J.F., FREIXO, A. Estudo comparativo de métodos de determinação do conteúdo de matéria orgânica em organossolos. In: **Comunicado técnico nº 2**, dezembro de 1999. EMBRAPA – solos, Rio de Janeiro. 1999.
- CARVALHO FILHO, A., LUMBRERAS, J.F., LEMOS, A.L., SANTOS, R.D. DOS, CALDERANO FILHO, B., WITTEM, K.P. Mapa de Solos do estado do Rio de Janeiro. Escala 1:500.000. EMBRAPA / CPRM. In: MME / CPRM. **Projeto Rio de Janeiro (CD-ROM).** Brasília. 2001a.
- CARVALHO FILHO, A. DE, LUMBRERAS, J.F., AMARAL, F.C.S. DO, NAIME, U.J., CUNHA, T.J.F. DA, SANTOS, R.D. DOS, CALDERANO FILHO, B., LEMOS, A.L. Mapa de aptidão agrícola das terras do estado do Rio de Janeiro. EMBRAPA, CPRM Escala 1:500000. In: MME / CPRM. **Projeto Rio de Janeiro (CD-ROM).** Brasília. 2001b.
- CERQUEIRA, A.S., RESENDE, M., REZENDE, S.B., BOGNOLA, I.A. Exposição à radiação solar e gênese de solos eutróficos em regiões acidentadas do Brasil

- sudeste. In: **25º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Resumos Expandidos. Vol.3, pp. 1512-1514. Viçosa: SBSC / UFV. 1995.
- COSTA, J. Nos caminhos do Brejal. In: **Jornal O Globo**, Caderno "Boa Viagem". Rio de Janeiro, 15 de agosto de 2002. pp.18-20. 2002.
- COOPER, A.W. An example of the role of microclimate in soil genesis. **Soil Science**, volume 90, July to December, 1960.
- DANIELS, R.B, GAMBLE, E.E., CADY, J.G. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. In: **Advances in Agronomy**, 23. 1971.
- DANTAS, M.E. Mapa Geomorfológico S.F. 23-Z-B – Folha Rio de Janeiro. MME-CPRM. Escala 1:250000. In: MME / CPRM. **Projeto Rio de Janeiro** (CD-ROM). Brasília. 2001.
- DANTAS, M.E., SHINZATO, E., MEDINA, A.I. DE M., SILVA, C.R. DA, PIMENTEL, J., LUMBRERAS, J.F., CALDERANO, S.B., CARVALHO FILHO, A. DE, MANSUR, K., FERREIRA, C.E.O. Mapa Geoambiental do estado do Rio de Janeiro. CPRM, EMBRAPA, DRM-RJ. Escala 1:500000. In: MME / CPRM. **Projeto Rio de Janeiro** (CD-ROM). Brasília. 2001.
- DE BIASI, M. Carta de declividade de vertentes: confecção e utilização. **Geomorfologia**, n.21. São Paulo: IGE/USP. 1970.
- DENICH, M., BRANDINO, Z.G., BLUM, E. decomposição da matéria orgânica. In: **Pesquisas sobre utilização e conservação do solo na Amazônia Oriental**. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, Belém, PA. 1986.
- EMBRAPA. SNLCS. **Crítérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento**. Série Documentos 11, Rio de Janeiro. 1988.
- EMBRAPA. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. EMBRAPA-SPI, Brasília-DF. 1995.
- EMBRAPA. CNPS. **Manual de métodos de análise de solo**. EMBRAPA/CNPS, Rio de Janeiro. 1997.
- EMBRAPA. CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. EMBRAPA/CNPS, Rio de Janeiro. 1999.
- FIDERJ – Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Rio de Janeiro. **Indicadores Climáticos**. Editora FIDERJ. Rio de Janeiro. 1978.
- FINNEY, H.R., HOLOWAYCHUK, N., HEDDLESON, M.R. The influence of microclimate on the morphology of certain soils of the Allegheny Plateau of Ohio. In: **Soil Science Society of America – Proceedings**. Volume 26, nº. 3, may-june, 1962. 1962.

- GALBIATTI, J.A. **Efeito de rampas com 0 e 20% de declividade, exposições Norte e Sul, sobre a umidade e temperatura do solo e comportamento do *Sorghum bicolor* (L.) Moench.** Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Dissertação de mestrado. Jaboticabal-SP. 1978.
- GALVANI, E., ESCOBEDO, J.F., PEREIRA, A.B. Estimate of the radiation balance components on greenhouse lettuce based on outside radiation measurements and structure orientation. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n°2, p.169-179, 2001.
- GERRARD, J. **Soil Geomorphology: an integration of pedology and geomorphology.** Chapman, Hall. 1995.
- GILBERT, G.E., WOLFE, J.N. Soil moisture investigations at *Neotoma*, a forest bioclimatic laboratory in Central Ohio. **The Ohio Journal of Science**, 59 (1): 38-46, January, 1959.
- GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável.** Porto Alegre: ed. Universidade/UFRGS. 2000.
- GONÇALVES, L.F.H., GUERRA, A.J.T. Movimentos de massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, A.J.T., CUNHA, S.B. (orgs.) **Impactos ambientais urbanos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2001.
- GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. CIDE – Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro. **Mapa de Uso do Solo e da Cobertura Vegetal.** Folha Itaipava – SF.23-Z-B-II-1. Escala 1:50.000. Governo do estado do Rio De Janeiro, SECPLAN, CIDE. 1995.
- GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. CIDE – Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro. **Território do estado do Rio de Janeiro.** Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2ª edição. 1998.
- GUERRA, A.J.T. Encostas e a questão ambiental. In: CUNHA, S.B., GUERRA, A.J.T. (orgs.) **A questão ambiental: diferentes abordagens.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2003.
- HARRADINE, F., JENNY, H. Influence of parent material and climate on texture and nitrogen and carbon contents of virgin California soils. I. Texture and nitrogen contents of soils. **Soil Science.** Volume 85, number 5, May 1958.
- JENNY, H. The nitrogen content of the soil as related to the precipitation-evaporation ratio. **Soil Science.** Volume XXIX, number 3. March, 1930.
- JENNY, H. The soil resource – origin and behaviour. **Ecological Studies**, v.37. Springer – Verlag. New York, USA. 1980.
- JUNGERIUS, P.D. Soils and geomorphology. **Catena supplement**, Braunschweig, 6. 1985.

- KIDRON, G.J., BARZILAY, E., SACHS, E. Microclimate control upon sand microbiotic crusts, western Negev Desert, Israel. **Geomorphology** 33 (2000) 1-18. Elsevier.
- KING, L.C. A geomorfologia do Brasil oriental. **Revista Brasileira de Geografia**. Ano XVIII, n.º. 2, abril-junho de 1956.
- KUTIEL, P., LAVEE, H., ACKERMANN, O. Spatial distribution of soil surface coverage on north and south facing hillslopes along a Mediterranean to extreme arid climatic gradient. **Geomorphology** 23 (1998) 245-256. Elsevier.
- LÅG, J. Illustration of influence of topography on depth of A₂-layer in podzol profiles. **Soil Science**. Volume 71, n.º.2, February. Williams, Wilkins co. 1951.
- LAMEGO F., A.R. O Homem e a Serra. **Setores da evolução fluminense**, Volume IV. IBGE. Rio de Janeiro. 1963.
- LEMOS, R.C., SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no Campo**. SBCS/CNPS. Campinas - SP. 1996.
- LYNN, W.C., KINZIE, W.E., GROSSMAN, R.B. Field laboratory tests for characterization of histossols. In: AANDHAL, A.R., BUOL, S.W., HILL, D.E., BAILEY, H.H. (eds.) **Histossols, their characteristics, classification and use**. Madison. Soil Science Society of America, p.1-10. 1974.
- LOPES, L.R. **Efeitos da exposição sobre o microclima da cultura de sorgo (sorgum vulgare pers.)**. Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia de Jaboticabal "Prof. Antonio Ruete". Tese de doutorado. Jaboticabal, SP. 1973.
- LOPES, E.S.S. **Apostila de curso – SPRING-3.3 (versão Windows)**. Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. Junho de 1999.
- LOPES, M.R.S., MAFRA, N.M.C., SATHLER, R., MENDES, L.D., PORTOCARRERO, H. Levantamento de reconhecimento detalhado dos solos no município de Petrópolis – RJ: bacia do rio Bonito. In: **XXVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Londrina, PR, 01 a 06 de julho de 2001.
- LOTSPEICH, F.B., SMITH, H.W. Soils of the Palouse Catena: I. The Palouse Catena. In: **Soil Science**, volume 76, July to December, 1953.
- MACFADDEN, L.D., KNUEPFER, P.L.K. Soil geomorphology: the linkage of pedology and surficial processes. Amsterdam, **Elsevier Sci. Publ. B.V.**, **Geomorphology** 3 (1990).
- MAFRA, N.M.C. **Esquema metodológico para la planificación de usos del suelo en zonas tropicales húmedas: aplicación a la región norte del estado de Rio de Janeiro, Brasil**. Tesis doctoral, Universitat de València. València, España. 1997.

- MAFRA, N.M.C. Suelos com epípedons úmbricos em zona tropical de montanha y su relacion com el uso agrícola: Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil. In: **11th International Soil Conservation Organization Conference**, Buenos Aires, Argentina. Abstracts, vol. I. 2000.
- MAFRA, N.M.C., DUARTE, L.P., LOPES, M.R.S., SATHLER, R. Sequences of soil profiles with umbric epipedons characteristics in Bonito river basin, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brazil. **Regional conference on geomorphology**. Rio de Janeiro. IAG/UGB. July 17-22 1999.
- MAFRA, N.M.C., SILVA, A.S., BOTELHO, R.G.M. Alternative land use in mountainous rainy tropical area of Rio de Janeiro State, Brazil. In: **Third International Congress of the European Society for Soil Conservation.– Man and Soil at the Third Millennium**. València (Spain), C.I.D.E / ESSC. Abstracts Book, vol.1. 28 march – 1 april, 2000.
- MAFRA, N.M.C., ULL, F.V. **Levantamento de Reconhecimento Detalhado de Solos do alto e médio curso do rio Bonito**. Escala 1:25000. SIG, SPRING, INPE, BR. Modificado de sua versão original. In: SATHLER, R. *Caracterização de toposseqüências de solos com horizontes A húmicos em área serrana: o caso da bacia do rio Bonito, Petrópolis, RJ*. Monografia de conclusão de curso. UERJ: Rio de Janeiro. 2001.
- MATOS, J.A., MANZATTO, H.R.H., CUNHA, T.J.F., SILVA, C.A., RAMOS, D.P. Diagnóstico ambiental em microbacias hidrográficas na região serrana fluminense. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. CD-ROM, Setor de Informação – EMBRAPA Cerrados. Brasília, julho de 1999.
- MELTON, M.A. Intravalley variation in slope angles related to microclimate and erosional environment. In: SCHUMM, S.A., MOSLEY, M.P. (eds.) **Benchmark Papers in Geology: Slope Morphology**. Dowden, Hutchinson, Ross, Inc. Stroudsburg, Pennsylvania, USA. 1973.
- MENDES, L.D., CARRERO, H.P., MAFRA, N.M.C. Relação entre as características e propriedades de solos com epípedons húmicos e o estado de conservação das terras, em área serrana do Rio de Janeiro. **Resumos do VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão**. CD-ROM. ABGE/CNPq. Goiânia-GO, 3 a 6 de maio de 2001.
- MOTA, F.S. **Meteorologia agrícola**. Livraria Nobel, São Paulo. 1975.
- MEIS, M.R.M., MIRANDA, L.H.G., FERNANDES, N.F. Desnívelamento de altitude como parâmetro para a compartimentação do relevo: bacia do médio – baixo Paraíba do Sul. In: **Anais do 32 Congresso Brasileiro de Geologia**. Volume 4. Salvador, SBGA-BA. 1982.
- MONTEIRO, M.F., SILVA, T.C. **Aspectos fluviais importantes para a foto- interpretação**. Núcleo de Recursos Didáticos, Universidade Federal da Bahia. 1979.

- MUNSELL. **Munsell Soil Color Charts**. GretagMachbeth. New Windsor, New York State, USA. 1994.
- NIMER, E. Climatologia da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, 34 (1). Rio de Janeiro: IBGE. 1972.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Volume 4. IBGE, Rio de Janeiro. 1979.
- NORTON, E.A., SMITH, R.S. The influence of topography on soil profile character. **Journal of the American Society of Agronomy**. Vol.22, n^o. 3, March. Published by the society. 1930.
- NUNES, W.A.G.A., KER, J.C., SCHAEFER, C.E.G.R., FERNANDES FILHO, E.I., GOMES, F.H. Relação solo-paisagem-material de origem e gênese de alguns solos no domínio do “mar de morros”, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:341-354, 2001.
- OLIVEIRA, J.B. de, JACOMINE, P.K.T., CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal, FUNEP. 1992.
- OLMOS, I., LARACH, J. Bases para leitura de mapas de solos. **Série Miscelânea**. Rio de Janeiro: Embrapa/SNLCS. 91pp. 1983.
- PALMIERI, F., LARACH, J.O.I. Pedologia e Geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T., CUNHA, S.B. (orgs.) **Geomorfologia e meio-ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 372p. 1996.
- PENHA, H.M., FERRARI, A.L., JUNHO, M.C.B., SOUZA, S.L.A., BRENNER, T.L. **Projeto Carta Geológica do estado do Rio de Janeiro**. Relatório Final – Folha Itaipava. – DRM / UFRJ. Niterói-RJ. 1981b.
- PENHA, H.M., RAMOS, J.R.A. Degradação das áreas florestadas e suas Conseqüências. In: Ciclo de mesas redondas. **Grande Rio: impropriedades no uso do solo**. UFRJ/ABGE/Clube de Engenharia/ABMS. Rio de Janeiro. 1988.
- PORTA, J., LOPEZ-ACEVEDO, M., RODRIGUEZ, R. **Técnicas y Experimentos em Edafologia**. Escola Tècnica Superior d'Enginyers Agrònoms Lleida, Universitat Politècnica de Catalunya. Ed. Colègi Oficial d'Enginyers Agrònoms de Catalunya, Espanha. 1986.
- PRIMAVESI, A. **O Manejo do Solo: Agricultura em Regiões Tropicais**. Ed. Nobel, São Paulo. 1981.
- QUEIROZ NETO, J.P., CASTRO, S.S. Formações superficiais e latossolo vermelho-amarelo húmico na área de Bragança Paulista, estado de São Paulo, Brasil. In: **Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia**. Porto Alegre, RS. 1974.
- RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. In: **Informe agropecuário** 11 (128), agosto de 1985. Belo Horizonte.

- RESENDE, M. Clima do solo e suas relações com o ambiente agrícola. In: **Informe agropecuário** 12 (138), junho de 1986. Belo Horizonte.
- RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S.B., CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. NEPUT, Viçosa – MG . 1997.
- RESENDE, M., REZENDE, S.B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. In: **Informe agropecuário** 9 (105), setembro, 1983. Belo Horizonte.
- RUELLAN, F. A evolução geomorfológica da baía de Guanabara e das regiões vizinhas. **Revista Brasileira de Geografia**, ano VI, n^o. 4, outubro-dezembro de 1944.
- RUHE, R.V. Elements of the soil landscape. **Transactions of the 7th International congress of Soil Science**. Vol.IV, VII. International Society of Soil Science. Madison, Wisconsin, USA. 1960.
- RUNNING, S.W. Microclimate control of forest productivity: analysis by computer simulation of annual photosynthesis/transpiration balance in different environments. **Agricultural and Forest Meteorology**, 32 (1984) 267-288. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Netherlands.
- RUSSEL, R.J. Geomorphological evidence of a climatic boundary. **Science**, vol.74, n^o.1924, p.484-485. November 13, 1931.
- SATHLER, R. **Caracterização de toposseqüências de solos com horizontes A húmicos em área serrana: o caso da bacia do rio Bonito, Petrópolis, RJ**. Monografia de conclusão de curso de graduação. UERJ: Rio de Janeiro. 2001.
- SEDIYAMA, G.C., PRATES, J.E. O microclima: possibilidades de modificação. In: **Informe agropecuário** 12 (138), junho de 1986. Belo Horizonte.
- SEGAL, M., MAHRER, Y., PIELKE, R.A., OOKOUCHI, Y. Modeling transpiration patterns of vegetation along south and north facing slopes during the subtropical dry season. **Agricultural and Forest Meteorology**, 36:19-28. 1985.
- SILVA, J.G., BOTELHO, R.G.M. Zoneamento da ocorrência de horizontes superficiais húmicos e proeminentes em Petrópolis (RJ). **VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada – I Fórum Latino-Americano de Geografia Física Aplicada**. 11-15 de Outubro, 1997. Anais – Volume 1. Curitiba – PR.
- SILVA, J.G., BOTELHO, R.G.M. Geomorphology and dark superficial horizons in a small watershed in “Serra do Mar” (Petrópolis, Rio de Janeiro State, Brazil). **Regional Conference on Geomorphology**. Rio de Janeiro, Brazil, IAG/UGB, July 17-22. 1999.
- STRAUCH, N. **Guia de excursão** n^o.2. CNG. 1958.

- SWANSON, D.K., GRIGAL, D.F. Vegetation indicators of organic soil properties in Minnesota. **Soil Science Society of America – Journal**. 53:491-495, March-April, 1989.
- TAVARES, N.P. **O relacionamento morfopedogênico em uma seção transversal ao Vale de Caxambu Pequeno no Município de Petrópolis - estado do Rio de Janeiro**. Tese de Mestrado. UFRJ: Rio de Janeiro. 1987.
- TERAMOTO, E.R., LEPSCH, I.F., VIDAL-TORRADO, P. Relações solo-paisagem em uma área na microbacia do Ribeirão Marins (Piracicaba, SP). In: **XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. 23-29, julho 1995. Viçosa, MG.
- TUBELIS, A., NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo, Nobel. 1980.
- TURCO, J.E.P., PINOTTI JÚNIOR, M., FERNANDES, E.J., RODRIGUES, T. de J.D. Adequação de um modelo de crescimento da cultura de soja para terrenos com diferentes exposições e declividades. In: **Engenharia Agrícola**, v.17, n^o.4, p.25-34, jun.1998, Jaboticabal.
- ULL, F.V. (1999a) **Mapa de Declividade do alto e médio curso do rio Bonito**. Escala 1:30.000. SIG, SPRING, INPE, BR. Modificado de sua versão original. In: SATHLER, R. *Caracterização de toposseqüências de solos com horizontes A húmicos em área serrana: o caso da bacia do rio Bonito, Petrópolis, RJ*. Monografia de conclusão de curso de graduação. UERJ: Rio de Janeiro. 2001
- ULL, F.V. (1999b) **Mapa de Exposição Solar do alto e médio curso do rio Bonito**. Escala 1:30.000. SIG, SPRING, INPE, BR. Modificado de sua versão original. In: SATHLER, R. *Caracterização de toposseqüências de solos com horizontes A húmicos em área serrana: o caso da bacia do rio Bonito, Petrópolis, RJ*. Monografia de conclusão de curso de graduação. UERJ: Rio de Janeiro. 2001.
- VERDADE, F.C. Estudo dos horizontes orgânicos do solo de matas, no arenito Bauru – I distribuição e fracionamento da matéria orgânica. In: **Anais da 3^a Reunião Brasileira de Ciência do Solo**. Recife – Brasil. 17-29, julho 1951. 1^o tomo. SBCS.
- VILLA NOVA, N.A., GHELFI FILHO, H., OMETTO, D.A., JANUÁRIO, M. Estudo da influência da locação de uma edificação rural na carga térmica solar recebida pelas paredes. In: **Anais da Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”**, 45 (1):109-124. Piracicaba-SP, 1988.
- VOLKOFF, B., CERRI, C.C., MELFI, A.J. Húmus e mineralogia dos horizontes superficiais de três solos de campo de altitude dos estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. In: **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, volume 8, páginas 277-283, SBCS. 1984.

- WALKER, P.H., HALL, G.F., PROTZ, R. Relation between landform parameters and soil properties. In: **Soil Science Society of America – Proceedings**. Volume 32, n^o. 1, january-february, 1968.
- WALKLEY, A., BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37:29-38. 1934.
- WHITTAKER, R.H., BUOL, S.W., NIERING, W.A., HAVENS, Y.H. A soil and vegetation pattern in the Santa Catalina Mountains, Arizona. **Soil Science**. Vol.105, n^o. 6, june 1968. The Williams, Wilkins Co.