



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ANÁLISE TRIDIMENSIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DA MATÉRIA
ORGÂNICA EM HORIZONTE SUPERFICIAL DE ENCOSTA NA
REGIÃO SERRANA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

JULIERE GOMES DA SILVA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Antonio José Teixeira Guerra

CO-ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. Rosangela Garrido Machado Botelho

Rio de Janeiro
ABRIL - 2005

**ANÁLISE TRIDIMENSIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DA MATÉRIA
ORGÂNICA EM HORIZONTE SUPERFICIAL DE ENCOSTA NA
REGIÃO SERRANA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

JULIERE GOMES DA SILVA

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 - UFRJ

Prof. Dr^a Rosangela Garrido Machado Botelho – IBGE/ENCE

Prof. Dr. Evaristo de Castro Júnior - UFRJ

Prof. Dr^a Mônica dos Santos Marçal - UFRJ

RIO DE JANEIRO
Abril - 2005

SILVA, JULIERE GOMES DA

Análise Tridimensional da Distribuição da Matéria Orgânica em Horizonte Superficial de Encosta na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro/ Juliere Gomes da Silva. - Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2005.
xiii, 107 p. il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, PPGG, 2005.

1 – Pedogênese. 2 – Matéria Orgânica. 3 – Hidrologia de Encosta. 4 Análise Tridimensional Título (Série)

“Ao perceber o ontem, o hoje e o amanhã, o ser humano percebe a consequência de sua ação sobre o mundo nas diferentes épocas históricas. Torna-se o sujeito de sua história e por isso, responsável por ela. Faz hoje o que se tornou possível pelo ontem. Fará amanhã o que está semeando hoje”.

(Paulo Freire)

**Ao meu querido amor, Claudio Jeferson Assumpção,
companheiro de todas as horas.**

AGRADECIMENTOS

Este primeiro parágrafo não poderia ser, senão à **Deus** e à meu **Anjo da guarda**, que estão sempre ao meu lado, permitindo-me chegar ao término desta dissertação.

Mas, na Terra, também precisamos de ajuda. E, se não existisse a presença de algumas pessoas, este trabalho seria imensamente mais árduo, por isso os créditos debitados a elas:

Rosangela Garrido Machado Botelho, geógrafa do IBGE, minha co-orientadora, embora, sempre com muitas tarefas a realizar, graças a sua competência, não deixou-me uma vez sequer sem resposta às minhas dúvidas (e, não foram poucas), fosse o horário adequado ou não, sempre me atendia com a mesma paciência. Além de ter me apresentado à ciência pedológica, se tornou uma pessoa muito especial, por sua amizade fora da instituição. Hoje, após 9 anos de convivência, posso afirmar que esta mulher é realmente uma profissional nota máxima e uma amiga ao infinito. Obrigada por tudo!!!

Ao Professor Dr. **Antonio José Teixeira Guerra**, meu orientador, por ter acreditado no meu trabalho desde o primeiro período da faculdade, ainda na graduação e ter permitido que integrasse o grupo de pesquisa que coordena, o LAGESOLOS, além de suas palavras de estímulo, para que não esmorecesse ao longo desse árduo trabalho acadêmico.

Ao geógrafo do DRM e Ddo. do departamento de geologia da UFRJ, **Antonio Soares da Silva**, por toda ajuda prestada nos trabalhos de campo, tanto científica, ao elucidar algumas dúvidas, quanto física, nas coletas de amostras, sempre demonstrando interesse em relação a esta pesquisa. Já no final, quando pensei estar tudo acabado, ainda, tive de recorrer a ele, para tirar algumas dúvidas conceituais.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ, que, abriram espaço para ricas discussões e reflexões científicas.

Ao geólogo do DRM, **Francisco Dourado**, por seu valioso auxílio na confecção do MDT.

As amigas de Mestrado: **Andréa Paula de Souza** (agora Dda.), **Claudia Blanco** e **Claudia Romaneli**, por sempre se mostrarem dispostas a ouvir meus desabaços.

A **Simone Ferreira Garcia**, amiga (não somente de Mestrado), e geógrafa da Eletrobrás. Esta “menina” possui um coração enorme. Nunca negou uma ajuda, desde um trabalho de campo, até ouvir, tarde da noite, pelo telefone, eu ditar parágrafos do que tinha escrito, para que desse sua opinião a respeito da clareza dos mesmos. Sua vontade de ajudar é tão sincera, que seus amigos, como eu, acabam por abusar. “Si”, valeu por tudo!!!!

À amiga, jornalista e geógrafa, (a ordem não importa, pois se fosse descrever todos os seus títulos, ufa!!!!), **Sandra Cristina Pinheiro da Silva**, por elucidar algumas dúvidas a respeito da construção correta de algumas frases desta dissertação, além de ouvir meus lamentos ao telefone, tal como a Simone, nas horas de dúvida, sobre este trabalho científico. Enfim, juntamente com a Simone, nós constituímos o trio nomeado: “As Três Mosqueteiras do CCMN”.

Ao colega de Mestrado e do LAGESOLOS **Rafael Sathler**, por suas palavras de incentivo, além de nos últimos meses pegar sempre livros na biblioteca do PPGG para mim, afinal a minha cota para empréstimos estava sempre no limite.

Aos companheiros do grupo de pesquisa do LAGESOLOS, em especial a três bolsistas: **Gabriela Nogueira**, **Raquel Rocha** e **Stella Peres**, que me auxiliaram no laboratório ao ter que refazer as análises em dezoito amostras de solo, quando me encontrava na fase final de elaboração da dissertação, e aos estagiários **Diego** e **Jean**, por auxílios prestados na área de informática. À amiga **Renata Corato**, pela ajuda na obtenção da base cartográfica.

A duas futuras geógrafas: **Carolina Porto** e **Marina Mendonça**, pelas participações em três trabalhos de campo executando as leituras topoaltimétricas.

A **Tatiana Guerra**, por se mostrar sempre interessada pelo andamento do trabalho e por sua disposição em ajudar.

Aos funcionários do Sítio do Moinho, em especial a **Vanessa**, por se mostrar sempre disposta a ajudar no fornecimento de dados sobre a área.

Ao técnico **Joseilson Rodrigues da Silva** (Laboratório de Geografia Física do Deptº. de Geografia da UFRJ), pela organização do ambiente de trabalho.

As funcionárias do PPGG da UFRJ: **Ildione** e **Nildete** (secretárias), tal como à equipe da biblioteca, sempre eficiente e atenciosa.

A **CAPES** e a **FUJB**, pelo apoio financeiro à pesquisa.

À diretora do Instituto Nossa Senhora Auxiliadora (Rede Salesiana), **Irmã Inarlete**, por sua compreensão durante o último mês atribuladíssimo desta dissertação, tal como aos amigos e professores da mesma instituição, por se mostrarem interessados em saber o andamento deste trabalho, dando-me força para continuar sempre, em especial aos amigos **Ângela Maria, Isabel Cristina e Ronaldo**, educadores muitíssimo competentes.

À diretora da FAETEC, **Francisca Erivan Medina**, tal como a funcionária **Margareth**, pelo apoio, compreensão e incentivo nos momentos finais dessa dissertação. Embora tenha chegado à esta Unidade a menos de três meses, consigo me sentir em casa!!!

Aos meus amigos de longas datas, que sempre estiveram ao meu lado, participando desta pesquisa, indiretamente, através de suas palavras de estímulo. Não irei mencionar nomes em especial, pois com certeza acabaria sendo injusta com alguém.

A todos que estão diariamente comigo, dando-me o suporte para concluir esta dissertação, em especial a **Julieta Martins**, por sua preocupação com minha saúde e alimentação e a **Roseni Crispim**, minha madrinha, sempre muitíssimo competente nessa “tarefa”.

A todos os meus “familiares”, pela preocupação demonstrada durante todo o Mestrado, em especial a minha avó **Lucilla** e a meu tio **Roberto**, por estarem sempre presentes, apoiando-me e acreditando em mim. Tal como, as minhas duas, lindas, afilhadas: **Thais** (11 anos) e **Júlia** (1 ano), por me oferecerem a força necessária para sempre continuar.

O amor é o valor fundamental da minha vida, e, hoje, meu marido **Claudio Jeferson Assunção**, o alimenta em todos os sentidos. Ele me oferece, sempre, a força para avançar nas horas difíceis e para me acalmar nas horas de euforia. Nunca deixando-me pensar em desistir, costuma dizer que esta desculpa é para os fracos, para os que não ousam, para qualquer pessoa, menos para mim. Hoje, nós fazemos parte um da vida do outro, em total plenitude.

RESUMO

SILVA, J. G. Análise tridimensional da distribuição da matéria orgânica em horizonte superficial de encosta na região serrana do estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Antônio José Teixeira Guerra. Co-orientadora: Rosangela Garrido Machado Botelho. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências: Geografia).

Esta pesquisa tem por objetivo analisar tridimensionalmente a distribuição da matéria orgânica em horizonte superficial de encosta em área serrana do estado do Rio de Janeiro através da Análise Tridimensional, proporcionando maior compreensão do comportamento da matéria orgânica neste horizonte, tanto lateral como verticalmente. O estudo foi realizado em área de interflúvio na bacia do rio do Carvão (Itaipava, distrito de Petrópolis). O trabalho foi direcionado para o conhecimento e caracterização do papel do relevo nos processos de acumulação e perda da matéria orgânica no sistema de encosta. Para tal, foram realizadas toposequências que seguiram o método da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, havendo a coleta de amostras e posterior análises em laboratório. Após essas atividades, em gabinete foi possível identificar os volumes pedológicos, plotados no modelo digital do terreno através de curvas de organovalores. Após serem identificados quatro intervalos de valores para os horizontes superficiais agrupados a partir dos teores de matéria orgânicas foi possível tecer considerações a respeito das correlações entre os dados pedológicos e geomorfológicos, através da avaliação do papel da profundidade e da diferenciação dos horizontes superficiais, que foram diretamente influenciados pela morfologia e declividade do interflúvio. Assim, as áreas menos declivosas e côncavas obtiveram os maiores valores porcentuais de matéria orgânica. Nesse sentido, o estudo da matéria orgânica e sua relação com a topografia da encosta, proporcionam subsídio ao desenvolvimento de outros trabalhos que forneçam estratégias para uma utilização sustentável dos solos.

ABSTRACT

SILVA, J. G. Análise tridimensional da distribuição da matéria orgânica em horizonte superficial de encosta na região serrana do estado do Rio de Janeiro.
Orientador: Antônio José Teixeira Guerra. Co-orientadora: Rosangela Garrido Machado Botelho. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências: Geografia).

This research has as an objective of the three-dimensional analysis of the distribution of the organic matter in superficial horizon of slope in a mountainous region in Rio de Janeiro State, providing a better understanding of the behaviour of the organic matter in this horizon, in such a way lateral as vertically. The study was carried out through in nose's area in Itaipava, district of Petrópolis, in the Carvão river basin. The work was directed for the knowledge and characterization of the role of the relief in the accumulation processes and loss of the organic matter on the slope system. For such, topossequences have been carried out through that had followed the method of the Structural Analysis of the Pedological Cover, that allowed to the posterior collection of samples and analyses in laboratory. After these activities, in cabinet in the office it was possible to identify the pedological volumes, located in the land digital model through curves of organic values. After to be identified four intervals of values for horizons superficial grouped from texts of organic matter it was possible to weave considering about the correlations between the pedological and geomorphological data, through the evaluation of the role of the depth and the differentiation of superficial horizons, that are directly influenced by the nose forms and gradient. Thus, the concavous and smaller gradient of the area had gotten the biggest percentile values of organic matter. In this direction, the study of the organic matter and its relation with the topography of the slope provides subsidy to the development of other works that supply strategies to a sustainable use of ground.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	06
2.1. Matéria Orgânica.....	06
2.2. Análise Tridimensional.....	18
3. CARACTERIZAÇÃO REGIONAL E LOCAL.....	23
3.1. Clima.....	24
3.2. Geologia.....	26
3.3. Vegetação.....	29
3.4. Relevo.....	32
3.5. Solos.....	33
3.6. Uso do Solo.....	36
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	40
4.1. Critérios de escolha da encosta.....	41
4.2. Levantamento e representação tridimensional da encosta.....	41
4.2.1. Levantamento topográfico.....	42
4.2.2. Localização das toposeqüências.....	45
4.2.3. Levantamento morfológico de campo.....	47
4.2.4. Representação tridimensional da seção de encosta e delimitação das curvas de isovalores	48
4.3. Análises de laboratório.....	51
4.3.1. Massa seca radicular	51
4.3.2. Análise granulométrica.....	52
4.3.3. Extração da matéria orgânica.....	53
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
5.1. Análise Vertical.....	56
5.2. Análise de montante para jusante.....	72
5.3. Análise lateral.....	78
5.4. Análise tridimensional.....	89
6. CONCLUSÕES.....	93
7. BIBLIOGRAFIA.....	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Mapa de localização da área de estudo.	05
Figura 2.1: Influência do clima, da vegetação, do material parental e do tempo na determinação das características edáficas (adaptado de Kindel, 2001).....	16
Figura 3.1: Visão do afloramento de gnaisses-graníticos da Unidade Batólito Serra dos Órgãos (Foto: Silva, 2005).	28
Figura 3.2: Vegetação atual do terço superior da encosta estudada, representada por capoeira e gramínea – Sopé do Afloramento Rochoso (Foto: Silva, 2005).....	31
Figura 3.4: Mapa de Solos do município de Petrópolis (EMBRAPA, 2005) e localização aproximada da encosta estudada.	34
Figura 3.5: Ponto do Zoneamento realizado em 1997 por Silva e Botelho, atualmente a seção de encosta estudada	37
Figura 4.1: Visão do trecho da seção de encosta estudada, destacando-se a ruptura de declive adotada como limite superior (Foto: Silva, 2005)...	44
Figura 4.2: Localização dos pontos e toposseqüências, sendo os Ps representantes do corte de estrada..	46
Figura 4.3: Seqüência de amostras coletadas nos perfis de solo, sondagens e em superfície (Foto: Silva, 2005).	49
Figura 5.1.1: Visualização do aumento da espessura do horizonte A no sentido P1 – P2.....	66
Figura 5.2.1.: Toposseqüência 1.....	74
Figura 5.2.2: Perfil topográfico da encosta onde está localizada a seção estudada (P3 – T1S2).....	75
Figura 5.2.3: Relação entre matéria orgânica e massa seca radicular em superfície na Toposseqüência 1.....	76
Figura 5.3.1: Toposseqüências 2 e 3 e declividade do segmento da encosta.....	79
Figura 5.3.2: Diagrama esquemático demonstrando a existência da separação entre a zona não erosiva e a zona de transporte, representada, neste desenho, por x (Adaptado de Coelho Netto, 1995).....	81
Figura 5.3.3: Toposseqüências 4 e 5 e declividade do segmento da encosta.....	84
Figura 5.3.4: Modelo digital do terreno com ênfase ao lado esquerdo da seção estudada.....	85
Figura 5.3.5: Modelo digital do terreno com ênfase ao eixo principal da seção estudada.....	86
Figura 5.3.6: Modelo digital do terreno com ênfase ao lado direito da seção estudada.....	87
Figura 5.4.1: Bloco diagrama com a representação das curvas de organovalores.	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Coordenadas geográficas das estações pluviométricas no município de Petrópolis e da encosta estudada.	25
Tabela 4.1: Leitura topoaltimétrica de campo com altura e distâncias acumulada em relação à estrada.....	43
Tabela 5.1.1: Características morfológicas das amostras de solo dos horizontes A e BA	57
Tabela 5.1.2: Matéria orgânica, carbono orgânico e massa seca radicular das amostras de solo.....	62
Tabela 5.1.3: Análise granulométrica das amostras de solo.....	64
Tabela 5.2.1: Segmentos de encosta e suas declividades médias na Topossequência 1.....	74
Tabela 5.2.2: Matéria orgânica e massa seca radicular em superfície na Topossequência 1.....	77
Tabela 5.3.1: Segmento e declividade nas Topossequências 2 e 3.....	79
Tabela 5.3.2: Segmento e declividade nas Topossequências 4 e 5.....	84

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história natural da Terra, vários foram os desafios impostos diante das relações Homem – Natureza. Contudo, sabe-se, atualmente, que um deles consiste na imprescindível busca da harmonização destas relações, em todas as escalas de análise. Haja vista que, desde a escala global, as mudanças ambientais, citadas como uma das características do mundo contemporâneo, estão, geralmente, associadas ao rápido crescimento populacional e às altas taxas de utilização dos recursos naturais. Dessas mudanças, porém em escala local, Souza e Melo (2000) apontaram como uma das mais marcantes a remoção da matéria orgânica dos solos através de sua degradação, que se inicia com a remoção da vegetação natural e acentua-se com os cultivos subsequentes. Desse modo, o uso do solo de forma não racional contribui para a depauperação e/ou escassez da matéria orgânica.

A matéria orgânica tem sido, através de séculos, o ponto culminante de apoio à agricultura (Tibau, 1987). Contudo, Souza e Melo (2000) alertam para o fato de que a matéria orgânica, tão bem como os nutrientes removidos pelas práticas agrícolas, não são repostos na mesma proporção ao longo do tempo. Sendo assim, em dado momento, os níveis de matéria orgânica do solo podem tornar-se tão baixos a ponto de inviabilizar a produção agrícola.

O valor da matéria orgânica tem sido comprovado em muitos estudos (Brady, 1979; Bertoni e Lombardi Neto, 1990; Fullen, 1991; Guerra, 1995; Guerra e Botelho, 1998; Mendonça, 1999; Benites *et al.*, 2001). Como bem mencionou Jorge (1986), a matéria orgânica beneficia o solo de três maneiras principais: em primeiro lugar, proporcionando uma melhoria das características físicas do solo, principalmente a porosidade e a capacidade de retenção de água; o segundo aspecto consiste na ação benéfica sobre os organismos do solo; e o terceiro refere-se à importância relacionada à fertilidade.

A presença da matéria orgânica implica uma maior fertilidade natural do solo e melhores condições físicas de manejo. Dessa forma, um aproveitamento racional das potencialidades de uso dos horizontes A ricos em matéria orgânica implica menores investimentos por parte do agricultor, principalmente em áreas onde os solos são, em sua grande maioria, distróficos, ácidos e que necessitariam de corretivos e adubação periódica para seu aproveitamento, como é o caso dos solos encontrados na Serra do Mar (EMBRAPA, 1980; Tavares, 1987; Botelho *et al.*, 1996; Rossi e Queiroz Neto, 1999).

No âmbito internacional, é bem aceito que a matéria orgânica, mesmo em menor quantidade na maioria dos solos é, sem dúvida, o principal responsável pela estrutura, bom funcionamento e sustentabilidade do ecossistema (Tate III, 1996 *in* Martin Neto *et al.*, 2005). Também é consenso que, após quase um século de estudo, a dinâmica da matéria orgânica do solo permanece sem entendimento completo (Sollins *et al.*, 1996). No Brasil, segundo Martin Neto *et al.* (2005), este quadro é agravado, já que até recentemente somente estudos quantitativos sobre conteúdo total de carbono do solo vinham sendo realizados.

A presente dissertação tem como objetivo analisar, tridimensionalmente, a distribuição da matéria orgânica em horizonte superficial de encosta, em área serrana, proporcionando uma maior compreensão do comportamento da matéria orgânica neste horizonte, tanto lateral, como verticalmente. Ao atingir esta meta, será caracterizado o papel do relevo nos processos de acumulação e perda da matéria orgânica no sistema de encosta.

Os horizontes superficiais ricos em matéria orgânica possuem ocorrência relativamente restrita em áreas tropicais, geralmente, associada a condições específicas que permitem o acúmulo de matéria orgânica no solo. Em geral, solos com essa característica são mais facilmente encontrados em regiões mais frias, visto que as altas temperaturas aceleram a deterioração da matéria orgânica. No Brasil, tais solos são mais comuns na Região Sul (Oliveira *et al.*, 1992), ou em áreas de acumulação, como os fundos de vale. No caso das áreas de encosta, a ocorrência deste tipo de solo, nas demais regiões do país, é restrita, estando relacionada a áreas de altitudes elevadas, como em Itatiaia (RJ), na Serra da Mantiqueira. Contudo, estudos realizados em

Petrópolis (Silva e Botelho, 1997; Silva *et al.*, 1997; Botelho *et al.*, 1999; Silva e Botelho, 1999; Meireles, 2000; Silva, 2001), têm revelado a presença significativa desses solos em áreas comparativamente mais baixas, a partir de 800 metros de altitude.

O hiperdesenvolvimento dos horizontes superficiais ricos em matéria orgânica carece de explicações, não sendo até o momento completamente entendido. De acordo com Lepsch e Buol (1986), a ocorrência deste horizonte poderia constituir um aspecto relictual derivado de uma forma única de condições ambientais favoráveis ao acúmulo da matéria orgânica a grande profundidade e sua manutenção seria devido à estabilidade da superfície em que se encontra e à formação de complexos húmus-argila.

É importante ressaltar que a formação dos horizontes ricos em matéria orgânica em áreas altimontanas difere das áreas de várzea. Nas primeiras, tais horizontes formam-se devido à lenta mineralização do material orgânico, favorecido pelo clima mais ameno, condicionado pela altitude. Em áreas de várzeas, os teores de matéria orgânica e espessura do horizonte superficial aumentam, à medida que o lençol freático se aproxima da superfície, pois há uma diminuição da oxigenação, devido ao excesso de água, diminuindo a decomposição dos materiais orgânicos (Palmieri e Larach, 1996).

O estudo da matéria orgânica e sua relação com a topografia da encosta proporcionam subsídios ao desenvolvimento de outros trabalhos que forneçam estratégias para uma utilização sustentável dos solos, de modo que as gerações futuras possam se beneficiar desses horizontes sem que precisem aplicar uma quantidade excessiva de adubo e/ou fertilizante, minimizando custos com a produção e agressões ao meio ambiente.

Entende-se, dessa forma, que o estudo sobre a distribuição da matéria orgânica, em horizonte de superfície, ao longo de uma encosta, deve ser realizado através da análise tridimensional da cobertura pedológica, para que seja possível verificar as características internas dessa distribuição, evidenciando suas variações verticais e laterais.

A área de estudo está representada por uma seção de encosta, sob as coordenadas 22°21'54" de latitude sul e 43°05'45" de longitude oeste (Figura 1.1). A

encosta está localizada em Itaipava, distrito de Petrópolis, na bacia do rio do Carvão, subafluente do Piabanha, principal rio do município e afluente do Paraíba do Sul, rio de maior expressão no estado do Rio de Janeiro.

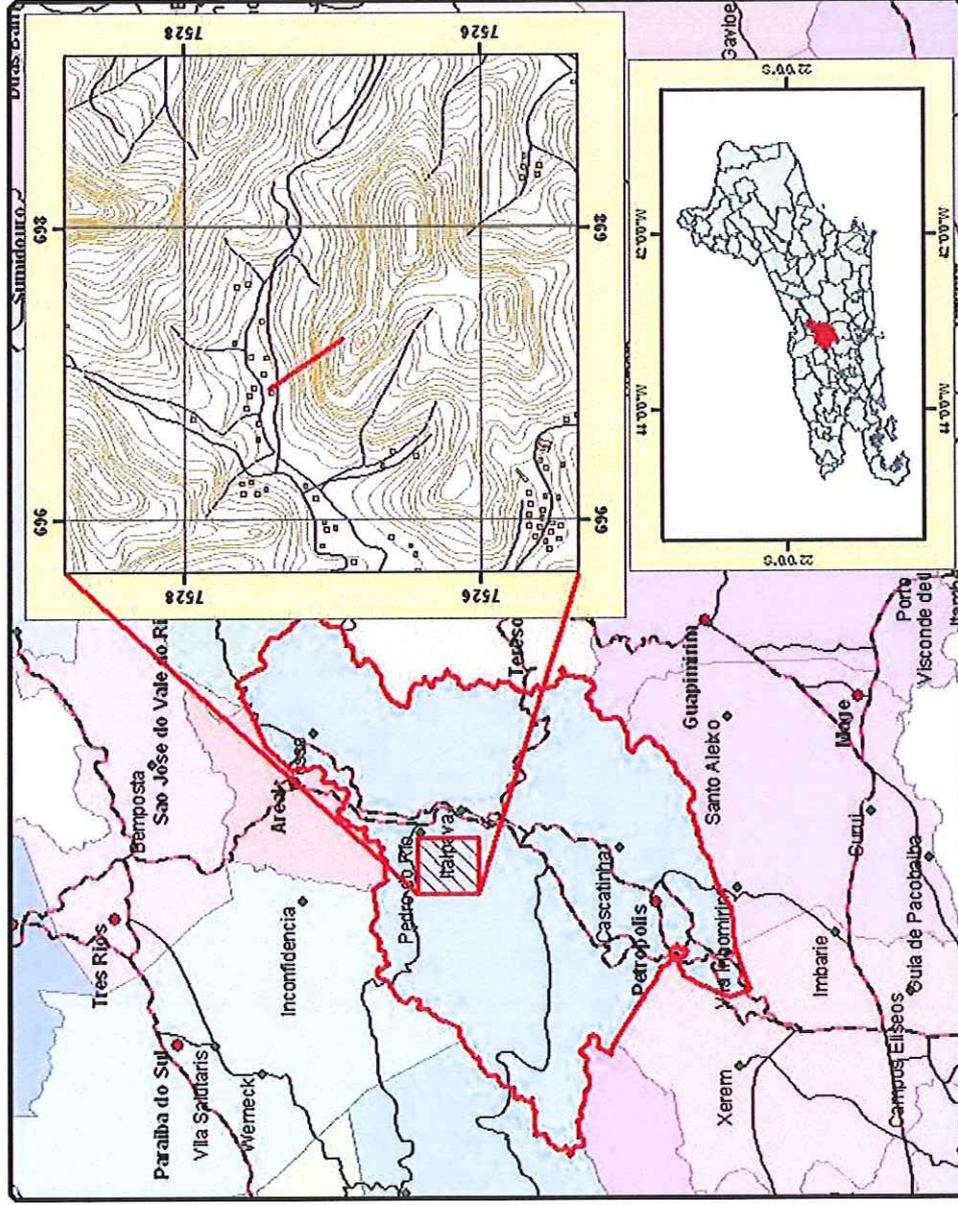


Figura 1.1: Mapa de localização da área de estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Considerando que os conceitos-chave representam o arcabouço teórico que sustenta e possibilita a interpretação da pesquisa, deve-se refletir sobre como os conceitos estão presentes no estudo da relação solo – paisagem. Dessa forma, procurou-se, inicialmente, registrar a importância da matéria orgânica no solo, tida como objeto de estudo, e, posteriormente, discutir a utilização da análise tridimensional nos estudos pedológicos em função de ter sido este, o método adotado no desenvolvimento desta pesquisa.

2.1. Matéria Orgânica

A matéria orgânica apresenta-se no solo, em parte, sob a forma de resíduos vegetais ou animais, parcialmente decompostos e sintetizados, e sob a forma de substâncias aderentes à fração mineral, possuindo geralmente uma coloração escura, indo do pardo ao negro (Hénin *et al.*, 1976). Dessa forma, a cor de um solo depende, em grande parte, da natureza e da quantidade de matéria orgânica, conferindo esta, uma tonalidade mais escura, devido ao seu contínuo processo de decomposição (Mello *et al.*, 1985).

Segundo Kononova (1966), a matéria orgânica do solo é um sistema complexo de substâncias, cuja dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diferentes naturezas e pela contínua transformação que sofre sob ação dos fatores biológicos, químicos e físicos.

Alguns autores incluem os resíduos orgânicos superficiais como matéria orgânica do solo (Guerra e Guerra, 1997; Lima-e-Silva *et al.*, 1999; Mendonça, 1999), contudo, este conceito ainda é muito discutido. Brady (1979), Curi *et al.* (1993) e

EMBRAPA (1999) caracterizam como sendo matéria orgânica do solo somente os resíduos animais e vegetais que já sofreram decomposição de forma que a fonte não seja reconhecível, apresentando-se esta incorporada ao solo. Esta concepção será adotada nesta pesquisa.

As atividades humanas, especialmente a agricultura, tendem a provocar mudanças no teor de matéria orgânica do solo (Ofori *et al.*, 1986; Lombardi Neto, 1994; Silva e Santos, 1995), ocorrendo, na maioria das vezes, a redução deste teor, que, em consequência, provoca mudanças em outras propriedades do solo. Da mesma maneira, a matéria orgânica juntamente com uma ou mais propriedades podem ou não reunir as condições propícias à ocorrência da erosão dos solos.

Vários são os estudos que apontam o significado da matéria orgânica na erodibilidade dos solos (Boardman, 1983; Morgan, 1984; Fullen, 1991; Guerra, 1991; Le Bissonnais e Arrouays, 1997). Todos esses trabalhos apresentam em comum a relação entre matéria orgânica e a erosão dos solos, considerando também propriedades como a textura e a estabilidade dos agregados. Le Bissonnais e Arrouays (1997), por exemplo, afirmam que a formação de crostas resulta da ruptura dos agregados sob impacto das gotas de chuva. Dessa forma, a redução da taxa de infiltração e o aumento do fluxo superficial podem induzir à erosão. Porém, um dado importante refere-se ao conteúdo de carbono orgânico, pois a formação de crosta no solo e a erodibilidade aumentam com a diminuição deste.

Vale mencionar que, a matéria orgânica dos solos, reage com partículas de argilas minerais, participando na formação e estabilidade de agregados do solo, tornando-os mais friáveis e mais fáceis de serem manejados. O desenvolvimento de estrutura do tipo granular resulta em um aumento da macroporosidade, o que facilita a movimentação de ar e de água na zona radicular. Além desse efeito, a matéria orgânica confere ao solo grande capacidade de adsorção de água, pois uma de suas características é aumentar de volume quando úmida e contrair-se quando seca. Essa mudança de volume é um dos mecanismos de formação de agregados nos solos ricos em matéria orgânica (Mello *et al.*, 1985).

Em seu estudo sobre “tipos de húmus”, Kindel (2001) afirma que a matéria orgânica, depois de decomposta, constitui um agente estruturador do solo, ao participar na formação dos agregados, responsáveis pela forma e tamanho dos poros e, conseqüentemente, pela circulação da água e do ar.

Alguns autores estabeleceram um percentual mínimo de matéria orgânica para que o solo apresente agregados estáveis. Greenland *et al.* (1975) afirmam que solos com menos de 3,5% de matéria orgânica possuem agregados instáveis. Por outro lado, De Ploey e Poesen (1985) indicam que para que isso ocorra é necessário que o solo possua menos de 2% de matéria orgânica. Embora os autores tenham estabelecido esses percentuais, há dificuldade para que tais valores sejam determinados universalmente, em decorrência da interação entre matéria orgânica e outras propriedades do solo.

Estudos comprovaram que, por ser pouco densa, em relação aos minerais do solo, e por favorecer a formação de agregados, a matéria orgânica reduz a densidade do solo (Kiehl, 1985; Mello *et al.*, 1985). Segundo Kiehl (1985), solos ricos em matéria orgânica apresentam sua densidade variando de 0,6 a 0,8 kg/dm³, bem menos densos do que solos que apresentam baixo percentual de matéria orgânica.

No tocante à diminuição do conteúdo de matéria orgânica, devido à atividade agrícola, podem ser observadas várias implicações, principalmente pelo fato de que o início desta atividade marcou também o início da exposição do solo aos fatores erosivos. Boardman (1983) cita o caso dos solos de Albourne, na Inglaterra, que contêm menos de 3,5% de matéria orgânica e que perderam um grande percentual desta propriedade no horizonte superficial, num período de apenas um ano. Este fato, somado à remoção das cercas nos diversos campos de cultivo, provocaram o aumento do comprimento das encostas que, associado à textura areno-siltosa, resultaram em taxas erosivas de 181t/ha, em um período de apenas nove meses.

A Comissão da Comunidade Européia (2002) alerta para o fato de que as práticas agrícolas e silvícolas têm um impacto importante no teor de matéria orgânica do solo. Apesar da importância de manutenção da carga de matéria orgânica do solo, há provas de que, com os sistemas de culturas tendendo para uma maior especialização e para a monocultura, não ocorre, muitas vezes, uma substituição suficiente da matéria

que se decompõe no solo. Aliado a este fato constata-se que as práticas de rotação de culturas, que preservavam ou até mesmo recuperavam a quantidade de matéria orgânica do solo, principalmente sob cultivo de leguminosas, já não fazem parte da agricultura atual.

Em seu trabalho sobre sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão, Hernani *et al.* (1999) ressaltam que perdas de solo, água, nutrientes e matéria orgânica por erosão hídrica são fortemente influenciadas pelo uso inadequado de sistemas de manejo do solo, podendo acarretar a elevação dos custos financeiros, dos riscos ambientais e, inclusive, a degradação de agroecossistemas.

Segundo Castro Filho *et al.* (1991), o preparo convencional do solo, embora historicamente apresente relevante contribuição no controle de ervas daninhas, pode afetar, de forma acentuada, os estoques de matéria orgânica, pois promove grande degradação da estrutura do solo, levando a intensas perdas de matéria orgânica por mineralização e erosão. Por outro lado, estudos revelam que o plantio direto pode reduzir as perdas de matéria orgânica, pelo menor revolvimento do solo e maior preservação dos resíduos vegetais em sua superfície, contribuindo, ainda, para o aumento dos teores de C em relação aos sistemas de preparo convencional, principalmente nas camadas superficiais do solo (Castro Filho *et al.*, 1999; Hernani *et al.*, 1999).

Cordeiro (2005), em pesquisa realizada em regiões de clima tropical e subtropical, afirma que o preparo mecânico dos solos traz como consequência a aceleração da mineralização da matéria orgânica, de maneira quantitativa, mais acentuada do que sua capacidade de reposição. O resultado do processo de diminuição do teor de matéria orgânica culmina com a queda da produtividade agrícola dos solos nessas regiões.

Nascimento *et al.* (1992) atestam que os sistemas de manejo de solo podem afetar a qualidade da matéria orgânica, entretanto, enfatizam que estudos relacionados com este aspecto concentram-se nas regiões de clima temperado, enquanto pouca informação existe sobre as características da matéria orgânica em regiões de clima tropical e subtropical. Bayer *et al.* (2000) afirmam que, no Brasil, a pesquisa sobre

qualidade da matéria orgânica é recente, principalmente no que se refere a variações induzidas por sistemas de manejo.

Em relação aos fatores que exercem influência sobre a matéria orgânica, Brady (1979), destaca como sendo os mais importantes: o clima, a vegetação natural, a textura, a drenagem do solo e as culturas. Em relação às culturas, o autor observa que há um declínio no teor de matéria orgânica, em função do período sob cultivo, pois, em áreas cultivadas, grande parte da matéria vegetal é removida para consumo humano ou animal e uma quantidade relativamente pequena volta à terra. Além disso, a quantidade de matéria orgânica é também influenciada pela produção agrícola. Nos campos experimentais, pode-se perceber que onde não há emprego de adubo ocorrem perdas marcantes de matéria orgânica com a produção agrícola. Contudo, é preciso salientar que qualquer solo cultivado, por mais produtivo, terá provavelmente menor quantidade de matéria orgânica que as terras virgens de sua proximidade (Brady, 1979).

De acordo com o referido autor, a textura também sugere implicações específicas. Por exemplo, um solo arenoso contém, em geral, menor quantidade de matéria orgânica do que um outro com textura mais fina. Isto é, provavelmente, devido à menor umidade e à oxidação mais rápida que ocorre nos solos arenosos. Do mesmo modo, solos insuficientemente drenados, em função da sua condição de umidade elevada e sua aeração bastante reduzida, possuem, via de regra, maior quantidade de matéria orgânica do que os mais bem drenados.

Além dos dois aspectos importantes descritos acima, Brady (1979) destaca em relação às condições climáticas, que a temperatura e a precipitação exercem influência dominante na quantidade de matéria orgânica encontrada nos solos. Portanto, na transição de um clima mais quente para outro mais frio, a matéria orgânica tende a aumentar. Porém, é importante salientar que as influências climáticas nunca funcionam isoladamente. Sendo assim, é difícil estabelecer diferenciação entre as influências de clima e de vegetação nos montantes de matéria orgânica do solo.

Como bem ressaltou Stevenson (1982), a formação da matéria orgânica depende do tempo, do clima, da vegetação, do material de origem e da topografia, dentre outros, ou seja, varia com os processos de desenvolvimento dos solos. Sua composição e

propriedades variam de acordo com o material orgânico original, condições em que se processou a decomposição, biossíntese e tempo considerado (Longo e Espíndola, 2000). Dessa forma, Longo e Espíndola (2000) afirmam que a retirada da cobertura vegetal original pode trazer sensíveis modificações nos processos de decomposição e síntese da matéria orgânica, decorrentes de alterações no fornecimento de material para incorporação ao solo.

O solo pode impor limitações ao crescimento das plantas pela capacidade de supri-las com nutrientes, água e oxigênio. De acordo com Povill *et al.* (2003), deve-se ressaltar a importância em se conhecer a distribuição espacial morfológica do sistema radicular que poderá tornar possível, entre outras determinações, quantificar o acúmulo de carbono em sua biomassa, além de permitir a realização de estimativas da produtividade primária das comunidades vegetais.

Os sistemas radiculares apresentam grande variabilidade espacial e temporal, em consequência de variações na declividade e de características edáficas do manejo. Há, entretanto, uma grande carência de dados sobre os aspectos relacionados ao crescimento e dinâmica dos sistemas radiculares, explicados pelas dificuldades metodológicas, pela própria inacessibilidade do sistema radicular como objeto de experimentação, sua complexidade tridimensional e sua marcada variabilidade espacial e temporal (Van Noordwijk, 1993 *in* Brasil *et al.*, 2003).

Segundo Reicheli (1981), a dinâmica da matéria orgânica do solo é profundamente alterada, quando o homem, por sua intervenção, modifica o funcionamento de um ecossistema florestal. Por sua vez, os efeitos desta perturbação sobre as propriedades do solo são muito grandes e interferem na sua capacidade de regenerar a floresta ou mesmo na sua adaptação a outras culturas (Nascimento e Homma, 1984).

Herrera *et al.* (1978, *in* Longo e Espíndola, 2000), ressaltam o aumento da importância da matéria orgânica em ecossistemas tropicais, que apresentam solos pobres em nutrientes e onde a vegetação depende, em grande parte, da reciclagem de elementos nutritivos contidos nos detritos vegetais.

As regiões tropicais, considerando as condições de temperaturas elevadas, os altos índices pluviométricos e, conseqüentemente, a intensa atividade microbiana, principalmente em áreas de várzeas, propiciam rápida decomposição dos materiais orgânicos incorporados ao solo. Por esse motivo, a manutenção da cobertura vegetal sobre o solo é de vital importância para a estocagem de matéria orgânica nessas condições (Primavesi, 1987).

Considerando o conceito de fertilidade do solo que envolve a interação dinâmica de propriedades físicas, químicas e biológicas favoráveis ao desenvolvimento das culturas, a matéria orgânica é o componente de maior importância em solos tropicais intemperizados. A matéria orgânica do solo contribui para o fornecimento de nutrientes às culturas, na retenção de cátions, na complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, na infiltração e na retenção de água, na aeração, e para a atividade da biomassa microbiana do solo (Mendonça, 1999).

Parte da fertilidade do solo é, portanto, proveniente de um processo interativo entre a flora, fauna e microorganismos, que como mencionado por Swift *et al.* (1979), é alcançada da seguinte forma: ao ser decomposta a matéria orgânica libera nutrientes, que poderão ser reutilizados pela vegetação e, paralelamente, ela é capaz de reter esses nutrientes, evitando que se percam muito rapidamente, ou seja, a matéria orgânica ao mesmo tempo em que fornece, mantém os nutrientes disponíveis para as plantas. A manutenção é decorrente da natureza coloidal da matéria orgânica bem decomposta, que consegue adsorver estes nutrientes (Kindel, 2001).

Garay e Kindel (2001) afirmam que a fertilidade dos solos tropicais depende fortemente da qualidade e quantidade dos estoques de materiais orgânicos aportados ao solo, pois o conhecimento da reconstituição das camadas orgânicas do solo ou horizontes húmicos, relacionados com propriedades edáficas, traz informações relevantes para o futuro manejo dos plantios arbóreos.

Essa propriedade que a matéria orgânica, bem como as argilas, apresentam de adsorver cátions é conhecida por Capacidade de Troca Catiônica, ou simplesmente CTC (Kiehl, 1979). A quantidade de cátions ou “bases” que os solos efetivamente adsorvem é chamada de Soma de Bases ou S e correspondem ao somatório de todo o cálcio,

magnésio, potássio e sódio encontrado. Ter uma noção da propriedade de sítios de troca que estão ligados às bases é muito importante, o que é dado pelo valor da porcentagem de Saturação em Bases ou V%. No processo de troca de bases o húmus tem muito maior poder sortivo do que a argila, variando de 300 a 1700 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, representando um grande percentual da CTC total do solo (Mello *et al.*, 1985). Sendo assim, a soma de bases, a capacidade de troca catiônica e a porcentagem de saturação em bases são importantes parâmetros na avaliação da fertilidade do solo, mas somente sua análise conjunta permite concluir corretamente se um determinado solo é fértil (Kindel, 2001).

Os cátions, por terem carga positiva, são atraídos pelas cargas negativas geradas pelos grupos funcionais existentes nas superfícies dos componentes dos solos. Portanto, a capacidade de um solo em adsorver cátions depende da quantidade e qualidade dos minerais e da matéria orgânica existente (Peixoto, 1997). As substâncias húmicas que compõem a matéria orgânica do solo possuem CTC elevada, oriunda das cargas negativas dos grupos carboxílicos e fenólicos que apresentam um átomo de hidrogênio dissociável ligado ao oxigênio (Kiehl, 1985).

É importante ressaltar que, como os solos tropicais são, em geral, altamente intemperizados, há a predominância de minerais de argila do tipo 1:1 e oxi-hidróxidos de Fe e Al com baixa capacidade de troca catiônica (CTC), o que potencializa a pobreza orgânica (Douchaufour, 1980).

Enquanto que nos solos temperados a CTC é desempenhada, principalmente, pelas argilas, nos trópicos, muitas vezes, as argilas já foram muito intemperizadas (perdendo cargas negativas). Nestas regiões, alguns solos chegam a ter 90% de sua CTC derivada da matéria orgânica (Stevenson, 1982).

Deve-se ressaltar que devido à sua alta CTC, a matéria orgânica retém em forma trocável todos os cátions essenciais (e também os não essenciais) às plantas, evitando ou reduzindo muito as perdas por lixiviação na água gravitacional dos elementos liberados dos minerais do solo, ou da matéria orgânica em decomposição (Kiehl, 1985; Mello *et al.*, 1985). Desta forma, a manutenção ou aumento dos teores de matéria orgânica é fundamental na retenção de nutrientes e diminuição da sua lixiviação.

Grande parte dos horizontes ricos em matéria orgânica apresentam elevada acidez, com valores de pH de 3,5 a 4,5, e ao contrário do que ocorre em horizontes minerais, em horizontes orgânicos o pH está muito mais relacionado ao teor de ácidos orgânicos do que ao alumínio (Andriess, 1984). Sanches e Salinas (1983, *in* Castro Jr., 2002), afirmam que mais de 60% das regiões tropicais possuem solos que se caracterizam por um baixo conteúdo de nutrientes, com um pH ácido e as reservas orgânicas limitadas.

De modo geral, nos solos onde fontes de carbono orgânico são incorporadas, ocorrem variações em seus atributos químicos, como o aumento do pH (Camargo *et al.*, 1987), influenciando diretamente em sua fertilidade.

A matéria orgânica é uma fonte de prótons H^+ que tendem a acidificar os solos. Tal acidificação reflete de modo mais acentuado nos valores de acidez extraível que no pH do solo. Principalmente quando há grandes variações no teor de C orgânico, a variação na acidez ativa (pH) é menor e, às vezes, não se observa relação de dependência entre C orgânico e concentração de H^+ da solução do solo (Tibau, 1984).

A elevada CTC da fração húmus e a baixa dissociação de íons H^+ dos ácidos orgânicos e fenóis conferem à matéria orgânica do solo uma alta capacidade de tamponamento. Assim sendo, quanto maior o teor de matéria orgânica de um solo, maior será sua resistência à mudança de pH. Isso faz com que as quantidades de calcário necessárias para reduzir a acidez excessiva dos solos aumentem com o teor de matéria orgânica dos mesmos (Kiehl, 1985; Mello *et al.*, 1985).

Nos solos tropicais a matéria orgânica está concentrada na superfície (0 – 10 cm) e, em função da sua elevada atividade coloidal, assume grande importância na capacidade de retenção de nutrientes e acumulação de água (Mello *et al.*, 1985).

Três são os processos que podem reduzir ou parar a decomposição do material orgânico no solo, fazendo com que este se acumule: ausência de oxigênio através de saturação por água, temperaturas muito reduzidas e dessecação extremo do material (Fanning e Fanning, 1989). Contudo, Conceição (1989), constata que para ocorrer o acúmulo de matéria orgânica no solo é necessário que a produção deste material exceda

a sua destruição, reafirmando que pode ocorrer em ambientes de clima temperado ou frio, onde baixas temperaturas inibam a atividade microbiana, ou em ambientes sujeitos à má drenagem.

A matéria orgânica do solo é constituída, primordialmente, pelas seguintes frações: uma fração macroscópica composta por resíduos orgânicos em vários estágios de decomposição; uma fração lábil associada com a biomassa microbiana, atuante nos processos de decomposição; e uma fração humificada, resultante da transformação bioquímica dos resíduos e das substâncias liberadas pelas raízes das plantas vivas. Cada um desses constituintes apresenta uma dinâmica particular que advém em função de dois processos fundamentais: mineralização e humificação (Cerri e Moraes, 1992).

As propriedades do solo têm efeito de *feedback* em vários aspectos da formação do solo, particularmente da matéria orgânica (Figura 2). Além do que, a maneira como a mineralização e a formação da matéria orgânica do solo atuam no sistema decompositor influenciam a estrutura e o funcionamento do ecossistema. Por isso, diz-se que a matéria orgânica acumulada sobre o solo ou as formas de húmus sintetiza os dois processos fundamentais para o funcionamento do ecossistema (Garay e Kindel, 2001). Assim, pode-se afirmar que num certo clima, a matéria orgânica reflete as propriedades do solo que, por sua vez, a condicionam em grande parte (Figura 2.1).

Segundo Fanning e Fanning (1989), a matéria orgânica bruta (MOB) é submetida a transformações muito rápidas no solo. Não fosse assim, a superfície do globo terrestre estaria coberta por uma camada de material orgânico. Segundo os autores, o processo de transformação da matéria orgânica em ambientes aeróbicos pode ser resumido da seguinte maneira:



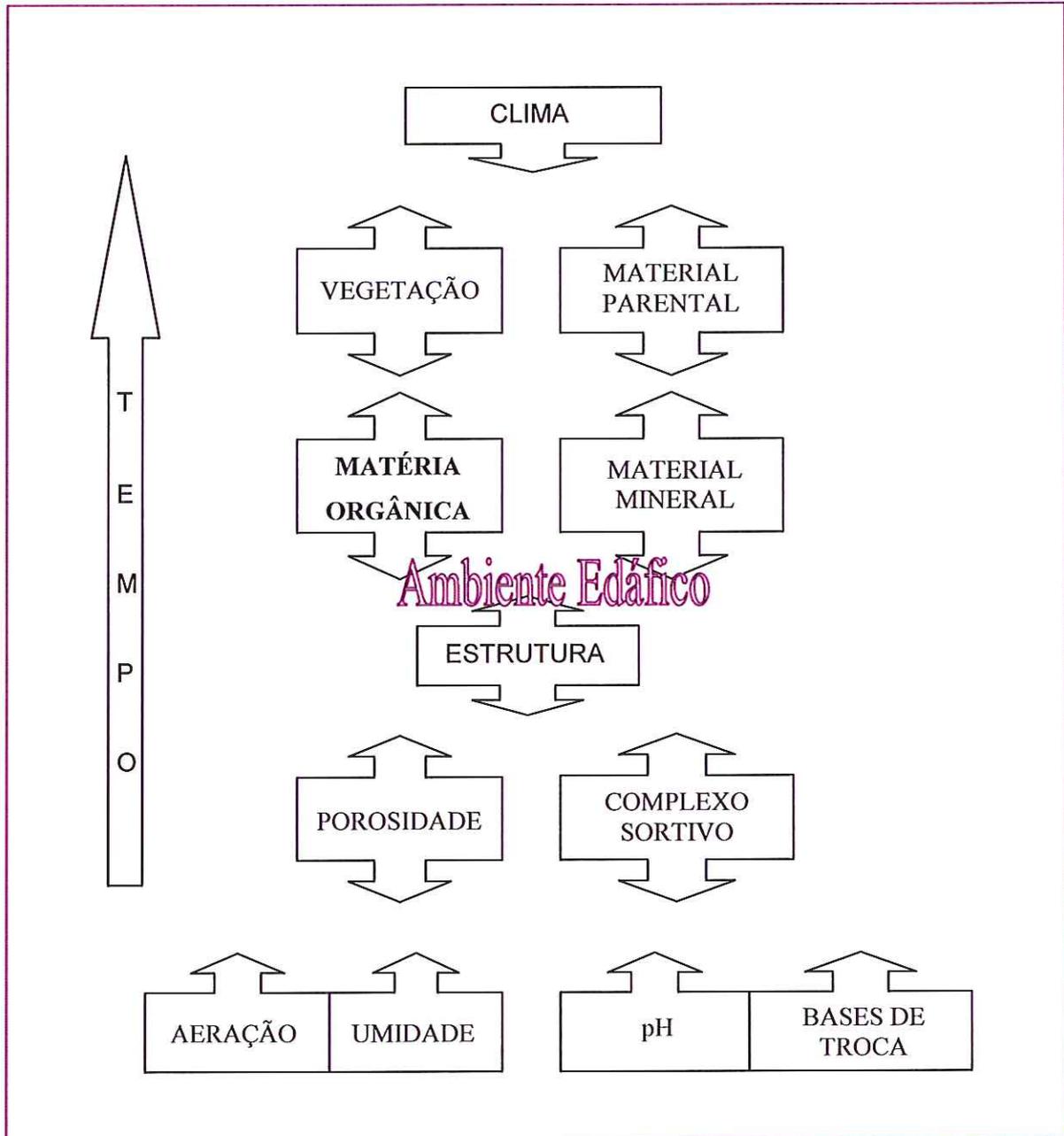


Figura 2.1: Influência do clima, da vegetação, do material parental e do tempo na determinação das características edáficas (adaptado de Kindel, 2001).

A matéria orgânica bruta em contato com o oxigênio e através da ação de microorganismos irá proporcionar a formação do gás carbônico, do húmus e de produtos minerais (Fanning e Fanning, 1989).

Os diversos componentes dos materiais orgânicos incorporados ao solo apresentam diferentes graus de resistência à decomposição. Alguns são prontamente transformados pela ação dos microorganismos, outros são altamente resistentes (Mello *et al.*, 1985).

Os produtos mais resistentes da transformação da matéria orgânica, quer os sintetizados pelos microorganismos, quer os modificados dos tecidos originais das plantas, são coletivamente chamados húmus. Este material, geralmente de cor preta ou marrom, de natureza coloidal e sem estrutura definida, apresenta resistência variável ao ataque microbiano (Mello *et al.*, 1985; Brady, 1979). Segundo Kindel (2001), sua estrutura é o reflexo das interações entre os componentes bióticos (vegetação e organismos decompositores) e abióticos (tipo de solo, topografia e clima).

Segundo Swift *et al.* (1979), após a morte dos órgãos vegetais aéreos, a matéria orgânica que ora constituía esses órgãos entra em contato com o solo, onde começa a se decompor, formando a serapilheira. Este processo é bruscamente acentuado depois que o material foliar cai, sendo aí que os agentes de decomposição, fundamentalmente biológicos, intensificam a transformação dos aportes orgânicos. Concomitantemente, processos químicos e físicos, tais como lixiviação, hidratação do substrato vegetal, ou mesmo ataque por solutos orgânicos, aceleram também o processo de decomposição (Kindel, 2001). A partir deste momento, a matéria orgânica passa por vários processos – de fragmentação, de mineralização e de humificação – que farão com que progressivamente se incorpore ao primeiro horizonte mineral do solo. Sendo assim, tanto diferentes estágios de material decomposto como diferentes categorias de matéria orgânica podem existir (Garay e Kindel, 2001). É no processo de humificação, no qual ocorre o reagrupamento de elementos mineralizados com outros também mineralizados ou não, que são constituídas novas moléculas, cada vez mais complexas, de natureza coloidal e de cor escura (Cerri *et al.*, 1992).

Em pesquisa realizada sobre a natureza do horizonte superficial húmico, nos estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina, Volkoff *et al.* (1984) concluíram que nas condições climáticas dos campos de altitude a temperatura suficientemente baixa impediu a mineralização rápida das substâncias húmicas do solo, além de serem os complexos relativamente estáveis, havendo o acúmulo de húmus.

Num estudo sobre gênese e evolução da paisagem, Silva e Vidal-Torrado (1999) analisaram um Latossolo húmico numa área cratônica do sul de Minas Gerais e concluíram que o horizonte A húmico teria sido formado a partir de intensa melanização, durante longo período de tempo, em superfícies estáveis e antigas, provavelmente do Terciário Médio. Ainda neste estudo, observaram que a decomposição do carvão vegetal, distribuído pelo perfil, resultou em material plásmico bruno-escuro, contribuindo significativamente para a melanização do solo em profundidade.

2.2. Análise Tridimensional

Os estudos sobre gênese e evolução da paisagem partiam da idéia de perfil vertical, proposto por Dokoutchaev (Boucquier, 1984 *in* Soares da Silva, 1997), como se todas as características da encosta fossem semelhantes em toda sua extensão. Contudo, atualmente, grande parte das pesquisas continua utilizando o conceito de catena, proposto por Milne em 1934 (Boulet, 1988). Porém, Boulet (1988) afirma que o estudo e a interpretação da diferenciação lateral do solo, não incluído no conceito de catena, constitui, atualmente, a preocupação principal dos pedólogos ou, ao menos, a primeira delas.

Boulet (1988) cita vários autores (Bushnell, 1942; Greene, 1945; Dan e Yaalon, 1964; Maignien, 1958; Ruellan, 1970; Lamouroux, 1971), em cujos trabalhos identifica o conhecimento da diferenciação lateral da cobertura pedológica. No entanto, afirma que esses trabalhos permaneceram atrelados ao conceito de perfil de solo vertical, pois a diferenciação lateral era expressa em termos de sucessão de solos ou de combinação de

polipedons¹ contíguos. Precisou-se somente como fizeram Buol *et al.* (1973), que as transições laterais são geralmente progressivas, salvo quando o homem ou os fatores geológicos introduz descontinuidades. Quando se representava um corte lateral, este resultava da interpolação entre os diferentes tipos de perfis observados em uma vertente, sem que fossem estudadas nem as passagens laterais entre horizontes, nem sua geometria ou, mais comumente, sem que uma análise minuciosa da organização lateral da cobertura pedológica fosse realizada.

Boulet (1988) ressalta que foi somente a partir de 1973, em função dos trabalhos de Bocquier do referido ano, que a análise lateral da cobertura pedológica foi, então, realizada. Os resultados desse trabalho, segundo Boulet (1988), mostraram-se tão surpreendentes, que foram discutidos por muito tempo pelos pedólogos franceses. Contudo, Boulet (1988) afirmou que até finais da década de 80, os trabalhos sobre análise lateral da cobertura pedológica foram ignorados ao nível da ciência internacional do solo.

Os trabalhos sobre análise tridimensional da cobertura pedológica, realizados por Boulet (1974) e Queiroz Neto *et al.* (1981) mostram que as coberturas pedológicas estudadas a partir desse método aparecem muitas vezes como sistemas de transformação, onde uma cobertura inicial transforma-se em outra, freqüentemente, muito diferente, sendo esta transformação discordante sobre os horizontes da cobertura e avançada lateralmente, permitindo uma visão global e integrada dos vários componentes da paisagem, através da reconstituição da distribuição espacial das organizações pedológicas ao longo da encosta. Trincheiras, quando abertas, em pontos estratégicos, permitem observar as transições verticais e laterais entre horizontes; contudo não é uma obrigatoriedade (Queiroz Neto, 2003). Num segundo momento, são realizadas toposseqüências transversais e paralelas, reconstituindo-se a distribuição espacial (tridimensional) das organizações pedológicas. Os limites entre horizontes ou camadas são colocados em mapas, sob a forma de curvas de isovalores, que representam posições onde se iniciam ou terminam horizontes e/ou outras feições pedológicas ou geológicas.

¹ Unidades de cartografia de solos, sendo constituídas por agrupamentos contíguos de pedons similares (Curi *et al.*, 1993).

O modelo de organização da cobertura pedológica tem como unidade de referência o “volume” (Girard, 1984 *in* Boulet, 1988), anteriormente tratado por Boulet *et al.* (1978) como “volume pedológico”, onde a cobertura pedológica é dissecada em volumes tridimensionais, distintos entre si pelo seu conteúdo, pelo seu continente (limites laterais, formas e contrastes dos seus envoltórios, distribuição vertical e lateral) e por sua evolução no tempo.

É necessário compreender a cobertura pedológica como parte integrante do ecossistema no qual ela se desenvolve, sendo o solo, um agente de elaboração das formas de relevo e o homem, um poderoso agente de transformação do solo (Ruellan, 1988).

Queiroz Neto *et al.* (1981) e Queiroz Neto (1988) afirmam em seus trabalhos que a metodologia proposta por Boulet (1978) permitiu superar algumas dificuldades propostas originalmente pelo conceito de catena de Milne (1934 *in* Boulet, 1978), pois a partir daquela metodologia tem-se a percepção do solo como um meio contínuo, cujas diferenciações são devidas ao movimento interno das soluções. A partir desse momento, os corpos contínuos, organizados e estruturados como cobertura pedológica, apresentam diferenciações laterais, principalmente ao longo das encostas, que não se manifestam simultaneamente em todos os horizontes presentes. Assim, estes não se sucedem apenas verticalmente, como se observa num corte de estrada ou numa trincheira, mas lateralmente (Queiroz Neto, 1988). Em função desse fato, permite-se afirmar que coletas de solo com trado são muito úteis nessa tarefa de encontrar as repetitividades (Boulet *et al.*, 1978).

Em relação à bibliografia consultada, somente encontrou-se uma pesquisa realizada por Montes (1997), na região de Bauru (SP), na qual a autora, através de uma topossequência, buscou entender o papel que a interação matéria orgânica/matéria mineral desempenha na formação e evolução dos solos. Para tanto, foram construídos gráficos representando as curvas de isovalores dos constituintes orgânicos e minerais, que permitiram mostrar a forte influência do material de origem na evolução pedogenética. Montes (1987), concluiu que a ausência de um suporte mineral impedia a estabilização das ligações entre a matéria orgânica e a mineral, além de que os constituintes, não tendo ligações suficientes, foram complexos pseudo-solúveis que

migravam vertical ou lateralmente, empobrecendo cada vez mais o solo em colóides e cátions. Contudo, embora a autora tenha realizado uma toposseqüência perpendicular ao canal fluvial, não as fez paralelas entre si, o que não permitiu a análise dos resultados tridimensionalmente.

Vale mencionar o trabalho realizado por Ruiz *et. al.* (1999), no qual os autores propuseram analisar e comparar a composição e as propriedades da matéria orgânica do solo em duas toposseqüências em paisagem de Savana. Entretanto, pode-se verificar que o estudo seguiu o conceito de catena, pois foram abertas três trincheiras, em diferentes posições topográficas de cada uma das seqüências transversais ao canal fluvial e, estas foram analisadas como uma simples justaposição de perfis verticais, sem haver análises laterais entre os diferentes trechos estudados.

Montes (1997) acompanhou a variação da matéria orgânica através de seções de encosta transversal ao canal fluvial (toposseqüências). Não foi encontrado nenhum trabalho, a não ser o desenvolvido nesta pesquisa, em que se tenham realizado toposseqüências perpendiculares ao canal fluvial e paralela entre si, permitindo a reconstituição tridimensional da paisagem (Boulet, 1988; Queiroz Neto, 1988; Ruellan, 1988; Soares da Silva, 1999).

A maior parte dos estudos utilizando toposseqüências estão ligados à gênese dos solos, e ao estudo minucioso da organização lateral da cobertura pedológica (Boulet, 1988; Castro, 1989; Salomão, 1994). Também foram encontrados trabalhos referentes ao estudo de processos erosivos, levando em consideração a circulação lateral da água ao longo da vertente, como, por exemplo, o trabalho de Soares da Silva (1997), desenvolvido em Petrópolis (RJ).

Até o presente, registram-se dois trabalhos desenvolvidos na região serrana do Rio de Janeiro, realizados por Silva (2001) e por Silva e Botelho (2003), que analisaram a distribuição do horizonte A húmico, de forma continuada ao longo de uma encosta, reconstituindo seu perfil topográfico e as variações em suas características, laterais e verticais (análise bidimensional).

A ausência de um trabalho que tenha como objetivo a análise tridimensional da distribuição da matéria orgânica em horizonte de superfície (em região serrana), incentivou a adoção desta metodologia para o desenvolvimento da presente pesquisa. Acredita-se ser possível, a partir do objeto e do método adotados, realizar um estudo na interface solo – relevo, empregando conceitos de ambas as áreas do conhecimento científico.

3. CARACTERIZAÇÃO REGIONAL E LOCAL

As características próprias da paisagem da Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, especialmente Petrópolis, possibilitaram, ao longo de sua história, múltiplas formas de produção do espaço. Dessa maneira, enquanto regiões foram abandonadas, outras constituíram, em diversos graus, pólos de desenvolvimento (Petrópolis, 2005). Entretanto, a história econômica desta Região demonstra, em termos gerais, uma continuada degradação ambiental, em graus distintos, fruto da antropização produzida pelas diferentes atividades exercidas, ora pela retirada seletiva da madeira, desde o século XVI, ora pelas diversas culturas, principalmente o café, a partir do século XVII (Prado Júnior, 1987).

Oliveira *et al.* (1992) afirmam restar um pequeno percentual de áreas testemunhas da história dos ciclos econômicos brasileiros, nas quais ainda existem horizontes naturalmente ricos em matéria orgânica.

A caracterização regional correspondeu ao levantamento de informações bibliográficas e cartográficas pré-existentes sobre o quadro físico (clima, geologia, vegetação, relevo e solos) e uso do solo na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, representada aqui pelo município de Petrópolis e, mais especificamente, por Itaipava. Além disso, procurou-se informar as condições em que se encontra a encosta estudada em relação a cada uma dessas variáveis. Essa análise (local) é uma tentativa de relacionar os aspectos naturais à ocorrência de horizontes ricos em matéria orgânica em região altimontana.

3.1. Clima

O estado do Rio de Janeiro apresenta-se, em termos climáticos, bastante diversificado, em função do fator relevo. É notória a precipitação mais abundante nas encostas litorâneas e na base das vertentes, havendo uma diminuição das temperaturas nas áreas mais elevadas (BRASIL, 1980).

Vale mencionar a maior concentração da precipitação durante os meses de verão, sendo que nos meses de inverno constata-se uma diminuição acentuada da pluviosidade, principalmente em direção ao interior (calha do rio Paraíba do Sul) (BRASIL, 1980).

De acordo com Nimer (1979), por constituir uma elevação abrupta e contínua, próximo ao oceano Atlântico, a Serra do Mar favorece precipitações orográficas, notadamente durante a passagem de frentes polares. As escarpas e serras, tornam as chuvas mais freqüentes e abundantes, atuando no sentido de diminuir a duração de estações secas, enquanto nos vales mais profundos, constata-se situação inversa.

Segundo a classificação climática proposta por Nimer (1972), Itaipava está inserida no domínio tropical mesotérmico brando superúmido a úmido. De acordo com o autor, este tipo de clima aparece na Região Serrana, nas cotas altimétricas superiores a 700 metros. Caracteriza-se por apresentar temperatura média anual variando em torno de 18 a 19°C. Na maioria das vezes, o verão apresenta-se brando, sendo a temperatura média do mês mais quente entre 18 e 20°C. O inverno apresenta ao menos um mês com temperatura média inferior a 15°C. Contudo, nos meses mais frios, a média das temperaturas mínimas está em torno de 6 a 8°C. Segundo dados do Governo do Estado do Rio de Janeiro – CIDE (1998), as maiores precipitações e temperaturas ocorrem no período de novembro a março.

O LAGESOLOS (Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos), do Departamento de Geografia da UFRJ, possui pluviômetros instalados no município de Petrópolis. Dados coletados desde 1996, do pluviômetro instalado no

bairro Capela, no primeiro distrito, indicam média anual de 1.546,87 mm. No segundo distrito (Cascatinha), na Estação Experimental Fazenda Marambaia, outro pluviômetro instalado desde 1994 indica precipitação média de 1.264,6 mm por ano, confirmando um declínio nas precipitações de sul para norte na região. Na mesma direção, BRASIL (1980) confirma o aumento da duração do período seco. Constata-se ainda, segundo critério adotado por Nimer (1972) e calculado por Botelho (1996) para a bacia do rio Cuiabá (Itaipava – Petrópolis), que os meses secos, no clima tropical mesotérmico brando superúmido a úmido, referem-se àqueles cujo total pluviométrico não excede 36 mm.

É fato que a ausência de uma estação meteorológica na bacia do rio do Carvão, e mais precisamente na porção nordeste da referida bacia, onde a encosta está inserida, impede uma caracterização mais precisa de seu clima, principalmente em relação aos totais pluviométricos. Assim, verificando a localização e altitude média da encosta, bem como as mesmas variáveis das estações pluviométricas mais próximas (Tabela 1.1), pode-se inferir que a estação Pedro do Rio, com total pluviométrico médio de 1.175,8 mm anuais (BRASIL, 1980), localizada a 720 metros de altitude e praticamente na mesma latitude, representa com maior realidade os índices de pluviosidade da encosta estudada (BRASIL, 1980).

Tabela 1.1: Coordenadas geográficas das estações pluviométricas no município de Petrópolis e da encosta estudada.

	Petrópolis	Itamarati	Rio da Cidade	Fazenda Marambaia	Pedro do Rio	Fagundes	Encosta Estudada
Latitude	22°31'	22°29'	22°27'	22°27'	22°20'	22°18'	22°21'
Longitude	43°11'	43°08'	43°10'	43°08'	43°01'	43°11'	43°05'
Altitude (m)	820	825	720	720	720	460	800

Fonte: Brasil (1980), exceto para a estação Fazenda Marambaia e para a encosta estudada.

Ao observar os dados de BRASIL (1980), registrados no período de 1938 a 1977, verifica-se para a estação Pedro do Rio, a ocorrência de uma diminuição muito

brusca na precipitação entre os meses de março (138,8 mm) e abril (52,6 mm), permanecendo valores baixos até o mês de setembro (40,0 mm). Em outubro (98,2 mm), há um novo aumento na pluviosidade, sendo a média máxima nos meses de dezembro igual a 210,1 mm e janeiro 239,8 mm.

3.2. Geologia

A caracterização dos aspectos geológicos tem como base o Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro (Penha *et al.*, 1981). A unidade litológica dominante em Itaipava corresponde à unidade Batólito Serra dos Órgãos (BSO). Macroscopicamente, o BSO é caracterizado por uma rocha de granulação média a grossa, geralmente, biotítica, com ou sem hornblenda. Sua gênese está ligada a uma rocha ígnea, que intruiu numa seqüência encaixante. 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 (Penha *et al.*, 1981). Com isso, pode-se verificar que o rio do Carvão corre, exatamente, sobre um falhamento que acompanha a direção geral do sistema de falhas da Serra do Mar.

Petrograficamente, o BSO é representado por biotita gnaisses e biotita gnaisses graníticos de granulação grosseira e coloração cinza clara a rosada, ricos em microclina, subédrica com inclusões de quartzo e plagioclásio. Tanto o quartzo como os feldspatos apresentam-se bastante fraturados e contém muitas inclusões, principalmente de apatita, zircão e biotita. Entre os máficos, o mineral mais comum é a biotita, ocorrendo em palhetas subordinadas, em cor marrom amarelada. Os acessórios mais comuns são a magnetita e a pirita (Souza, 1983 *in* Soares da Silva, 1997).

Outras unidades compõem a área de Itaipava: Santo Aleixo, granito Andorinha, Maria Comprida, São Fidélis, Bingen e Depósitos de Várzea. A unidade Santo Aleixo compreende migmatitos heterogêneos bem diferenciados, predominantemente estromáticos. Neste conjunto, predominam biotita-pegmatito-migmatito gnaisses

pseudo-porfiroblásticos, de granulação média, leuco a mesocráticos. Tais migmatitos encontram-se freqüentemente bandados com leucogranitos gnáissicos.

O Granito Andorinha corta indiferentemente as unidades Santo Aleixo e Batólito Serra dos Órgãos, seguindo um *trend* NE-E, sendo composto predominantemente por biotita-quartzo monzonito de granulação média, apresentando variações restritas para hornblenda-biotita granodiorito e hornblenda-biotita-quartzo monzonitos. A unidade Maria Comprida compreende predominantemente hornblenda-biotita gnaisse de composição granodiorítica à granítica e granulação média a grosseira.

Os Depósitos de Várzea, de idade quaternária, ocorrem em vales estruturados sobre fraturas ou falhas geológicas, compreendendo areias feldspáticas estratificadas e selecionadas e argilas sílticas orgânicas.

A unidade litológica que está presente em toda a encosta estudada é a unidade Batólito Serra dos Órgãos, que fica exposta no afloramento rochoso presente no topo da mesma (Figura 3.1).

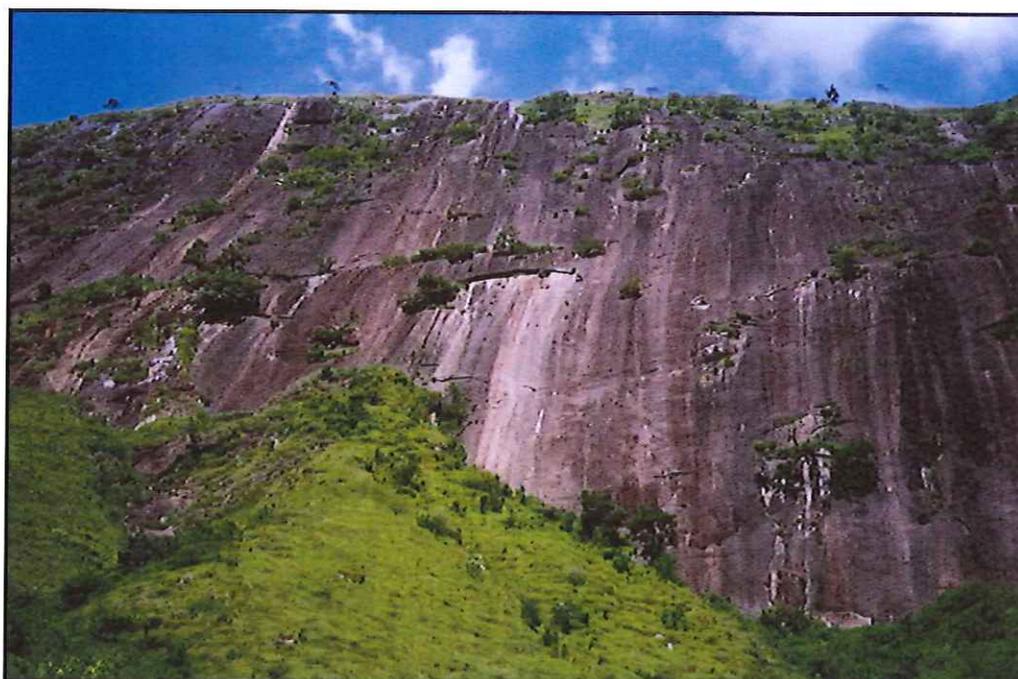


Figura 3.1: Visão do afloramento de gnaisses-graníticos da Unidade Batólito Serra dos Órgãos (Foto: Silva, 2005).

3.3. Vegetação

Por ter sido ao longo da costa atlântica brasileira que começou a colonização iniciada com os portugueses, a partir de 1500, e por ser também nesta porção do território onde se concentra hoje a maior parte da população e das atividades econômicas do Brasil, a Mata Atlântica foi o primeiro grande bioma brasileiro devastado para o estabelecimento da moderna civilização do país. Como resultado, a Mata Atlântica sofreu uma drástica redução de sua área de cobertura original. Seus remanescentes, que hoje recobrem apenas 8,2% da superfície original, estão distribuídos de forma descontínua em diversos fragmentos isolados, preservados em Unidades de Conservação e em propriedades particulares, e não representam proporcionalmente as diferentes fitofisionomias e os diferentes ecossistemas associados, sendo que alguns destes já desapareceram e outros se encontram em vias de desaparecimento. Um outro aspecto marcante na distribuição desses remanescentes é que a maioria encontra-se limitada às áreas de difícil acesso da Serra do Mar, sendo raros os trechos de floresta em terras baixas ou planas (SOS MATA ATLÂNTICA/INPE/ISA, 1998).

Inserir-se neste quadro o município de Petrópolis, pois, segundo a denominação adotada pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro – CIDE (1995), a vegetação que originalmente ocupava esta área era a Floresta Ombrófila, popularmente conhecida por Mata Atlântica, onde as árvores se agrupam de forma densa, devido, principalmente, a dois fatores: relevo e pluviosidade.

De acordo com Penha *et al.* (1981), a Mata Atlântica 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. Contudo, observa-se que ocorre uma diminuição de seu porte em direção às cotas mais altas, onde dominam os campos de altitude.

O relevo e a precipitação média anual contribuíram de maneira excepcional para o condicionamento da vegetação em Petrópolis. As escarpas da Serra do Mar representam um obstáculo à circulação das massas de ar úmidas vindas do oceano

Atlântico. Por essa razão, enquanto na vertente oriental desta Serra surge uma floresta exuberante o ano todo, no seu reverso, verifica-se cotas altimétricas inferiores e condições de semi-umidade, que modificam o aspecto da vegetação (Floresta Subdecídua) (Governo do Estado do Rio de Janeiro - CIDE, 1995). A Floresta Subdecídua caracteriza-se por ser aberta, favorecendo o aparecimento de estratos inferiores, em função da maior facilidade de penetração da luz solar.

Em Itaipava, a vegetação original encontra-se limitada a pequenas áreas montanhosas de difícil acesso. A mata nativa tem sido progressivamente devastada; inicialmente, para dar lugar a culturas variadas, entre as quais se destaca a hortifrutigrangeira e as pastagens (Botelho, 1996).

A razão de se estudar o tipo de vegetação nativa na região é o de propiciar um conhecimento das condições ambientais originais, a fim de melhor compreender as condições favoráveis ao maior ou menor acúmulo de matéria orgânica nos solos.

Atualmente, a encosta estudada apresenta uma cobertura vegetal caracterizada em seu trecho inferior pelo cultivo de hortaliças orgânicas, desde 1995, e em seu trecho superior por capoeira e gramíneas (Figura 3.2).

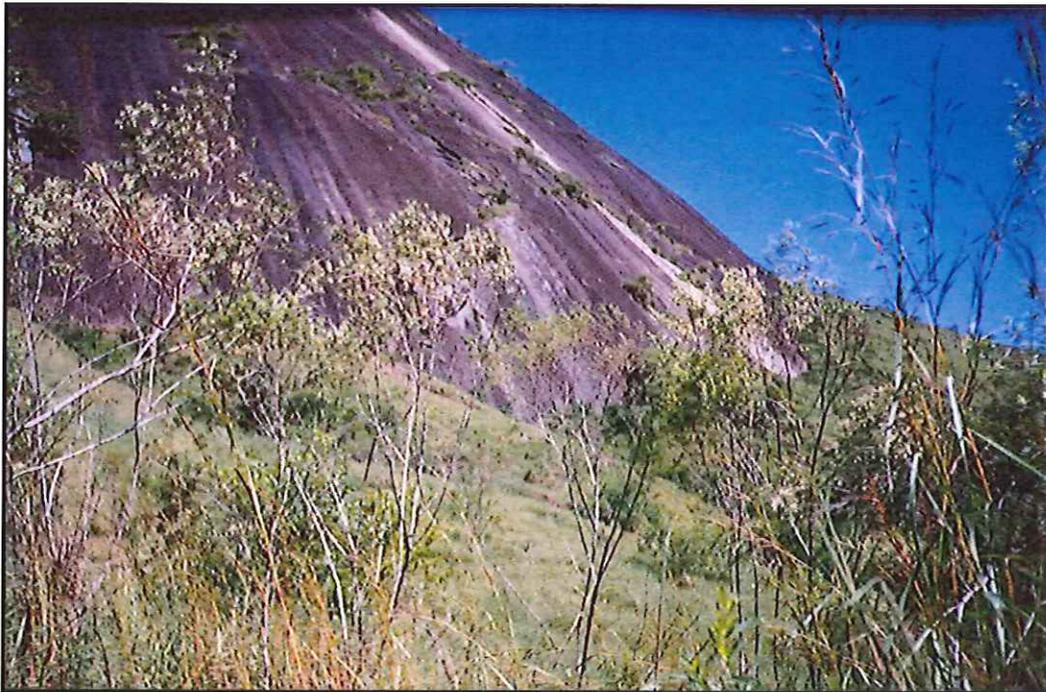


Figura 3.2: Vegetação atual do terço superior da encosta estudada, representada por capoeira e gramínea – Sopé do Afloramento Rochoso (Foto: Silva, 2005).

3.4. Relevo

O município de Petrópolis localiza-se no Domínio Serrano da Região Sudeste, caracterizando-se pela presença de segmentos da Serra do Mar, localmente denominada Serra dos Órgãos, onde se observam cristas com altitudes acima de 2.000 metros, com o pico mais alto chegando a 2.225 metros, servindo como grandes divisores de água que separam, ao sul e ao norte, rios da vertente marinha dos rios da vertente interiorana do Paraíba do Sul. Outras serras locais são: do Taquaril, do Cantagalo, das Araras, da Estrela e das Cambotas. Todas apresentam relevo acentuado, visivelmente escarpado, com cotas altimétricas superiores a 1.000 metros, destacando-se os picos da Pedra do Sino, com 2.218 metros; Pedra do Açu, com 1.933 metros; e Maria Comprida, com 1.926 metros (Botelho, 1996).

Predominam em Petrópolis montanhas assimétricas, com escarpas abruptas de contornos sinuosos, surgindo pontões em forma de “pães-de-açúcar”, individualizados pela erosão diferencial, pela qual se destacam núcleos mais resistentes como a Serra do Cantagalo.

Cristas e vales retilíneos e estreitos ocorrem, preferencialmente, na direção NE-SW. Para as cristas, King (1956, *in* Penha *et al.*, 1981) atribuiu a idade terciária inferior (ciclo Sul-Americano), tendo os vales se desenvolvido em idade terciária superior.

De acordo com mapeamento realizado por Soares da Silva *et al.* (1999), as cotas altimétricas em Itaipava variam de 600 a 1.900 metros, com predomínio da cota de 800 metros. As maiores altitudes estão nas Serras dos Órgãos, a leste, e das Araras, a oeste, enquanto as menores situam-se ao longo do rio Piabanha.

A encosta estudada localiza-se em área de interflúvio, encontrando-se entre as cotas altimétricas de 750 a 1.200 metros. A seção estudada localiza-se na média encosta¹ e estende-se da cota de 860 metros a aproximadamente 910 metros. O

¹ Elemento da paisagem localizado entre a crista e o pedimento ou planície aluvial. É normalmente, o elemento da paisagem mais afetado pelos processos erosivos (Curi *et al.*, 1993).

levantamento topográfico não foi iniciado exatamente às margens do rio do Carvão, devido à existência de uma área construída pertencente ao Sítio do Moinho.

3.5. Solos

De acordo com o Mapeamento de Reconhecimento de Baixa Intensidade dos Solos do Estado do Rio de Janeiro realizado pela EMBRAPA (2005), na escala de 1:250.000, os solos presentes no município de Petrópolis corresponderiam ao Cambissolo, Latossolo, Argissolo e Neossolo Litólico (Figura 3.4). Porém, deve-se atentar para o fato de que na escala do mapeamento, houve apenas abertura de seis perfis de solo para todo o município, atribuindo-lhe certo grau de generalização e, por conseqüência, não suprimindo as necessidades de pesquisas em escalas maiores ou detalhadas. Contudo, é importante ressaltar o fato de que neste mapeamento foi encontrado horizonte A rico em matéria orgânica sobre diversos tipos de solos (Cambissolo, Latossolo e Neossolo Litólico), assim como Silva e Botelho (1997) para o distrito de Itaipava. As características geomorfológicas das áreas de ocorrência desses horizontes são similares nos dois trabalhos, porém, as altitudes variam. Silva e Botelho (1997) encontraram horizonte superficial húmico a partir da cota de 800 metros, enquanto EMBRAPA (2005) registrou-os acima da cota dos 900 metros, no Sítio Curral do Sol, a mais ou menos um quilômetro de Friburgo, na estrada para Amparo. Foi encontrado Cambissolo húmico na estrada Petrópolis – Teresópolis, sendo este o trecho em que a espessura do horizonte A alcançou maior profundidade, em ambos os levantamentos.

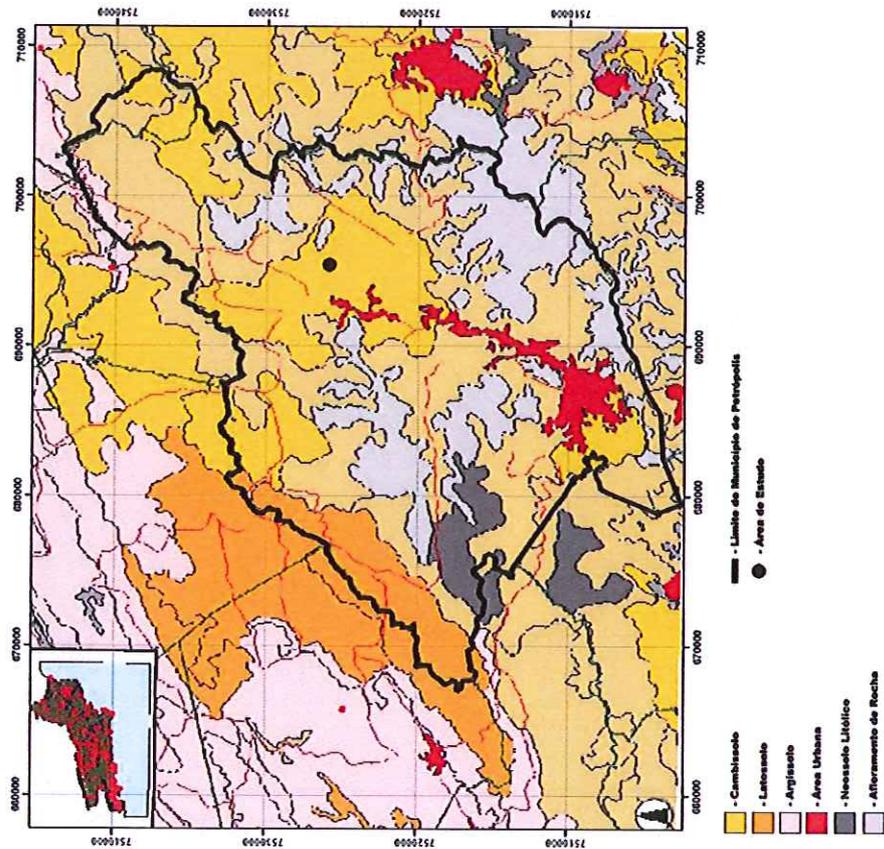


Figura 3.4: Mapa de Solos do município de Petrópolis (EMBRAPA, 2005) e localização aproximada da encosta estudada.

É notória a ausência de levantamentos detalhados de solos no estado do Rio de Janeiro e também no Brasil (Soares da Silva, 1997). Os levantamentos de detalhe restringem-se a pesquisas acadêmicas realizadas em universidades e que nem sempre são de fácil acesso ao grande público. Deste modo, não há para o município de Petrópolis levantamento de solos em escala de detalhe. Existem para algumas bacias hidrográficas, mapeamentos isolados de solos, realizados por alguns pesquisadores (Tavares, 1987; Botelho, 1996), desenvolvidos para seus trabalhos de dissertação de mestrado.

Segundo pesquisa realizada por Tavares (1987), no vale do rio Caxambu, em Cascatinha, foram identificados os seguintes tipos de solos: Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo podzólico, Podzólico Vermelho-Amarelo latossólico, Cambissolo, Solo Litólico e Solo Aluvial. Também em Petrópolis, mais especificamente no rio Cuiabá, Botelho (1996), em condições ambientais similares, identificou os mesmos tipos de solos. É importante mencionar que Tavares (1987), encontrou o valor máximo de matéria orgânica de 5% em horizonte de superfície a uma profundidade máxima de 14 cm, a 965 metros de altitude, justificando para os baixos valores o fato do alto índice pluviométrico e do uso agrícola do solo. Botelho (1996), em Itaipava, identificou três perfis de solo apresentando horizontes superficiais com altos valores de matéria orgânica, sendo esses classificados como húmicos, com aproximadamente 3% de matéria orgânica a 92 cm de profundidade e em altitude de 980 metros, e, proeminentes, contendo aproximadamente 5% de matéria orgânica a 40 cm de profundidade a uma altitude de 940 metros.

Vale ressaltar o trabalho desenvolvido por Botelho *et al.* (1999), no qual foi realizado um levantamento semidetalhado dos solos do distrito de Itaipava, onde foram encontradas as seguintes classes: Latossolo Vermelho-Amarelo, Podzólico Vermelho-Amarelo, Cambissolo, Solo Litólico e Solo Aluvial, existindo ainda solos *intergrades* entre as classes Latossolo Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo. Vale mencionar que foram identificadas algumas correlações entre os solos que ocorrem na área e sua localização na encosta. Os Latossolos, em geral, ocorrem em alta e média encosta. Os Podzólicos localizam-se preferencialmente no terço inferior das vertentes, em colinas suavizadas. Os Cambissolos ocorrem em trechos mais elevados, em relevo

ondulado a montanhoso. Os Solos Litólicos são encontrados nas áreas mais íngremes, próximas a afloramentos de rocha e sopé de paredões rochosos, em áreas de depósito de tálus. Por último, os Solos Aluviais restringem-se aos terraços ao longo dos principais cursos d'água.

De acordo com estudos realizados anteriormente por Silva e Botelho (1997) e Silva *et al.* (1997), que consistiram na realização de um zoneamento (Figura 3.5) da ocorrência de horizontes superficiais húmicos e proeminentes em todo o distrito de Itaipava, a encosta estudada pode ser mapeada em seu terço médio apresentando o solo da classe Cambissolo, com horizonte superficial proeminente. Contudo, em função das mudanças no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 1999), tal horizonte passou a ser classificado como húmico. Vale lembrar que estes trabalhos estimularam a pesquisa agora desenvolvida.

3.6. Uso do Solo

A ocupação de Petrópolis se deu através das sesmarias, que eram lotes provenientes da divisão das capitânicas hereditárias no final do século XVII e princípio do século XVIII. Os proprietários dessas terras tinham a obrigação de conservar a via de comunicação terrestre entre Minas Gerais e Rio de Janeiro; proporcionar albergue e alimentação aos funcionários do Rei, tropeiros e animais de carga em trânsito; construir e conservar pontes sobre os rios ou auxiliar a travessia com canoas, além de promover o cristianismo (Andrade, 2000).

A história de Petrópolis ganha significado quando D. Pedro I compra a Fazenda do Córrego Seco em 1830. Em 16 de março de 1843, por um decreto assinado por D. Pedro II, foi criado o povoado de Petrópolis, reservando uma área para edificação do palácio e outra para povoação, com uma igreja e um cemitério. Petrópolis deu início, então, a uma rápida urbanização, pois surgiu da vontade imperial, não sendo consequência da economia rural em evolução na época, ou da exploração das matas



Figura 3.5: Ponto do Zoneamento realizado em 1997 por Silva e Botelho, atualmente a seção de encosta estudada.

petropolitanas. Em 1854, já compreendia 23 quarteirões, além da Imperial Fazenda de Petrópolis e do Palácio Imperial (Petrópolis, 1992).

No mês de setembro de 1857, Petrópolis passou definitivamente à categoria de cidade, sendo a capital do estado do Rio de Janeiro no período de 1894 a 1903.

A área do atual distrito de Itaipava passa a ser efetivamente ocupada, com a construção e inauguração da primeira estrada de ferro brasileira – a Estrada de Ferro Barão de Mauá (Lamego, 1963), em 30 de abril de 1854, com 16,1 quilômetros de extensão e que subia pelo caminho correspondente à estrada União e Indústria.

Nos últimos dez anos, Itaipava tem sido o principal alvo da ocupação urbana no município de Petrópolis, justificável por sua posição de centro geográfico, o que lhe confere facilidade de ligações viárias com os demais distritos, e, obviamente pela maior proximidade com o primeiro e segundo distritos caracterizados por um maior adensamento populacional (Botelho, 1996).

Além disso, Itaipava tem se destacado na multiplicação de condomínios de lazer e rede hoteleira pelas razões citadas anteriormente, assim como em função das potencialidades turísticas da área. Tratam-se, na verdade, de construções de alto padrão, que visam atender às camadas mais favorecidas da sociedade (Botelho, 1996), sendo nítido, que em função da crescente especulação imobiliária, o distrito vem assumindo novo papel na economia municipal.

Assim, Itaipava, que anteriormente apresentava características essencialmente rurais, vive já na década de 90, o conflito entre o uso rural e urbano (Botelho, 1996), o que pode provocar a situação de depauperação, ou até mesmo extinção dos horizontes ricos em matéria orgânica.

A encosta estudada está em uma propriedade particular, o Sítio do Moinho, localizado na Estrada Correa da Veiga, nº 2.405, cujos donos são dois norte-americanos: Dick e Angela Thompson. Sabe-se que, anteriormente aos atuais donos, a mesma pertencera a um francês, que cultivara o terreno utilizando muito pesticida. Quando o casal Thompson adquiriu a propriedade, o solo já se encontrava há oito anos sem uso. Então, o casal começou um processo de recuperação do solo. Contrataram uma

agrônoma, Maria Cláudia Aroeira, e, em meados de 1990, iniciaram a olericultura orgânica. A introdução dos cultivos em estufas ocorreu em 1997, contudo estes se limitaram aos sete hectares de terreno plano da propriedade.

A área de estudo permaneceu sem plantação até 1995, quando começaram os cultivos de hortaliças orgânicas, que possuem raízes chegando até a profundidade de no máximo 20 cm. Entretanto, até hoje, esta prática somente ocorre em uma pequena área, que se situa na parte de declividade mais suave da baixa encosta, trecho não considerado nesse estudo. Vale ressaltar que em momento algum deste trabalho foram realizadas coletas de amostras em área sob cultivo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento desta dissertação fundamentou-se em algumas etapas (campo, laboratório e gabinete), visando mapear a distribuição da matéria orgânica em horizontes superficiais. Procurou-se observar a relação entre a matéria orgânica e o relevo através da análise tridimensional dos horizontes de superfície, na qual foram executadas medições topoaltimétricas e perfurações a trado. Dessa forma, buscou-se um estudo detalhado das inter-relações solo – paisagem, que possibilitou caracterizar as zonas de acumulação e de perda da matéria orgânica na encosta. Os procedimentos realizados em campo fundamentaram-se na Análise Estrutural da Cobertura Pedológica (Boulet, 1988; Queiroz Neto, 1988; Ruellan, 1988), porém foram adaptados a esse estudo, que envolveu apenas os horizontes superficiais. Destacam-se, ainda, os procedimentos dos estudos morfológicos de campo e da representação tridimensional da seção de encosta, possibilitando o acompanhamento das transformações laterais do horizonte superficial.

A execução do levantamento topográfico e a realização das sondagens em campo serviram de base para a elaboração do modelo digital do terreno e do bloco diagrama, que foi precedida pela busca e organização dos diversos materiais necessários ao desenvolvimento desta fase da pesquisa. Os principais materiais utilizados e considerados básicos foram: trado, pedocomparador, metro, trena, clinômetro, bússola, lupa de bolso e Carta de Munsell (Soares da Silva, 1999).

4.1. Critérios de escolha da encosta

Os trabalhos desenvolvidos a partir do estudo de toposseqüências, geralmente, são antecedidos do mapa morfopedológico, que é obtido a partir da conjugação do mapa de solos preliminar e do mapa geomorfológico (Castro, 1989; Soares da Silva, 1997). Contudo, a escolha da encosta estudada nesta pesquisa seguiu critérios distintos. A encosta foi escolhida por apresentar horizonte superficial rico em matéria orgânica. Este fato foi constatado a partir de um estudo realizado anteriormente por Silva e Botelho (1997), que consistiu em um zoneamento da ocorrência de horizontes superficiais húmicos e proeminentes em todo o distrito de Itaipava. Além disso, para a localização das toposseqüências no Sítio do Moinho foi de grande importância o fato de ser um local seguro e de fácil acesso, tendo sido obtida a permissão do proprietário.

A utilização da análise tridimensional da cobertura pedológica serviu também como treinamento e possibilidade de aplicar tal metodologia no estado do Rio de Janeiro, uma vez que se sabe da existência de poucos trabalhos aqui produzidos utilizando tal método, estando grande parte dos pesquisadores que o utilizam concentrados em São Paulo (Departamento de Geografia – USP, Departamento de Ciência do Solo – ESALQ/USP, Instituto Agrônomo de Campinas), em função, principalmente, da existência de um convênio entre o Departamento de Geografia da USP e instituições francesas de pesquisa, sendo estas as que mais desenvolveram esta metodologia (Soares da Silva, 1997).

4.2. Levantamento e representação tridimensional da encosta

Após a escolha da encosta, foi iniciado o seu levantamento topométrico, seguido pelas tradagens necessárias para posterior delimitação das curvas de isovalores de matéria orgânica. Em seguida serão apresentadas as etapas da análise tridimensional adotadas para esta pesquisa.

4.2.1. Levantamento topoaltimétrico

O levantamento topoaltimétrico foi realizado com o auxílio do clinômetro e da trena, obtendo-se 69 pontos de leitura (Tabela 4.1), que foram distribuídos por sete eixos distintos de visadas. Tendo como base a estrada, foi percorrida perpendicularmente (a montante) uma extensão de 78,57 metros e paralelamente, 78,25m, totalizando uma área de aproximadamente 6.000m². A declividade média é de aproximadamente 37 cm/m na linha de maior declive.

A primeira direção das visadas foi perpendicular ao rio do Carvão, tomadas a partir do corte de estrada (paralelo ao rio supracitado), até a ruptura de declive nítida côncava (Figura 4.1), onde a declividade da encosta era acentuada e o horizonte A muito raso. Tomando como base o primeiro eixo de visadas, perpendicular à estrada, outros seis foram realizados em suas laterais, em cujas extremidades encontram-se depressões e conseqüente concentração de fluxo, representando dois canais efêmeros, um à direita e outro à esquerda. Esses canais são afluentes do rio do Carvão e formam os limites laterais da seção de encosta. Vale mencionar que o canal posicionado a direita está mais afastado do ponto máximo do interflúvio do que o canal à esquerda (Figura 4.1).

Tabela 4.1: Leitura topoaltimétrica de campo com altura e distância acumuladas em relação à estrada.

Ponto de Leitura	Altura (m)	Distância (m)
0	0	0
1	1,41	3,50
2	1,10	3,90
3	1,03	3,62
4	1,05	3,79
5	0,98	3,54
6	1,13	3,00
7	0,93	3,36
8	0,87	2,98
9	1,04	3,17
10	0,87	3,78
11	0,62	4,24
12	0,60	3,84
13	0,62	3,24
14	0,80	3,60
15	0,57	3,21
16	0,43	3,63
17	0,60	3,18
18	0,24	3,92
19	0,43	4,42
20	0,35	4,12
21	0,44	3,46
22	0,70	3,07
23	1,35	3,37
24	1,46	4,74
25	1,86	1,90
26	0,58	7,90
27	1,18	5,82
28	1,43	5,00
29	1,10	5,36
30	1,32	5,00
31	1,06	5,55
32	1,07	5,38
33	1,14	4,75
34	1,43	5,55
35	1,45	5,90
36	1,86	5,20
37	1,83	3,00
38	1,34	5,58
39	1,02	5,10
40	1,12	4,82
41	0,97	5,80
42	1,12	4,88
43	0,98	4,84
44	1,02	5,27
45	1,18	5,20
46	1,09	5,00
47	1,32	5,60
48	1,60	5,10
49	1,52	5,27
50	1,40	4,80

Ponto de Leitura	Altura (m)	Distância (m)
51	1,58	5,10
52	1,50	3,45
53	1,95	2,44
54	1,73	6,40
55	1,76	5,75
56	1,75	6,22
57	1,60	4,50
58	1,66	5,60
59	1,61	5,30
60	1,59	5,00
61	1,53	5,60
62	1,53	6,50
63	1,52	4,10
64	1,75	4,35
65	1,98	2,92
66	1,93	2,40
67	1,97	2,54
68	1,83	3,35
69	1,65	5,80



Figura 4.1: Vista do trecho da seção de encosta estudada, destacando-se a ruptura de declive adotada como limite superior (Foto: Silva, 2005).

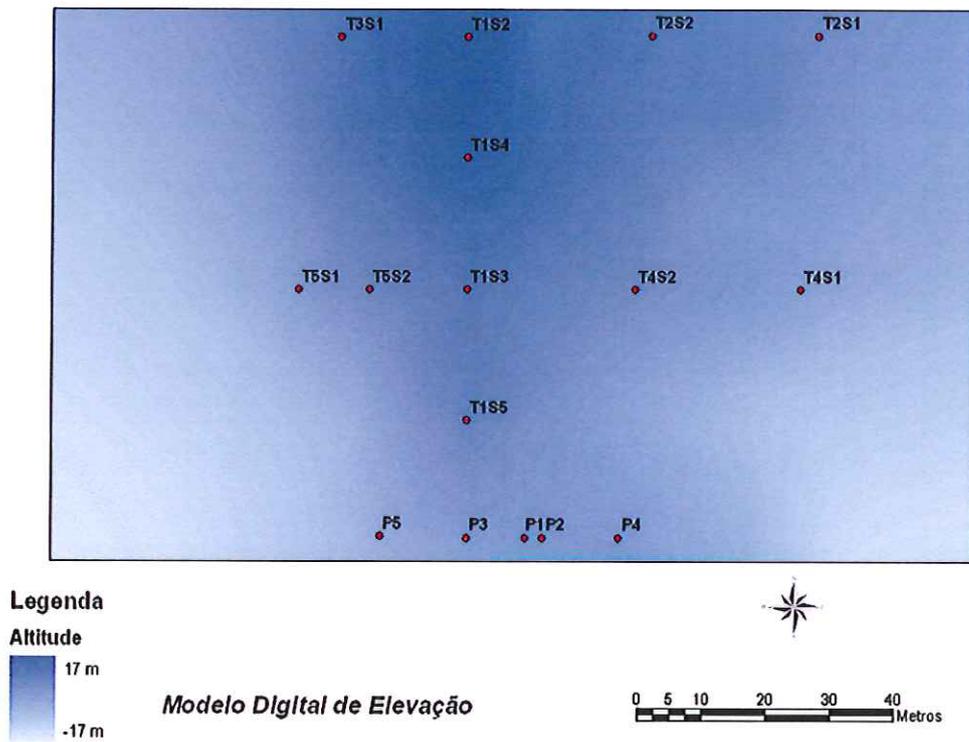
4.2.2. Localização das toposseqüências

Ao todo foram realizadas cinco toposseqüências (Figura 4.2), nas quais foram feitas onze sondagens ao longo da seção de encosta. Para a orientação da abertura das toposseqüências foram abertos, aleatoriamente, cinco perfis de solo no corte de estrada, chamados de pontos. Tomando o Ponto 3 (P3) como referência, a sua direita foram abertos os Pontos 1 (P1), 2 (P2), e 4 (P4), que distam 9,19 m, 11,89 m e 23,79 m, respectivamente. À esquerda de P3 foi aberto o Ponto 5 (P5), que dista 11,15 m. O Ponto 3 serviu para gerar a Toposseqüência 1 (T1), localizada em um interflúvio perpendicular ao rio do Carvão, o principal da bacia. É importante mencionar que os Pontos aqui apresentados seguiram a identificação de campo, não havendo em nenhum momento renumeração, a fim de evitar equívocos.

Na T1 foram realizadas quatro sondagens. Vale ressaltar que não existiu Sondagem 1 (S1) nesta toposseqüência, pois considera-se P3 como ponto inicial. A Sondagem 2 (S2) de T1 foi plotada a 78,57 m de P3. Em virtude dos horizontes superficiais serem diferentes em T1S2 e P3 e do método de pesquisa adotado, realizou-se a terceira sondagem (S3) entre P3 e T1S2, com objetivo de determinar a diferenciação lateral dos horizontes entre estas sondagens. A sondagem T1S3 foi realizada a 38,88 metros de P3.

Em seguida foi realizada uma quarta sondagem (S4) entre T1S3 e T1S2. Dessa forma, T1S4 foi plotada a montante de T1S3, distando 20,70 metros desta. A sondagem 5 (S5) foi realizada entre P3 e T1S3, a fim de continuar a verificação das diferenciações no horizonte superficial. T1S5 foi plotada a montante de P3, distando 18,35 metros desse ponto.

Após as sondagens realizadas na toposseqüência principal (T1), outras foram plotadas nas laterais de T1, sendo a primeira realizada a sudeste de T1S2. Dessa forma, a sondagem 1 da Toposseqüência 2 (T2S1) foi plotada a 54,77 metros de T1S2. Em função dos horizontes superficiais de T1S2 e T2S1 serem ligeiramente distintos, foi realizada uma segunda sondagem entre as duas anteriormente citadas. Esta recebeu o nome de T2S2, distando 28,73 metros de T1S2.



P = Ponto
T = Toposseqüência
S = Sondagem

Figura 4.2: Localização dos pontos e toposseqüências, sendo os Ps representantes do corte de estrada.

A sudoeste de T1S2 foi realizada uma terceira toposseqüência (T3), cuja sondagem (S1) foi plotada a 19,65 metros de T1S2. Houve apenas uma sondagem em T3, em função da proximidade com um canal de drenagem, numa distancia inferior a 3,5 metros.

Foram realizadas outras duas toposseqüências perpendiculares a T1S3, uma a sudeste, a Toposseqüência 4 (T4), na qual foram realizadas duas sondagens, a primeira (T4S1), que distou 52,09 metros de T1S3, e a segunda (T4S2), que foi realizada a 26,18 metros de T1S3. Finalmente, a sudoeste de T1S3, foi realizada a Toposseqüência 5 (T5), na qual foram feitas duas sondagens: a primeira (T5S1), distou 26,16 metros de T1S3, e a segunda (T5S2), a 15,17 metros de T1S3.

4.2.3. Levantamento morfológico de campo

As amostras coletadas foram caracterizadas morfologicamente segundo o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Lemos e Santos, 1996), considerando os seguintes atributos:

- cor, em amostras seca e úmida;
- estrutura, quanto ao tipo, classe e grau de desenvolvimento;
- consistência, em amostra seca, úmida e molhada;
- porosidade, quanto ao tamanho e quantidade de macroporos; e
- raízes, quanto à quantidade e diâmetro.

A subdivisão dos horizontes superficiais em A₁, A₂ e AB, foi realizada com base na verificação da cor, utilizando a *Munsell Soil Collor Charts* (1994).

Foram definidas três diferentes formas de coleta das amostras em campo: (1) nos perfis de solo situados no corte da estrada; (2) nas sondagens em superfície (0 cm), com

o auxílio da faca; e (3) nas sondagens com a utilização do trado. Nesta, o trado foi aprofundado até 20 cm e retirado em seguida, sendo aproveitado o solo dos 10 cm inferiores. Este procedimento foi repetido a cada 10 cm, até a profundidade na qual era encontrado o horizonte B, de coloração variegada. A coleta de amostras em perfis de solo foi realizada em profundidades distintas, de acordo com as diferenciações entre os horizontes identificados, com o auxílio do martelo pedológico, bacia e trena, sendo esta última utilizada para verificação das profundidades. Para as amostras coletadas com o trado não foram realizadas as análises morfológicas referentes à estrutura, porosidade e consistência em amostras seca e úmida, já que este tipo de coleta com o trado altera a estrutura do solo.

As amostras coletadas nos perfis, tal como as coletadas em superfície ou com o auxílio do trado obedeceram a um método sistemático de observação, de forma que, todas as transições, relacionadas ao horizonte A foram localizadas. As amostras foram separadas em pequenas quantidades e acondicionadas em caixas de papelão com dimensões de 4 cm x 4 cm x 4 cm, onde foram anotados os números do ponto ou da sondagem, sendo para ambos os casos anotada a profundidade de coleta (Figura 4.3). Tais caixas foram, por sua vez, armazenadas no pedocomparador, que se constitui de uma caixa de madeira com tampa e com capacidade para cem caixas de papelão (Soares da Silva, 1999). Segundo o autor, o pedocomparador tem como função armazenar organizadamente as amostras coletadas.

4.2.4. Representação tridimensional da seção de encosta e delimitação das curvas de isovalores

No levantamento topoaltimétrico os dados obtidos foram plotados em um modelo digital do terreno (MDT), de forma que a visualização da seção da encosta fosse a mais fiel possível com a realidade.

O MDT foi confeccionado da seguinte maneira: o Ponto 3 (P3) foi utilizado como referência de origem e os pontos paralelos a P3, ou seja, P1, P2, P4 e P5, como

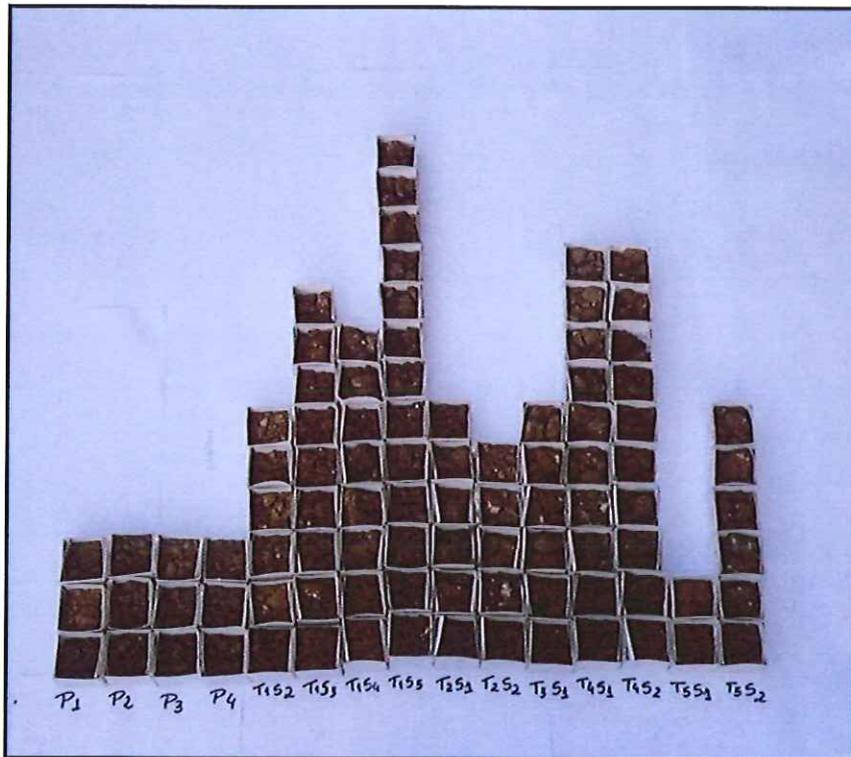


Figura 4.3: Seqüência de amostras coletadas nos perfis de solo, sondagens e em superfície (Foto: Silva, 2005).

referência de altura. Então, foram plotados os pontos de leitura do levantamento topoaltimétrico.

O MDT foi gerado a partir da extensão *Spatial Analyst* do ArcGIS 8.3, onde foram testados três métodos de interpolação: *Kriging*, *Spline* e *Inverse Distance Weighted*. Em função do número de pontos e de sua distribuição, o método que apresentou o melhor resultado foi o *Spline*. Então, após essa escolha, utilizou-se a extensão *3D Analyst* do ArcGIS 8.3, criando-se o modelo com escala aproximada de 1:1.000 e exagero vertical de 1,5 vezes.

O modelo também serviu de base para o desenho de um bloco diagrama, onde foram representadas as curvas de isovalores de matéria orgânica (linhas que passam por pontos de mesmo teor do atributo considerado). Foi necessária a construção de um desenho deste bloco diagrama, pois foram feitas tentativas de plotar as curvas de isovalores no MDT, mas não foi possível, em função deste não representar a subsuperfície. Em seguida, foi realizada a distribuição de frequência dos valores de matéria orgânica, onde os mais freqüentes foram adotados.

Após a confecção do bloco diagrama, foram plotadas em papel milimetrado as profundidades de cada sondagem, na escala de 1:100, tal como os percentuais de matéria orgânica para as mesmas profundidades na escala de 1:10, ou seja, cada milímetro no papel equivaleria a 1% de matéria orgânica. Após esta etapa, foram determinados os percentuais de matéria orgânica a serem mapeados como curvas de isovalores, chamadas, neste trabalho, de curvas de organodiferenciação, à luz do termo curvas de argilodiferenciação (Castro, 1989). Em função da maior frequência foram determinados os percentuais a serem mapeados: 3%, 4%, 6% e 8%.

O procedimento adotado para o tratamento final, consistiu na passagem para papel vegetal, escanerização e tratamento digital da imagem capturada através do software CorelDraw11.0.

4.3. Análises de Laboratório

As amostras de solo coletadas em campo, ao chegarem ao laboratório, foram depositadas em tabuleiros, em temperatura ambiente, para completa dessecação ao ar. Depois, foram destorroadas sobre placa de borracha, com auxílio de rolo de madeira até que os torrões maiores se desfizessem. Posteriormente, as amostras de solos já destorroadas foram quarteadas e separadas as frações grosseiras do solo (retidas na malha da peneira igual a 2,0 mm de diâmetro), obtendo a terra fina seca ao ar (TFSA). A partir da TFSA, foram realizadas as seguintes análises: massa seca radicular, granulometria e extração da matéria orgânica. Ao todo, 108 amostras de solo foram processadas no Laboratório de Geografia Física do Departamento de Geografia da UFRJ. Dessas, 85 amostras foram classificadas como pertencentes ao horizonte A.

Com exceção da massa seca radicular, para as demais análises houve, no mínimo, duas repetições, a fim de garantir alto nível de precisão dos resultados.

4.3.1. Massa Seca Radicular

As raízes foram separadas do solo em água corrente, e recuperadas por peneiramento em malha de 2,0 mm. A seguir, as amostras foram postas a secar em estufa com circulação forçada de ar (65°C por 48 hs) e pesadas em balança analítica (precisão de 0,1 mg), para obtenção da massa seca radicular (MSR). O valor da MSR foi calculado em porcentagem em relação à massa total de solo (Brasil *et al.*, 2003; Povill *et al.*, 2003).

4.3.2. Análise Granulométrica

A granulometria é uma das propriedades físicas fundamentais do solo e significa a quantificação das suas frações. Auxilia na caracterização do tipo de solo, dando uma idéia aproximada de sua permeabilidade e porosidade.

A análise granulométrica foi realizada pela combinação dos métodos do peneiramento e da pipetagem (Suguio, 1973). Esta análise consiste em realizar a separação por peneiramento dos materiais com diâmetro superior a 0,053 mm daqueles de diâmetro inferior (frações argila e silte). Para garantir o nível de precisão da análise, os resultados com diferença superior a 1% foram repetidos.

A argila foi determinada pelo método da pipetagem, que consiste em dispersão com Na^+OH^- de uma suspensão de TFSA (EMBRAPA, 1997). Baseado na velocidade de decantação, que é calculada pela Lei de Stokes, pode-se obter uma alíquota purificada de argila em suspensão para o cálculo do seu teor, expresso em percentagem.

A determinação da areia total foi realizada através de peneiramento úmido em malha de 0,053 mm, sendo que toda amostra retida na peneira é classificada como areia. Após secagem na estufa, calculou-se o teor de areia total em percentagem. Em seguida, separou-se a areia grossa (2,0 mm – 0,2 mm) da areia fina (0,2 mm – 0,02 mm), por peneiramento à seco. A fração silte foi calculada pela seguinte relação:

$$\% \text{ silte} = 100 - (\% \text{ areia}) - (\% \text{ argila})$$

Para a estimativa dos pesos secos foi utilizado um fator de correção (fator “f”), obtido pela relação entre peso seco de uma amostra seca ao ar e seca em estufa a 105°C. Este fator foi utilizado na correção dos resultados para os percentuais de argila e de areias e, indiretamente, de silte, com base na seguinte equação:

$$\text{fator "F"} = \frac{\text{peso da amostra de TFSA}}{\text{peso após a estufa}}$$

A partir desses dados, foram determinadas as classes texturais, de acordo com o Triângulo Americano das Classes Texturais do Solo, proposto pelo *Soil Survey Manual* e modificado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Lemos e Santos, 1996) e os Grupamentos Texturais definidos por EMBRAPA (1999).

4.3.3. Extração da Matéria Orgânica

Os conteúdos de matéria orgânica foram obtidos a partir do método da perda de peso por ignição (PPI). Este método consiste na determinação gravimétrica do CO₂, (i. e., massa da amostra que é volatilizada), quando uma amostra de solo seco é submetida a uma alta temperatura de ignição. Até recentemente, segundo Galliassi *et al.* (2002), o método da PPI não era utilizado na maioria dos laboratórios de rotina do mundo, devido a certos inconvenientes operacionais, como o maior tempo e número de operações manuais envolvendo pesagem de amostras.

Para a realização do PPI, foram pesadas vinte gramas de TFSA de cada amostra de solo, as quais foram levadas à estufa por 24 horas e mantidas a 105°C. Após esse período, as amostras foram naturalmente resfriadas por cerca de 10 minutos em um dessecador, impossibilitando o retorno da água às amostras. Em seguida, foram pesadas e submetidas ao forno mufla à temperatura de 375°C, por um período de 16 horas (Hesse, 1971). Assim, o cálculo da estimativa da porcentagem de matéria orgânica foi feito mediante a seguinte fórmula:

$$\% \text{ Matéria Orgânica} = \frac{\text{MO} \times 100}{\text{PA}}$$

onde,

MO = peso do cadinho + amostra – peso do cadinho depois de incinerado

PA = peso do cadinho + amostra – peso do cadinho

Segundo Galliassi *et al.* (2002), o método de ignição fornece valores superestimados de C do solo, que pode ser atribuído à perda de água de certos componentes minerais do solo, ou a volatilização de compostos inorgânicos da fase sólida do solo. Contudo, os mesmos autores afirmam que este método apresenta um potencial razoável para estimar o teor de C do solo.

É necessário ressaltar que, para a obtenção do teor de matéria orgânica, a análise foi realizada no mínimo duas vezes. Caso a diferença entre dois resultados obtidos fosse superior a 0,10%, a análise era novamente refeita. Este valor foi definido pela própria pesquisadora, em função da escala de análise, com base em trabalhos anteriores (Silva e Botelho, 1998; Silva, 2001), que demonstraram ser este um valor limite satisfatório.

Posteriormente, foi efetuado o cálculo para a conversão do percentual obtido de matéria orgânica para o carbono orgânico, pela divisão do primeiro valor encontrado pelo índice 1,724. Este índice é utilizado em virtude de se admitir que, na composição média do húmus, o carbono participa com 58% (EMBRAPA, 1997). Tal conversão é necessária para verificação da classificação do horizonte como húmico (EMBRAPA, 1999). Para isso, é preciso que o teor de carbono orgânico seja igual ou maior e proporcional à espessura do horizonte e profundidade do solo de acordo com as seguintes equações:

- $C\text{-org} \geq 0,60 + (0,012 \times \% \text{ de argila})$ até 80 cm de profundidade, sendo o solo de 100 cm ou mais profundo;
- $C\text{-org} \geq 0,87 + (0,0175 \times \% \text{ de argila})$ até 50 cm de profundidade, sendo o solo mais profundo que 50 cm;

- $C\text{-org} \geq 2,00 + (0,040 \times \% \text{ de argila})$ até 25 cm de profundidade, sendo o solo mais profundo do que 50 cm; ou
- $C\text{-org} \geq 2,20 + (0,044 \times \% \text{ de argila})$ até 20 cm de profundidade, não ocorrendo horizonte Ap, e sendo o solo de 50 cm ou menos profundo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores encontrados de matéria orgânica e convertidos para carbono orgânico e os valores de argila foram aplicados nas equações apresentadas no item 4.3.3. de Materiais e Métodos. Os resultados mostraram que o horizonte superficial pode ser classificado como A húmico em toda a seção de encosta estudada.

Em função do método adotado para este trabalho, optou-se por apresentar os resultados de análise da distribuição da matéria orgânica em seção de encosta de três formas: vertical, de montante para jusante e lateral. Ao final, fez-se a análise tridimensional dos resultados.

5.1. Análise Vertical

A análise vertical será realizada em profundidade para todo o horizonte A, no sentido da superfície para a subsuperfície, a fim de verificar as transformações nesse horizonte. Para tal, os pontos e as sondagens serão descritos separadamente, levando-se em consideração os aspectos morfológicos observados em campo e as análises realizadas em laboratório.

O horizonte superficial no Ponto 1 (P1) atingiu a espessura de 53 cm. Trata-se de um horizonte A de coloração escura (variando de preto a bruno muito escuro), existindo uma pequena área de 7 a 23 cm de coloração variegada, que evidencia a translocação de material do horizonte B por atividade biológica (Tabela 5.1.1). O horizonte superficial neste ponto pode ser subdividido em A₁ e A₂. A estrutura é descrita como fraca, granular, variando de muito pequena a pequena. A consistência quando seca é macia; quando úmida, varia de muito friável a solta; e quando molhada, varia de não plástica e não pegajosa a não plástica e ligeiramente pegajosa, sendo que a 23 cm, em função do

Tabela 5.1.1: Características morfológicas das amostras de solo dos horizontes A e BA.

Prof. cm	Horizontes	Cor			Estrutura			Consistência			Poros		Raízes	
		Seca	Úmida	Grau	Forma	Tamanho	Seca	Úmida	Molhada	Quantidade	Tamanho	Quantidade	Diâmetro	
PONTO 1														
0 - 10	A ₁	7.5YR2.5/1	10YR2/1	fraca	granular	m. peq.	macia	m. friável	ñ.pla./ñ.peg.	muitos	médios	abundantes	≤ 1 mm	
7 - 23	A ₂	7.5YR2.5/2	10YR2/2	fraca	granular	m. peq.	macia	m. friável	lig.pla./lig.peg.	muitos	médios	poucas	1 - 2 mm	
		7.5YR4/4	7.5YR4/6											
10 - 53	BA	7.5YR2.5/2	10YR2/2	fraca	granular	pequena	macia	solta	ñ.pla./lig.peg.	comuns	médios	poucas	1 - 2 mm	
53 - 65		7.5YR2.5/3	7.5YR2.5/2	mod.	bl. ang.	média	lig. d.	friável	pla./peg.	comuns	médios	raras	≤ 1 mm	
		7.5YR4/8	7.5YR4/8											
PONTO 2														
0 - 10	A ₁	7.5YR2.5/1	10YR2/1	fraca	granular	m. peq.	lig. d.	friável	ñ.pla./ñ.peg.	comuns	médios	muitas	≤ 1 mm	
10 - 66	A ₂	7.5YR2.5/2	10YR2/2	mod.	granular	pequena	solta	solta	ñ.pla./lig.peg.	comuns	pequenos	poucas	1 - 2 mm	
		7.5YR2.5/2	10YR2/2	mod.	granular	pequena	macia	m. friável	lig.pla./lig.peg.	comuns	m. pequenos	poucas	1 - 2 mm	
123 - 130	BA	7.5YR2.5/3	7.5YR2.5/2	mod.	bl. ang.	média	lig. d.	friável	lig.pla./lig.peg.	comuns	médios	raras	≤ 1 mm	
		7.5YR4/8	7.5YR4/8											
PONTO 3														
0 - 10	A ₁	10YR2/1	10YR2/1	fraca	granular	m. peq.	lig. d.	m. friável	ñ.pla./ñ.peg.	comuns	médios	abundantes	< 1 mm	
10 - 42	A ₂	7.5YR2.5/1	10YR2/1	fraca	granular	pequena	macia	solta	ñ.pla./lig.peg.	comuns	médios	poucas	≤ 1 mm	
		7.5YR2.5/2	7.5YR2.5/2	fraca	granular	pequena	macia	solta	lig.pla./lig.peg.	comuns	pequenos	poucas	1 - 2 mm	
61 - 134	BA	7.5YR2.5/3	7.5YR2.5/2	mod.	granular	grande	macia	friável	lig.pla./lig.peg.	comuns	pequenos	raras	≤ 1 mm	
		7.5YR5/8	7.5YR4/6											
PONTO 4														
0 - 10	A ₁	10YR2/1	10YR2/1	fraca	granular	m. peq.	macia	m. friável	lig.pla./lig.peg.	comuns	médios	abundantes	< 1 mm	
10 - 44	A ₂	7.5YR2.5/1	10YR2/2	fraca	granular	m. peq.	macia	solta	lig.pla./lig.peg.	comuns	pequenos	poucas	< 1 mm	
		7.5YR2.5/2	7.5YR2.5/2	fraca	granular	m. peq.	macia	solta	lig.pla./lig.peg.	comuns	pequenos	poucas	≤ 1 mm	
44 - 65	AB	5YR3/2	7.5YR2.5/3	fraca	granular	m. peq.	macia	solta	lig.pla./lig.peg.	comuns	pequenos	poucas	≤ 1 mm	
65 - 110	BA	7.5YR2.5/2	7.5YR3/4	mod.	granular	grande	lig. d.	friável	lig.pla./lig.peg.	comuns	m. pequenos	raras	≤ 1 mm	
		7.5YR5/8	7.5YR5/8											
PONTO 5														
0 - 10	A ₁	7.5YR3/2	7.5YR2.5/2	fraca	granular	m. peq.	macia	m. friável	lig.pla./lig.peg.	comuns	médios	poucas	< 1 mm	
10 - 25	AB	5YR3/4	5YR3/3	fraca	granular	m. peq.	macia	solta	lig.pla./lig.peg.	comuns	pequenos	poucas	≤ 1 mm	
		5YR3/4	5YR3/3	mod.	bl. ang.	média	lig. d.	friável	pla./peg.	comuns	médios	raras	≤ 1 mm	
25 - 32	BA	7.5YR5/6	7.5YR5/8											
TOPOSSEQUÊNCIA 1														
Sondagem 2 (T1S2)														
0	A ₁	7.5YR3/2	7.5YR2.5/1	fraca	granular	pequena	solta	solta	ñ.pla./ñ.peg.	comuns	médios	abundantes	< 1 mm	

OBS.: as profundidades dos pontos referem-se às profundidades dos horizontes e nas sondagens à profundidade da amostragem.

Continua...

0	7.5YR3/2	10YR2/2	fraca	granular	m. peq.	solta	m. friável	ñ.pla./ñ.peg.	comuns	pequenos	muitas	< 1 mm
10-20	7.5YR3/2	10YR2/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	muitas	< 1 mm
20-30	7.5YR3/2	10YR2/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	muitas	< 1 mm
30-40	7.5YR3/2	7.5YR2.5/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	muitas	< 1 mm
40-50	7.5YR3/2	7.5YR2.5/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	muitas	< 1 mm
50-60	7.5YR3/3	7.5YR2.5/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	≤ 1 mm
60-70	7.5YR3/3	7.5YR3/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	≤ 1 mm
70-80	5YR3/3	7.5YR4/4	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	raras	≤ 1 mm
	7.5YR5/6	7.5YR5/6	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	raras	≤ 1 mm

TOPOSSEQUÊNCIA 2

Sondagem 1 (T2S1)

0	7.5YR2.5/2	7.5YR2.5/1	fraca	granular	m. peq.	solta	solta	ñ.pla./ñ.peg.	comuns	pequenos	abund	Continua...
10-20	7.5YR3/2	7.5YR2.5/2	-	-	-	-	-	ñ.pla./lig.peg.	-	-	muitas	< 1 mm
20-30	7.5YR3/2	7.5YR2.5/2	-	-	-	-	-	ñ.pla./lig.peg.	-	-	muitas	< 1 mm
30-40	7.5YR3/3	7.5YR2.5/3	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	< 1 mm
40-50	7.5YR3/3	7.5YR4/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	1-2 mm
50-60	5YR3/3	7.5YR3/3	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	1-2 mm
60-70	5YR3/3	7.5YR3/3	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	raras	≤ 1 mm
	7.5YR4/8	7.5YR4/8	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	raras	≤ 1 mm

Sondagem 2 (T2S2)

0	7.5YR3/2	10YR2/1	fraca	granular	m. peq.	solta	solta	ñ.pla./lig.peg.	comuns	médios	muitas	< 1 mm
10-20	7.5YR3/3	10YR2/2	-	-	-	-	-	ñ.pla./lig.peg.	-	-	muitas	< 1 mm
20-30	7.5YR3/4	7.5YR3/3	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	muitas	< 1 mm
30-40	7.5YR3/4	7.5YR3/3	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	< 1 mm
40-50	7.5YR3/3	7.5YR3/3	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	raras	≤ 1 mm
	7.5YR5/8	7.5YR5/8	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	raras	≤ 1 mm

TOPOSSEQUÊNCIA 3

Sondagem 1 (T3S1)

0	7.5YR2.5/2	7.5YR2.5/1	fraca	granular	m. peq.	solta	solta	ñ.pla./ñ.peg.	muitos	médios	abundantes	< 1 mm
10-20	7.5YR3/2	7.5YR2.5/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	muitas	≤ 1 mm
20-30	7.5YR3/4	7.5YR2.5/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	≤ 1 mm
30-40	7.5YR3/4	7.5YR2.5/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	≤ 1 mm
40-50	7.5YR3/4	7.5YR2.5/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	≤ 1 mm

Continua...

50 – 60	BA	7.5YR3/2 7.5YR4/8	7.5YR3/3 7.5YR4/8	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	raras	≤ 1 mm	
TOPOSSEQUÊNCIA 4													
Sondagem 1 (T4S1)													
0	A ₁	10YR2/2	10YR2/1	fraca	granular	m.peq.	solta	solta	lig.pla./lig.peg.	comuns	médios	abundantes	< 1 mm
10 – 20		10YR2/2	10YR2/1	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	abundantes	< 1 mm
20 – 30		10YR2/2	10YR2/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	muitas	≤ 1 mm
30 – 40		10YR2/2	10YR2/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	muitas	< 1 mm
40 – 50	A ₂	7.5YR2.5/3	7.5YR2.5/1	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	< 1 mm
50 – 60		7.5YR2.5/3	7.5YR2.5/1	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	< 1 mm
60 – 70	A ₂	7.5YR2.5/3	7.5YR2.5/1	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	< 1 mm
70 – 80		7.5YR3/3	7.5YR3/3	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	1 – 2 mm
80 – 90	AB	7.5YR3/3	7.5YR3/3	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	≤ 1 mm
90 – 100		7.5YR3/4	7.5YR3/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	< 1 mm
100 – 110	BA	7.5YR3/3 7.5YR4/8	7.5YR3/3 7.5YR4/8	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	raras	< 1 mm
Sondagem 2 (T4S2)													
0		10YR2/2	10YR2/2	fraca	granular	pequena	solta	m. friável	lig.pla./lig.peg.	comuns	médios	abundantes	1 – 2 mm
10 – 20	A ₁	10YR2/2	10YR2/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	abundantes	1 – 2 mm
20 – 30		10YR2/2	10YR2/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	muitas	< 1 mm
30 – 40		7.5YR3/3	7.5YR3/3	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	muitas	< 1 mm
40 – 50	A ₂	7.5YR3/3	7.5YR3/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	muitas	< 1 mm
50 – 60		7.5YR3/3	7.5YR3/3	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	muitas	< 1 mm
60 – 70		7.5YR3/4	7.5YR3/2	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	muitas	< 1 mm
70 – 80	AB	7.5YR3/4	7.5YR3/3	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	≤ 1 mm
80 – 90		7.5YR3/4	7.5YR3/3	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	≤ 1 mm
90 – 100	BA	7.5YR3/4 7.5YR5/6	7.5YR3/3 7.5YR5/6	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	raras	≤ 1 mm
TOPOSSEQUÊNCIA 5													
Sondagem 1 (T5S1)													
0	A ₁	7.5YR3/2	7.5YR3/3	fraca	granular	m.peq.	solta	solta	lig.pla./lig.peg.	comuns	médios	muitas	1 – 2mm
10 – 20	AB	5YR3/4	7.5YR3/4	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	poucas	< 1 mm
20 – 30	BA	7.5YR3/2 7.5YR5/8	7.5YR3/3 7.5YR5/8	-	-	-	-	-	lig.pla./lig.peg.	-	-	raras	≤ 1 mm

Continua...

Continua...

Silva, J.G.

transporte de argila do horizonte B, a consistência quando molhada é classificada como ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa. Observa-se que os poros, quanto à quantidade, variam de muitos a comuns e de tamanho médio. A quantidade de raízes diminui em profundidade, enquanto o diâmetro aumenta no mesmo sentido. Esse comportamento em relação às raízes é também verificado nas demais amostras coletadas para este estudo. Constata-se que a massa seca radicular também diminui com a profundidade, tanto em P1 como nos demais pontos e sondagens (Tabela 5.1.2). A matéria orgânica, neste ponto, diminui no mesmo sentido, variando de 7,06% a 4,30% e apresentando uma diferença de 2,61% dos 10 cm iniciais até os 23 cm. Esse comportamento da matéria orgânica, de modo geral, é visualizado nos pontos e sondagens. O horizonte A em P1 é classificado como tendo uma textura média (Tabela 5.1.3), o que ocorre na maior parte da seção de encosta estudada. Os teores de argila aumentam em subsuperfície, o que ocorre em praticamente todos os pontos e sondagens na seção de encosta, sendo que neste ponto, a 23 cm da superfície, este teor obtém significativo acréscimo, confirmando o transporte de material do horizonte B em direção ao A. O teor de areia total varia pouco (56,2% a 67,3%) sendo mais alto em subsuperfície, e os conteúdos de areia grossa são superiores aos de areia fina. Esse predomínio de areia grossa sobre areia fina é verificado em todas as amostras coletadas na seção de encosta. Os valores de silte decrescem em profundidade, o que também ocorre na maioria dos pontos e sondagens amostrados, assim como a relação silte/argila, exceto em P1, a 23 cm, onde verifica-se um valor muito mais baixo, em função da maior concentração de argila, já mencionado anteriormente.

O horizonte A no Ponto 2 (P2) encontra-se mais espesso, atingindo 123 cm de profundidade, e apresenta a mesma coloração que P1 (Figura 5.1.1), sendo possível, como o anterior, subdividi-lo em A₁ e A₂. A estrutura apresenta-se bastante semelhante a P1, diferenciando-se apenas no grau de desenvolvimento, que é predominantemente moderado. O mesmo comportamento é verificado na consistência, exceto em superfície, apresentando-se ligeiramente dura, quando seca, e friável, quando úmida. Os subhorizontes apresentam poros comuns, com tamanho decrescendo em profundidade, assim como nos demais Pontos (perfis de solo). Os teores de matéria orgânica são semelhantes àqueles encontrados em P1, variando de 7,25% a 4,01%. O teor de areia

Tabela 5.1.2: Matéria orgânica, carbono orgânico e massa seca radicular das amostras de solo.

<u>Prof.</u> cm	<u>Matéria Orgânica</u> %	<u>Carbono Orgânico</u> %	<u>Massa Seca Radicular</u> %
PONTO 1			
0 – 10	7,06	4,10	14,95
7 – 23	4,45	2,58	2,13
10 – 53	4,30	2,49	0,67
PONTO 2			
0 – 10	7,25	4,21	14,25
10 – 66	4,13	2,40	1,06
66 – 123	4,01	2,33	0,01
PONTO 3			
0 – 10	10,16	5,89	15,63
10 – 42	4,66	2,70	1,29
42 – 61	4,17	2,42	0,70
PONTO 4			
0 – 10	8,76	5,08	15,19
10 – 44	5,54	3,21	1,76
44 – 65	4,87	2,82	0,43
PONTO 5			
0 – 10	2,80	1,64	2,10
10 – 25	2,19	1,27	0,93
TOPOSSEQUÊNCIA 1			
Sondagem 2 (T1S2)			
10 – 20	11,99	6,95	18,00
20 – 30	5,14	2,98	2,79
30 – 40	3,98	2,31	1,15
40 – 50	3,88	2,26	0,64
50 – 60	5,01	2,91	0,70
60 – 70	2,80	1,62	0,11
Sondagem 3 (T1S3)			
10 – 20	6,40	4,68	13,96
20 – 30	5,19	3,01	2,91
30 – 40	4,64	2,69	1,39
40 – 50	4,09	2,37	0,83
50 – 60	3,97	2,30	0,23
60 – 70	4,09	2,37	0,24
70 – 80	4,07	2,36	0,04
80 – 90	4,04	2,34	0,02
90 – 100	3,64	2,11	0,01
Sondagem 4 (T1S4)			
10 – 20	6,51	3,78	14,02
20 – 30	6,50	3,77	2,87
30 – 40	4,72	2,74	1,53
40 – 50	4,23	2,45	0,71
50 – 60	4,22	2,45	0,63
60 – 70	4,18	2,42	0,20
70 – 80	4,09	2,37	0,03
80 – 90	4,08	2,37	0,03
Sondagem 5 (T1S5)			
10 – 20	6,16	3,57	12,58
20 – 30	6,01	3,49	3,10
30 – 40	5,89	3,42	1,38
40 – 50	5,62	3,26	0,74
50 – 60	4,60	2,67	0,32
60 – 70	4,41	2,56	0,19

continua...

<u>Prof.</u> cm	<u>Matéria Orgânica</u> %	<u>Carbono Orgânico</u> %	<u>Massa Seca Radicular</u> %
TOPOSSEQUÊNCIA 2			
Sondagem 1 (T2S1)			
0	8,60	4,99	15,50
10 – 20	5,14	2,98	7,81
20 – 30	5,17	3,00	3,21
30 – 40	4,12	2,39	1,13
40 – 50	4,02	2,33	0,62
50 – 60	4,05	2,35	0,21
Sondagem 2 (T2S2)			
0	6,85	3,97	12,66
10 – 20	5,60	3,25	6,04
20 – 30	4,46	2,59	2,42
30 – 40	4,30	2,49	1,01
TOPOSSEQUÊNCIA 3			
Sondagem 1 (T3S1)			
0	6,48	3,76	16,99
10 – 20	4,34	2,52	5,94
20 – 30	3,93	2,28	1,93
30 – 40	3,85	2,23	0,92
40 – 50	3,80	2,20	0,61
TOPOSSEQUÊNCIA 4			
Sondagem 1 (T4S1)			
0	9,56	5,53	16,27
10 – 20	8,15	4,73	14,53
20 – 30	6,98	4,05	2,51
30 – 40	8,00	4,64	1,71
40 – 50	4,91	2,85	0,61
50 – 60	5,01	2,91	0,61
60 – 70	4,90	2,84	0,10
70 – 80	3,97	2,30	0,03
80 – 90	4,93	2,86	0,03
90 – 100	5,00	2,90	0,02
Sondagem 2 (T4S2)			
0	6,16	3,57	15,15
10 – 20	5,99	3,47	14,43
20 – 30	5,33	3,09	2,93
30 – 40	4,19	2,43	2,21
40 – 50	4,14	2,40	0,72
50 – 60	3,97	2,30	0,30
60 – 70	4,12	2,39	0,22
70 – 80	4,07	2,36	0,04
80 – 90	3,63	2,11	0,02
TOPOSSEQUÊNCIA 5			
Sondagem 1 (T5S1)			
0	5,86	3,40	4,33
10 – 20	3,97	2,30	1,14
Sondagem 2 (T5S2)			
0	6,97	4,04	10,10
10 – 20	7,03	4,08	9,87
20 – 30	4,01	2,33	2,04
30 – 40	3,97	2,30	1,12
40 – 50	3,61	2,09	0,85
50 – 60	3,55	2,06	0,36

Prof.: Profundidade.

Tabela 5.1.3: Análise granulométrica das amostras de solo.

Prof. cm	Ar. T	Ar. Gr. %	Ar. F %	Arg. %	S %	S/Arg.	Clas. Text.	Grup. Text.
PONTO 1								
0 – 10	56,2	45,9	10,3	9,0	34,8	3,87	Fr. Ar.	Média
7 – 23	55,4	42,3	13,1	30,0	14,6	0,49	Fr. Arg. Ar.	
10 – 53	67,3	55,9	11,4	12,2	20,5	1,68	Fr. Ar.	
PONTO 2								
0 – 10	59,0	49,0	10,0	11,0	30,0	2,73	Fr. Ar.	Média
10 – 66	68,1	56,4	11,7	14,4	17,5	1,22		
66 – 123	57,4	47,2	10,2	17,3	25,3	1,46		
PONTO 3								
0 – 10	57,4	45,4	12,0	8,0	34,6	4,33	Fr. Ar.	Média
10 – 42	60,5	46,6	13,9	14,0	25,5	1,82		
42 – 61	59,8	47,9	11,9	17,0	23,2	1,36		
PONTO 4								
0 – 10	54,7	41,9	12,8	15,0	30,3	2,02	Fr. Ar.	Média
10 – 44	59,0	47,7	11,3	16,0	25,0	1,56	Fr. Ar.	
44 – 65	55,8	44,7	11,1	25,0	19,2	0,77	Fr. Arg. Ar.	
PONTO 5								
0 – 10	55,1	42,3	12,8	18,8	36,3	1,93	Fr. Ar.	Média
10 – 25	54,9	43,2	11,7	27,5	27,4	1,00	Fr. Arg. Ar.	
TOPOSSEQUÊNCIA 1								
Sondagem 2 (T1S2)								
10 – 20	48,8	30,2	18,6	7,2	44,0	6,11	Franca	Média
20 – 30	69,2	54,9	14,3	11,1	19,7	1,77	Fr. Ar.	
30 – 40	75,2	62,2	13,0	11,1	13,7	1,23	Fr. Ar.	
40 – 50	78,0	64,0	14,0	10,1	11,9	1,18	Fr. Ar.	
50 – 60	70,4	52,5	17,9	10,0	19,6	1,96	Fr. Ar.	
60 – 70	77,1	61,0	16,1	7,9	15,0	1,90	Fr. Ar.	
Sondagem 3 (T1S3)								
10 – 20	57,8	43,1	14,7	16,0	26,2	1,64	Fr. Ar.	Média
20 – 30	57,2	42,3	14,9	18,2	24,6	1,35	Fr. Ar.	
30 – 40	58,9	45,5	13,4	20,1	21,0	1,04	Fr. Arg. Ar.	
40 – 50	61,1	47,4	13,7	18,2	20,7	1,14	Fr. Ar.	
50 – 60	58,9	44,9	14,0	21,0	20,1	0,96	Fr. Arg. Ar.	
60 – 70	57,7	45,3	12,4	22,3	22,3	0,90	Fr. Arg. Ar.	
70 – 80	52,6	38,5	14,1	29,0	18,4	0,63	Fr. Arg. Ar.	
80 – 90	54,3	40,5	13,8	30,0	15,7	0,52	Fr. Arg. Ar.	
90 – 100	54,2	40,8	13,4	28,2	17,6	0,62	Fr. Arg. Ar.	
Sondagem 4 (T1S4)								
10 – 20	64,6	49,4	15,2	13,0	22,4	1,72	Fr. Ar.	Média
20 – 30	58,4	45,4	13,0	18,4	23,2	1,26	Fr. Ar.	
30 – 40	59,4	47,3	12,1	21,0	19,6	0,93	Fr. Arg. Ar.	
40 – 50	58,0	42,8	15,2	22,0	20,0	0,91	Fr. Arg. Ar.	
50 – 60	60,1	47,5	12,6	20,4	19,5	0,96	Fr. Arg. Ar.	
60 – 70	54,9	41,2	13,7	27,0	18,1	0,67	Fr. Arg. Ar.	
70 – 80	52,7	38,2	14,5	25,0	22,3	0,89	Fr. Arg. Ar.	
80 – 90	51,4	40,1	11,3	29,4	19,2	0,77	Fr. Arg. Ar.	
Sondagem 5 (T1S5)								
10 – 20	63,1	48,6	14,5	9,1	27,8	3,05	Fr. Ar.	Média
20 – 30	59,1	45,7	13,4	17,0	23,9	1,41	Fr. Ar.	
30 – 40	60,7	47,9	12,8	17,1	22,2	1,30	Fr. Ar.	
40 – 50	56,1	43,6	12,5	14,3	29,6	2,07	Fr. Ar.	
50 – 60	63,7	54,0	9,7	16,2	20,1	1,24	Fr. Ar.	
60 – 70	60,4	46,9	13,5	17,4	22,2	1,28	Fr. Ar.	

continua...

Prof. cm	Ar. T %	Ar. Gr. %	Ar. F. %	Arg. %	S %	S/Arg.	Clas. Text.	Grup. Text.
TOPOSSEQUÊNCIA 2								
Sondagem 1 (T2S1)								
0	59,7	45,6	14,1	10,0	30,3	3,03	Fr. Ar.	Média
10-20	60,3	44,7	15,6	13,4	26,3	1,96	Fr. Ar.	
20-30	56,8	42,1	14,7	14,2	29,0	2,04	Fr. Ar.	
30-40	52,5	38,7	13,8	18,2	29,3	1,61	Fr. Ar.	
40-50	53,4	36,8	16,6	15,0	31,6	2,11	Fr. Ar.	
50-60	58,4	42,5	15,9	16,0	25,6	1,60	Fr. Ar.	
Sondagem 2 (T2S2)								
0	58,7	42,5	16,2	13,1	28,2	2,15	Fr. Ar.	Média
10-20	57,4	41,7	15,7	13,6	29,0	2,13	Fr. Ar.	
20-30	54,0	39,7	14,3	19,0	26,9	1,42	Fr. Arg. Ar.	
30-40	54,6	40,9	13,7	22,2	23,2	1,05	Fr. Arg. Ar.	
TOPOSSEQUÊNCIA 3								
Sondagem 1 (T3S1)								
0	57,7	43,1	14,6	11,3	31,0	2,74	Fr. Ar.	Média
10-20	62,0	48,9	13,1	15,4	22,5	1,46	Fr. Ar.	
20-30	60,4	47,0	13,4	31,0	8,6	0,28	Fr. Arg. Ar.	Argilosa
30-40	60,1	45,1	15,0	34,1	5,8	0,17	Arg. Ar.	
40-50	60,3	46,4	13,9	37,2	2,5	0,07	Arg. Ar.	
TOPOSSEQUÊNCIA 4								
Sondagem 1 (T4S1)								
0	61,0	45,6	15,4	28,0	11,0	0,39	Fr. Arg. Ar.	Média
10-20	60,0	45,9	14,1	19,1	20,9	1,09	Fr. Ar.	
20-30	62,1	47,1	15,0	24,4	13,5	0,55	Fr. Arg. Ar.	
30-40	70,7	57,4	13,3	25,0	4,3	0,17	Fr. Arg. Ar.	
40-50	64,7	48,8	15,9	31,1	4,2	0,14	Fr. Arg. Ar.	
50-60	67,1	52,3	14,8	24,0	8,9	0,37	Fr. Arg. Ar.	
60-70	67,1	54,2	12,9	22,1	10,8	0,49	Fr. Arg. Ar.	
70-80	67,2	50,9	16,3	18,11	14,7	0,81	Fr. Ar.	
80-90	65,5	48,9	16,6	25,1	9,4	0,37	Fr. Arg. Ar.	
90-100	59,2	45,6	13,6	35,7	5,1	0,14	Arg. Ar.	
Sondagem 2 (T4S2)								
0	65,0	53,2	11,8	17,1	17,9	1,05	Fr. Ar.	Média
10-20	53,8	38,4	15,4	22,2	24,0	1,08	Fr. Arg. Ar.	
20-30	62,9	51,0	11,9	31,0	6,1	0,20	Fr. Arg. Ar.	
30-40	61,4	48,7	12,7	29,0	9,6	0,33	Fr. Arg. Ar.	
40-50	57,2	43,4	13,8	30,3	12,5	0,41	Fr. Arg. Ar.	
50-60	54,9	41,0	13,9	32,0	13,1	0,41	Fr. Arg. Ar.	
60-70	53,5	40,1	13,4	34,1	12,4	0,36	Fr. Arg. Ar.	
70-80	54,9	41,5	13,4	26,1	19,0	0,73	Fr. Arg. Ar.	
80-90	61,5	49,2	12,3	27,0	11,5	0,43	Fr. Arg. Ar.	
TOPOSSEQUÊNCIA 5								
Sondagem 1 (T5S1)								
0	51,3	40,5	10,8	16,1	32,6	2,02	Franca	Média
10-20	35,2	24,7	10,5	34,4	30,4	0,88	Fr. Arg.	
Sondagem 2 (T5S2)								
0	64,3	51,3	13,0	31,0	4,7	0,15	Fr. Arg. Ar.	Média
10-20	60,8	48,8	12,0	32,2	7,0	0,22	Fr. Arg. Ar.	
20-30	65,1	54,1	11,0	26,0	8,9	0,34	Fr. Arg. Ar.	
30-40	68,3	57,3	11,0	24,7	7,0	0,28	Fr. Arg. Ar.	
40-50	59,8	45,9	13,9	31,0	9,2	0,30	Fr. Arg. Ar.	
50-60	62,8	50,5	12,3	33,0	4,2	0,13	Fr. Arg. Ar.	

Prof.: profundidade; Ar. T: areia total; Ar. Gr.: areia grossa; Ar. F: areia fina; Arg.: argila; S: silte; Clas. Text.: classe textural; Grup. Text.: agrupamento textural; Fr. Ar. Fr.: franco argilo arenosa; Arg. Ar.: argila arenosa; Fr. Arg.: franco argilosa.



Figura 5.1.1: Visualização do aumento da espessura do horizonte A no sentido P1-P2.

total cresce até os 66 cm, e a partir dessa profundidade nota-se a diminuição deste valor. Isso pode explicar o baixo teor de silte a 66 cm neste Ponto.

O horizonte A no Ponto 3 (P3) atingiu 61 cm de profundidade, apresentando a mesma variação de cor de P2 e, assim como em P1 e P2, está dividido em A₁ e A₂. Contudo, em P3 o horizonte A₁ apresenta matiz mais escura (10YR), concordando com o teor mais elevado de matéria orgânica em superfície. Da mesma forma que em P1, a estrutura é classificada como fraca e granular, variando de muito pequena a pequena. A consistência é a mesma verificada em P1, exceto, em superfície, quando seca, onde é ligeiramente dura. A matéria orgânica, assim como nos pontos anteriores, decresce em profundidade, variando de 10,16% (o segundo maior valor obtido) a 4,17%. O mesmo comportamento pode ser verificado para a massa seca radicular, variando de 15,63%, de 0 a 10 cm, a 0,70%, em 61 cm de profundidade. A relação silte/argila apresenta-se mais alta em superfície, sendo o menor teor de argila responsável por este aumento.

O horizonte A no Ponto 4 (P4) atingiu 65 cm e apresenta cor variando de preto a bruno muito escuro, sendo subdividido em A₁, A₂ e AB. A estrutura é semelhante a P3, exceto ao que se refere ao tamanho, que se apresenta muito pequena. A consistência é semelhante a P1, diferenciando-se apenas quando molhada, pois se apresenta como ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa em todas as profundidades, concordando com maiores teores de argila neste Ponto, que chega a apresentar textura franco-argiloarenosa a partir dos 65 cm. A matéria orgânica decresce em profundidade, variando de 8,76% a 4,87%. O percentual de areia total aumenta até os 44 cm, diminuindo novamente até os 65 cm, tal como ocorre em P2 e, menos acentuadamente em P3.

O horizonte A no Ponto 5 (P5) atingiu apenas 25 cm, sendo a segunda menor espessura entre todos os locais de amostragem. Apresenta cor que varia de bruno escuro a bruno-avermelhado-escuro e é dividido em A₁ e AB. Tanto a estrutura quanto a consistência apresentaram-se iguais a P4. Como nos Pontos anteriores, a matéria orgânica decresce em profundidade, variando de 2,80% (0 a 10cm) a 2,19%, em 25 cm, sendo esses os menores valores encontrados para estas profundidades em toda a seção de encosta. Comportamento similar é verificado para a massa seca radicular, decrescendo em profundidade, de 2,10% (0 – 10), para 0,93% (10 – 25). A massa seca

radicular concorda com a matéria orgânica, sendo verificado, em superfície, o menor valor (2,10%) dos Pontos e sondagens. Assim como em P4, há maior conteúdo de argila neste Ponto em relação aos três primeiros.

Na Toposseqüência 1, Sondagem 2 (T1S2), o horizonte superficial atingiu 70 cm e apresenta cor variando do preto, em 20 cm, ao bruno escuro, em 70 cm. O horizonte superficial é classificado em A₁, A₂ e AB. Em geral, a estrutura das amostras de superfície nos locais de sondagem caracteriza-se como fraca, granular e muito pequena. Nesta sondagem, entretanto, a estrutura apresenta agregados pequenos. A consistência, quando seca, apresenta-se solta para todas as sondagens, quando úmida variou de solta a muito friável e quando molhada variou de não plástica e não pegajosa a ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa. Os poros são predominantemente comuns e médios. A matéria orgânica apresenta, em superfície, o maior valor encontrado (11,99%) entre todas as amostras coletadas para todos os Pontos e sondagens. O teor de massa seca radicular é o maior (18%) verificado na seção de encosta. A classe textural é classificada como franca de 10 a 20 cm, possivelmente em função da diminuição dos teores de areia e de argila e nas demais profundidades é franco arenosa. Os baixos teores de areia total e argila em T1S2, nos primeiros 20 cm, favorecem a uma relação silte/argila alta. O percentual de areia total cresce até 50 cm, decrescendo de 50 a 60 cm. O percentual de argila aumenta pouco em profundidade, até os 40 cm, voltando a baixar para 7,9% a 70 cm no horizonte AB.

Na Toposseqüência 1, Sondagem 3 (T1S3), o horizonte superficial atingiu 100 cm e apresenta cor variando de bruno muito escuro a bruno escuro, sendo subdividido em A₁, A₂ e AB. A consistência quando molhada classifica-se como ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa em todas as profundidades, concordante com maiores teores de argila nesta sondagem, responsáveis também por uma textura predominantemente franco-argiloarenosa. A matéria orgânica decresce em profundidade, variando de 6,40% a 3,64%. O percentual de areia total apresenta-se oscilando em profundidade, aumentando nos primeiros 50 cm e depois decrescendo.

Na Toposseqüência 1, Sondagem 4 (T1S4), o horizonte superficial atingiu 90 cm e apresenta cor variando de bruno muito escuro, em 40 cm, a bruno escuro, em 90 cm. O horizonte superficial em T1S4, encontra-se subdividido em A₁ e A₂. A consistência

quando molhada apresenta-se como não plástica e não pegajosa em superfície (possivelmente explicada pelo mais baixo teor de argila), sendo para as demais profundidades classificadas como ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa. Semelhante a T1S3, os teores de matéria orgânica variam de 6,51% a 4,08%.

Na Toposseqüência 1, Sondagem 5 (T1S5), o horizonte superficial atingiu 70 cm, apresentando tonalidade variando de bruno muito escuro, em 60 cm, a bruno escuro, em 70 cm. Como em T1S4, subdivide-se em A₁ e A₂. A consistência quando molhada apresenta as mesmas características de T1S4. A matéria orgânica decresce em profundidade, variando de 6,16% a 4,41%. O percentual de areia total, de modo geral, apresenta-se oscilando em profundidade: diminui de 63,1% a 56,1%, em 50 cm; aumenta para 63,7% entre 50 cm a 60 cm; e volta a decrescer para 60,4% até 70 cm. Em superfície, a relação silte/argila é alta, devido ao baixo teor de argila.

O horizonte superficial na Toposseqüência 2, Sondagem 1 (T2S1) atingiu 60 cm de profundidade e apresenta cor que varia de preto, em superfície a bruno muito escuro, em 40 cm, clareando para bruno-avermelhado-escuro, em 60 cm. O horizonte superficial é dividido em A₁, A₂ e AB. A coloração escura é evidenciada por alto valor de matéria orgânica, em superfície (8,6%), nesta sondagem. A massa seca radicular também apresenta alto teor, em superfície, 15,15%, concordando com a coloração escura e alto percentual de matéria orgânica. O alto valor da relação silte/argila, nesta sondagem, pode ser explicado pelo baixo teor de argila.

O horizonte superficial na Toposseqüência 2, Sondagem 2 (T2S2) atingiu 40 cm de profundidade e apresenta tonalidade variando de preta, em superfície a bruno muito escuro, em 20 cm; e bruno escuro, em 40 cm. O horizonte superficial é dividido em A₁, A₂ e AB. A consistência quando molhada variou entre não plástica e ligeiramente pegajosa de 0 a 20 cm a ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa de 20 a 40 cm. A matéria orgânica decresceu em profundidade, de 6,58%, em superfície, a 4,30%, em 40 cm. Os teores de areia total encontram-se variando de 58,7% a 54,6%

Na Toposseqüência 3, Sondagem 1 (T3S1), o horizonte superficial atingiu 50 cm, apresentando coloração que varia de preto, em superfície, a bruno muito escuro, em 50 cm. Os horizontes superficiais caracterizam-se, nesta sondagem, como A₁ e A₂. A

consistência quando molhada apresenta-se variando de não plástica e não pegajosa, em superfície, a ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, em 50 cm. Relaciona-se a consistência, os teores de argila, crescendo expressivamente em profundidade, atingindo 37,2% entre 40 e 50 cm, o maior valor encontrado na seção de encosta, passando de textura média à argilosa. A matéria orgânica decresce em profundidade, variando de 6,48% a 3,80%.

O horizonte A na Toposseqüência 4 Sondagem 1 (T4S1) atingiu 100 cm, maior profundidade verificada nas sondagens, e apresenta cor variando de preto a bruno escuro, sendo o horizonte superficial, dividido em A₁, A₂ e AB. A matéria orgânica, em superfície, apresenta o terceiro maior valor (9,56%) de todas as amostras coletadas nos Pontos e sondagens. Nas profundidades de 90 e 100 cm, foram registrados os mais elevados teores de matéria orgânica em subsuperfície, 4,93% e 5%, respectivamente. O mesmo comportamento é verificado para a argila, que diminui inicialmente até 20 cm, decresce e depois volta a aumentar a 80 cm. Em superfície há um valor de argila elevado que pode estar evidenciando um material coluvionar. A classe textural varia de média, até 90 cm, passando a argilosa, em 100 cm.

O horizonte A na Toposseqüência 4 Sondagem 2 (T4S2) atingiu 90 cm e apresenta coloração variando de bruno muito escuro a bruno escuro, como foi verificado em T1S3 e T1S4. Apresenta-se dividido em A₁, A₂ e AB. A classe textural é franco-arenosa em superfície e em direção a subsuperfície é franco-argiloarenosa. A matéria orgânica varia, em profundidade, de 6,16% a 3,63%. A massa seca de raízes decresce, gradativamente, nos primeiros 20 cm de profundidade, variando de 15,15% a 14,43%.

O horizonte A na Toposseqüência 5 Sondagem 1 (T5S1) atingiu 20 cm, sendo o menos espesso entre os Pontos e sondagens. Apresenta cor bruno escuro nas duas profundidades amostradas. O horizonte superficial neste ponto é dividido em A₁ e AB, semelhantemente a P5. A matéria orgânica varia de 5,86%, em superfície, a 3,87%, em 20 cm, evidenciando uma diminuição brusca desse conteúdo. O inverso ocorre com os teores de argila, aumentando rapidamente de 16,1%, em superfície, para 34,4%, de 10 a 20 cm, caracterizando o aparecimento do horizonte transicional nesta profundidade. Os percentuais de areia decrescem rapidamente, de 51,3% a 35,2%, entre 10 e 20 cm. Os

altos teores de silte (32,6% e 30,4%), devem-se, em superfície, ao menor conteúdo de argila, e entre 10 e 20 cm, ao menor conteúdo de areia.

O horizonte superficial na Topossequência 5 Sondagem 2 (T5S2), atingiu 60 cm de profundidade e apresenta cor que varia de preto a bruno escuro. O horizonte superficial é dividido em A₁, A₂ e AB. Os teores de matéria orgânica de AB, 40 a 60 cm, são menos elevados, o que confere a T5S2 relação valor/croma 3/2. Os teores de areia total e argila são altos entre todas as profundidades, o que justifica os menores valores obtidos da relação silte/argila entre todas as amostras coletadas nas sondagens e Pontos da seção de encosta.

Em todos os Pontos e sondagens, o horizonte B apresenta coloração variegada, composta por duas cores: uma mais escura com valor e croma baixos (≤ 4) referente ao horizonte A, e outra mais clara, com croma alto (> 6), indicativo da transição para o horizonte B. A estrutura apresenta-se moderada, variando de granular a blocos angulares, e variando de média a grande. Essas características, referentes ao grau e tamanho, não são encontradas no horizonte A. A consistência apresenta-se ligeiramente dura, quando seca (exceto em P3), friável, quando úmida, e variando de ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa a plástica e pegajosa, quando molhada. No horizonte B, os poros são comuns, e muito pequenos a médios. As raízes são sempre raras, com diâmetro menor ou igual a 1 mm. Os valores de massa seca radicular encontram-se abaixo de 1%, sendo o maior valor encontrado em T5S1 (0,50%). Em P5, T1S3 e T1S5 não foram encontradas raízes para serem quantificadas. A quantidade de raízes no horizonte B concorda com os baixos valores de matéria orgânica encontrados (abaixo de 2%). O maior valor de matéria orgânica encontra-se em T4S1 (1,98%) e o menor valor em P5 (0,77%). Os percentuais de argila encontram-se entre 14,9% (T1S2) e 38,8% (T3S1), sendo os valores entre 25,0% e 35,0% os mais encontrados. A relação silte/argila é baixa, variando de 0,09 a 1,53, em T3S1 e em P3, respectivamente, sendo o valor médio igual a 0,71. Os percentuais de areia total variam entre 31,4% (T5S1) e 71,3% (T1S2), sendo que os valores de 55,0% a 60,0% são os mais encontrados. O percentual de areia grossa é sempre superior ao de areia fina. A textura é predominantemente média, exceto em T3S1, T4S1 e T5S1, onde ocorre textura argilosa.

5.2. Análise de Montante para Jusante

A análise de montante para jusante será realizada ao longo da seção de encosta, levando em consideração a toposseqüência principal (T1), representada por T1S2, T1S4, T1S3, T1S5 e P3 (Figura 5.2.1), localizada no trecho que une os pontos mais elevados do interflúvio, a fim de verificar as transformações ocorridas nesse sentido. A interpretação será realizada levando em consideração os seguintes atributos: cor, matéria orgânica, massa seca radicular e teor de argila.

O horizonte A em T1 varia de espessura, com 70 cm em T1S2, aumentando para 100 cm em T1S3 localizada a aproximadamente 40 metros da anterior. Após esse ponto, a espessura diminui, atingindo 61 cm em P3, no corte de estrada.

Observando a Figura 5.2.1, nota-se que a linha do perfil da T1 é convexa apresentando dois segmentos de declividade diferenciadas. O trecho superior apresenta declividade menos acentuada, em torno de 16° , indo até aproximadamente 40 metros, e o trecho inferior apresenta declividade média de 30° .

Acredita-se que a diminuição da espessura do horizonte A no trecho inferior da T1 possa ser explicada pelo aumento da declividade à jusante, provavelmente responsável pelo carreamento de parte do horizonte de superfície. Tal carreamento estaria sendo ocasionado pelo aumento da capacidade de transporte gerada pelo aumento da velocidade do fluxo superficial. Além disso, a própria superfície mais inclinada desfavorece o acúmulo de solo.

Com relação à matéria orgânica, esta apresenta o maior valor em superfície (11,99%) em T1S2, diminuindo à jusante. Alcançando valores entre 6 e 6,5%, e tornando a aumentar na base da seção de encosta (P3), para 10,16%. O acúmulo de matéria orgânica em T1S2 pode ser explicado pela presença de uma ruptura de declive nítida côncava, que como mencionado na literatura, é uma área não só de fluxo, mas também de acúmulo, localizada 20 metros abaixo do paredão rochoso (Figura 5.2.2 e Tabela 5.2.1). Em P3, o acúmulo de matéria orgânica, também pode ser explicado pela presença de uma ruptura de declive côncava, que diminui a velocidade dos fluxos e propicia o acúmulo de matéria orgânica a partir deste Ponto. O horizonte A apresenta, no trecho à montante (T1S2), coloração bruno escuro, em superfície, que é mantida até próximo à base (P3), onde passa a preto.

A distribuição do percentual de massa seca radicular apresenta comportamento similar ao verificado para a matéria orgânica. Em T1S2 é bastante elevado (18%), diminuindo em T1S5 (12,58%) e aumentando novamente na base da seção de encosta (P3:15,63%) (Figura 5.2.3 e Tabela 5.2.2).

Os teores de argila são maiores na T1S4 e na T1S3, tanto em superfície quanto em subsuperfície, trecho correspondente ao de menor declividade da T1.

Tabela 5.2.1: Segmentos de encosta e suas declividades médias na Topossequência 1.

Segmento	Decliv. Média
T1S2 – T1S4	15°
T1S4 – T1S3	16°
T1S3 – T1S5	20°
T1S5 – P3	30°

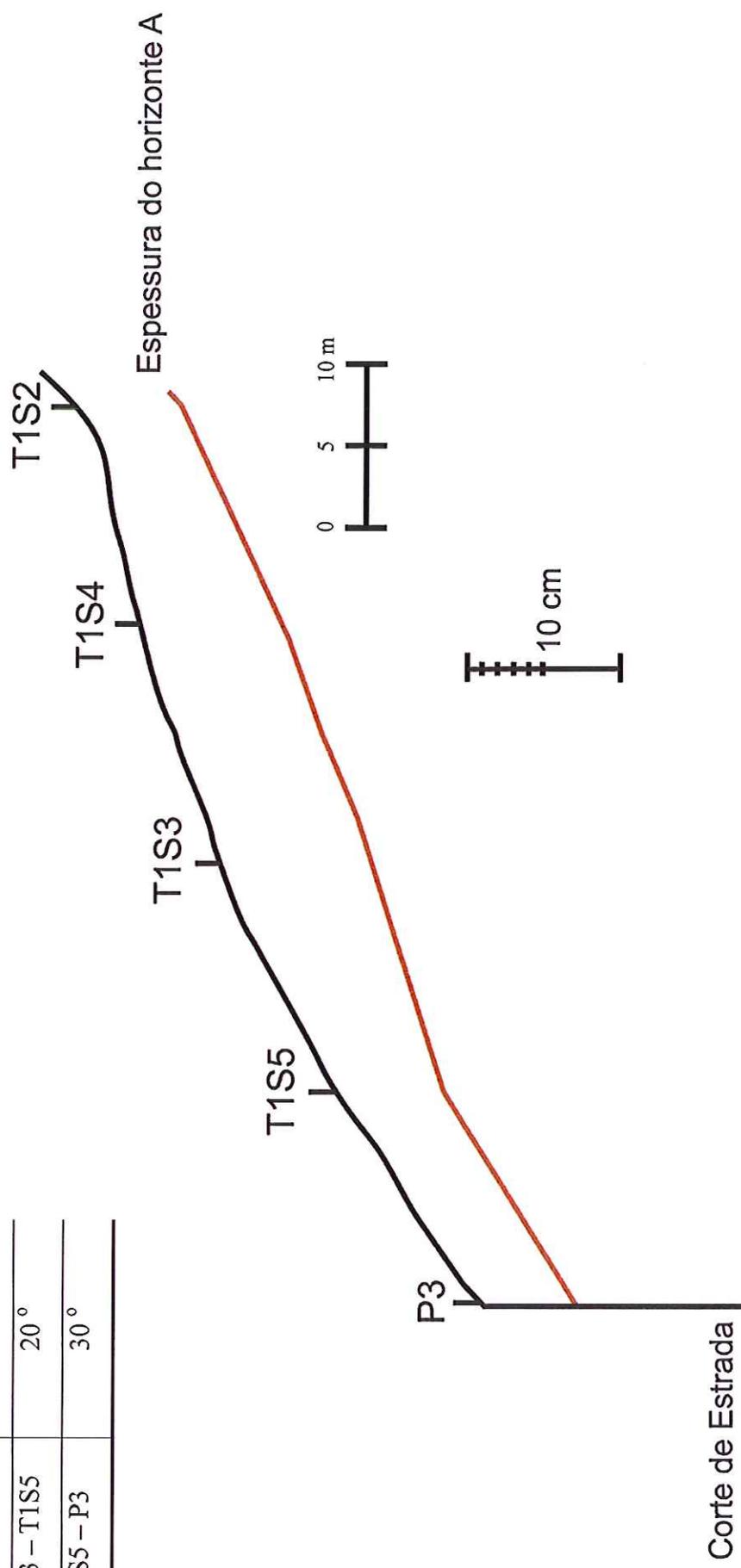


Figura 5.2.1: Topossequência 1.

Silva, J.G.

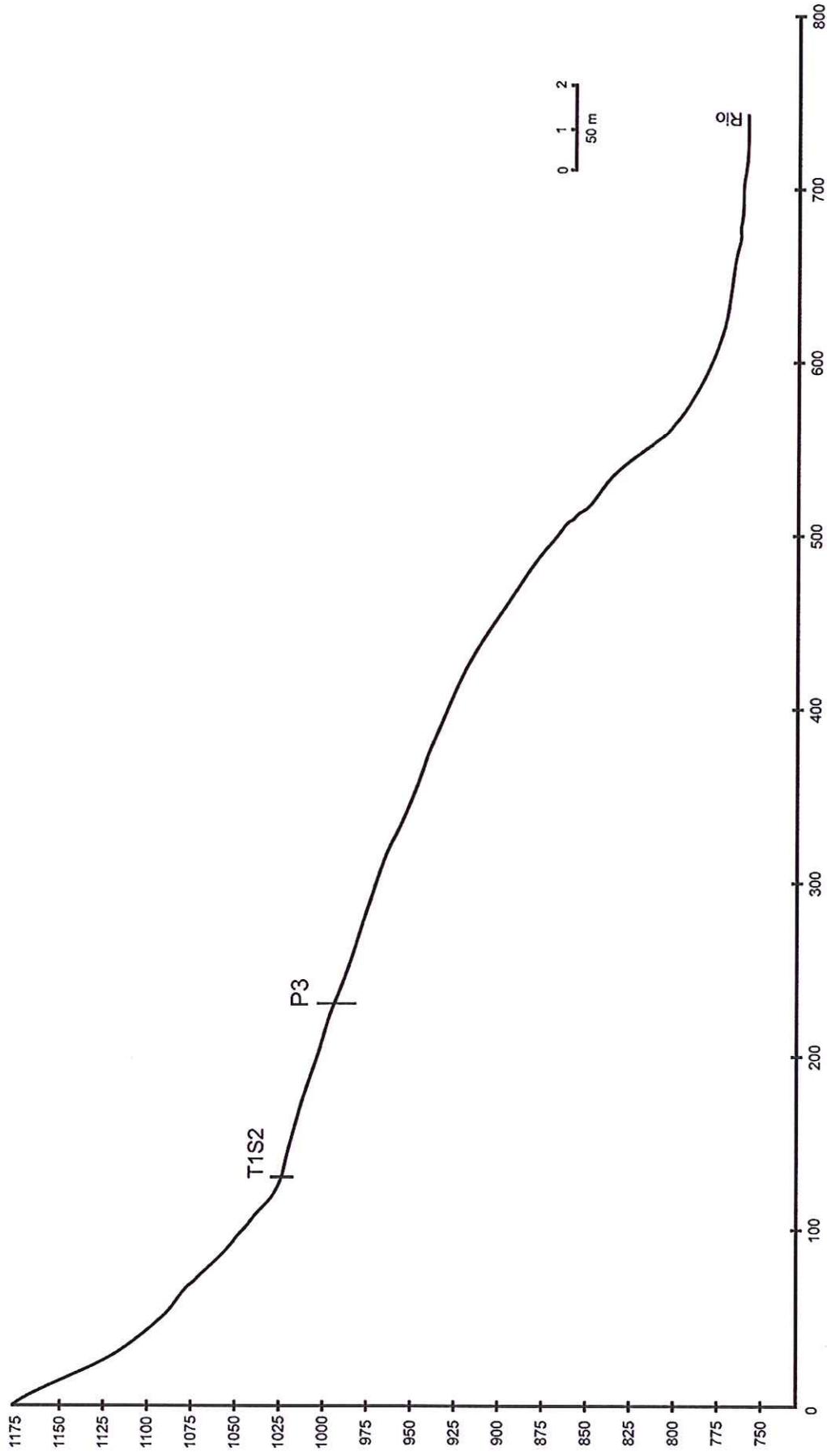


Figura 5.2.2: Perfil da encosta destacando-se a seção estudada (P3 – T1S2).

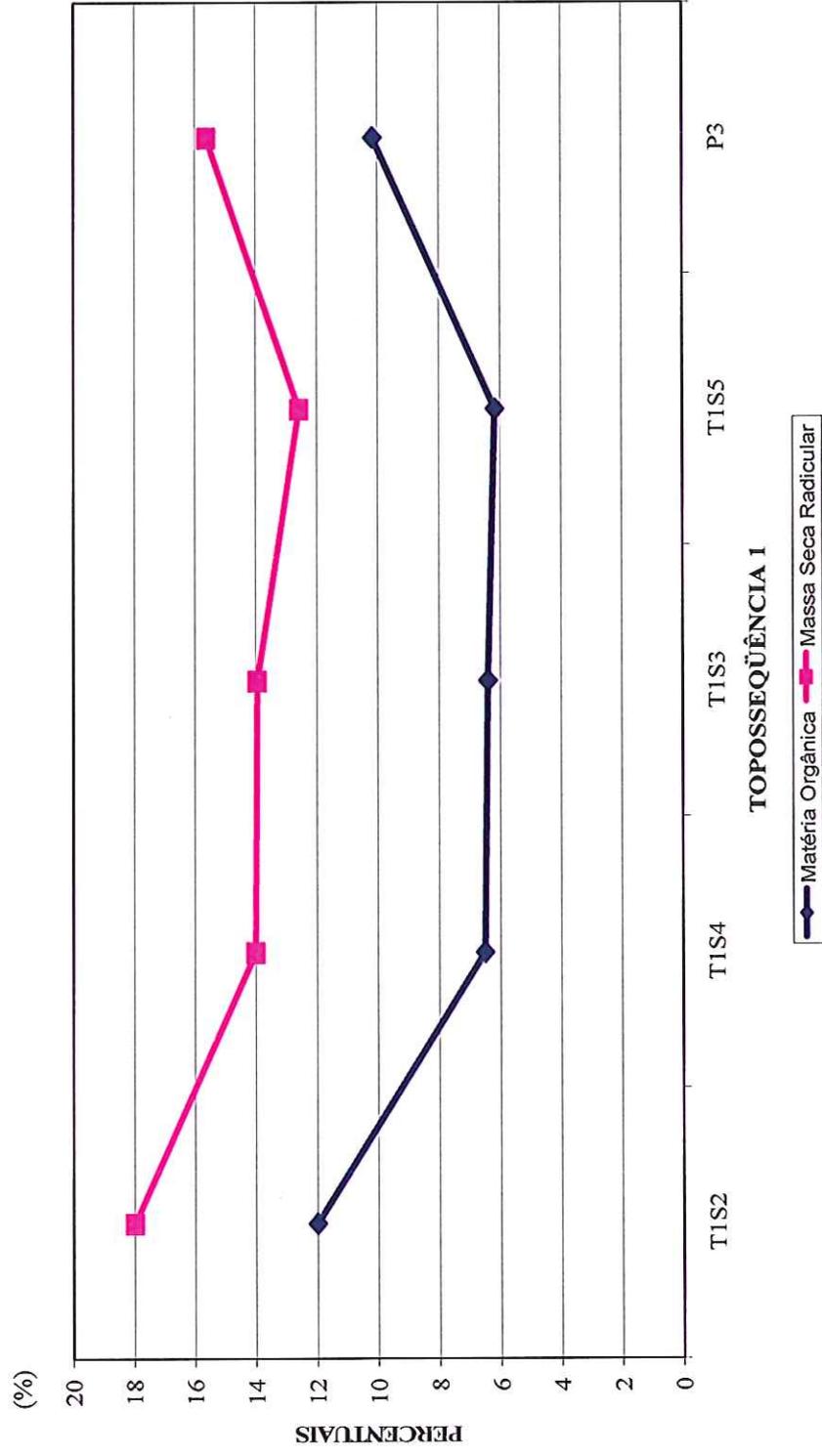


Figura 5.2.3: Relação entre matéria orgânica e massa seca radicular em superfície na Toposequência I.

Tabela 5.2.2: Matéria orgânica e massa seca radicular em superfície na Toposseqüência 1.

	Matéria Orgânica	M.S.R
T1S2	11,99	18,0
T1S4	6,51	14,02
T1S3	6,4	13,96
T1S5	6,16	12,58
P3	10,16	15,63

5.3. Análise Lateral

A análise lateral será realizada na Toposseqüência 1 (T1), em três eixos com direções paralelas, representados por: 1º) Toposseqüência 2 e 3, passando por T1S2; 2º) Toposseqüências 4 e 5, passando por T1S3 na meia encosta; 3º) na base da seção de encosta, no corte de estrada (Pontos 1 a 5) (vide Figura 4.2. na página 46). Tal como para a análise de montante para jusante, a interpretação será realizada levando em consideração os seguintes atributos: cor, matéria orgânica, massa seca radicular e teor de argila.

Primeiro eixo: direção T2 - T3 e T1S2

A partir de T1S2, no trecho superior da seção de encosta, em direção ao canal mais distante, a 54,77 m, na Toposseqüência 2 (T2), observa-se que a espessura do horizonte A varia de 70 cm, em T1S2; 40 cm, em T2S2; e 60 cm, em T2S1 (Figura 5.3.1). Neste trecho o horizonte A apresenta as mesmas subdivisões: A₁, A₂ e AB. Verifica-se uma coloração que varia de bruno forte (T1S2) a bruno muito forte (T2S1).

Com relação à matéria orgânica observa-se uma diminuição de quase metade, em superfície, de 11,99%, em T1S2; 6,85%, em T2S2; 8,60%, em T2S1, acompanhando as variações de profundidade.

O comportamento da massa seca radicular é semelhante ao verificado para a matéria orgânica, na direção T1S2 - T2S1. Partindo de T1S2 em direção a T2S2, verifica-se uma diminuição da quantidade de raízes de 18% para 12,66%. De T2S2 para T2S1 ocorre aumento, atingindo 15,50%. Os altos valores de matéria orgânica e massa seca radicular, em T1S2, muito provavelmente, estão relacionados com a zona não erosiva, a qual Horton (1945 *in* Coelho Netto, 1996) denominou como uma faixa de largura variável, do divisor de águas até uma certa distância crítica x , onde o

Tabela 5.3.1: Segmentos de encosta e suas Declividades médias nas Toposseqüências 2 e 3.

Segmento	Decliv. Média
T2S1 – T2S2	13 °
T2S2 – T1S2	12 °
T3S1 – T1S2	35 °

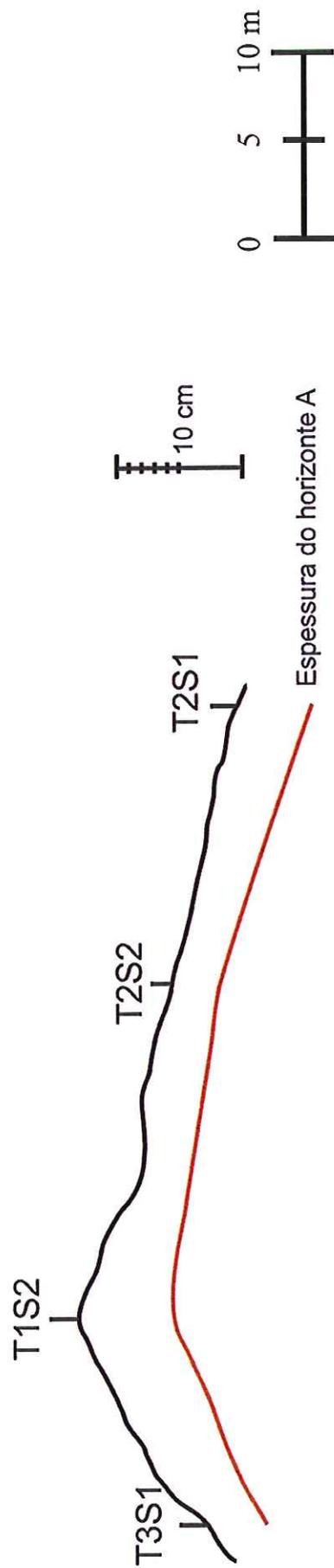


Figura 5.3.1: Toposseqüências 2 e 3.

escoamento não tem capacidade erosiva, tornando-se uma área de estabilidade, onde há facilidade para acumulação de material (Figura 5.3.2).

O comportamento da argila de T1S2 para T2 é inverso ao da matéria orgânica, em superfície. Partindo de T1S2 para T2S2, há um aumento do teor de argila de 7,2% para 13,1% e, de T2S2 para T2S1, uma diminuição de 13,1% para 10,0%. Na alta encosta (T1S2) localiza-se a zona não erosiva. A meia encosta (T2S2), representa o inverso da anterior, ou seja, neste trecho de declividade 13° o processo dominante é o transporte. Na baixa encosta (T2S1) verifica-se uma zona de acúmulo.

Na direção T1S2 – T3S1, a aproximadamente 20 m (Topossequência 3 - T3), observa-se que a espessura do horizonte superficial varia de 70 cm, em T1S2; a 50 cm, em T3S1. A coloração em superfície é semelhante (preta), e a partir dos 20 cm, varia de bruno escuro em T1S2 a bruno muito escuro em T3S1.

A cor quando úmida é preta para os dois eixos (T2 e T3), no entanto quando considerada a umidade de campo, percebe-se que a cor nas áreas próximas as calhas permanecem escuras, situação diferente da observada para a mesma profundidade em T1S2. Este fato está associado a umidade higroscópica.

A partir de T2S1, em direção a T3S1, verifica-se que o teor de matéria orgânica varia de 11,99% a 6,48%, sendo este valor possivelmente explicado pela presença de uma ruptura de declive convexa em direção ao canal temporário, como no caso de T1S3. O maior comprimento da encosta é responsável pela presença de um horizonte superficial mais profundo e um maior percentual de matéria orgânica (T1S2 – T2S1), enquanto o menor comprimento à esquerda (T1S2 – T3S1) corresponde a um horizonte menos profundo com menor teor de matéria orgânica.

Na direção de T1S2 - T3S1, há uma diminuição da massa seca radicular, porém, em menor proporção quando considerado o outro eixo (T1S2 – T2S1). Em superfície, o comportamento da argila, no sentido T1S2 para T3, é o inverso ao da matéria orgânica, ocorrendo o aumento desse teor de 7,2% para 11,3%.

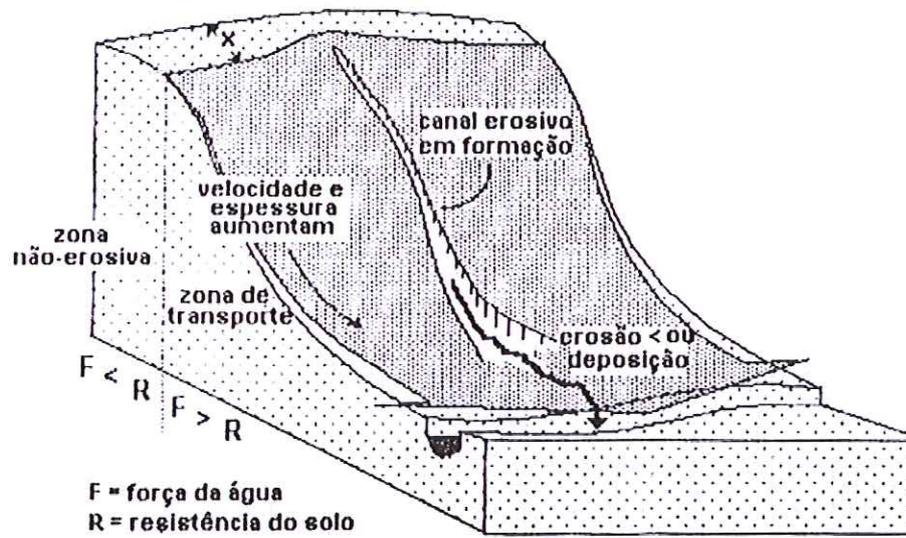


Figura 5.3.2: Diagrama esquemático demonstrando a existência da separação entre a zona não erosiva e a zona de transporte, representada, neste desenho, por x (Coelho Netto, 1995).

Segundo eixo: direção T4 - T5

A partir de T1S3, em direção ao canal mais distante, a 52,09 metros (Topossequência 4 - T4) (Figura 5.3.3), não se observa variação significativa na espessura do horizonte A (100 cm, em T1S3; 90 cm, em T4S2; e 100 cm, em T4S1). A espessura do horizonte A está associado a um trecho com declividade média aproximada de 15°.

Com relação à matéria orgânica, partindo de T1S3 em direção a T4S1, verifica-se, em superfície, que esta apresenta valores similares, entre 6 e 6,5%, em T4S2, e; dessa sondagem à jusante, um aumento de 6,16% para 9,56%. Neste eixo da encosta, que apresenta forma e declividade similares, o comprimento é o fator responsável pelo acúmulo de matéria orgânica (Figuras 5.3.4, 5.3.5, 5.3.6). Nesta direção, observa-se tonalidade que varia de bruno escuro a preto, em superfície.

No eixo T1S3 - T4S1, verifica-se um aumento em direção à jusante da distribuição do percentual de massa seca radicular, concordando com os valores encontrados para a matéria orgânica.

A partir de T1S3, em direção ao canal mais próximo, a aproximadamente 22 metros, encontra-se T5S1. O horizonte A neste eixo diminui em espessura de 100 cm, em T1S3; 60 cm, em T5S2; e 20 cm, em T5S1. Este eixo apresenta uma linha côncava, com dois segmentos de declividade diferenciados. O trecho entre T1S3 e T5S2 apresenta declividade menos acentuada, em torno de 20°, e o trecho entre T5S2 e T5S1 apresenta declividade média de 25°. É possível afirmar que a diminuição da espessura do horizonte A de T1S3 para T5S1 possa ser explicada pelo aumento da declividade à jusante.

Na direção T1S3 – T5S1, verifica-se que o teor de matéria orgânica, em superfície, varia entre 6,5 e 7% de T3S1 em direção a T5S2, e desta última sondagem para T5S1, diminui de 6,97% para 5,86%. Esta diminuição, provavelmente, está associada a uma ruptura de declive côncava. O horizonte A apresenta, neste trecho,

coloração variando de bruno escuro, em T1S3, a bruno muito forte, em T5S2, e retornando a bruno escuro, em T5S1.

Na direção do eixo T1S3 - T5S1, o percentual de massa seca radicular diminui à jusante, de 13,96% para 10,10%, de T3S2 para T5S2, e do último valor para 4,33%, em T5S1.

O teor de argila apresenta comportamento similar ao verificado para a matéria orgânica, em superfície, nas duas direções analisadas.

Terceiro eixo: Pontos 5, 3, 1, 2 e 4

Para esta análise, utilizam-se os pontos nomeados diretamente em campo, não havendo reordenação em gabinete.

Este terceiro eixo é composto pelos perfis de solo localizados no corte de estrada. A partir de P3, em direção a P1, P2 e P4, localizados à direita, observa-se o horizonte A variando em espessura, diminuindo de 61 cm, em P3, para 53 cm, em P1; aumentando, desse ponto, em direção a P2, atingindo 123 cm; e voltando a diminuir em direção a P4, para 65 cm. É importante ressaltar que a matéria orgânica, em P2, não sofreu acréscimo em seu teor, em superfície. Por outro lado, em subsuperfície obteve um aumento considerável, constatando a 123 cm o percentual existente nos demais Pontos, em aproximadamente, metade da profundidade verificada em P2.

Com relação à matéria orgânica, partindo de P3 em direção a direita, verifica-se, em superfície, uma diminuição dos valores de 10,16%, em P3; 7,06%, em P1; 7,25%, em P2 e aumentando em P4, para 8,76%. Tal fato pode ser explicado pela relação anteriormente mencionada entre comprimento da encosta e aumento do teor de matéria orgânica. O horizonte A apresenta, neste trecho, em superfície, coloração representada pela tonalidade preta ao longo de todos os perfis do lado direito de P3.

A distribuição do percentual de massa seca radicular é similar ao de matéria

Tabela 5.3.2: Segmentos de encosta e suas Declividades médias nas Toposseqüências 4 e 5.

Segmento	Declividade (%)
T4S1 – T4S2	15 °
T4S2 – T1S3	15 °
T1S3 – T5S2	20 °
T5S2 – T5S1	25 °

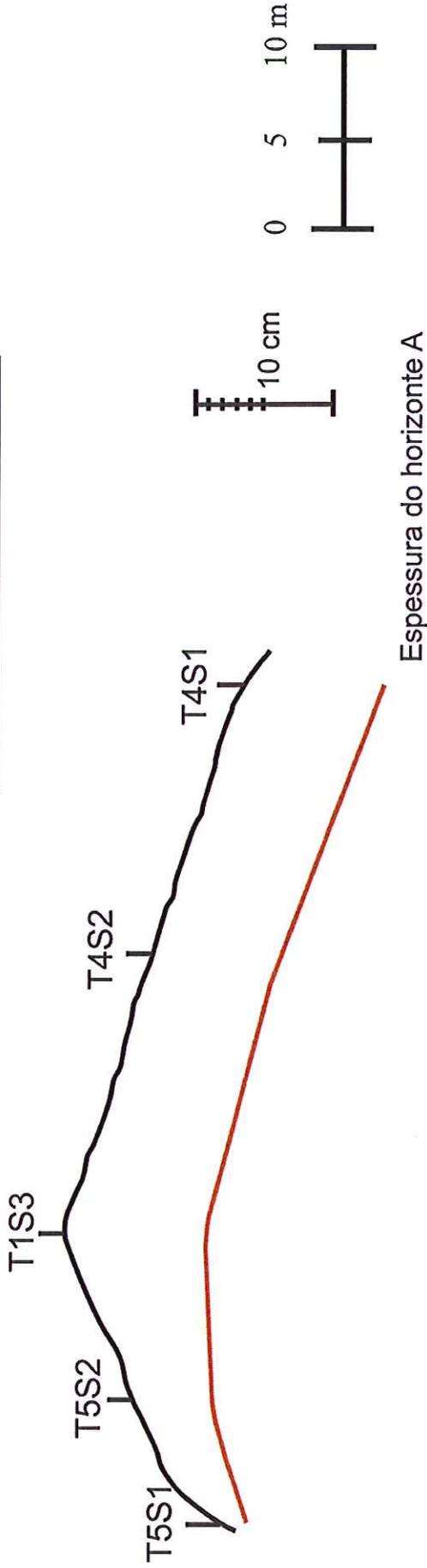


Figura 5.3.3: Toposseqüências 4 e 5.

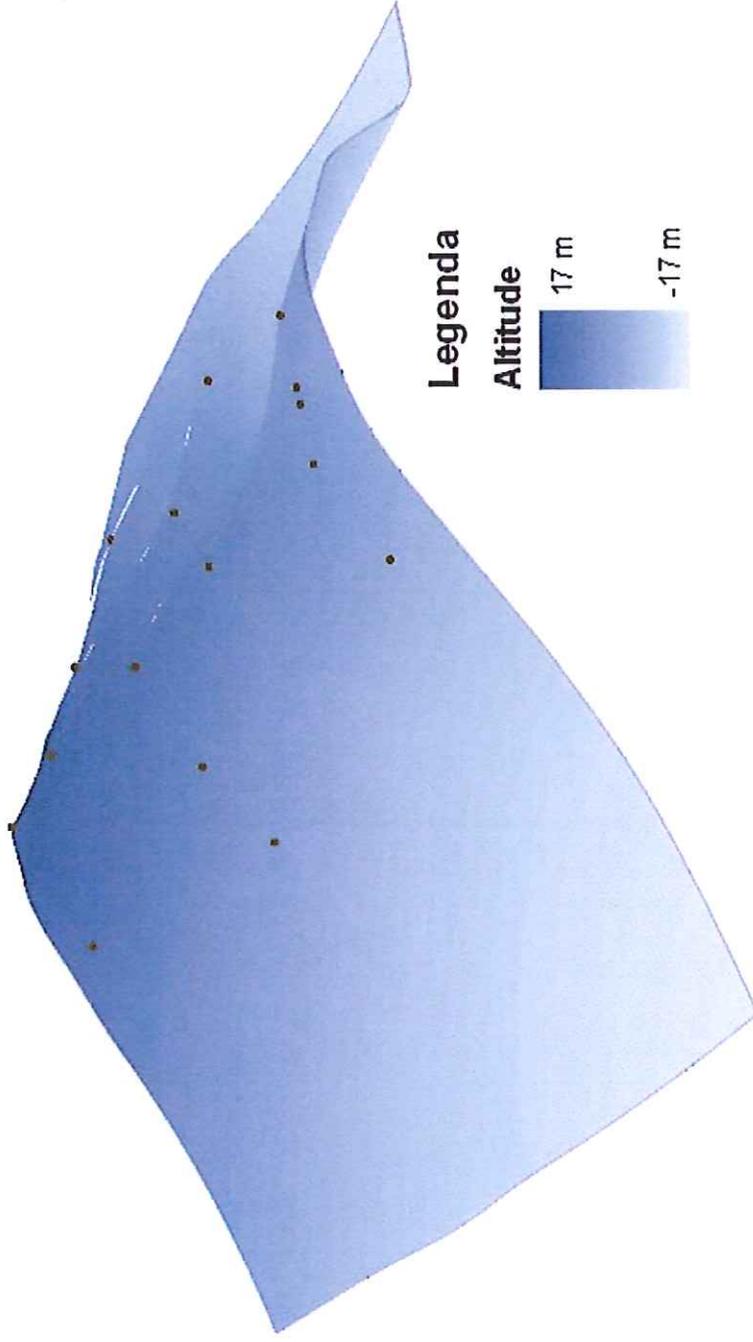


Figura 5.3.4: Modelo digital do terreno com ênfase ao lado esquerdo da seção estudada.



Figura 5.3.5: Modelo digital do terreno com ênfase ao eixo principal da seção estudada.

Silva, J.G.

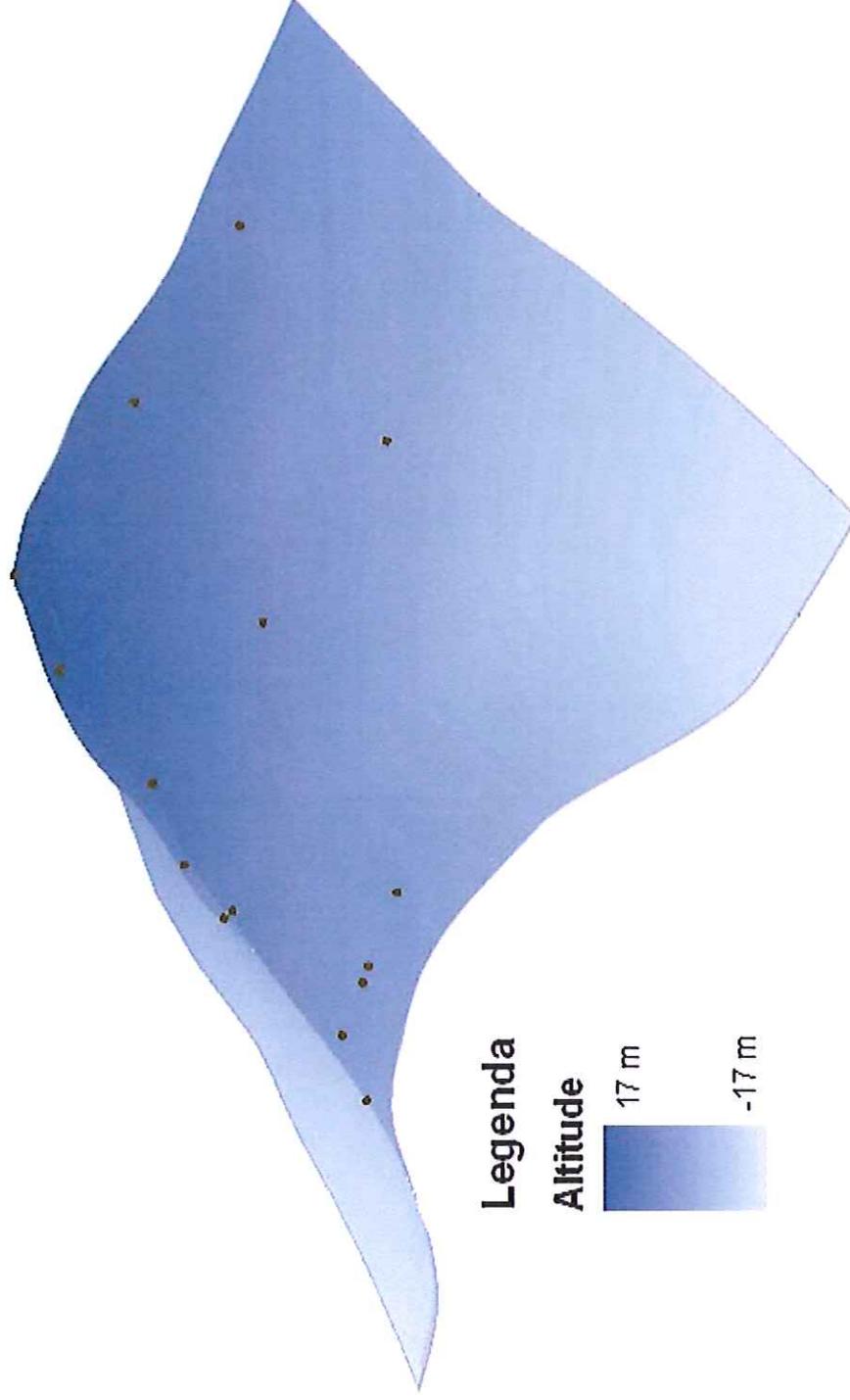


Figura 5.3.6: Modelo digital do terreno com ênfase ao lado direito da seção estudada.

orgânica. Há uma diminuição de P3 em direção a P2, de 15,63% para 14,25%; em seguida, um aumento, de P2 para P4, nesta última atingindo 15,19%.

O teor de argila apresenta-se, em superfície, aumentando de 8% em P3; 9%, em P1; 11%, em P2; chegando a 15%, em P4. Sendo possível verificar o aumento do percentual de argila em direção ao canal de drenagem.

A partir de P3, em direção ao canal menos distante, a aproximadamente 11 metros, encontra-se P5, localizado à esquerda de P3, diminuindo consideravelmente em espessura de 61 cm para 25 cm.

Partindo de P3 em direção a P5, verifica-se que o teor de matéria orgânica, em superfície, diminui de 10,16%, em P3, para 2,80%, em P5. Nesta mesma direção o horizonte A apresenta um clareamento tanto em superfície quanto em subsuperfície.

A distribuição do percentual de massa seca radicular é similar ao de matéria orgânica. Em superfície, partindo de P3, em direção a P5, verifica-se uma significativa diminuição, de 15,63% para 2,1%.

O teor de argila apresenta-se, em superfície, aumentando de 8%, em P3, para 18,8%, em P5, em direção ao canal de drenagem.

A diminuição da espessura, do teor de matéria orgânica, da massa seca radicular, o clareamento do horizonte superficial e o aumento do percentual de argila, indicam que o horizonte A, provavelmente, desaparecerá antes do canal de drenagem, localizado à 8 metros de P5.

5.4. Análise Tridimensional

A análise tridimensional será realizada em função do objeto de estudo: a matéria orgânica, através da distribuição das curvas de organodiferenciação (Figura 5.4.1), a fim de observar as áreas de perda e de acúmulo deste atributo em sistema de encosta.

A área delimitada pela isolinha de 8% encontra-se distribuída em 6% da área total. A área correspondente à curva de organodiferenciação 8% é de 1.202 m². Esta linha surge, notadamente, em superfície, em diferentes locais da encosta, determinando os pontos com os maiores percentuais de matéria orgânica da área de estudo.

A curva de organodiferenciação igual a 8% ocorre mais expressivamente na área lateral, à direita da linha do interflúvio (Toposseqüência 1), desde o corte de estrada, passando pela baixa, média, até a alta encosta, sendo esta lateral a que possui o horizonte superficial mais rico em matéria orgânica. Observa-se, ainda, o aparecimento na linha do interflúvio, no ponto mais à montante, como também em uma faixa à jusante, no mesmo eixo.

Verifica-se que a linha de organodiferenciação de matéria orgânica (8%), aparece nas áreas mais próximas ao canal à direita do eixo da toposseqüência principal; no corte de estrada na linha do interflúvio; e na mesma direção à montante, sendo estas áreas caracterizadas como as principais zonas de acumulação.

A área delimitada pela isolinha de 6% (entre 6 e 8%), encontra-se distribuída em 14% da área total. A área correspondente à curva de organodiferenciação 6% é de 1.700 m². Esta linha surge 65% das vezes, em subsuperfície, em locais diferenciados da encosta.

A curva de organodiferenciação igual a 6% aparece nas duas vertentes do interflúvio. Contudo, na vertente da esquerda, a área de ocorrência dos valores entre 6 e 8% é expressivamente maior. A área à direita, lateralmente a T1S2, é onde a linha de organodiferenciação igual a 6% ocorre com menor expressividade. Existe, ainda, na

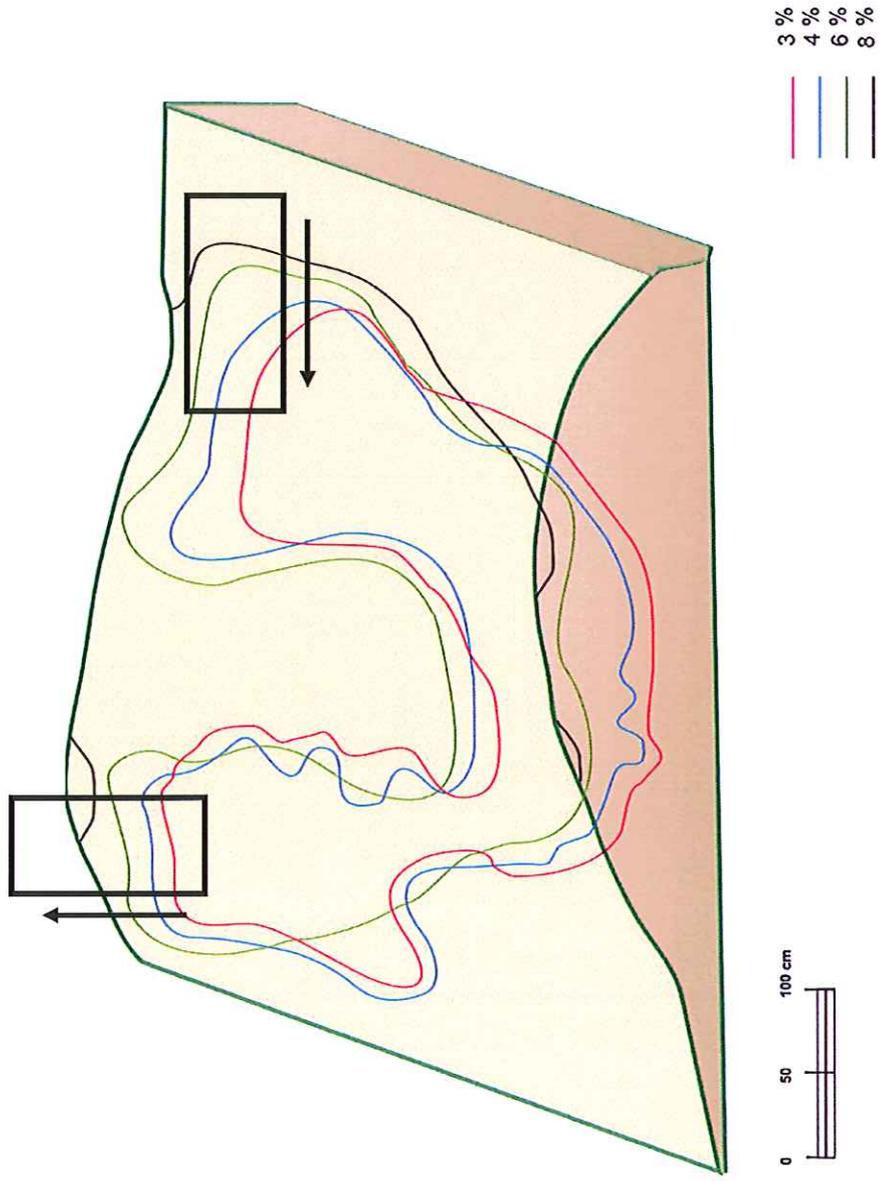


Figura 5.4.1: Bloco diagrama com a representação das curvas de organodiferenciação.

parte superior, a esquerda, a isolinha de 6% bastante pronunciada, mais à jusante da supracitada.

A área delimitada pela isolinha de 4% (linha entre 4 e 6%) encontra-se distribuída em 55% da seção estudada, presente sempre em subsuperfície. A área correspondente à curva de organodiferenciação 4% é de 1.540 m². Cabe ressaltar, que esta linha possui representatividade em todos os pontos e sondagens, com exceção do Ponto 5.

A curva de organodiferenciação igual a 4% ocorre em toda a encosta, desde o corte de estrada, onde verifica-se a ocorrência em diferentes profundidades. À direita da linha do interflúvio, esta isolinha ocorre tanto na área mais próxima ao canal (representada por T2S1 e T4S1), quanto na meia encosta (caracterizada por T2S2 e T4S2), observando-se um comportamento similar para os dois casos. Na linha do interflúvio, o teor de matéria orgânica de 4% ocorre em todas as sondagens.

A área delimitada pela isolinha de 3% encontra-se distribuída em 25% da área total. A área correspondente à curva de organodiferenciação 3% é de 1.300 m², surgindo todas as vezes em subsuperfície, e, assim como a isolinha de 4%, aparece em locais diferenciados da encosta, determinando os pontos de menores valores de matéria orgânica da encosta estudada.

A curva de organodiferenciação igual a 3% ocorre em ambos os lados da linha do interflúvio. Verifica-se que a isolinha de 3% surge em profundidades diferenciadas desde o corte de estrada. À direita da linha do interflúvio, observa-se o surgimento da isolinha de 3%, tanto na área mais próxima ao canal (representada por T2S1 e T4S1), quanto na meia encosta (caracterizada por T2S2 e T4S2), manifestando um comportamento similar para os dois casos. Na linha do interflúvio, o teor de matéria orgânica representado por essa isolinha ocorre em todas as sondagens. À esquerda da linha do interflúvio, o teor de matéria orgânica também aparece em todas as sondagens. Dessa forma, pode ser visualizada em toda a encosta. O corte de estrada desce bastante em profundidade até 153 cm na frente da encosta, semelhante ao que ocorre em 4%.

Do lado esquerdo as curvas 3, 4 e 6% tem uma distribuição similar no sentido horizontal, uma acompanha a outra.

A curva de organodiferenciação igual a 3% ocorre em ambos os lados da linha do interflúvio, com características similares. Mais expressivamente em uma área lateral, à direita, no bloco diagrama, ocorre desde o corte de estrada, passando pela baixa, média, até a alta encosta, sendo esta lateral a que possui o horizonte superficial mais rico em matéria orgânica. Observa-se, ainda, o aparecimento na linha do interflúvio, no ponto mais à montante, como também em uma faixa à jusante, no mesmo eixo.

7. CONCLUSÕES

O estudo da relação entre a matéria orgânica e o relevo apresenta-se bastante positivo, sendo possível perceber que a distribuição de matéria orgânica ocorre em função de três características do relevo: a declividade, a forma e o comprimento da encosta. Estas características interferem não somente no teor de matéria orgânica, mas também na profundidade do horizonte A.

Pode-se perceber que a maior declividade da encosta favorece uma maior perda de matéria orgânica, como é observado em T5S1. A forma da encosta pode influenciar através da presença das rupturas de declive. A forma côncava apresenta uma tendência ao aumento da matéria orgânica, como observado em T1S2. No caso da forma convexa, ocorre diminuição da matéria orgânica, a exemplo do que foi constatado em T1S3. O maior comprimento das vertentes corresponde a um maior teor de matéria orgânica, conforme verificado nas Topossequências 2 e 4.

O estudo das topossequências permitiu verificar uma relação positiva entre a cor do horizonte A, nos estados úmido e seco, matéria orgânica (%) e posição da encosta. A cor seca do horizonte superficial está refletindo a quantidade de umidade higroscópica, principalmente das sondagens localizadas na base da encosta.

O comportamento geral da massa seca radicular é semelhante ao de matéria orgânica, porém o ritmo dessa variação é diferente. O peso da massa seca radicular diminui em profundidade muito mais rapidamente do que a matéria orgânica.

Em relação ao percentual de argila, existe uma tendência de sua maior concentração na base das vertentes, lateralmente, no sentido do eixo do interflúvio para os canais de drenagem, como em T1S2 a T3S1; T1S3 a T5S1; T1S3 a T4S1, tal como na seqüência lateral dos Pontos no corte de estrada.

Além disso, a seção de encosta estudada apresenta no seu eixo de maior altitude (T1), uma forma mais convexa, portanto, com menor declividade na base, verificando

assim uma tendência ao aumento dos processos de perda nesta porção da encosta. Lateralmente, também se observa convexidade na linha do perfil da encosta. Para tanto, é preciso lembrar que como se trata de um interflúvio, as direções principais de fluxo são laterais e não sobre o eixo de maior altitude (T1).

Quanto ao método utilizado, a análise tridimensional, permite uma interpretação integrada, uma reconstituição da encosta além de maiores correlações a serem feitas lateralmente. A análise bidimensional (Toposseqüência) mostra-se eficiente, apresentando relações muito boas, mas, a análise tridimensional (através de seus três planos de análise) permite conclusões mais precisas, tais como: comprimento da vertente x matéria orgânica e cor x umidade x matéria orgânica.

A análise tridimensional em área de interflúvio, realizada nesta pesquisa, reflete no setor da alta encosta um maior percentual de matéria orgânica, exemplificado por T1S2, caracterizando-se como uma zona não erosiva, onde não há perda de material. Mas, é necessário lembrar que o interflúvio funciona no sistema de encosta, como um divisor de águas, existindo, portanto, dois sistemas laterais a serem analisados diferentemente.

7. BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, J. L. Petrópolis (RJ) a única cidade imperial das Américas. Disponível em: www.geocities.com/TheTropics/Paradise/1388/index.html. Acessado em julho de 2000.

ANDRIESSE, J. Uso de solos orgânicos em condições tropicais e subtropicais aliado às possibilidades brasileiras. In: *Simpósio Nacional de Solos Orgânicos*. Curitiba, 1984. Anais. Curitiba: MA / Provárzeas Nacional, Embrater, Seag – Paraná e Acarpa / Emater – Paraná. pp. 11 – 34, 1984.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; SAAB, S. C. e MIELNICZUK, J. Interferência da fração mineral na estimativa do grau de humificação da matéria orgânica em agregados organo-minerais por ressonância paramagnética eletrônica. In: *R. Bras. Ci. Solo*, 24: 11 – 17, 2000.

BENITES, V. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MENDONÇA, E. S. e MARTIN NETO, L. Caracterização da matéria orgânica e micromorfologia de solos sob campos de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (MG). In: *Rev. Bras. Ci. Solo*, 25: 661 - 674, 2001.

BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. *Conservação dos solos*. Ícone, São Paulo, 355p., 1990.

BOARDMAN, J. Soil erosion at Albourne, west Sussex, England. In: *Applied Geography*, 3: 317 - 329, 1983.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, J. G. e LAMIM, A. S. Caracterização morfológica, física e química dos solos da Bacia do Rio Cuiabá – Petrópolis (RJ). In: *Revista Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 8 (15): 447–451, 1996.

BOTELHO, R. G. M.; SOARES da SILVA, A.; MEIRELES, C. M. e SILVA, J. G. Levantamento semi-detalhado dos solos do Distrito de Itaipava (Petrópolis – RJ). In: *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, Brasília, CD ROM, 1999.

- BOUL, S. W.; HOLE, F. D. e McCRAKEN, R. J. Soil genesis and classification. Ames, The Iowa State University Press. 359 p., 1973.
- BOULET, R. Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta Equilibre et déséquilibre pédobioclimatique. 272p., 1974.
- BOULET, R. Análise estrutural da cobertura pedológica e a experimentação agrônômica. In: *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, 21, Campinas. *Anais...* Campinas, SBCS, pp. 79 – 90, 1988.
- BOULET, R.; BRUGIERE, J. M. e HUMBEL, F. X. Relations entre organisation des sols et dynamique de l'eau en Guyane Française Septentrionale. *Science du sol*, France, (1): 3 – 18, 1978.
- BRADY, N. C. *The nature and properties of soils*. 7^a ed. Collier-Macmillan publishers. New York, 639 p., 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, F. C.; VIANA, A. A.; STAFANATO, J. B.; PIMENTA, L. M. M.; TRINDADE, R. S. e POVILL, R. O. P. Densidade radicular de *Brachiaria humidicola* em diferentes pontos de amostragem de um gradiente de relevo. In: *XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, Ribeirão Preto, SP, CD ROM, 2003.
- CAMARGO, F. A. O. e SANTOS, G. A. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: *Matéria orgânica em ecossistemas tropicais e subtropicais – fundamentos e aplicações*. Ed.: G. A. Santos; F. A. O. Camargo. Porto Alegre: Universal Ed., 1998.
- CASTRO, S. S. *Sistemas de transformação pedológica em Marília, SP: B latossólico e B texturais*. (Tese de Doutorado FFLCH-USP. Departamento de Geografia). São Paulo. 1989.
- CASTRO FILHO, C.; VIEIRA, M. J. e CASÃO Jr., R. Tillage methods and soil and water conservation in southern Brazil. In: *Soil Till. Res.*, 20: 271 - 283, 1991.

CASTRO Jr., E. *Valor indicador da fauna de macroartrópodes edáficos em fragmentos primários e secundários do ecossistema de Floresta Atlântica de Tabuleiros, ES*. Rio de Janeiro (Tese de Doutorado), PPGG, UFRJ, 185 p., 2002.

CERRI, C. C.; ANDREUX, F. e EDUARDO, B. P. O ciclo do carbono no solo. *In: Microbiologia do solo*. Orgs: E. Cardoso; S. M. Tsai e M. C. P Neves. Campinas, São Paulo: SBCS, pp. 73 – 90, 1992.

CERRI, C. C. e MORAES, J. F. L. Conseqüências do uso e manejo do solo no teor de matéria orgânica. *In: Encontro sobre matéria orgânica do solo*, Botucatu, 1992. Anais. Botucatu: UNESP. pp. 26 – 36, 1992.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. *In: Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*. Orgs: A. T. J. Guerra e S. B. Cunha. 2^a ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 93–148, 1995.

COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPÉIAS. Para uma estratégia temática de proteção do solo. Bruxelas 2002. Disponível em: [http://www.gasa.dcea.fct.unl.pt/cpa/protecaosolo\(cee\)4=02.doc](http://www.gasa.dcea.fct.unl.pt/cpa/protecaosolo(cee)4=02.doc). Acessado em janeiro de 2005.

CONCEIÇÃO, M. *Natureza do húmus e caracterização de solos com elevado teor de matéria orgânica da região de Itaguaí – Santa Cruz, RJ*. (dissertação de mestrado). Seropédica: UFRRJ. 169 p., 1989.

CORDEIRO, L. A. M. Plantio direto em pequenas propriedades no cerrado mineiro. Disponível em: http://www.factu.br/arquivos/factu_ciencia_vol_2.pdf. Acessado em fevereiro de 2005.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KAMPF, N.; MONIZ, A. C. e FONTES, L. E. F. *Vocabulário de Ciência do solo*. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 90p., 1993.

DE PLOEY, J. e POESEN, J. Aggregate stability, runoff generation and interrill erosion. *In: Geomorphology and Soils*. Editores: K. S. Richards, R. R. Arnett e S. Ellis, pp. 99 - 120, 1985.

DUCHAUFOR, P. H. Ecologie de la humification et pedogénèse. *In: Actuelles d'écologie forestière. Sol, flore et faune.* Pesson, P. (ed.). Paris. Gauthier-Villars. pp. 177 – 200, 1980.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Mapeamento dos solos do estado do Rio de Janeiro. 2005. Disponível em: http://mapserver.cnps.embrapa.br/website/pub/rj_250_solos/viewer.htm. Acessado em março de 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos.* Brasília e Rio de Janeiro. 412p., 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo.* EMBRAPA/CNPS. Rio de Janeiro, 1997.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro. *Estudo expedito de solos no estado do Rio de Janeiro para fins de classificação, correlação e legenda preliminar.* (Boletim Técnico, 62). Elias Pedro Mothei *et alli*. Rio de Janeiro, 208p., 1980.

FANNING, D. S. e FANNING, M. C. B. *Soil morphology, genesis and classification.* EUA: John Wiley e Sons. 395 p., 1989.

FUNDREM. Fundação para o Desenvolvimento da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. *Carta topográfica, Folha 168-E. Escala 1:10.000,* 1976.

FULLEN, M. A. Soil organic matter and erosion processes on arable loamy sand soils in the West Midlands of England. *In: Soil Technology.* V. 4: 19-31, 1991.

GALLIASSI, K; CALDEIRA, M. H. e CORETTA, C. A. Análise da matéria orgânica do solo utilizando o método da Perda de Peso por Ignição. Disponível em: http://www.ufsm.br/ppgcs/congressos/IV_reuniao_sul_brasileira2002/03.pdf Acessado em janeiro de 2005.

GARAY, I. e KINDEL, A. Diversidade funcional em fragmentos de Floresta Atlântica. Valor indicador das formas de húmus florestais. In: *Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento*. Orgs: I. Garay e B. Dias. Petrópolis: Editora Vozes, pp. 350 - 368, 2001.

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.

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-I. Escala: 1:50.000. Governo do estado do Rio de Janeiro, SECPLAN, CIDE, 1995.

GREENLAND, D. J.; RIMMER, D. e PAYNE, D. Determination of the structural stability class of English and Welsh soils using a water coherence test. In: *Journal of Soil Science*, 26: 294 - 303, 1975.

GUERRA, A. T. J. *Soil characteristics and erosion, with particular reference to organic matter content*. (Tese de Doutorado). Universidade de Londres, 441 p., 1991.

GUERRA, A. T. J. Processos erosivos nas encostas. In: *Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*. Orgs: A. T. J. Guerra e S. B. Cunha. 2ª ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 149–210, 1995.

GUERRA, A. J. T. e BOTELHO, R. G. M. Erosão dos solos. In: *Geomorfologia do Brasil*. Orgs. S. B. Cunha e A. J. T. Guerra. Bertrand Brasil, pp. 177 – 223, 1998.

GUERRA, A. T e GUERRA, A. J. T. *Novo dicionário geológico-geomorfológico*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 652 p., 1995.

HÉNIN, S.; GRAS, R. e MONNIER, G. *Os solos agrícolas*. Trad. Orlando Valverde. São Paulo, EDUSP, 334 p., 1976.

HERNANI, L. C., KURIHARA, C. H. e SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solos e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. *In: R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 23: 145 - 154, 1999.

HESSE, P. R. *A Textbook of soil chemical analysis*. London, John Murray Publishers Ltd, 520 p., 1971.

JORGE, J. A. *Solo: manejo e adubação - Compêndio de edafologia*. 2^a ed. Nobel, São Paulo, 307 p., 1986.

KIEHL, E. J. *Manual de edafologia*. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1979.

KIEHL, E. J. *Fertilizantes orgânicos*. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda. 492p., 1985.

KINDEL, A. *A fragmentação real: heterogeneidade de remanescentes florestais e valor indicador das formas de húmus*. Rio de Janeiro (Tese de Doutorado), PPGG, UFRJ, 188p., 2001.

KONONOVA, M. M. *Soil organic matter*. New York: Pergaon Press. 555 p., 2^a ed., 1966.

LAMEGO, A. R. *O homem e a serra*. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Conselho Nacional de Geografia, 454 p., 1963.

LE BISSONNAIS, Y. e ARROUAYS, D. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: II. Application to humic loamy soils with various organic carbon contents. *In: European Journal of Soil Science*, 48: 39 - 48, 1997.

LEMOES, R. C. e SANTOS, R. D. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 3^a ed. Campinas: SBCS/EMBRAPA-SNLCS, 83 p., 1996.

LEPSCH, I. F. e BUOL, S. W. Oxisol landscape relationships in Brazil. *In: International Classification Work Shop*, 13, Campinas, 1986. Part 1: papers. Campinas: SNLCS/EMBRAPA, USDA, University of Puerto Rico, pp. 174 – 189, 1986.

LIMA-E-SILVA, P. P.; GUERRA, A. J. T.; MOUSINHO, P.; BUENO, C.... [et al.], *Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais*. Rio de Janeiro: Thex Ed., 247 p., 1999.

LOMBARDI NETO, F. Práticas de manejo e conservação do solo. In: *Reunião Brasileira de Manejo e Conservação de Solo e da Água*. Florianópolis. 10: 111 - 119, 1994.

LONGO, R. M. e ESPÍNDOLA, C. R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens (*Brachiaria sp.*) em áreas de Cerrado e Floresta Amazônica. In: *Re. Bras. Ci. Solo*, 24: 723 – 729, 2000.

MARTIN NETO, L.; ANDRIULO, A. e TRAGHETTA, D. G. Fracionamento físico da matéria orgânica do solo e caracterização por espectroscopia de EPR. Disponível: http://www.cnpdia.embrapa.br/menuleft_desenv_publicacoes_series_comunicado/CT10_96.pdf. Acessado em janeiro de 2005.

MEIRELES, C. M. Relação entre rede de drenagem e solos em amostras circulares na região serrana do médio vale do rio Paraíba do Sul (Petrópolis-RJ). Rio de Janeiro (*Relatório de Estágio de Campo 4*), Departamento de geologia, UFRJ, 68p., 2000.

MELLO, F. de A. F.; SOBRINHO, M. de O. C. do BRASIL; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; COBRA NETTO, A. e KIEHL, J de C. *Fertilidade do solo*. São Paulo: Nobel. 400 p., 3ª ed., 1985.

MENDONÇA, M. M. *Diagnóstico de propriedades edáficas em áreas agrícolas e de floresta com elevado teor de matéria orgânica no município do Rio de Janeiro*. (dissertação de mestrado). Seropédica: UFRRJ. 178 p., 1999.

MONTES, L. F. *As interações entre a fração mineral e a fração orgânica em solos da região de Bauru, SP*. (Tese de doutorado). FFLCH. USP. Departamento de geografia 214 p., 1997.

MORGAN, R. P. C. Soil degradation and erosion as a result of agricultural practice. In: *Geomorphology and Soil*. Editores: K.S. Richards, R.R. Arnett e S. Ellis, George Allen and Umwin, Londres, pp. 370 - 395, 1984.

- MUNSELL COLOR COMPANY *Munssell soil color charts*. Baltimore. 1994.
- NASCIMENTO, C. e HOMMA, A. Amazônia: meio ambiente e tecnologia agrícola. Belém, EMBRAPA/CPATU, 282 p., 1984.
- NASCIMENTO, V. M.; ALMENDROS, G. e FERNANDES, F. M. Soil humus characteristics in virgin and cleared áreas of the Paraná river basin in Brazil. *In: Geoderma*, 54: 137 – 150, 1992.
- NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. Volume 4. IBGE. Rio de Janeiro. 1979.
- NIMER, E. Climatologia da região Sudeste do Brasil. *In: R. Bras. de Geog.*, Rio de Janeiro, 34(1): 3 - 48, 1972.
- OFORI, C. S.; HIGGINS, G. M. e PURNELL, M. F. Criteria for choice of land suitable for clearing for agricultural production. *In: Land Clearing and Development in the Tropics*. R. Lal, P. A. Sanchez e R. W. Cummiings Jr. A. A. Balkema/Rotterdam/Boston. pp. 19 - 28, 1986.
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T. e CAMARGO, M. N. *Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para reconhecimento*. FUNEP, Jaboticabal, 201 p., 1992.
- PALMIERI, F. e LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. *In: Geomorfologia: e Meio Ambiente*. Orgs: A. T. J. Guerra e S. B. Cunha. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 59 - 122, 1996.
- PEIXOTO, R. T. dos G. *Matéria orgânica e a dinâmica das cargas elétricas dos solos: processos e conseqüências*. 1997.
- PENHA, H. M.; FERRARI, A. L.; JUNHO, M. C. B.; SOUZA, S. L. A. e BRENNER, T. L. *Projeto Carta Geológica do estado do Rio de Janeiro*. Relatório Final – Folha Itaipava. – DRM / UFRJ. Niterói-RJ. 1981.
- PETRÓPOLIS. Prefeitura Municipal de Petrópolis. A história de uma cidade. Disponível em: <http://www.prefeituradeepetropolis.org.br/historiadepetropolis>. Acessado em janeiro de 2005.

PETRÓPOLIS. Prefeitura Municipal de Petrópolis. *Plano Diretor*. Petrópolis, 83p., 1992.

POVILL, F. M.; TRINDADE, R. S.; STAFANATO, J. B.; PIMENTA, L. M. M.; BRASIL, F. C.; ARAÚJO, A. P. e ROSSIELLO, R. O. P. Avaliação da distribuição de massa seca radicular de braquiária por cinco classes de diâmetro. In: *XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, Ribeirão Preto, SP, CD ROM, 2003.

PRADO JÚNIOR, C. *História econômica do Brasil*. 35 ed. São Paulo. Editora Brasiliense. 364 p., 1987.

PRIMAVESI, A. *O manejo do solo: agricultura em regiões tropicais*. Ed. Nobel, São Paulo, 1981.

QUEIROZ NETO, J. P. A importância do conhecimento da organização da cobertura pedológica: a análise estrutural. In: *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, 21, Campinas. *Anais...*Campinas. SBCS, 415 – 429, 1988.

QUEIROZ NETO, J. P. Análise estrutural da cobertura pedológica: uma experiência de ensino e pesquisa. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/rdg15/77-90.pdf>. Acessado em fevereiro de 2005.

QUEIROZ NETO, J. P.; CASTRO, S. S.; FERNANDES BARROS, O. N.; MANFREDINI, S.; PELLERIN, J.; RUELLAN, A. e TOLEDO, G. S. Um estudo de dinâmica de solos: formação e transformação de perfis com horizonte B textural. In *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, 18., Salvador, 1981, *Resumos*, comunicação 169. Salvador, SBCS, v.1, 1981.

REICHELI, D. E. *Dynamic properties of forestry ecosystems*. Cambridge, International Biological Program. Cambridge University Press, 683 p., 1981.

ROSSI, M. e QUEIROZ NETTO, J. P. Evolução lateral de solo podzol em solo glei no planalto do Rio Guaratuba, Serra do Mar, SP. In: *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, Brasília, CD-ROM, 1999.

RUELLAN, A. Contribuição das pesquisas em zona tropical ao desenvolvimento da ciência do solo. *In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, 21, Campinas. *Anais...*Campinas. SBCS, 405 – 414, 1988.

RUIZ, M.; ELIZALDE, G. e PAOLINI, J. Materia orgânica de solos de dos toposequências em paisagem de Sabana. *In: XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Brasília. CD-ROM. 1999.

SALOMÃO, F. X. T. *Processos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural*. (Tese de doutorado). São Paulo FFLCH. USP. Departamento de geografia. 1994.

SILVA, A. C. e VIDAL-TORRADO, P. Gênese dos latossolos húmicos e sua relação com a evolução da paisagem numa área cratônica do sul de Minas Gerais. *In: R. bras. Ci. Solo*, 23: 329 – 341, 1999.

SILVA, J. G. *Distribuição do horizonte A húmico ao longo de uma encosta na bacia do córrego da Manga Larga (Itaipava – Petrópolis – RJ)*. Rio de Janeiro (Monografia), Departamento de geografia, UFRJ, 61 p., 2001.

SILVA, J. G. e BOTELHO, R. G. M. Zoneamento da ocorrência de horizontes superficiais húmicos e proeminentes em Petrópolis (RJ). *In: VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, V.1, Curitiba, p 494, 1997.

SILVA, J. G. e BOTELHO, R. G. M. Análise bidimensional da distribuição da matéria orgânica em horizonte A húmico na Serra do Mar (Petrópolis-RJ). *In: XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. São Paulo. CD-ROM. 2003.

SILVA, J. G. e BOTELHO, R. G. M. Geomorphology and dark superficial horizons in a small watershed in “Serra do Mar” (Petrópolis – Rio de Janeiro State – Brazil). *In: Regional Conference on Geomorphology*, Rio de Janeiro, Brasil, p.61, 1999.

SILVA, J. G. e BOTELHO, R. G. M. Variação do Conteúdo de Matéria Orgânica em Horizonte A húmico ao longo de uma Vertente em Petrópolis – RJ. *In: Revista GEOSUL*, Florianópolis, 14 (27): 515-517, 1998.

SILVA, J. G., BOTELHO, R. G. M. e GUERRA, A. J. T. Zoneamento da ocorrência de horizontes superficiais húmicos em Itaipava – Petrópolis (RJ). In: *XIX Jornada de Iniciação Científica e IX Jornada de Iniciação Artística e Cultural*, UFRJ, Rio de Janeiro, p. 67, 1997.

SILVA, P. J. e SANTOS, L. J. C. Carta de aptidão do solo para fins de uso urbano e rural, na região de Querência do Norte, PR. In: *Simpósio Nacional de Controle de Erosão*, 5, Bauru, pp. 159 – 160, 1995.

SOARES da SILVA, A. *Comportamento físico e erosão dos solos em uma topossequência em Correias (Petrópolis – RJ)*. Rio de Janeiro (Dissertação de Mestrado), PPGG, UFRJ, 63p. 1997.

SOARES da SILVA, A. Análise morfológica dos solos e erosão. In: *Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações*. Orgs: A. T. J. Guerra, A. Soares da Silva e R. G. M. Botelho. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 101 - 126. 1999.

SOLLINS, P.; HOMANN, P. e CALDWELL, B. A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. In: *Geoderma*, Amsterdam, v. 74, p 65-105, 1996.

SOS MATA ATLÂNTICA/INPE/ISA. *Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período de 1990 – 1995*. São Paulo, 58 p., 1998.

SOUZA, W. J. O. e MELO, W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. In: *R. Bras. Ci. Solo*, 24: 885 - 896, 2000.

STEVENSON, F. J. *Humus Chemistry: Genesis, composition, reactions*. New York, Wiley. 1982.

SUGUIO, K. *Introdução à Sedimentologia*. São Paulo, Edgard Blücher, Ed. Da Universidade de São Paulo. 317p., 1973.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W. e ANDERSON, J. M. Decomposition in terrestrial ecosystems. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 372 p., 1979.

TAVARES, N. P. *O relacionamento morfopedogênico em uma seção transversal ao Vale do Caxambu Pequeno no Município de Petrópolis – Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro (Dissertação de Mestrado), PPGG, UFRJ, 173p., 1987.

TIBAU, A. O. *Matéria orgânica e fertilidade do solo*. 3^a ed. Nobel, São Paulo, 220 p., 1987.

VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. e 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: R. bras. Ci. Solo*, Campinas Vol. 8, n^o 3, pp. 277 – 283, 1984.