

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM MANEJO DO SOLO**

BENITO ROBERTO BONFATTI

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO LEVANTAMENTO DE SOLOS E DA
APTIDÃO AGRÍCOLA DA MICROBACIA LAJEADO DOS MINEIROS, SÃO JOSÉ
DO CERRITO, SC**

LAGES, SC

2012

BENITO ROBERTO BONFATTI

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO LEVANTAMENTO DE SOLOS E DA
APTIDÃO AGRÍCOLA DA MICROBACIA LAJEADO DOS MINEIROS, SÃO JOSÉ
DO CERRITO, SC**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação
em Manejo do Solo pela Universidade do Estado de
Santa Catarina – UDESC, como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em Manejo do
Solo.

Orientador: Jaime Antônio de Almeida

LAGES, SC

2012

BENITO ROBERTO BONFATTI

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO LEVANTAMENTO DE SOLOS E DA
APTIDÃO AGRÍCOLA DA MICROBACIA LAJEADO DOS MINEIROS, SÃO JOSÉ
DO CERRITO, SC**

Dissertação, Curso de Pós-Graduação em Manejo do Solo, Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Manejo do Solo.

Banca Examinadora:

Orientador: _____
Dr. Jaime Antônio de Almeida
UDESC – Lages/SC

Membro: _____
Dra. Letícia Sequinatto
UDESC – Lages/SC

Membro: _____
Dr. Antônio Lunardi
UFSC – Curitiba/SC

Membro: _____
Dr. Élvio Giasson
UFRGS – Porto Alegre/RS

Membro: _____
Dr. Marcos Benedito Schimalski
UDESC – Lages/SC

Lages, 30 de agosto de 2012

AGRADECIMENTOS

A todos que participaram direta ou indiretamente neste trabalho.

Em especial ao orientador e professor Dr. Jaime Antônio de Almeida pela forma clara e objetiva como direcionou a dissertação, por passar seu conhecimento e experiência no trabalho em Ciência do Solo.

À família que indiretamente proporciona o ambiente e o conforto necessário para que possamos cumprir com nossos objetivos.

Aos membros do Laboratório de Gênese e Morfologia dos Solos, por passarem os conhecimentos necessários para a condução das análises. À bolsista Alissa pela ajuda nas tarefas do laboratório e pela divulgação do trabalho e à Dra. Letícia Sequinatto pelo auxílio na administração do projeto e sua divulgação.

RESUMO

BONFATTI, Benito Roberto. **Geotecnologias aplicadas ao levantamento de solos e da aptidão agrícola da Microbacia Lajeado dos Mineiros, São José do Cerrito, SC.** 2012. 136 p. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Manejo do Solo, Lages, 2012.

O trabalho teve como objetivo analisar os aspectos dos solos na região da Microbacia Lajeado dos Mineiros, no município de São José do Cerrito, dando ênfase a sua gênese, classificação e aptidão. O mapa obtido a partir do levantamento de solos foi confrontado com o mapa de uso atual, como forma de identificar áreas adequada ou inadequadamente utilizadas. O levantamento pedológico foi do tipo semidetalhado, conduzido através de geoprocessamento e interpretação de fotos aéreas, na escala 1:25.000, combinados e ajustados a dados obtidos em coletas de campo. Os procedimentos para análise constituíram em identificação de feições geomorfológicas homogêneas através de interpretação de fotos aéreas e demarcação de unidades de mapeamento; análises físicas e químicas de amostras coletadas em pontos de observação e onde foram descritos perfis completos; elaboração, na escala 1:50.000, de mapa pedológico semidetalhado, utilizando-se *softwares* de geoprocessamento; análise e mapeamento da aptidão agrícola das terras; elaboração, a partir de fotos aéreas, imagens de satélite e informações atualizadas, de mapa de uso de solo; mapeamento das áreas inadequadamente utilizadas, através do confronto do mapa de uso de solos com o mapa de aptidão agrícola das terras; breve descrição de algumas características sociais que possam influenciar a forma de uso do solo. Nesse contexto, técnicas de aerofotogrametria e geoprocessamento foram aplicadas na demarcação de áreas homogêneas de acordo com as feições geomorfológicas locais. A partir dessas áreas, foram selecionados pontos de observação e coleta, sendo que a campo obteve-se dados de 54 pontos de observação e descrição de 8 perfis completos. Os levantamentos obtidos mostram predominância de Nitossolos Vermelhos nas áreas próximas ao Arroio dos Mineiros, Cambissolos Háplicos e Nitossolos Regolíticos e Litólicos nas áreas mais declivosas de encostas, e Nitossolos Brunos no topo plano do sopé de montanhas. O uso do solo predominante na microbacia é o de pastagens, sendo que a aptidão dos solos em boa parte comporta agricultura em lavoura temporária com restrições e lavoura permanente. Constatou-se que aproximadamente 50% da microbacia tem potencial para melhor aproveitamento agrícola das propriedades.

Palavras-chave: Aptidão agrícola dos solos. Levantamento de solos. Geoprocessamento. Microbacia Lajeado dos Mineiros

ABSTRACT

BONFATTI, Benito Roberto. **Geotechnology applied to soil survey and agricultural suitability of the Lajeado dos Mineiros Watershed, São José do Cerrito, SC.** 2012. 136 p. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Manejo do Solo, Lages, 2012.

The study aimed at examining aspects of the soils in the region of Lajeado dos Mineiros Watershed, in São José do Cerrito, emphasizing its genesis, classification and suitability. The map obtained from the soil survey was confronted with the current use, in order to identify areas used properly or improperly. The soil survey was the semi-detailed type, conducted through GIS and interpretation of aerial photos - 1:25000 - combined and adjusted to data obtained in field. The procedures for analysis consisted of identifying homogeneous geomorphological features through interpretation of aerial photographs and demarcation of mapping units, and physical and chemical analyzes of samples collected at the observation points. A semi-detailed pedological map, using GIS software, mapping and analysis of the suitability of land was also made, in 1:50.000 scale. A map of land use and maps of areas used inappropriately by comparing the land use map with the land suitability map were developed from aerial photographs and satellite images with updated information, besides a brief description of some social characteristics that may influence the way the land is used. In this context, aerial photography and GIS techniques were applied in the demarcation of homogeneous areas according to local geomorphological features. From these areas, points of observation and collection were selected, with 54 data points of observation and description of eight soil profiles. The surveys obtained show predominance of Nitossolos Vermelhos (Typic Hapludox) in areas near the Lajeado dos Mineiros, and Cambissolos Háplicos (Dystrudepts and Eutrudepts) and Nitossolos Regolíticos (Typic Udorthents) and Litólicos (Lithic Udorthents) in areas of steep slopes, and Nitossolos Brunos (Typic Hapludox and Typic Kandiodox) in the flat top of mountains. The predominant land use in the watershed is pasture, and the suitability of soils largely comprises plantation agriculture with restrictions and permanent crops. It was found that approximately 50% of the watershed has the potential for better use of agricultural lands.

Key-words: Land suitability. Soil Survey. GIS. Lajeado dos Mineiros Watershed.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 SOLOS: FORMAÇÃO E CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS.....	10
2.1.1 Fatores de formação	11
2.1.1.1 Clima.....	11
2.1.1.2 Material de origem	13
2.1.1.3 Relevo e hidrologia	15
2.1.1.4 Organismos	19
2.1.1.5 Tempo	20
2.1.1.6 Atividade Humana.....	23
2.1.2 Princípios de mineralogia dos solos	24
2 LEVANTAMENTO PEDOLÓGICO	25
2.2.1 Densidade de observações	26
2.2.2 Tipos de amostragem	27
2.2.3 Tipos de levantamento	28
2.2.4 Classificação de solos.....	31
2.3 GEOTECNOLOGIAS E ATRIBUTOS DO TERRENO.....	33
2.3.1 O uso de geotecnologias.....	33
2.3.1.1 Imagens aéreas.....	33
2.3.1.2 Paralaxe e estereoscopia.....	34
2.3.1.3 Fotointerpretação	35
2.3.1.4 Qualidade das imagens.....	36
2.3.1.5 Imagens de satélite.....	37
2.3.2 Atributos do terreno.....	38
2.3.2.1 Declividade	39
2.3.2.2 Orientação de vertentes	39
2.3.2.3 Curvatura vertical	40
2.3.2.4 Curvatura horizontal	40
2.3.2.5 Índice de umidade topográfica	41
2.4 APTIDÃO AGRÍCOLA DOS SOLOS	42
2.4.1 Aptidão agrícola das terras.....	42
2.4.2 A questão socioespacial	44

3 MATERIAL E MÉTODOS	48
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	48
3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS, MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO	50
3.2.1 Fotointerpretação	51
3.2.2 Pontos de observação e pontos de coleta	52
3.2.3 Análises laboratoriais	53
3.2.4 Mapas de atributos do terreno	53
3.2.5 Delimitação das unidades de mapeamento e classificação	55
3.2.6 A classificação da aptidão agrícola das terras	56
3.2.7 O uso do solo	59
3.2.8 O conflito entre aptidão e uso	61
3.2.9 Questões socioespaciais	61
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4.1 O USO DE ANAGLIFOS E DAS IMAGENS ORBITAIS	62
4.1.2 Classificação preliminar	72
4.2 CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS NA ÁREA DE ESTUDO ...	77
4.2.1 Nitossolos	78
4.2.2 Cambissolos	85
4.2.3 Neossolos	89
4.3 UNIDADES DE MAPEAMENTO	93
4.3.1 CXbef	93
4.3.2 NBdf	94
4.3.3 NVdf1	94
4.3.4 NVdf2	95
4.3.5 NVdf3	95
4.4 USO, APTIDÃO E FORMA DE APROVEITAMENTO DAS TERRAS	97
4.4.1 Uso e cobertura do solo	97
4.4.2 Aptidão agrícola das terras	99
4.4.3 Conflito entre uso e aptidão	102
4.4.4 Questões socioespaciais	106
5 CONCLUSÕES	109
REFERÊNCIAS	111
APÊNDICES	116

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento pormenorizado dos tipos de solo de um município e sua aptidão agrícola é imprescindível para um adequado planejamento da dinâmica rural por parte dos órgãos oficiais e do seu uso por parte dos proprietários rurais, de forma a resolver questões relacionadas à sub ou superutilização dos solos, sendo que a primeira pode gerar problemas de insuficiência de produtividade e a segunda pode refletir em problemas de desgaste do solo ou degradação ambiental. Auxilia também o produtor a obter informações sobre tecnologias mais adequadas a serem utilizadas em sua propriedade, propiciando maior competitividade no mercado e dispensando o uso irracional de áreas de preservação sob proteção legal ou cujas características naturais não favoreçam o cultivo.

Apesar de sua importância, o conhecimento detalhado das características do solo é praticamente inexistente na maior parte das regiões do Estado de Santa Catarina, sendo comuns os levantamentos de solos generalizados, como os exploratórios ou de reconhecimento, de média ou baixa intensidade, com escalas que não fornecem detalhes suficientes para a formulação de planejamentos a nível regional ou de propriedades agrícolas.

A situação não é diferente no município de São José do Cerrito, mais precisamente na Microbacia de Lajeado dos Mineiros, local escolhido para esta pesquisa. Há necessidade de obtenção de um conjunto mais específico de informações sobre suas condições edáficas, auxiliando principalmente na escolha do tipo de cultivo predominante, que são feitos em pequenas propriedades e com agricultura diversificada, com destaque para as culturas de feijão, milho, soja, mandioca e trigo, além das áreas destinadas a pastagem e a silvicultura. A identificação mais detalhada de áreas de preservação seria também de auxílio fundamental para a manutenção da biodiversidade existente, contribuindo à preservação ambiental e à melhoria da qualidade de vida das comunidades.

Para o município, o levantamento de solos e todo o mapeamento das condições de aptidão agrícola serviriam como base na obtenção de ferramentas para orientação de políticas públicas, como fornecimento de crédito, investimentos, planejamento agrícola, dentre outras. Os próprios produtores poderiam se utilizar das informações obtidas do levantamento, com vistas ao aumento de produtividade e aplicação de adequada tecnologia agrícola.

Nesse contexto, dado a importância do conhecimento das características do solo, este estudo tem como principal objetivo realizar o levantamento e avaliar a aptidão agrícola dos solos na Microbacia Lajeado dos Mineiros e sua relação com o uso atual, contribuindo desta forma para uma melhor gestão da dinâmica rural local.

Os dados foram obtidos através do levantamento semidetalhado de solos, com auxílio de geotecnologias, que agregam informações aos dados coletados e possibilitam ampliá-las a uma área mais extensa. Com essa finalidade, torna-se de importância significativa a utilização de fotos aéreas e o processamento de imagens, ferramentas de grande auxílio quando se pretende estender informações sobre uma área maior com base em dados locais.

De posse dos dados obtidos com o levantamento, as características pedológicas da microbacia foram identificadas e então determinada a melhor aptidão das terras. Em sequência, o mapa de aptidão de terras foi confrontado com o mapa de uso atual dos solos, de forma a identificar áreas utilizadas em conflito com sua aptidão agrícola. Este tipo de informação permite que se determine o modelo atual de uso da microbacia, demonstrando as diversas formas de manejo e utilização dos solos, bem como sua intensidade.

Como forma de conclusão, uma breve descrição da dinâmica agrícola atual no município permitiu uma visão geral das formas de relacionamento entre sociedade e solo, refletindo na microbacia fatores que podem estar influenciando as formas de uso, os quais precisam ser observados ao se estabelecerem diretrizes para nortear sua utilização pela comunidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para que se possa compreender a metodologia utilizada e os resultados obtidos, o presente capítulo vem mostrar as principais definições e explicações dos conceitos e métodos utilizados na pesquisa. Importante, então, destacar as propriedades essenciais dos solos, identificar os atributos do relevo mais influentes, conhecer métodos utilizados em levantamentos pedológicos e determinação de aptidão de terras, bem como suas relações com as formas de uso atual e com a sociedade local.

2.1 SOLOS: FORMAÇÃO E CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS

Há diversas definições para solo, devido a suas inúmeras propriedades e às diversas possibilidades de uso. De acordo com EMBRAPA (1995), a que melhor se adapta ao levantamento pedológico é a do Soil Taxonomy (ESTADOS UNIDOS, 1975) e a do Soil Survey Manual (ESTADOS UNIDOS, 1984):

Solo é a coletividade de indivíduos naturais, na superfície da terra, eventualmente modificado ou mesmo construído pelo homem, contendo matéria orgânica viva e servindo ou sendo capaz de servir à sustentação de plantas ao ar livre. Em sua parte superior, limita-se com o ar atmosférico ou águas rasas. Lateralmente, limita-se gradualmente com rocha consolidada ou parcialmente desintegrada, água profunda ou gelo. O limite inferior é talvez o mais difícil de definir. Mas, o que é reconhecido como solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações de clima, organismos, material originário e relevo, através do tempo.

Com a prática do levantamento, alguns conceitos, segundo IBGE (2007), passaram a integrar o cotidiano dos profissionais, como:

- Solo: material inconsolidado, mineral ou orgânico, sobre o qual crescem as plantas terrestres.
- Solum: compreende a parte superior do solo, representada pelos horizontes A e B (excluído BC).
- Solo autóctone: proveniente da intemperização das rochas subjacentes.
- Solo alóctone: não provindo unicamente do resultado do intemperismo das rochas subjacentes, podendo apresentar ou não características relacionadas a este material de origem.

Para o levantamento utilizado neste trabalho, o solo considerado se relaciona à parte sobrejacente à rocha matriz, dividido em horizontes possíveis de separação e caracterização, sendo autóctones ou alóctones. Tais segmentos dos solos e suas propriedades estão

diretamente relacionados aos fatores que influenciaram processos pedogenéticos locais e regionais.

Desta forma, agregando conhecimento à definição de solos, deve-se compreender também a influência dos fatores de formação, que serão considerados na sua caracterização e classificação. Tais fatores assumem importância fundamental para o levantamento de solos e seu mapeamento.

2.1.1 Fatores de formação

Os solos durante sua formação são influenciados por diversos fatores, tanto naturais como antrópicos. Na busca por um modelo que explicasse a formação dos solos, Jenny (1941) adaptou as teorias até então existentes, chegando a seguinte equação:

$$S \text{ (solo)} = f (MO, CL, O, R, T, \dots)$$

Nesta equação, estão considerados os principais fatores de formação do solo, na sequência material de origem (MO), clima (CL), organismos (O), relevo (R) e tempo (T) e alguns fatores subsidiários não especificados (...). Cada variável pode ser estudada individualmente e relacionada com as demais. Esta teoria tem continuamente influenciado os pesquisadores da área de pedologia.

Young (1976) menciona que há oito fatores ambientais principais: clima, geologia, relevo, hidrologia, solos, vegetação, fauna e homem. Para a formação do solo, este constitui variável dependente e os demais fatores são independentes e causais. Considera o homem como promovendo importantes modificações na superfície terrestre, as quais afetam o solo. Tais fatores condicionam processos que produzem mudanças em propriedades pedológicas ao longo do tempo.

2.1.1.1 Clima

As condições de temperatura e umidade do solo são diretamente influenciadas pelo clima atmosférico e afetam diversas outras propriedades do mesmo. Segundo Lepsch (2002) e Oliveira (1975), os principais elementos ativos climáticos que influenciam a pedogênese são: a precipitação pluviométrica, a evapotranspiração, a temperatura, os ventos, a insolação e a orientação de encostas e a umidade do ar.

A precipitação pluviométrica é um dos parâmetros climáticos que mais influenciam

na dinâmica da pedogênese. Atua principalmente no intemperismo, além de processos de erosão, lixiviação, transporte de nutrientes e também entrando como constituinte de minerais e matéria orgânica. Sua atuação está condicionada ao balanço hídrico, ou seja, à diferença entre precipitação e evapotranspiração. Quanto maior a precipitação e menor a evapotranspiração, isto é, havendo excedente hídrico, maior a atuação da água nos processos pedogenéticos. Desta forma, tendem a formar solos mais profundos e menos férteis quimicamente, em regiões de baixa declividade. Caso contrário, em locais onde a evapotranspiração supera a precipitação, normalmente formam solos mais rasos e menos lixiviados, restando uma maior quantidade de material pouco ou não intemperizado.

As taxas de intemperismo são aceleradas em áreas de alta temperatura e umidade. Segundo Buol, Hole e McCracken (1973), a cada 10°C de aumento na temperatura, há uma duplicação na velocidade das reações químicas, favorecendo principalmente a hidrólise e, portanto, acelerando as taxas de intemperismo. Ainda segundo o mesmo autor a temperatura influencia também outras propriedades como:

- Cor: quanto maior a temperatura, maior a tendência de formação de solos de coloração vermelha, devido à desidratação de óxidos de ferro, produzindo hematita. Um exemplo, comum em Santa Catarina, é a variação na coloração bruna à vermelha, respectivamente dos solos das áreas mais frias do planalto catarinense às regiões de temperaturas mais elevadas no extremo oeste. Tal constatação é válida apenas quando se considera o mesmo material de origem e feições similares de relevo.
- Textura: solos das áreas mais frias, onde o intemperismo é menos intenso, normalmente apresentam teores mais baixos de argila quando comparados aos das áreas mais quentes.
- Profundidade: considerando, para efeito de comparação, um mesmo material de origem, quanto maior a temperatura mais intenso o intemperismo e, portanto, maior a profundidade dos solos, comparando-se áreas de características topográficas semelhantes.
- Matéria orgânica: em áreas frias, a decomposição da matéria orgânica ocorre a taxas menores que em áreas quentes. Consequentemente, onde há temperaturas mais baixas há maior acumulação de matéria orgânica.

Além disso, a orientação das vertentes pode influenciar na ocorrência de microclimas distintos, onde algumas áreas recebem maior radiação, chuvas ou poeira depositada

influenciando as propriedades do solo devido à alteração de umidade e vegetação.

É notável também a influência do clima na constituição mineralógica do solo. Em locais onde a umidade é intensa há percolação da água no perfil, carregando consigo minerais já existentes no solo ou modificados através de reações de hidrólise. Na hidrólise total, há o processo de alitização, quando a maior parte da sílica é transportada junto à água e os elementos restantes têm condições mais propícias à formação de óxidos de alumínio e ferro. Numa hidrólise parcial, onde ainda há quantidade significativa de sílica no solo, esta se combina com o alumínio no processo de sialitização, ocorrendo a formação de minerais 1:1, ou seja, minerais compostos por uma lâmina de tetraedros de silício e uma de octaedros de alumínio. A caulinita, por exemplo, é encontrada com frequência nestes ambientes. Caso o aporte hídrico seja pouco significativo, é favorecida a bissialitização, quando há formação de minerais 2:1, constituídos por duas lâminas de tetraedro de silício, tendo entre as mesmas uma lâmina de octaedro de alumínio. É o caso, por exemplo, da formação de minerais expansivos, como a montmorilonita e a vermiculita, e também de minerais não expansivos como micas e a ilita (KÄMPF; CURI, 2000).

Relacionado também ao clima e à disponibilidade hídrica está a formação de goethita e hematita. A goethita normalmente forma-se em ambientes de maior umidade e menores temperaturas. A maior contribuição da água e a complexação do ferro por compostos orgânicos favorece sua formação. No caso de temperaturas mais altas, há uma rápida decomposição da matéria orgânica e liberação do ferro que, em ambientes de pouca umidade, se precipita em forma de ferrihidrita e se desidrata à hematita (KÄMPF; CURI, 2000).

2.1.1.2 Material de origem

As propriedades do solo são também provenientes da composição das rochas que o originaram. A rocha intemperizada previamente (saprolito) é a principal fornecedora de elementos para o solo, caso não seja uma área onde prevaleça acúmulo de material transportado.

Um solo jovem tende a apresentar, de forma mais evidente, a presença de elementos vindos da rocha matriz. O intemperismo muito acelerado tende a alterar as propriedades do material inicial.

Na Microbacia Lajeado dos Mineiros, devido ao solo ser formado na parte superior da Formação Serra Geral, predomina o basalto como material de origem. Esta rocha máfica tem menos de 52% de sílica e, segundo Fontes (2012), rochas basálticas são ricas em

minerais com alto teor de ferro e magnésio, como olivinas, piroxênios (augitas), anfibólios (hornblenda) e biotita. Kampf e Curi (2012, p.215) mencionam que:

Rochas ferromagnesianas (incluindo andesitos, dioritos, basaltos, gabros e hornblenda-gnaisses) são ricas em minerais contendo Fe e Mg e plagioclásios cálcicos, que intemperizam rapidamente, originando solos argilosos, com predomínio de esmectita em ambientes com drenagem restrita ou com períodos de baixa pluviosidade (Chernossolos, Vertissolos, Gleissolos) e com conteúdo significativo de caulinita e óxidos de Fe em ambientes lixiviantes e oxidantes (Latossolos, Nitossolos).

Estas mesmas rochas, nas quais predominam minerais máficos em relação aos félsicos, são de cor escura sendo denominadas de melanocráticas e, no caso do basalto e de outras rochas extrusivas, apresentam também textura fina, sendo denominadas de afaníticas. A textura fina deve-se à solidificação superficial, mais rápida, com menor tempo para desenvolvimento e agrupamento de minerais (LEINZ, 1978).

A menor proporção em sílica e o baixo teor de quartzo faz com que a quantidade de areia nesses solos seja pouco significativa, predominando os solos argilosos e muito argilosos. De acordo com Kampf e Curi (2012, p. 211):

[...] um mineral que consiste predominantemente de grãos de quartzo com a dimensão da fração areia (2 a 0,05mm), seja um arenito sejam areias aluviais ou litorâneas, irá originar um solo arenoso mesmo sob condições de intemperismo intenso pois o quartzo é um mineral muito resistente [...]. Por outro lado, as rochas ígneas básicas (p. ex., basalto, gabro), graças aos baixos teores de quartzo, originarão solos argilosos [...]

Em situação de intemperismo não muito avançado, os minerais primários de origem basáltica favorecem a manutenção elevada do teor de bases no solo. Segundo Kampf e Curi (2012, p.213):

[...] as rochas máficas (ricas em minerais ferromagnesianos e plagioclásios) fornecem altos teores de cátions de reação básica e de Fe, favorecendo a formação de esmectita (em ambientes de lixiviação restrita) e de caulinita e óxidos de Fe e gibbsita (em condições de intemperismo intenso) [...]

Devido ao basalto ser uma rocha magmática extrusiva, de solidificação rápida, os minerais que o constituem tem diâmetro muito pequeno (LEINZ, 1978) produzindo, através do seu intemperismo, minerais e óxidos que por sua vez tendem a formar solos mais argilosos, com reduzida quantidade de areia e com altos teores de óxidos de ferro. As rochas efusivas básicas e intermediárias da Formação Serra Geral recobrem mais de 50% do relevo em SC (DNPM, 1987) e normalmente dão origem a solos férteis quando pouco desenvolvidos, mas vão perdendo sua fertilidade química no decorrer do tempo, com o aumento do intemperismo. Nas áreas de relevo mais suave há tendência à formação de solos mais profundos, enquanto nos declives mais fortes são normalmente mais rasos, com limitações agrícolas devido à

pedregosidade, eventos erosivos e menor profundidade dos solos (CORRÊA, 2003).

Vale lembrar que solos oriundos do basalto podem apresentar características muito variáveis. Os demais fatores de formação podem alterar o material de origem de forma diferenciada, dando origem a solos diversos. Segundo Corrêa (2003), para as áreas de encostas basálticas em Santa Catarina,

Os elementos ativos do clima, notadamente precipitação, evapotranspiração e temperatura, por condicionarem os fluxos de lixiviação, exercem influência marcante na composição mineralógica, e por consequência na fertilidade química dos solos[...] mesmo considerando certa homogeneidade de precipitação pluviométrica nas encostas basálticas, as variações de temperatura média, por afetarem a evapotranspiração, podem atuar no sentido de promover maior ou menor excedente hídrico, podendo assim facilitar ou limitar os fluxos lixiviantes, influenciando na composição mineralógica e na reserva química dos solos.[...]

O relevo, por outro lado, também é fator condicionante dos fluxos de água; já os declives fortes estimulam os fluxos horizontais, principalmente os de superfície, favorecendo assim os processos erosivos que levarão a formação de solos mais rasos.

Na área estudada é notável a influência dos depósitos de colúvio, ou seja, solos nas partes de fundo de vale que, ao longo do tempo, receberam material transportado das partes mais altas e depositados em menores altitudes, alguns apresentando características como linhas de pedra e cascalho entre os horizontes, evidenciando o transporte de material.

2.1.1.3 Relevo e hidrologia

O relevo é uma importante referência quando se procura o reconhecimento de padrões na distribuição espacial de propriedades do solo. Atua de forma direta, concentrando ou dispersando material, e também de forma indireta, com influências climáticas e hidrológicas. Influencia em propriedades como cor, drenagem interna e espessura de horizontes ou camadas ao longo do declive (OLIVEIRA, 1975; LEPSCH,2002).

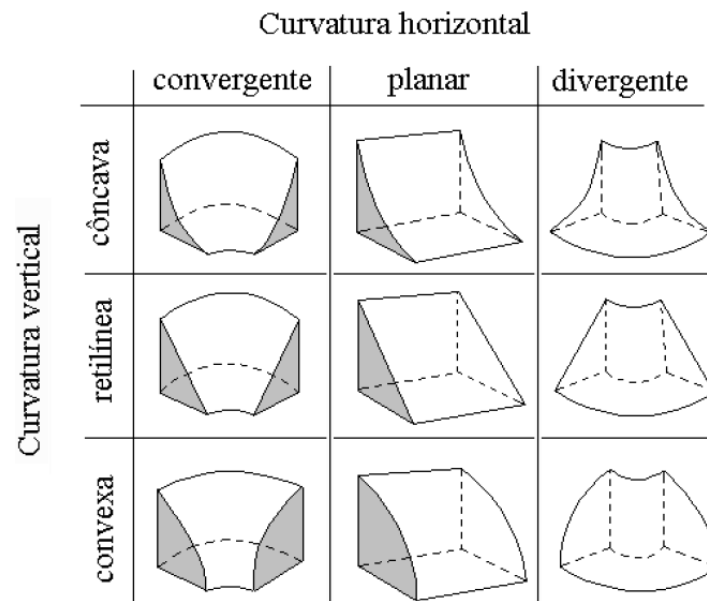
As partes mais elevadas do relevo influenciam sobremaneira as partes mais baixas, principalmente com transporte e depósito de materiais e soluções. O material transportado influencia toda a sua área de deslocamento. Para entender sua relação com o solo é necessário entender a evolução da paisagem e relacionar paisagem e solo (WILDING, 2000).

Oliveira (1975) e Lepsch (2002) identificam o modo como o relevo atua na determinação da profundidade dos solos e sua fertilidade. Nas superfícies planas ou levemente onduladas, a percolação de água é maior e o escoamento superficial é menor, promovendo condições para um intemperismo contínuo e, conseqüentemente, o aprofundamento do solo.

Também sob essas condições, a lixiviação de bases é expressiva e os solos tornam-se, em geral, menos férteis quimicamente. No caso de declives mais acentuados, o escoamento horizontal dos fluxos de água é intensificado, diminuindo o fluxo vertical e aumentando os eventos erosivos. Desta forma as condições não são favoráveis ao intemperismo e aprofundamento do perfil, levando à formação de solos mais rasos. Nessas condições, a lixiviação é baixa e a fertilidade química estará condicionada às características da rocha matriz, clima, vegetação e taxa de cobertura. Em casos de presença de vegetação florestal densa, esta contribui para aumento da infiltração vertical e redução do escoamento lateral, podendo formar perfis mais profundos.

Wysocki, Schoeneberger e LaGarry (2000) discutem como o grau e a forma dos declives influenciam na diferenciação dos solos na paisagem. Segundo estes autores, há declives retilíneos, quando o gradiente é constante por unidade de comprimento, e declives curvilíneos, quando o gradiente aumenta ou diminui por unidade de comprimento. Incremento ou decremento do declive, ao se descer uma encosta, desenvolve, respectivamente, convexidade e concavidade. A concavidade está relacionada com acúmulo de umidade, o que provoca a tendência de formação de solos mais profundos, com deposição de material. A convexidade está relacionada à dispersão dos fluxos hídricos, com tendência à formação de solos menos profundos e também à erosão e transporte de material. Considerando então as curvaturas dos perfis, podem-se distinguir tipos de declives planares, divergentes e convergentes que, combinados à curvatura vertical convexa, côncava ou retilínea, formam 9 tipos de encosta, conforme Figura 1. Os declives divergentes são erosionais e os convergentes são erosionais e deposicionais. Desta forma, diferentes segmentos da catena propiciam a formação de solos distintos. O potencial de erosão é baixo nos declives divergentes, alto nas posições convergentes devido a maior concentração de água e tem intensidade média em declives lineares.

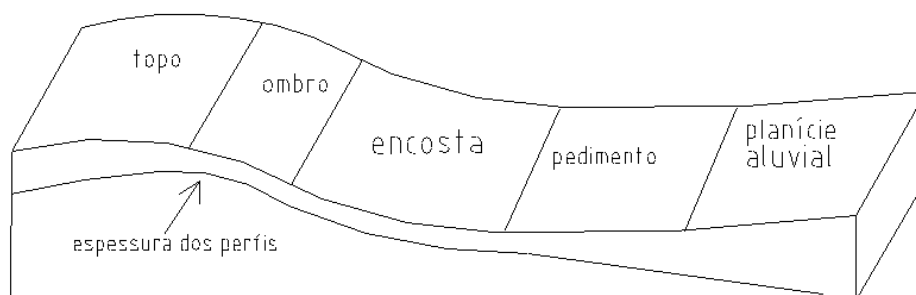
Figura 1 – Diagrama tridimensional de nove tipos de formação de encostas



Fonte: Adaptado de Dikau (1990 apud VALERIANO, 2008)

Rhue e Walker (1968) propõem um modelo de segmentação da paisagem (Figura 2) e demonstram as principais relações entre topografia e as características dos solos, em cujos segmentos podem-se fazer as seguintes considerações:

Figura 2 – Modelo de segmentação de uma paisagem madura, segundo Rhue e Walker (1968)



Fonte: Adaptado de Rhue e Walker (1968)

- Topo ou interflúvio: parte mais elevada da paisagem, constituindo também num divisor de águas. Pode formar solos mais profundos, quando o topo é suavemente ondulado ou plano ou formar solos mais rasos, quando se constitui numa crista.
- Ombro: parte onde o declive é maior, de característica convexa, ocorrendo muito escoamento superficial. Normalmente formam-se solos rasos do tipo litólicos ou

superfície com a rocha exposta.

- Encosta: situada logo abaixo do ombro, é também uma área declivosa e onde há muito escoamento superficial, tendendo à formação de solos rasos. No terço superior da encosta há maior retirada e transporte de material sendo que no terço inferior há maior deposição. No terço inferior também o escoamento subsuperficial pode se encontrar próximo à superfície, podendo acumular Fe, Mn e originar solos glei de encosta ou de pedimento. Quanto maior a cobertura vegetal, menor o escoamento e maior a infiltração, favorecendo a formação de solos mais profundos.
- Pedimento ou terraço coluvial: área após a encosta, assumindo formato côncavo, o que contribui para a acumulação de material erodido do ombro e da encosta, com tendência a formação de solos mais profundos. Neste local geralmente é maior a ocorrência de bases trocáveis, matéria orgânica e, conforme o ambiente, de Fe, Mn ou CaCO_3 . A deposição não ocorre de maneira uniforme e, portanto, pode haver heterogeneidade de solos.
- Planície aluvial: formada por material transportado pelos rios (planície aluvial) ou de material retirado do ombro e encostas e depositado (planície coluvial). Normalmente se forma após longo período de evolução da paisagem.

Constatando a diversidade de tipos de solos em topossequências, para o mesmo material de origem, Corrêa (2003) analisou três áreas em encostas basálticas no Estado de Santa Catarina, sob diferentes condições de intemperismo. Em uma delas, designada por topossequência I, localizada entre os municípios de Água Doce e Luzerna, na posição de topo extenso e em maiores altitudes predominaram solos mais profundos como Nitossolos Brunos; nas posições de encosta e pedimento predominaram Nitossolos Vermelhos e Cambissolos Háplicos, com aumento de fertilidade do topo para os segmentos inferiores. Nas designadas topossequências II e III, localizadas respectivamente entre Ipira e Peritiba e entre Descanso e Iporã do Oeste, onde as altitudes são menores e as temperaturas mais elevadas, todos os solos analisados apresentaram caráter eutrófico. Nos topos mais extensos formaram-se Nitossolos Vermelhos, nas encostas Neossolos Litólicos, Cambissolos e Chernossolos, e nos pedimentos principalmente Cambissolos Háplicos e Nitossolos Vermelhos.

2.1.1.4 Organismos

Os organismos tem papel fundamental nos processos de formação do solo e também de disponibilidade de nutrientes. Solos com ausência de organismos tendem a ser mais rasos e suscetíveis à lixiviação, o que reduz sua capacidade agrícola.

Os micro-organismos, como líquens e musgos, têm a facilidade de fixação mesmo em rochas praticamente inalteradas. Contribuem para o intemperismo através da absorção e troca de íons e da produção de ácidos orgânicos, que reagem com os minerais da rocha matriz. Desta forma, criam condições para o crescimento de vegetais maiores que, com suas raízes, abrem caminho sobre as rochas acelerando a formação do solo. Solos com poucos micro-organismos levam muito mais tempo para se formarem. Alguns micro-organismos, isoladamente ou em simbiose com as plantas, são responsáveis pela fixação biológica do nitrogênio, aumentando expressivamente a quantidade desse mineral no solo (LEPSCH, 2002).

Algas, bactérias e fungos têm importância na mineralização da matéria orgânica, quando complexas moléculas orgânicas são decompostas em elementos que podem estar disponíveis à utilização pelas plantas. A produção também de complexos orgânicos auxilia na agregação de partículas sólidas do solo, contribuindo para melhorar suas características físicas, uma vez que melhora a qualidade e aumenta a estabilidade dos agregados estruturais.

Os vegetais maiores atuam de diversas maneiras na formação do solo. Suas raízes penetram sobre fendas de rochas e aceleram seu intemperismo. A presença de vegetais também diminui o escoamento superficial, permitindo uma maior percolação da água no perfil que por sua vez provoca o aprofundamento do solo. Também importante é a diminuição da amplitude térmica do solo, devido à sua cobertura vegetal, o que facilita a germinação e desenvolvimento de plantas e a atividade dos micro-organismos. Segundo Oliveira (2005, p. 61):

Nas regiões suficientemente quentes e úmidas para abrigar matas perenifólias, seu dossel denso e quase contínuo intercepta e abranda a energia da chuva e a incidência da radiação solar [...]. O contrário se dá nas regiões secas e quentes, nas quais as condições climáticas propiciam a formação da cobertura vegetal pouco densa, xerófila, caducifólia [...], a qual, conseqüentemente, tem ação protetora pouco eficiente quer sobre a precipitação pluvial, quer sobre a radiação solar.

A vegetação atua também na reciclagem de material, ao absorver nutrientes liberados após a decomposição de folhas e galhos caídos à superfície (OLIVEIRA, 1975; LEPSCH, 2002). Influencia principalmente nos horizontes superficiais, sendo que em áreas

quentes as florestas adicionam folhas, galhos e troncos na superfície do terreno o que, associados à rápida decomposição de matéria orgânica e pouca contribuição das raízes para adicionar material no interior do solo, normalmente formam solos com horizonte A pouco espesso, predominando o A moderado. Em vegetação de gramíneas, que adicionam maior material orgânico no interior do solo, há predominância de solos relativamente espessos e de coloração escura, típicas condições do horizonte A chernozêmico ou, ainda mais comum no Brasil, de A proeminente, em regiões altimontanas. O clima ameno destas regiões também contribui para o aumento da concentração de matéria orgânica. No caso das áreas de vegetação pouco densa, como no semiárido brasileiro, há pouca agregação de material ao solo, predominando o A fraco e o A moderado (OLIVEIRA, 2005).

Os vegetais desempenham também papel importante na fixação de terrenos arenosos, como as dunas. A exsudação de compostos pelas raízes e a própria estrutura destas possibilita a agregação de material do solo, tornando-o mais coeso (OLIVEIRA, 2005).

Apresentam também destacada participação no intemperismo de materiais, influenciando na formação dos solos. A atividade fisiológica das plantas facilita a hidrólise ou a complexação de metais e, conseqüentemente, o transporte de íons, o que propicia, por exemplo, a formação do horizonte B espódico. A ação mecânica de suas raízes tem importância na desagregação das rochas (OLIVEIRA, 2005).

No caso da meso e macrofauna, participam principalmente através da trituração prévia do material orgânico e sua mistura nos perfis, com tendências à homogeneização de camadas. Formam galerias no solo, facilitando a percolação de água e o crescimento de raízes (LEPSCH, 2002).

2.1.1.5 Tempo

Os solos têm suas características variando no decorrer do tempo. Em geral, solos muito profundos indicam um longo tempo de atuação de fatores intempéricos. Quando as características do solo praticamente já não mais variam com o tempo, diz-se que um solo adquiriu um estágio de maturidade.

O estágio inicial da formação de um solo relaciona-se às primeiras formas de intemperismo e o surgimento de musgos e líquens, possíveis de se desenvolverem sobre fina camada decomposta. Com o passar do tempo, há evolução e diferenciação dos horizontes, com a formação do solum espesso. Portanto, uma das principais características do solo influenciada pelo tempo é a sua espessura, pois normalmente solos mais jovens são menos

espessos que solos mais velhos (LEPSCH, 2011).

Kampf e Curi (2012, p.237) mencionam que:

A estimativa do estágio relativo de desenvolvimento do solo baseia-se nas feições morfológicas presentes no perfil do solo, por exemplo: solo jovem (perfis AR, AC), solo intermediário (perfil com horizonte Bi, Bv, Bk), solo maduro (perfil ABC). Assim, uma estimativa da idade relativa progressiva pode ser exemplificada pela seguinte sequência: Neossolos Litólicos → Neossolos Regolíticos → Cambissolos, Gleissolos, Vertissolos → Chernossolos, Luvissolos → Argissolos, Nitossolos, Latossolos.

O tempo zero, para o início da formação do solo, conta-se a partir da deposição de novo material e sua estabilidade ou da exposição da rocha devido à erosão. A partir do contato dessa nova superfície com a atmosfera inicia-se o processo de intemperismo e a formação do solo. Em seguida, se estabelecem os organismos, há adições de matéria orgânica, formação e translocação da argila e remoção de sílica e de bases (LEPSCH, 2011)

Determinar a idade de um solo é uma tarefa complexa, pois estão constantemente sofrendo alterações e adquirindo nova morfologia. Seu desenvolvimento pode ocorrer durante períodos de estabilidade, os quais quando longos permitem o desenvolvimento de horizontes pedogenéticos em grau avançado, ou também podem passar por um rejuvenescimento, a partir do depósito de novos materiais ou da retirada de material e exposição da rocha sã, reiniciando o ciclo (KÄMPF; CURI, 2012)

O tempo necessário para que um solo passe do estágio de pouco desenvolvimento a um estágio de alto desenvolvimento varia com o tipo de material de origem, as condições de clima e o grau de erosão, sendo este último condicionado principalmente pelo relevo e pela vegetação. Kampf e Curi (2012) afirmam que são raros os solos que iniciaram sua formação antes do Cenozóico, ou seja, antes dos últimos 65 milhões de anos, sendo que a maioria tem seu início no Quaternário, nos últimos 1,6 milhões de anos. Neste contexto, a formação dos solos atuais é um fenômeno relativamente recente.

Segundo Buol et al. (1976 apud LEPSCH, 2012, p. 292):

A escala de tempo de formação do solo é muito menor que a do tempo geológico e maior do que a faixa etária da maioria das espécies biológicas. A posição vulnerável do solo, considerado a pele do nosso planeta dinâmico, submete-o à destruição e ao soterramento por eventos geológicos espasmódicos. Poucos solos, se é que existe algum, são mais velhos do que a última época do Período Terciário, e a maioria não é mais velha do que o Pleistocênico.

Em um estudo na Ucrânia, no forte de Kamenetz, num local de clima temperado úmido, notou-se a formação de solo nas rochas de calcário com que foi construído. Em uma das torres do forte constatou-se a formação de 12cm de solo para cada 100 anos. A idade dos

solos nos arredores do forte foi constatada como idêntica ao recente solo formado na torre (LEPSCH, 2011).

Leneuf e Aubert (1960, apud KAMPF; CURI, 2012) estimaram de 22mil a 77mil anos a formação de um metro de espessura de um Latossolo a partir de um granito na África. Butler (1958, apud KAMPF; CURI, 2012) estimou em 29 mil anos a formação dos horizontes A e B de um Argissolo na Austrália.

Importante considerar a não linearidade dos fenômenos envolvendo a evolução e o tempo na formação dos solos. Wysocki, Schoeneberger e LaGarry (2000) afirmam que bem intemperizado, bem desenvolvidos e maduros são termos empregados ao solo relacionados ao tempo de sua formação, mas atentam para o fato de que o estágio de desenvolvimento depende também da intensidade do intemperismo e do estado dos minerais nas rochas de origem. No caso de solos jovens, cujo material de origem tem minerais de fácil intemperização e/ou estão pré-intemperizados, pode ocorrer a formação de perfis profundos e bem desenvolvidos. Nesse contexto, solos que têm morfologia semelhante podem ter idades bem diferentes mostrando que a evolução do solo não é estática e linear para todas as formações.

Bigarella, Becker e Passos (2007) mencionam que no decorrer do tempo, as alterações nas condições climáticas, geomorfológicas e biológicas provoca reajustamento das demais, com nova sucessão de processos pedogenéticos para alcançar um novo pedoclimax, resultante de um novo equilíbrio dos fluxos de matéria e energia no sistema natural. Até que se atinja o equilíbrio, o solo permanece em seu estágio inicial de desenvolvimento, em fases pouco evoluídas.

Kampf e Curi (2012, p. 286) salientam também as novas concepções sobre o desenvolvimento do solo, considerando a dinamicidade do sistema e a não linearidade, sendo que:

dependendo das condições internas e externas, os solos podem apresentar comportamento estável, oscilante ou caótico; e , podem mostrar características de auto-organização. As características de auto-organização envolvem a mudança de um estado uniforme (indiferenciado) para um estado crescentemente não uniforme (diferenciado ou segregado), em resposta a instabilidades dinâmicas.

2.1.1.6 Atividade Humana

A atividade humana sobre o solo tende a influenciar sobremaneira suas características. Aração, irrigação, fertilização e uso excessivo do solo são exemplos de práticas que alteram características pedológicas.

De acordo com Kampf e Curi (2012), os principais efeitos antrópicos são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Atividades agrícolas e seu possível efeito no solo e no ambiente

Atividade Humana	Efeito no solo ou ambiente
Remoção da vegetação e queimadas	Perda de matéria orgânica e de nutrientes
Adição de adubos orgânicos e minerais	Ganho de matéria orgânica e de nutrientes
Calagem	Diminuição da acidez e toxidez
Irrigação	Mudança no regime de umidade; risco de salinização; oxirredução
Drenagem	Mudança no regime de umidade; oxidação
Lavração	Mistura de horizontes; compactação do solo; erosão; perturbação da flora e fauna
Adição de biocidas	Influenciam flora e fauna; poluição do solo
Excessivo preparo do solo e pisoteio	Compactação, erosão

Fonte: Kampf e Curi (2012)

2.1.2 Princípios de mineralogia dos solos

Na fração mineral dos solos, destacam-se os minerais primários, que apresentam a mesma constituição química que possuíam quando no material de origem, e os minerais secundários, que se formaram a partir do intemperismo ou da transformação dos minerais primários.

Minerais primários como micas, feldspatos, olivinas, piroxênios, anfibólios, quartzo e outros normalmente se concentram em maiores quantidades em solos menos desenvolvidos, principalmente nas frações granulométricas de maior diâmetro, como areia e silte. De sua intemperização, formam-se os minerais secundários (CHURCHMAN, 2000).

Os minerais de argila podem ocorrer em arranjos aglutinados em camadas 1:1 (formadas por uma lâmina de tetraedros de silício com uma de octaedro de alumínio) e

também em camadas 2:1 (duas lâminas de tetraedros de silício e uma de octaedro de alumínio ou magnésio). Dentre as principais propriedades dos minerais de argila 1:1 destacam-se a inexistência de íons no pequeno espaço entrecamadas e a baixa substituição isomórfica de íons nos tetraedros e octaedros, gerando um argilomineral com baixa capacidade de troca de cátions (CTC). Dessa forma, solos com predomínio de minerais 1:1, como a caulinita, tendem a ter uma menor fertilidade química natural, devido à intensa lixiviação, mas apresentam boas propriedades físicas. São comuns em solos muito intemperizados. Já nos argilominerais 2:1, como a vermiculita e a esmectita, houve maior substituição isomórfica nos tetraedros e octaedros gerando maior quantidade de cargas negativas (aumento da CTC) e, além disso, as entrecamadas são ocupadas com cátions hidratados e moléculas de água, tornando-os expansíveis, o que proporciona maior capacidade de retenção de nutrientes, liberando-os gradativamente para a solução do solo. (KAMPF; MARQUES; CURI, 2012).

Com a evolução do intemperismo sobre os minerais do solo, formam-se óxidos, hidróxidos e oxihidróxidos, frequentes em regiões quentes e úmidas, nos quais há destruição da estrutura dos minerais por hidrólise e oxidação do ferro e manganês. Dentre os principais óxidos encontrados no solo estão os óxidos de ferro e os óxidos de alumínio.

O ferro normalmente é encontrado em rochas na forma reduzida (Fe^{+2}) como constituinte de vários minerais primários que, sob a ação do intemperismo, liberam-no inicialmente na forma de precipitados amorfos, com alto grau de hidratação. Com o tempo, podem oxidar-se e perder gradualmente a água da hidratação, até adquirirem forma cristalina definida (KÄMPF; CURI, 2000). Segundo Kampf e Curi (2000), a unidade básica dos óxidos de ferro é um octaedro, estando cada átomo de Fe circundado por seis íons O ou O e OH, sendo que os diferentes óxidos de ferro se distinguem principalmente quanto ao arranjo desses octaedros.

Há diversas formas de ocorrência de óxidos de ferro nos solos e dentre as principais estão a hematita e a goethita. Os cristais de hematita apresentam forma hexagonal, mas são de dimensões muito menores que os de minerais de argila. São típicos de solos bem drenados e que não possuam teores muito elevados de matéria orgânica, pois nestas condições há um favorecimento de rápida oxidação, desidratação e cristalização dos géis de ferro liberados pelo intemperismo das rochas. Imprime uma cor avermelhada aos solos. Já a goethita ocorre na forma de cristais com formato acicular (agulha) e sua formação é favorecida por materiais de origem pobres em ferro e climas úmidos, onde os solos tenham drenagem restrita, com maior tempo de residência da água no solo. Climas mais frios também propiciam maior acúmulo de matéria orgânica que exercem uma tendência à formação de goethita. Imprime uma coloração

brunada ou amarelada aos solos e tem maior área superficial específica que a hematita, apresentando, portanto uma maior capacidade de adsorção de ânions como, por exemplo, o fosfato. (KÄMPF; CURI, 2000)

Os óxidos de alumínio provêm da decomposição de aluminossilicatos, cujo intemperismo libera alumínio à solução do solo, o qual pode sofrer várias transformações. Pode passar de amorfo a formas cristalinas definidas como a gibbsita. A forma de gibbsita (polímero de alumínio cristalino) e a de polímeros de alumínio amorfos não são absorvidas pelos vegetais, devido ao grande tamanho de suas moléculas. Os monômeros de alumínio são tóxicos à maioria das culturas e constituem em fontes de acidificação dos solos. A gibbsita é encontrada em solos altamente intemperizados, tipicamente em regiões tropicais, onde as precipitações pluviométricas e as temperaturas são elevadas, favorecendo a lavagem da sílica, aumentando a concentração de alumínio e favorecendo que se precipite sob a forma de gibbsita (KÄMPF; CURI, 2000).

2.2 LEVANTAMENTO PEDOLÓGICO

A descrição morfológica dos perfis de solos e sua classificação taxonômica constituem informação fundamental para a execução do mapeamento pedológico. A partir da descrição morfológica, combinadas às análises laboratoriais, têm-se as informações necessárias para a classificação dos solos. Estas, com o auxílio de geotecnologias, tem sua distribuição espacial estimada, tornando-se a base para elaboração cartográfica.

Para o produto cartográfico, num primeiro momento, há a delimitação das unidades de mapeamento. Tais unidades são traçadas em mapas, de acordo com o observado em campo e obedecendo as características do relevo e da geomorfologia local. Unidades de paisagem com características topográficas semelhantes são identificadas em toda a área e, desta forma, as propriedades e classes de solo de um determinado local podem ser estendidas a toda a unidade.

As unidades de mapeamento são identificadas de acordo com as classes de solo e tipo de terreno, podendo constituir unidades associadas ou individuais. Segundo EMBRAPA (1995) no caso da unidade simples, há somente uma classe de solo representada e no caso da unidade combinada, pode ser descrita sob forma de associações (junção de duas ou mais classes de solo, sem limites bem definidos e por necessidade de generalização, sendo que cada classe tem que representar no mínimo 20% da área de associação) e os complexos (nos quais as classes não podem ser separadas nem mesmo em grandes escalas, sendo constituídas por

solos distintos mas com limites pouco nítidos, não possibilitando sua individualização).

Outras identificações podem vir a facilitar a interpretação do mapeamento como: grupos indiferenciados (combinação de unidades taxonômicas com semelhanças geomorfológicas e genéticas, pouco diferenciadas, como áreas de declive, pedregosidade, drenagem semelhantes, reunindo solos distintos no mesmo agrupamento), tipos de terreno (unidades identificadas que não constituem tipos de solos, como rochas expostas) e inclusões (ocorrência de solos em proporções muito menores que a principal ou as principais da unidade, correspondendo a menos de 20%) (EMBRAPA, 1995).

Com a identificação dos tipos de solo em cada unidade de mapeamento, estes podem ser agrupados em classes e mapeados. O mapeamento das classes de solo, como produto final, serve a vários objetivos, dentre os quais como o de subsídio para o planejamento regional, desde o de investimento adequado necessário usando técnicas compatíveis ao solo local como também na delimitação de áreas de preservação. Dessa forma, fornece dados para avaliação de sua capacidade e potencial, o que é base para relatórios de viabilidade técnica e econômica de uso. Além disso, de acordo com as práticas de manejo atuais, o levantamento e mapeamento fornecem dados de uso imediato, principalmente em relação aos aspectos de comportamento do solo de acordo com as práticas utilizadas de manejo e conservação (EMBRAPA, 1995).

No Brasil, as finalidades do levantamento são diversas:

[...] os levantamentos de solos têm atendido a instituições de assistência técnica, de planejamento e de execução de projetos, para fins de seleção de áreas para colonização, estudos de viabilidade técnica de projetos de irrigação e drenagem, avaliação de aptidão agrícola, zoneamentos diversos (pedoclimáticos, socioeconômico-ecológicos, etc.), extrapolação de resultados de pesquisas, indenização de áreas inundadas por represas hidrelétricas, subsídios aos Estudos de Impactos Ambientais e Relatórios de Impactos ao Meio Ambiente - EIA-RIMAS, e seleção de áreas experimentais. Podem também fornecer subsídios para elaboração de estudos da capacidade de uso da terra, de cartas morfopedológicas e de estudos geoambientais. Têm também atendido a instituições de ensino e pesquisa, constituindo bases permanentes para atualização de conhecimentos e formação de profissionais das áreas de Agronomia, Engenharia e Geociências (IBGE, 2007).

2.2.1 Densidade de observações

A quantidade de observações feita no terreno é determinada de acordo com o detalhamento que se pretende obter com o levantamento pedológico, sendo que quanto mais detalhado se deseja o mapa final, maior o número e a densidade de observações necessárias.

De acordo com a EMBRAPA (1995), a densidade de observações é função do maior ou menor grau de heterogeneidade da área de trabalho, da escala final do mapa de solos, dos objetivos do levantamento e da fotointerpretação do material básico, além da experiência de campo e do conhecimento prévio da área por parte da equipe executora. Assim, é permitida uma certa flexibilidade quanto à densidade de observações, ficando a decisão a critério do responsável pelo levantamento.

De acordo com o tipo de mapeamento, EMBRAPA (1995) sugere as seguintes densidades:

- Detalhado - 0,20 - 4 observações/ha
- Semidetalhado - 0,02 - 0,20 observações/ha
- Reconhecimento - 0,04 - 2,00 observações/km²
- Exploratório - < 0,04 observações/km²
- Esquemático - sem especificação

Com a utilização de geotecnologias, o número de observações em campo pode ser reduzido em virtude da disponibilidade de dados geomorfológicos obtidos através de fotografias aéreas ou de imagens digitais, o que permite uma melhor estimativa do reconhecimento das características de unidades mesmo sem observar todas em campo.

2.2.2 Tipos de amostragem

De acordo com a extensão da área e interpretação prévia das características do terreno, pode-se determinar o tipo de amostragem a ser feita em cada local. O Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007) descreve-as como:

- Perfil completo: prepara-se o solo para observação de todos os horizontes da superfície à base do perfil, descrevendo as principais características de cada horizonte coletando respectivas amostras para análises químicas e físicas em laboratório.
- Amostra extra: são coletadas com o objetivo de confirmar ou complementar as informações obtidas em campo e ajudar a solucionar quaisquer dúvidas específicas. Normalmente escolhe-se um ou alguns horizontes, preferencialmente o da camada superior e outro de camadas inferiores.
- Amostras para fins de fertilidade: normalmente com o objetivo de avaliar a necessidade de correção química do solo, mas em certos casos atendendo também a objetivos de levantamento.

- Outras denominações: amostra complementar (perfil completo ou amostra extra, com o objetivo de satisfazer a frequência de amostragem ou confirmação de informações); amostra composta (mistura de amostras de várias áreas do mesmo terreno com fins de determinação de características químicas, para posterior correção).

2.2.3 Tipos de levantamento

De acordo com o objetivo do levantamento de solos, se estabelece o número de amostragens necessárias para a classificação taxonômica dos solos e elaboração do mapa pedológico. EMBRAPA (1995) reconhece cinco principais tipos de levantamento:

Levantamento exploratório - normalmente realizado em áreas de grande extensão territorial, informando características qualitativas do solo. No Brasil, já foram realizados na escala 1:1.000.000 pelo projeto RADAMBRASIL e para várias Unidades de Federação pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos, da EMBRAPA. O material utilizado constitui-se em mapas ou cartas de escala 1:250.000 ou menores, imagens de radar e fotoíndices. O mapeamento final normalmente é feito entre as escalas de 1:750.000 a 1:2.500.000, com área mínima mapeável entre 22,5km² e 250km². Deve conter no mínimo 0,04 observação por quilômetro quadrado e um perfil completo por componente principal de associações. Amostras extras de horizontes A, B e C, se necessário, com extrapolação largamente utilizada, tendo unidades de mapeamento com grandes associações, podendo ter até 5 componentes. A classificação dos solos se dá em níveis elevados, sendo que com pelo menos “ordem” e “subordem”.

Levantamento de reconhecimento - utilizado para avaliação qualitativa e semi-quantitativa. A classificação dos solos alcança os níveis de “Grandes Grupos” e “Subgrupo”. Estão subdivididos em:

- **Baixa intensidade:** no qual se utiliza “mapas/cartas planialtimétricas com escalas entre 1:100.000 e 1:500.000, imagens de radar na escala 1:250.000, imagens de satélite nas escalas entre 1:100.000 e 1:500.000 e cartas-imagem de sensores remotos orbitais nas escalas 1:100.000 e 1:250.000”. Mapa final nas escalas entre 1:250.000 e 1:750.000, com área mínima mapeável de 2,5km² a 22,5km², com um perfil completo por componente de associação e mais amostras extras necessárias. Podem constituir unidades simples ou até quatro associações de Grande Grupo de solos, sendo que as inclusões são muito comuns.
- **Média intensidade:** utilização de “imagens de satélite na escala entre 1:100.000 e

1:250.000; mapas/cartas planialtimétricas em escalas preferenciais entre 1:25.000 e 1:250.000; fotografias aéreas em escalas preferenciais entre 1:60.000 e 1:120.000, imagens de radar na escala 1:250.000 e carta-imagem de sensores remotos orbitais nas escalas 1:100.000 e 1:250.000”. Mapa final elaborado nas escalas entre 1:100.000 e 1:250.000, com área mínima mapeável entre 40ha e 2,5km², tendo um perfil completo por classe de solo e amostras extras adicionais necessárias na identificação de limites entre classes. Podem constituir unidades simples ou de até quatro associações de Grande Grupo de solos, sendo permitida uma precisão de informações de 70% a 80% de confiabilidade.

- **Alta intensidade:** utilização de “mapas/cartas planialtimétricas em escalas preferenciais entre 1:20.000 e 1:100.000, fotografias aéreas em escalas preferenciais entre 1:20.000 e 1:100.000 e carta-imagem em escala maior que 1:100.000”. Mapa final elaborado nas escalas entre 1:50.000 e 1:100.000, sendo a mínima área mapeável entre 10ha e 40ha, com um perfil completo e um ponto de amostra extra por classe de solo, sendo que todas as classes identificadas precisam ter um perfil completo descrito. As unidades de mapeamento são constituídas por unidades simples ou por associações de até três componentes de Subgrupos de solos. É esperada uma confiabilidade de até 80%.

Levantamento semidetalhado - neste tipo de levantamento, utilizado nesta dissertação, dentre as várias finalidades, destaca-se a obtenção de:

informações básicas para implantação de projetos de colonização, loteamentos rurais, estudos integrados de microbacias, planejamento local de uso e conservação de solos em áreas destinadas ao desenvolvimento de projetos agrícolas, pastoris e florestais, além de projetos e estudos prévios para engenharia civil. (IBGE, 2007).

Também utilizado como caso de correção ou compensação em estudos ambientais, em atividades na qual se caracterizem impactos ao ambiente. Utilizam-se mapas com escala de no mínimo 1:50.000, com restituições aerofotográficas e levantamentos topográficos convencionais em escala variando de 1:10.000 a 1:50.000, com curvas de nível com equidistância vertical entre 10 e 20m e utilização de fotografias aéreas com escala igual ou maior que 1:60.000. A escala para apresentação do mapa final deve ser igual ou maior que 1:50.000, podendo em algumas situações, excepcionalmente, chegar a 1:100.000. É recomendada uma média de 0,02 a 0,20 observações por hectare, um perfil completo e um complementar por classe de solo da unidade de mapeamento simples ou de associação. E, de acordo com EMBRAPA (1995):

As unidades de mapeamento são identificadas no campo, por observação e amostragem ao longo de topossequências selecionadas. As topossequências devem ser as mais representativas da área, abrangendo diversas formas de

encostas e tipos de relevo, de modo a permitir as correlações solos-superfícies geomórficas.

A relação solo-superfície geomórfica se faz por caminhamento e observação da topossequência, com registro de características relevantes ao mapeamento. Limites entre unidades de mapeamento são identificados no campo, sendo que alguns limites podem ser inferidos através de interpretação de fotos aéreas e posterior teste em campo. As unidades de mapeamento são constituídas por unidades simples, complexos e associações, definidas no nível de família de solos. É aconselhável que as inclusões em unidades simples não ultrapassem 15%, sendo que em associações é admitido o máximo de 10% de inclusões, para uma classe e de até 20% se forem uma ou mais classes de solo. Espera-se confiabilidade em torno de 85 a 90%.

Levantamento detalhado - adequado onde está previsto o uso intensivo do solo, sendo que de acordo com EMBRAPA (1995):

Os levantamentos detalhados têm como objetivos principais atender a projetos conservacionistas na fase executiva, promover a caracterização e delineamento preciso dos solos de estações experimentais, viabilizar recomendações práticas de uso e manejo de solos para fins de exploração agrícola, pastoril e florestal intensiva, além de constituir base ideal para execução de projetos de irrigação, drenagem e interpretações para projetos de engenharia civil.

Utiliza restituições fotogramétricas com curvas de nível com equidistância vertical entre 5 e 10m, adotando fotografias aéreas em escala média 1:20.000 ou maiores. Mapas finais detalhados de solos devem ser apresentados em escalas 1:20.000 ou maiores, sendo que a área mínima mapeável é 1,6ha, ou menor. A densidade de observações varia entre 0,2 a 4 observações por hectare, sendo necessário no mínimo um perfil completo e dois perfis complementares para caracterização das classes de solo das unidades de mapeamento, identificadas no nível taxonômico mais baixo. As unidades normalmente são simples, admitindo-se até 15% de inclusão de outros solos, conceituadas em níveis categóricos mais baixos do sistema hierárquico de classificação de solos.

Levantamento ultradetalhado - tem a mesma estrutura do levantamento detalhado, diferenciando-se pelo emprego quanto ao método de prospecção (malhas rígidas) e maior detalhamento cartográfico. Os estudos são desenvolvidos em grandes escalas (1: 5.000; 1:2.000; 1:1.000; 1:500), onde se detectam maiores particularidades do terreno. É recomendado o uso de material cartográfico com curvas de nível com equidistância vertical menor que 1m. Área mínima mapeável normalmente menor que 0,1ha, sendo recomendável no mínimo 4 observações por hectare. Há coleta de perfis de solos o suficiente para cada uma

das unidades taxonômicas identificadas, sendo que a unidade básica de mapeamento corresponde a de série de solos, utilizando-se de subdivisões para distinguir pequenas variações de classes de solos. Adota-se o sistema de malhas com o objetivo de maior precisão, durante o planejamento de observações e amostragens, sendo que sua intensidade varia de acordo com a heterogeneidade da área.

Para níveis mais baixos de detalhamento, satisfazendo necessidades mais gerais, há outras formas de levantamento como :

- Mapas esquemáticos: oferecem informações pedológicas generalizadas sobre a área, informando características pedológicas para grandes extensões, sendo que as escalas de apresentação do mapa final são iguais ou inferiores a 1:100.000, sendo escala muito pequena, não adequada para planejamento.
- Estudos expeditos: realizado em áreas pouco conhecidas, com o objetivo de um reconhecimento preliminar e identificação de alguns tipos de solos comuns na região, através de observação de campo.
- Levantamento utilitário de meio físico: levantamento rápido de campo, com o objetivo de avaliar fatores que influenciam no uso de máquinas em grande escala e conservação de solos, classificando a terra no Sistema de Capacidade de Uso (EMBRAPA, 1995).

2.2.4 Classificação de solos

O atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, na sua 2ª edição (EMBRAPA, 2006), é resultado de trabalho de diversos estudiosos no assunto, coordenado pela Embrapa Solos, resultado da evolução desde as primeiras tentativas na década de 70, resultando na primeira publicação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 1999), na publicação da atual segunda edição (EMBRAPA, 2006) e com perspectivas de futuras atualizações.

A classificação de um solo envolve, inicialmente, a identificação das características gerais do solo e do ambiente onde este se localiza, a identificação dos horizontes diagnósticos superficial e subsuperficial e de outros atributos diagnósticos que possam auxiliar na classificação final através do emprego da chave taxonômica.

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) considera, para a classificação de solos do Brasil, devido ao clima úmido e por questões práticas, o limite inferior do solo como sendo de 200cm, exceto quando:

- O horizonte A exceder 150cm de espessura. Neste caso o limite arbitrado é de 300cm ou mais;
- No sequum estiver presente o horizonte E, cuja espessura somada ao do A seja igual ou maior que 200cm. Neste caso o limite arbitrado é de 400cm.

Para a classificação dos solos, há necessidade de estabelecimento de uma hierarquia com base nas características pedológicas principais, observadas em campo ou a partir de conhecimento da área, dividindo-o em níveis. Níveis mais elevados têm as propriedades oriundas diretamente “dos processos de gênese do solo ou que afetam, diretamente, a gênese do mesmo, porque estas propriedades apresentam um maior número de características acessórias” (EMBRAPA, 2006). No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – 2ª Edição (EMBRAPA, 2006) a hierarquia para classificação de solos consiste em quatro níveis principais:

- **1º nível categórico (ordens):** atualmente com 13 classes e são separados pela presença ou ausência de determinados atributos, horizontes diagnósticos e propriedades passíveis de identificação em campo, mostrando diferenças no tipo de grau de desenvolvimento dos processos que atuaram na formação do solo. Deve ter maior peso da determinação desse nível os atributos diagnósticos que refletem a natureza do meio ambiente e os efeitos dos processos de formação do solo, dominantes na sua gênese.
- **2º nível categórico (subordens):** propriedades ou características diferenciais que: refletem outros processos que agiram junto ou afetaram processos dominantes, utilizados para separar solos no 1º nível categórico; ressaltam características responsáveis pela ausência de diferenciação de horizontes diagnósticos; envolvem propriedades da pedogênese importantes para o desenvolvimento de plantas, uso agrícola e com grande número de propriedades acessórias; ressaltam propriedades ou características diferenciais para variações importantes dentro das classes do 1º nível categórico.
- **3º nível categórico (grandes grupos):** considera tipo e arranjo de horizontes; atividade da fração argila e condição de saturação por bases ou alumínio, ou por sódio e/ou na presença de sais solúveis; presença de propriedades que restringem o desenvolvimento de raízes e afetam o livre movimento de água no solo.
- **4º nível categórico (subgrupos):** representam o conceito central da classe, ou o indivíduo mais simples (típico); solos com atributos intermediários para outras classes no 1º, 2º ou 3º níveis categóricos; solos com características extraordinárias.

Níveis ainda em discussão para possível utilização taxonômica em edições futuras:

- **5º nível categórico (famílias):** deve ser definido com base em características importantes para uso e manejo dos solos. Neste nível compreendem-se características diferenciais para distinção de grupamentos mais homogêneos de solo, utilizado em levantamentos semidetalhados e detalhados.
- **6º nível categórico (séries):** deverá ser a categoria mais homogênea do sistema, a ser utilizada em levantamentos detalhados. Deverá ter por base características diretamente relacionadas com o crescimento das plantas, principalmente de raízes, relações solo-água-planta e propriedades importantes para fins de engenharia, geotecnia e ambientais.

2.3 GEOTECNOLOGIAS E ATRIBUTOS DO TERRENO

2.3.1 O uso de geotecnologias

As geotecnologias consistem em instrumentos e técnicas utilizadas com objetivos de se obter de forma ágil e abrangente informações sobre determinadas características e como se distribui espacialmente sobre uma área. Normalmente envolve os sistemas de informações geográficas, o processamento de imagens digitais e a elaboração de mapas.

Dentre as principais utilidades do processamento de imagens está a rápida obtenção de informações em áreas de grandes extensões, o que consumiria um tempo maior caso se optasse por verificação e identificação de todos os dados em campo. No presente trabalho, as geotecnologias auxiliaram principalmente na identificação de propriedades do solo, sua classificação, determinação de classes de aptidão e formas de uso, abrangendo toda a microbacia em estudo. Para isso foram utilizados a fotointerpretação e o processamento de imagens aéreas digitalizadas e orbitais.

2.3.1.1 Imagens aéreas

As imagens aéreas são de grande importância pelo fato de possibilitarem obtenção de informações da área de trabalho em detalhes e com grande abrangência, reduzindo significativamente o tempo empregado na identificação e caracterização de elementos da paisagem, quando comparado ao procedimento de campo. A vantagem em relação à maioria

das imagens de satélite está na sua alta resolução espacial¹, condicionando a obtenção de informações com maior nível de detalhe. A possibilidade de estereoscopia é uma característica muito útil quando se quer interpretar a topografia do terreno.

As fotografias aéreas podem ser classificadas, quanto à inclinação do eixo da câmera, em: verticais, oblíquas baixas, oblíquas altas e horizontais (ANDERSON, 1982). Neste trabalho foram utilizadas fotos áreas verticais.

2.3.1.2 Paralaxe e estereoscopia

De acordo com o *Manual of Photographic Interpretation* (s.d. apud ANDERSON, 1982, p. 99, grifo do autor) “paralaxe é o *deslocamento aparente* da posição de um corpo ou objeto em relação a um ponto ou sistema de referência, causado pela mudança do ponto de observação”. Observa-se, numa foto aérea, que as áreas mais elevadas aparecem mais deslocadas quando comparadas em duas fotos adjacentes. De acordo com Loch e Lapolli (1985, p.38), a “paralaxe é o deslocamento aparente de um referencial causado pelo deslocamento do observador”.

A diferença de paralaxe permite a visão estereoscópica, que consiste na observação de imagens em três dimensões. Na aerofotogrametria, para esse tipo de visualização, os voos para obtenção de imagens já são projetados para que as imagens recubram a área com 60% de sobreposição em imagens subsequentes de uma mesma faixa. Duas faixas de voo adjacentes normalmente tem recobrimento entre 10 e 30%. Desta forma, se consegue maior flexibilidade nas operações com as imagens, inclusive sua estereoscopia (ANDERSON, 1982).

O instrumento mais utilizado para este tipo de visão é o estereoscópio sendo que Anderson (1982) cita os tipos mais comuns:

- Estereoscópio de lentes simples: chamado também de “estereoscópio de bolso”, dotados de duas lentes, uma para cada olho. Possui suporte facilmente dobrável e portanto com facilidade de ser levado a campo. Há superposição parcial das fotos.
- Estereoscópio de espelhos: desvia os raios óticos por meio de espelhos (ou prismas), tornando possível a visão de todo o modelo tridimensional (60% de recobrimento) das imagens adjacentes. As dificuldades estão relacionadas ao custo e a inviabilidade de utilização em campo, devido ao seu tamanho.

¹ Próximo a 0,625m na escala 1:25.000 (BRITO; COELHO, 2002).

No caso da aerofotogrametria, a paralaxe ou “diferença de paralaxe” entre as paisagens observadas em aerofotos adjacentes permite a observação tridimensional do terreno, ao serem observadas em estereoscópio. Normalmente este tipo de técnica é utilizada para se identificar variações de altitudes e geomorfologia, facilitando a identificação de montanhas, depressões, vales ou outras variações do relevo local.

2.3.1.3 Fotointerpretação

Para a obtenção dos dados das imagens é necessário o processo de fotointerpretação, no qual o fotointérprete obtém as informações desejadas através da observação da imagem trabalhada. Durante a fotointerpretação, os dados levantados dependem da acuidade do observador que, segundo Loch e Lapolli (1989, p.18), é a “capacidade que o indivíduo tem de separar os detalhes identificáveis nos objetos visíveis, fato que depende do poder de resolução do olho”.

Contraste e iluminação nas imagens determinam também as possibilidades de extração de dados da imagem e a sua precisão. Os autores salientam também o fator acuidade mental, que “inclui: bom senso, experiência, imaginação e perícia”².

O mesmo autor cita os principais aspectos que influenciam o reconhecimento de elementos na foto aérea, durante a fotointerpretação. São eles:

- Forma: normalmente as obras feitas pelo homem têm traçados em linha reta, observáveis em fotos aéreas, ou seguindo formas de polígonos, como construções retangulares ou áreas de lavoura. Cursos d’água se apresentam em linhas contínuas e irregulares, variando suas formas caso haja mudanças litológicas ou geomorfológicas.
- Sombra: caso se tenha a hora da tomada da foto aérea e seja possível observar na foto a sombra do objeto, pode-se calcular sua altura. Sombras também podem prejudicar a interpretação, por reduzir a nitidez dos objetos fotografados.
- Tamanho: os tamanhos dos objetos são determinados de acordo com a sua medida na foto e sua relação com a escala média.
- Tonalidade: no caso das fotos preto e branco, as diferentes graduações de cinza refletem a diferenciação de objetos, possibilitando delimitá-los. Normalmente tons claros estão relacionados à terra arada para plantio, áreas sem vegetação, afloramentos rochosos e terrenos arenosos. Já os tons intermediários estão relacionados à vegetação

² Ibid., p.18..

rasteira, pastagem, culturas anuais, entre outros. Os tons escuros referem-se à “áreas úmidas, solos orgânicos, alagadiços, vegetação arbórea densa, etc”³.

- Densidade: relacionada à quantidade do objeto em questão em uma determinada área. Podem-se distinguir tipos de plantas devido a seu afastamento ou estabelecer características do solo devido à quantidade de rios por unidade de área.
- Declividade: relacionado ao ângulo que o objeto faz com o horizonte. Podem-se determinar tipos e intensidades de vertentes, e reconhecer topos, colúvios e fundos de vales.
- Textura: é determinada pela reunião de unidades muito pequenas que são reconhecidas individualmente. Variações de textura podem também auxiliar na delimitação de objetos, bem como na sua distinção. A variação de textura depende também da escala da foto, e podem ser divididas em “toscas ou finas, ásperas ou suaves”⁴.
- Posição: a localização geográfica da foto é imprescindível para sua fotointerpretação. Desta forma, podem-se estabelecer informações prévias sobre a área e tentar reconhecer padrões nas fotos com base em informações sobre áreas próximas.
- Adjacências: “consiste na identificação de um objeto através da necessidade deste estar próximo a outros bem visíveis e de fácil interpretação”⁵. Por exemplo, pequenas elevações próximas a uma serraria podem levar a concluir que se trata de acúmulo de serragem ou, no caso estradas estreitas cortando florestas e terminando sem fazer conexões, pode ser um indício de exploração madeireira.

2.3.1.4 Qualidade das imagens

A qualidade das imagens está relacionada às suas diversas formas de resolução, sendo caracterizadas da seguinte forma por Brito e Coelho (2007):

- Resolução espacial: relacionada diretamente a capacidade de observar e distinguir objetos tão pequenos quanto permita o filme. Se a resolução for de 1m, significa que os menores objetos identificáveis terão dimensões de 1m. Normalmente é identificada como linhas por milímetro (l/mm). De acordo com os autores, a maioria dos filmes utilizados em aerofotogrametria possui resolução espacial próxima a 40 l/mm, o que

³ Ibid., p.26.

⁴ Ibid., p.27.

⁵ Ibid., p.28.

significa que para a escala de 1:25.000, a resolução espacial é de 25000/40, o que equivale a 625 mm ou 0,625m.

- Resolução radiométrica: fator relacionado a capacidade de detectar as menores variações possíveis de incidência de energia sobre o filme. Por exemplo, um filme que seja apenas possível de identificar dois tons, preto e branco tem menor resolução que um filme que consiga registrar vários tons de cinza na mesma faixa de exposição.
- Resolução espectral: refere-se ao número de bandas espectrais e sua espessura (largura do intervalo de comprimento de onda), que o filme é capaz de cobrir. Fica bem claro na diferença entre filmes em tons de cinza (pancromático) ou filmes coloridos. Os filmes em cor utilizam três bandas: vermelho, azul e verde e o pancromático equivale às três juntas, sendo portanto o filme colorido de melhor resolução espectral que o filme pancromático.
- Resolução temporal: relaciona-se ao tempo de quando foi obtida a imagem e seu período de revisitas, para o caso de comparação de imagens em períodos diferentes. No caso de imagens de satélite, as revisitas são periódicas, sendo mais aplicáveis os conceitos desta forma de resolução.

2.3.1.5 Imagens de satélite

Imagens de satélite, assim como as fotos aéreas, são ferramentas que tornam a interpretação de paisagens e de solo mais ágeis e mais abrangentes. As imagens de satélite, comparadas com as fotografias aéreas tem como vantagem o acesso mais fácil e uma maior área de cobertura, sendo que imagens com maior resolução implicam também em um custo maior.

Simultaneamente, os *softwares* e técnicas de processamento de imagens facilitam a obtenção de dados e a correta interpretação da paisagem retratada. O processamento digital de imagens torna-se auxiliar devido ao “fato da imagem conter uma quantidade muito maior de informações do que a que o olho humano conseguiria perceber” (CRÓSTA, 1992). Nesse contexto, o processamento das imagens extrai as informações essenciais determinadas, traduzindo os dados codificados imageados. Tais informações são extraídas através das propriedades de objetos ou padrões que compõem a imagem (CRÓSTA, 1992).

As imagens de sensoriamento remoto têm como menor elemento de sua constituição, capaz de fornecer informação, o pixel. Cada pixel representa um tamanho de área na

superfície terrestre, de acordo com a resolução espacial da imagem. Os pixels são agrupados em x linhas por y colunas, contendo ainda informações sobre um atributo z, em nível de cinza (CRÓSTA, 1992).

Assim como nas fotos aéreas, as imagens de satélite possuem as resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal.

2.3.2 Atributos do terreno

Uma das principais utilidades do processamento digital de imagens, com finalidade de obter informações a respeito das propriedades dos solos, é a obtenção de atributos do relevo, relacionados às características geomorfométricas locais.

Para obtenção dos dados geomorfométricos utiliza-se como base o Modelo Digital de Elevação (MDE), o qual contém registros altimétricos estruturados em linhas e colunas georreferenciadas, em forma matricial, onde cada pixel apresenta um valor de elevação (VALERIANO, 2008). Normalmente tais imagens são elaboradas a partir do levantamento de dados topográficos e representação das curvas de nível, e em seguida esses dados são interpolados para se construir uma grade regular de armazenamento.

A limitação ao uso do MDE consiste principalmente na sua resolução espacial. Imagens de satélite com 90m de resolução espacial, como as imagens SRTM⁶, disponíveis desde 2003 para a América do Sul, são indicadas para mapeamento entre escalas de 1:100.000 e 1:250.000 (VALERIANO, 2008). Com um refinamento do MDE pode-se conseguir resolução de 30m, como o disponibilizado pela EPAGRI/SC⁷, e executar normalmente o processamento da imagem, mas sempre lembrando que foi obtida de uma imagem original de 90m de resolução espacial. Neste caso, ao aumentar muito o nível de detalhe em relação ao dado original amplia-se também a possibilidade de erros na interpretação ou processamento das imagens. Em regiões de vegetação muito alta as imagens digitais apresentam também o chamado “efeito dossel” em que a altura da vegetação pode ser confundida com a altitude do terreno, problema esse que é maior na região da Amazônia (VALERIANO, 2008).

Uma das principais vantagens do MDE, para a estimativa de propriedades do solo, é a possibilidade de obtenção de suas características geomorfométricas, como declividade,

⁶ Imagens produzidas pela *Shuttle Radar Topography Mission*, um projeto conjunto entre a agência espacial americana (NASA) e a agência de inteligência geo-espacial (NGA). < <http://seamless.usgs.gov> >.

⁷ <<http://ciram.epagri.sc.gov.br/mapoteca/>>

orientação de vertentes, curvaturas horizontais e verticais, além do delineamento de canais e de divisores de água. Os procedimentos adotados pelos *softwares* incluem utilização de derivadas de primeira e segunda ordens, e detecção de pontos notáveis (mínimos e máximos) das características de sua topografia.

2.3.2.1 Declividade

A declividade atua consideravelmente nos processos de transporte de material, relacionados ao escoamento, erosão e deslizamentos de terra sendo, portanto, fundamental para caracterização do tipo de solo e dos processos pedogenéticos que o originaram. É definida como o “ângulo de inclinação (zenital) da superfície do terreno em relação à horizontal” (VALERIANO, 2008). Os valores podem variar de 0 a 90 graus, embora seja mais comumente representada em porcentagem, quando varia de zero ao infinito. No MDE, o cálculo da declividade se baseia na análise dos desníveis entre pixels vizinhos.

2.3.2.2 Orientação de vertentes

É definida como o “ângulo azimutal correspondente a maior inclinação do terreno, no sentido descendente” (VALERIANO, 2008). É expressa em graus, de 0° a 360°. Em campo pode ser observada através da visualização da direção do escoamento e de uma bússola.

Uma das finalidades da observação da orientação de vertentes é a área exposta à insolação. No hemisfério sul, as vertentes orientadas para o Equador recebem maior radiação solar, afetando os regimes térmicos e hídricos do sistema planta-solo. De acordo com Valeriano (2008), considera-se para planejamento de atividades agrícolas, da distribuição de culturas e previsão e planejamento de colheitas. Tomando-se em escala regionalizada há influência também na distribuição da precipitação na região.

A principal utilização da orientação de vertentes é descrever a estrutura de sua hidrologia superficial. Estabelece-se o caminho esperado para um escoamento, denominado linhas de fluxo, além de indicar canais de drenagem e divisores de água, auxiliando inclusive no delineamento de microbacias. O mapeamento de linhas de fluxo também indica o processo de transporte ao longo das vertentes (VALERIANO, 2008).

2.3.2.3 Curvatura vertical

Expressa o formato da vertente quando observada em perfil, relacionada à variação da declividade ao longo de determinada distância (VALERIANO, 2008). Refere-se ao caráter convexo/côncavo do terreno quando observado de perfil. É expressa em diferença de ângulos dividida por distância horizontal, o que leva a ser representada em diversas unidades, sendo mais comum, graus por metro.

Segundo Valeriano (2008):

Devido à forte relação com o tipo de substrato e com processos de formação do relevo, os estudos de compartimentação da topografia apontam a curvatura vertical como uma variável de alto poder de identificação de unidades homogêneas para mapeamentos diversos.

Está relacionada aos processos de migração e acúmulo de matéria na superfície, proporcionados pela gravidade. Desta forma, “atua indiretamente no equilíbrio entre os processos de pedogênese/morfogênese, além de influenciar a distribuição local do regime hídrico e, conseqüentemente, o regime térmico” (VALERIANO, 2008).

Pode apresentar valores positivos ou negativos, caracterizando respectivamente regiões convexas ou côncavas, e valores nulos indicando vertentes retilíneas. Considerando sua distribuição espacial, nota-se que as curvaturas maiores delimitam patamares e planícies, enquanto as menores indicam diferenças entre essas grandes feições. A transição entre patamares altimétricos é evidenciada por arestas ou mudança de gradiente.

2.3.2.4 Curvatura horizontal

Expressa o formato da vertente quando observada em projeção horizontal. Consiste na divergência ou convergência das linhas de fluxo, expressa normalmente em graus por metro. Em campo, é observada como exposição aberta (divergente) ou anfiteatro (convergente). Em imagens SRTM, o sinal negativo foi adotado para convergência e o positivo para divergência (VALERIANO, 2008) e esse critério será o mesmo utilizado nesse trabalho.

Uma das principais indicações da curvatura é a intensidade dos processos de acumulação de água, minerais e matéria orgânica no solo através da superfície, além de apresentar papel importante no balanço hídrico e o equilíbrio entre os processos de pedogênese e morfogênese (VALERIANO, 2008). Importante medida é a concentração do

escoamento superficial, o que auxilia no mapeamento de possíveis áreas de alagamento, útil também para interpretação de canais de drenagem e divisores de água, os quais ficam bem nítidos na imagem.

Verificam-se relações entre a curvatura horizontal e a espessura dos solos, pois a remoção de material dos solos é expressiva em encostas convergentes, promovendo um rejuvenescimento dos solos. De forma geral, os solos mais profundos ocupam áreas de encostas divergentes e planares, enquanto os mais rasos ocupam encostas convergentes (HALL e OLSON, 1991 apud SIRTOLI, 2008, p. 324).

2.3.2.5 Índice de umidade topográfica

O índice de umidade topográfica é utilizado principalmente para caracterizar a distribuição espacial das zonas de saturação superficial e o conteúdo de água nas paisagens. Auxilia na distinção de solos com características hidromórficas. O TWI (*Topographic Wetness Index*) é definido “em função da declividade e de área de contribuição hídrica por unidade de largura ortogonal à direção de fluxo” (SIRTOLI, 2008, p.319). Para se determinar o índice de umidade topográfica é necessário calcular a área de contribuição específica da bacia (A_s). A área de contribuição (A) corresponde à área a montante que contribui para o fluxo em determinado ponto local. No processamento de imagens digitais essa informação é obtida através da quantidade de pixels orientados em direção a um pixel determinado, com base nas direções de declividades dos pixels a montante. A área de contribuição específica (AC_E) corresponde à área de contribuição para cada unidade de comprimento de um segmento l (WILSON; GALLANT, 2000). Como em *softwares* de geoprocessamento é comum o uso do MDE – Modelo Digital de Elevação, o comprimento do pixel da imagem no terreno se torna o comprimento do segmento. Desta forma a área de contribuição específica A_s é calculada dividindo-se a área de contribuição (número de pixels da área de contribuição x área do pixel) pelo comprimento do pixel.

Para obter o índice de umidade topográfica, usa-se equação $TWI = \ln(AC_E / \tan B)$, onde AC_E é a área de contribuição específica, em m^2/m ; B é a declividade, em graus (WILSON e GALLANT, 2000).

A partir do mapa de umidade topográfica, pode-se avaliar o comportamento dos fluxos superficiais em relação à sua permanência na superfície do terreno. Permite identificar áreas mais aplainadas onde a água da chuva tende a permanecer por mais tempo, podendo esse resultado variar de acordo com outras características, como a influência dos tipos de

solos (ARAUJO, 2011).

2.4 APTIDÃO AGRÍCOLA DOS SOLOS

2.4.1 Aptidão agrícola das terras

Com o levantamento pedológico, há a descrição de diversas classes de solo distribuídas espacialmente e com características próprias. A partir das propriedades dos solos e sua classificação, torna-se útil sua interpretação e qualificação quanto sua aptidão para atividades agrícolas, sob diferentes condições de manejo, melhoramento, uso de tecnologias e também para outros fins como geotecnia, engenharia, etc. (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995). A classificação da aptidão agrícola traz adequações para finalidades de planejamento, com informações diversas sobre possibilidade de uso das terras e do uso do conhecimento técnico alcançado no país.

Ramalho Filho e Beek (1995), avaliando a evolução nas formas de classificação de aptidão agrícola, cita como fase importante o desenvolvimento do método da SUPLAN (Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola), em concordância com o planejamento agrícola nacional, com importantes modificações e complementações à métodos desenvolvidos desde à década de 1960. Entre tais refinamentos, pode-se citar:

- Aumento das alternativas de utilização das terras: aumento do número de categorias de classificação, ampliando as quatro classes que anteriormente eram utilizadas. Dá-se mais importância à possibilidade de melhoramento ou remoção de limitações do solo, com relação às condições naturais, em função dos níveis de manejo considerados. Admite-se então seis grupos de aptidão, não só para lavouras, como os anteriores, mas também para pastagem plantada natural e silvicultura, sendo que as áreas inaptas seriam indicadas para preservação da flora e da fauna. As melhores terras ficam indicadas para culturas de ciclo curto, que tem maior demanda e exigem maiores cuidados, o que implica que com essa aptidão são indicadas também para culturas de ciclo longo.
- Mapa único para representação dos diferentes tipos de utilização das terras nos diversos tipos de manejo: utilização de um sistema de símbolos e cores para que fosse possível representar as classes de aptidão e sua distribuição espacial, em três níveis de manejo, no mesmo mapa, ganhando em custo e agilidade do trabalho.

- Convenções adicionais: além da indicação da classificação de grupos, subgrupos e classes de aptidão, de acordo com níveis de manejo, ainda inclui convenções especiais, que indicarão as terras que apresentam algumas características diferenciais, como outras possibilidades de utilização ou impedimento a certos usos.

Schneider, Giasson e Klamt (2007, p.19) consideram que a “interpretação e avaliação das características da terra permitem estabelecer os graus de limitação ao uso agrícola que cada uma representa.” Dessa forma agrupa as limitações em:

- Limitações que impedem ou dificultam a execução das práticas agrícolas: declividade acentuada, pequena profundidade efetiva do solo, presença de sulcos de erosão ou voçorocas, pedregosidade, presença de argilas expansivas que determinam consistência inadequada, má drenagem, entre outros.
- Limitações que aumentam os riscos de degradação do solo: declividade acentuada, variação abrupta da textura com aumento da proporção de argila do horizonte superficial para os horizontes subsuperficiais, textura inapropriada nos horizontes superficiais (arenosa, franca ou siltosa) associada com declive acentuado, estrutura fraca, má drenagem associada à alta plasticidade, alta dispersibilidade das argilas, etc.
- Limitações que comprometem a produtividade das culturas: pequena profundidade efetiva do solo, deficiência de ar (drenagem insuficiente), deficiência de água, baixa capacidade de troca de cátions, excesso de elementos tóxicos, alta resistência à penetração de raízes etc.
- Limitações devido à legislação ambiental que impedem a exploração agro-silvo-pastoril: áreas de preservação permanente.

Ainda, de acordo com os autores:

Na classificação da aptidão das terras, são consideradas exclusivamente as características limitantes da terra que têm caráter permanente. Elas representam limitações não-corrigíveis ou cuja correção é tão difícil que o agricultor não pode adotá-la. [...]Limitações facilmente corrigíveis não são consideradas.⁸

Para o Estado de Santa Catarina, há metodologia de avaliação de aptidão agrícola gerada e adaptada para as condições específicas do estado, considerando questões como:

sua economia alicerçada na agricultura e na pequena propriedade rural, frutos da força de trabalho familiar e da diversificação técnica que possibilitou o processo de colonização catarinense, as decisões políticas e técnicas que nortearão o desenvolvimento de trabalhos no campo agrícola, obrigatoriamente, devem ir ao encontro dos anseios dos pequenos produtores

⁸ Ibid. p.20.

(BRAGA apud UBERTI et al., 1991, p. 3)

O método desenvolvido pela EMPASC/ACARESC (1991) foi elaborado considerando, na época, Santa Catarina como sexto produtor nacional de alimentos e com 80% da produção de grãos vindas das regiões Colonial do Oeste Catarinense e Colonial do Rio do Peixe, com predomínio de relevo acidentado e solos rasos e pedregosos. Tal produção é explicada pelo predomínio da pequena propriedade, que obriga o uso intensivo da terra, e associado a uma ocupação desordenada provoca problemas de degradação ambiental. O quadro ainda se agrava devido à falta de informações, resultado da ausência de mapeamentos de solos em escalas mais detalhadas e escassez de pessoal especializado na execução e interpretação dos dados. (UBERTI et al., 1991).

A metodologia surgiu da “necessidade urgente de se adequar o uso dos solos do Estado de Santa Catarina, degradados pelo uso intensivo, às suas reais condições de trabalho” (UBERTI et al., 1991, p. 10). Foi elaborada pelas instituições EMPASC, CCA/UFSC, ACARESC e IBGE, sob a coordenação da Secretaria de Estado da Agricultura, do Abastecimento e da Irrigação de Santa Catarina. Adotou como base o trabalho do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo da EMBRAPA (RAMALHO FILHO; PEREIRA; BEEK, 1978) e o proposto por Lepsch et al. (1983), adequando-os à realidade rural catarinense. A aplicação do método exige fotografias aéreas com escala média maior ou igual a 1:25.000. Considerou-se também “o manejo mais avançado possível para cada situação encontrada, praticável dentro das possibilidades dos agricultores, no que diz respeito ao acesso às tecnologias e às condições sócio-econômicas de aplicação das mesmas” (UBERTI et al., 1991, p. 10)

Para a classificação de aptidão de uso foram estabelecidas cinco classes de aptidão, numeradas de 1 a 5, sendo que a de número 1 a que apresenta a melhor aptidão e a 5 com várias restrições e sendo indicada como preservação permanente. Para a definição de classes, são considerados os fatores: declividade, profundidade efetiva, pedregosidade, suscetibilidade à erosão, fertilidade e drenagem.

2.4.2 A questão socioespacial

Uma das principais informações que a classificação de aptidão agrícola de terras possibilita é uma análise das terras que estão sendo utilizadas acima ou abaixo de sua capacidade. Com o mapeamento da aptidão das terras, os dados podem ser confrontados com

o mapa de uso atual do solo e desta forma obter informações sobre a intensidade de exigência do solo requerida pelos proprietários. Muitas vezes essa informação pode auxiliar na intervenção pública de forma a adequar as exigências do município e da região, ao incentivar a produção em áreas aptas, ou impor correta forma de uso das áreas inaptas.

A adequação do uso do solo a sua aptidão envolve também fatores além do conhecimento por parte do proprietário das características de sua propriedade. Relaciona-se também com as características sociais da comunidade local. Se por um lado a falta de instrução e baixa renda são fatores que devem ser considerados ao se analisar causas de subaproveitamento de terras, onde muitos não têm o hábito inclusive de executar a correção do solo antes do plantio, por outro lado o mercado pressiona os grandes produtores, a ponto de proporcionar situações de incentivo ao uso demasiado do solo, com vistas à satisfação da demanda e ampliação das relações comerciais.

Um breve relato das características sociais da comunidade pode ajudar a explicar em parte as disparidades encontradas no confronto de um mapa de aptidão de solos com o mapa de uso atual. Características como tradição familiar, renda, escolaridade podem ter influências significativas sobre como o produtor age no seu entorno, o quanto se preocupa em melhorar significativamente o uso do solo e o quanto essa forma pode impactar no ambiente da região. A história regional e do município, identificando transformações surgidas em setores fundamentais, como econômicos, sociais, político, culturais auxiliam no entendimento das sucessivas formas de apropriação e utilização do espaço.

A comunidade pode ou não ter disponível o conhecimento e a tecnologia adequada, induzindo a forma de manejo do solo pelo proprietário. Desta forma podem-se criar áreas com maior utilização tecnológica e áreas com manejo tradicional. A forma de relação entre homem e meio está diretamente relacionada com a técnica que ele dispõe, sendo que “as técnicas são um conjunto de meios instrumentais e sociais, com os quais o homem realiza sua vida, produz e, ao mesmo tempo, cria espaço.” (SANTOS, 2006, p. 29).

A disponibilidade desta técnica e dos objetos presentes no espaço é determinada pelas necessidades do próprio espaço e “é o espaço que determina os objetos: o espaço visto como um conjunto de objetos organizados segundo uma lógica e utilizados (acionados) segundo uma lógica”⁹. E ainda:

O espaço se impõe através das condições que ele oferece para a produção, para a circulação, para a residência, para a comunicação, para o exercício da política, para o exercício das crenças, para o lazer e como condição de ‘viver

⁹ Ibid. p.40.

bem',¹⁰.

Desta forma, considerando que o espaço determina os objetos existentes, a disponibilidade de instrumentos e técnicas presentes para a apropriação e produção está condicionada ao que o espaço exige. Enquanto não há exigência de aumento de produção por parte dos vetores econômicos, não há estímulo à apropriação de meios mais eficazes de ampliação de produção. Ao contrário, quando a exigência é intensa, a superprodução é mais evidente, a ponto de exigir mais do que o solo é capaz de fornecer. Desta forma, evidencia-se a importância das necessidades econômicas regionais, como forma de influenciar a dinâmica e o aproveitamento agrícola local.

Nesse contexto, uma modificação da forma de uso e técnicas atuais estaria diretamente ligada às mudanças das necessidades do espaço, pois “é o espaço que redefine os objetos técnicos, apesar de suas vocações originais, ao incluí-los num conjunto coerente onde a contiguidade obriga a agir em conjunto e solidariamente”¹¹.

A forma de trabalho no campo evolui significativamente no tempo. Dependendo dos fatores atuantes a tecnologia se instala rapidamente e força a comunidade rural a se adequar ou abandonar a área. Muitas das novas técnicas encontram resistência por parte das famílias tradicionais e nem sempre são aceitas ou adotadas de imediato, de forma que a inserção de nova tecnologia se dá de forma incompleta.

No processo de gestão de uso de terras e adequação ao melhor uso, é importante a distinção entre atores que decidem e os demais. Um decididor é aquele que pode escolher o que vai ser difundido e, muito mais, aquele capaz de escolher a ação que, nesse sentido, se vai realizar. Segundo Masini (1988 apud SANTOS, 2006), incluem-se entre os grandes decididores os governos, as empresas multinacionais, as organizações internacionais, as grandes agências de notícias, os chefes religiosos. A escolha do homem comum é limitada e frequentemente “o ator é apenas veículo da ação, e não o seu verdadeiro motor”¹².

As ações resultam de necessidades, naturais ou criadas. Essas necessidades: materiais, imateriais, econômicas, sociais, culturais, morais, afetivas, é que conduzem os homens a agir e levam a funções. Essas funções, de uma forma ou outra, vão desembocar nos objetos. Realizadas através de formas sociais, elas próprias conduzem à criação e ao uso de objetos (SANTOS, 2006).

¹⁰ Ibid. p.55.

¹¹ Ibid. p.40.

¹² Ibid. p.80.

Para planejar e executar as intervenções de uso, portanto, é necessário um conhecimento sobre as principais características socioeconômicas da comunidade, a ponto de se promover mudanças significativas e duradouras, com o objetivo de um crescimento sustentável.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A área de estudo é a Microbacia Lajeado dos Mineiros, localizada no município de São José do Cerrito, no Estado de Santa Catarina. Ocupa uma área de 2.877,37ha e se encontra entre as latitudes 27°31'0,49"S e 27°34'26,44"S e longitudes 50°40'40,62"W e 50°46'27,35"W, conforme Figura 3. A microbacia foi delineada pela EPAGRI durante o projeto Microbacias II, e foi escolhida para este trabalho por ser uma área onde o levantamento pormenorizado de dados pedológicos se agregaria às informações atualmente disponíveis e serviria como base a planejamentos futuros.

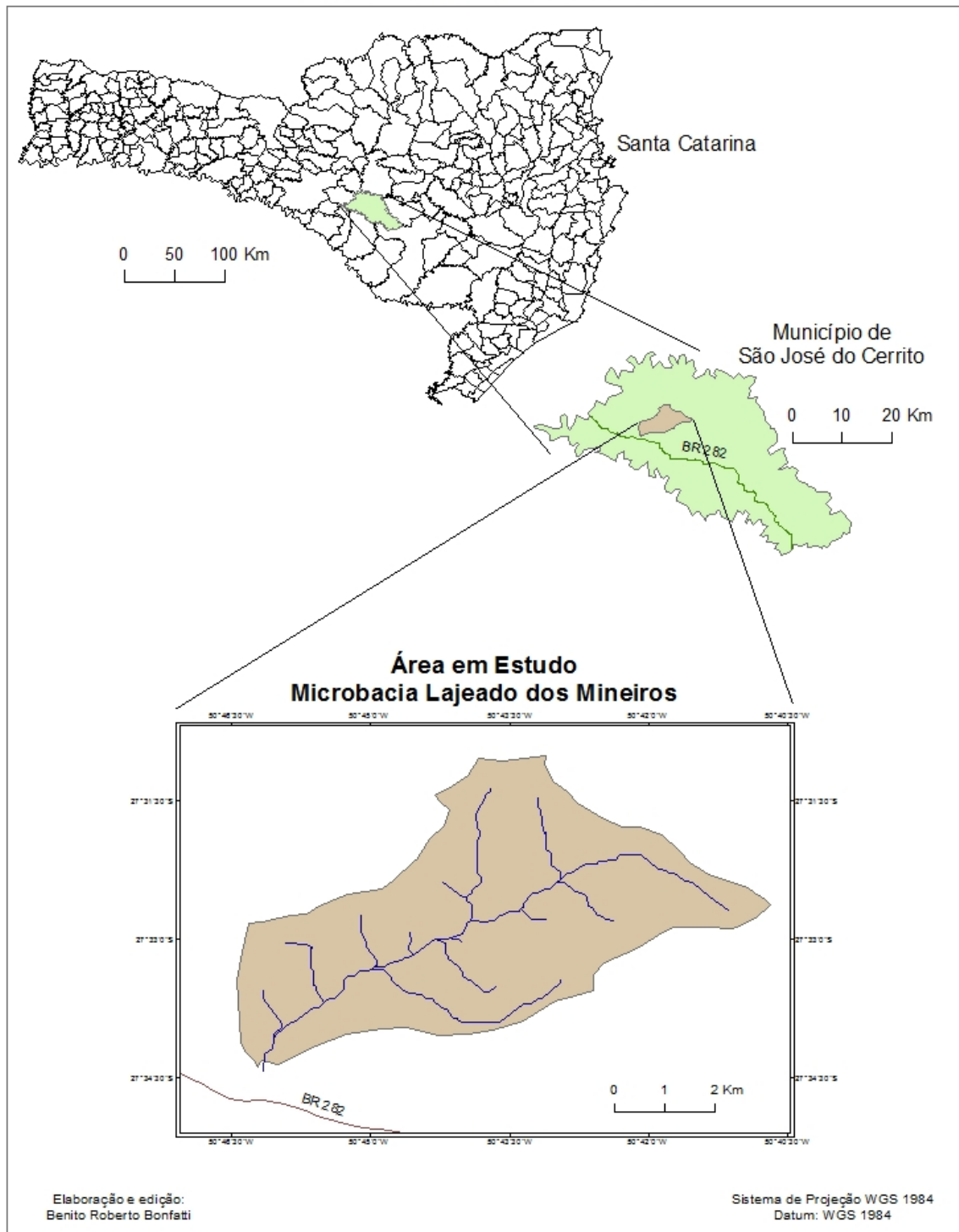
A geologia corresponde a parte superior do Grupo São Bento, Formação Serra Geral, grupo este que ocupa pouco mais de 50% do território catarinense. A Formação Serra Geral é composta por rochas de origem vulcânica, compreendendo desde rochas de composição básica (basaltos) até rochas com alto teor de sílica e baixos teores de ferro e magnésio (riolitos, dacitos e riodacitos), sendo que a sequência básica ocupa a maior parte da formação. As rochas efusivas básicas são formadoras de extensas regiões com solos argilosos, arroxeados, avermelhados ou brunados, com altos teores de Fe_2O_3 . Já rochas de caráter intermediário ou ácidas deram origem a solos de textura argilosa ou média, com teores de Fe_2O_3 em geral inferiores a 18% (EMBRAPA, 2004).

Quanto à geomorfologia, a região está dentro da Unidade Geomorfológica Planalto de Lages, caracterizada por relevo de dissecação homogênea em forma de colina, que por vezes é quebrada por morros testemunhos, sendo que “Cambissolo Húmico e Terra Bruna Estruturada¹³ são os solos mais disseminados no domínio desta unidade” (EMBRAPA, 2004).

A formação vegetal dominante é a Floresta Ombrófila Mista, notando-se atividades de extração de madeira e mudança de terrenos para o sistema agrosilvopastoril. O clima dominante é o Cfb – Mesotérmico Úmido com Verões Amenos (EPAGRI, 1999).

¹³ Classes de solos identificadas de acordo com a 1ª edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 1999. A classe dos Cambissolos permanece na classificação atual da EMBRAPA (2006), e a Terra Bruna Estruturada tem os Argissolos ou Nitossolos como classes equivalentes atuais.

Figura 03 - Identificação da área em estudo



Fonte: IBGE - Malha Municipal Digital (2007)
 Mapa de Unidades Hidrográficas de Santa Catarina- Epagri/SDS (2007)
 Modelo Digital de Elevação SRTM/NASA – SC, ajustado - Epagri (2005)
 Canais de drenagem elaborados pelo próprio autor, com base no MDE (2012)

3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS, MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO

Para a elaboração do trabalho, optou-se pela realização do levantamento semidetalhado de solos e apresentação do mapeamento final na escala 1:50.000. A primeira etapa consistiu na obtenção das fotos aéreas da microbacia e na fotointerpretação prévia. Através da EPAGRI, foram obtidas 14 fotografias aéreas do local. Devido à indisponibilidade de voos atuais, as aerofotos obtidas, com escala de 1:25.000, foram resultado de um voo realizado no período entre 1977 e 1979, pela empresa Aerofoto Cruzeiro S.A., contratado através de um convênio entre DNOS, DNPM, ELETROSUL, INCRA, NUCLEBRÁS e FATMA. Foram obtidas também as fotos digitalizadas em scanner de tamanho A3, com resolução de 900dpi, resultando em imagens digitais de resolução espacial de 0,71m para cada pixel (ZAMPARETTI, 2008). A resolução espacial em função da resolução ótica para diferentes escalas, com destaque para as resoluções de 600 e 900dpi e escala de 1:25.000, está indicada na Tabela 2.

Tabela 2 – Resolução espacial em função da resolução ótica para diferentes escalas

Scanner			Escala Nominal da Aerofoto						
Resolução ótica (dpi)	Tamanho Pixel (µm)	Tamanho Pixel (mm)	1:5000	1:8000	1:10000	1:15000	1:20000	1:25000	1:30000
			Resolução espacial em metros						
300	84,67	0,08467	0,42	0,68	0,85	1,27	1,69	2,12	2,54
600	42,33	0,04233	0,21	0,34	0,42	0,64	0,85	1,06	1,27
900	28,22	0,02822	0,14	0,23	0,28	0,42	0,56	0,71	0,85
1200	21,17	0,02117	0,11	0,17	0,21	0,32	0,42	0,53	0,64
1600	15,88	0,01588	0,08	0,13	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48
1800	14,11	0,01411	0,07	0,11	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42

Fonte: Fallas (2004 apud ZAMPARETTI, 2008).

Em sequência à aquisição das fotos, iniciou-se o trabalho com o estereoscópio de espelho, colocando-o sucessivamente sobre os diversos pares de aerofotos adjacentes, e desta forma permitindo uma visão tridimensional do terreno. A partir da visão estereoscópica, feições geomorfológicas homogêneas foram delimitadas nas fotos, como topos, encostas e fundos de vale, demarcando previamente o que viria a constituir as atuais unidades de mapeamento.

Com as características da paisagem demarcadas e identificação das principais topossequências, escolheram-se algumas regiões possíveis de serem identificadas em campo e de relevância para um levantamento de solos, obedecendo à quantidade de amostragem proposta pelo Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007) para um levantamento semidetalhado e procurando distribuir as observações de forma a abranger a maior área possível da Microbacia Lajeado dos Mineiros.

Após a demarcação das principais feições na paisagem e a escolha de pontos prévios para visitação e obtenção de informações, iniciaram-se as visitas à microbacia. As primeiras viagens foram de reconhecimento, acompanhadas com GPS de navegação, tendo o objetivo de observação das paisagens identificadas nas fotos e conhecimento das principais vias de acesso. Informações prévias das características de solo das regiões da estrada principal foram descritas, onde alguns cortes na estrada permitiam observação de perfis e avaliações prévias sobre classes de solo. As coordenadas dos pontos foram obtidas à medida que se faziam as observações e descrições.

3.2.1 Fotointerpretação

Antes da continuação das observações em campo, iniciou-se o trabalho com as fotos aéreas digitalizadas. Através do *software* ARCGIS, a primeira etapa consistiu no registro das imagens. Foram escolhidos 15 pontos de controle¹⁴ para o georreferenciamento de cada foto aérea, cujas coordenadas foram obtidas através do *software* Google Earth, considerado satisfatório, já que para a escala escolhida, 1:50.000, a área mínima mapeável é de 9ha, ou seja 90.000m² (EMBRAPA, 1995). Silva e Nazareno (2009), em trabalho de análise de precisão de coordenadas do *software* Google Earth, mostram valores de variação de menos de 10m quando comparados às coordenadas corretas, concluindo que as imagens são de boa precisão para escalas de 1:5.000 para a área em análise, no município de Goiânia, com até 90% de confiança. Desta forma, considerando o mapeamento final deste trabalho na escala 1:50.000 e com base nos resultados aceitáveis conseguidos em Goiânia referentes a uma escala dez vezes maior, considerou-se as imagens do Google Earth como satisfatórias para a obtenção de coordenadas para o georreferenciamento das aerofotos.

Após o registro, as imagens aéreas foram montadas em mosaico no *software*

¹⁴ A escolha do número de pontos para georreferenciamento foi aleatória, com base em pontos facilmente identificáveis nas aerofotos e seus correspondentes no *software* Google Earth.

ARCGIS e colocadas sobrepostas ao arquivo vetorial contendo os limites da Microbacia Lajeado dos Mineiros. Como foram georreferenciadas com o apoio do *software* Google Earth, a projeção final das imagens seguiu o mesmo, WGS 1984.

A partir das fotos aéreas georreferenciadas, foi montada a cena tridimensional do terreno, através do aplicativo ARCSCE. Para obtenção do perfil tridimensional, foi necessário associá-las ao Modelo Digital de Elevação (MDE)¹⁵ obtido no site da EPAGRI/CIRAM, com resolução espacial de 30m. Desta forma fica mais claro no *software* as feições da geomorfologia local, servindo como parâmetro para escolha da distribuição dos pontos de observação e de coleta a serem identificados em campo.

3.2.2 Pontos de observação e pontos de coleta

No total das viagens, foram registrados 60 pontos de observação, conforme Apêndice A, identificados como PO01 a PO60. Os pontos foram escolhidos de forma a serem representativos de diversas partes da microbacia e próximos às estradas onde, além da facilidade de acesso, permitia a visualização de alguns perfis em profundidade. A maioria dos pontos para observação foi escolhida durante a fotointerpretação inicial do terreno e outros foram identificados em campo como relevantes.

Com base na fotointerpretação prévia, foram escolhidos os pontos para serem coletadas as amostras de perfis completos de solos, para fins de classificação, sendo pelo menos duas para cada tipo de solo. Foram coletadas amostras de horizontes de 8 perfis completos, identificadas de PF1 a PF8, no intuito de se ter pelo menos duas descrições morfológicas para cada classe de solo encontradas. Os dados obtidos na descrição morfológica dos perfis, Apêndice B, junto aos resultados das análises laboratoriais, constituíram o subsídio para a classificação dos solos. Para confirmação da classificação foram coletadas também 5 amostras extras, Apêndice C, representantes dos tipos de solos previamente identificados e coletadas junto a horizontes mais representativos. Foram identificadas de PA1 a PA5 e também encaminhadas ao laboratório para análises.

Para descrição e coleta dos perfis completos, adotou-se a metodologia presente no Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (EMBRAPA, 2005). Desta forma, os dados foram obtidos na sequência proposta pela metodologia, como no Apêndice B. As coordenadas geográficas de cada ponto foram registradas e transferidas para o *software* e mapas digitais.

¹⁵ MDE obtido através do site <<http://ciram.epagri.sc.gov.br/mapoteca/>>

3.2.3 Análises laboratoriais

As principais análises das amostras coletadas seguiram os seguintes procedimentos, tendo como referências os métodos propostos por EMBRAPA (1997) e Tedesco et al. (1995):

- Determinação das frações grosseiras: após separação de 200g de solo e moagem, o material foi passado em peneira de 2mm, donde foram retiradas as frações grosseiras. Na sequência foram lavadas para remoção de argila remanescente, secas e pesadas.
- Determinação do conteúdo de argila: determinada pelo método do densímetro de Bouyoucus.
- Determinação do conteúdo de alumínio trocável no solo: extração com KCl e titulação com NaOH, usando fenolftaleína como indicador;
- Determinação do conteúdo de Ca e Mg trocáveis: extração com KCl, adição de SrCl_2 e leitura no espectrofotômetro de absorção atômica.
- Determinação do conteúdo de K e Na trocáveis: extração com Acetato de Amônio e leitura no espectrofotômetro de absorção atômica.
- Determinação dos teores de H+Al: extração com Acetato de Cálcio a pH7 e titulação com NaOH.
- Análise do teor de carbono: oxidação de compostos orgânicos com dicromato de potássio em meio ácido e titulação com sulfato ferroso.
- pH em água e em KCl: leitura em pHmetro de solução de solo em água e em KCl.
- Determinação do teor de Fe_2O_3 : ataque sulfúrico e leitura no espectrofotômetro de absorção atômica. Foram determinados para os primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA).

De posse dos dados de análise, descrições e observações em campo, procedeu-se a classificação dos solos coletados, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2ª edição (EMBRAPA, 2006).

3.2.4 Mapas de atributos do terreno

Mapas considerando aspectos tridimensionais do terreno contribuem para o reconhecimento das feições identificadas e a forma como influenciam processos

pedogenéticos. Desta forma, foram elaborados mapas de declividade, orientação vertical, curvatura vertical e curvatura horizontal, com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) disponibilizado pela EPAGRI, com resolução espacial de 30m. A projeção utilizada foi a UTM SAD 69 Zona 22S, original do arquivo MDE e apresentando as coordenadas em metros, compatibilizando com a mesma unidade das elevações. Para visualização da perspectiva do terreno e formas de uso foram também utilizados mapas em 3D elaborados no ARCSCE e o *software* Google Earth.

O mapa hipsométrico foi obtido através da aplicação de uma paleta de cores ao próprio MDE. Para determinação dos demais atributos do terreno foram utilizadas as seguintes ferramentas no *software* ARCGIS: SLOPE (determinação de declividade, sendo escolhida a forma de representação em porcentagem por ser a unidade que consta na metodologia adotada para classificação de aptidão agrícola), CURVATURE (determinação das curvaturas vertical e horizontal, em graus por metro), ASPECT (orientação de vertentes), RASTER CALCULATOR (determinação do índice de umidade topográfica).

Para o cálculo do índice de umidade topográfica, houve necessidade primeiramente de realizar o cálculo da área de contribuição específica, $AC_E = A/l$ (divisão entre área de contribuição e o comprimento do segmento considerado)¹⁶. Como o MDE utilizado apresenta pixels representando 30m x 30m, para o cálculo da área de contribuição faz-se a multiplicação entre o número de pixels respectivos e a área correspondente a cada pixel ($A = \text{pixels} \times 900\text{m}^2$). O comprimento l corresponde ao tamanho do pixel, de 30m, portanto $AC_E = \text{Pixels} \times 900 / 30$, ou seja, $AC_E = \text{Pixels} \times 30$. Para determinar o número de pixels da área de contribuição para cada segmento (pixel) elaborou-se o mapa de acúmulo de fluxo (“accumulation”) com a ferramenta FLOW ACCUMULATION. De posse dos dados necessários, inseriu-se então a fórmula¹⁷ na ferramenta RASTER CALCULATOR:

$$IUT = \ln [(\text{“accumulation”} \times 30 / \tan(\text{“declividade”}))]$$

Para a elaboração dos perfis digitais, correspondente às topossequências, foram traçadas oito linhas dentro da microbacia, de forma a cruzarem em um dos pontos onde foram coletadas amostras junto à descrição morfológica completa do solo. A ferramenta utilizada, no *software* ARCGIS, foi a PROFILE GRAPH TOOL. A escolha do perfil de modo transversal, longitudinal ou inclinado ao curso de água principal deu-se de acordo com a possível direção

¹⁶ Wilson e Gallant (2000).

¹⁷ Para o uso da fórmula no *software*, precisou-se elaborar mapa de declividade com a unidade em radianos.

mais representativa da diversificação topográfica local. Os pontos de coleta de amostra e de descrição morfológica foram representados no mapa, de forma a possibilitar a correlação entre as características dos perfis de solo com as características topográficas locais.

Como auxílio, na interpretação dos resultados, também foram empregados modelos tridimensionais para identificação de áreas homogêneas e melhoria do delineamento das unidades de mapeamento. Para elaboração do mapa em 3D, através do *software* ARCSCE, foram atribuídos os valores das coordenadas de altitude do MDE às fotos aéreas, das quais se tornou possível sua observação em três dimensões. O *software* Google Earth também foi utilizado como forma de conferir a segmentação da bacia em unidades de mapeamento e identificar delineamento a serem revistos.

3.2.5 Delimitação das unidades de mapeamento e classificação

No intuito de auxiliar a demarcação de feições homogêneas em *software* as imagens aéreas digitais foram processadas no *software* ENVI, utilizando-se da ferramenta EPIPOLAR 3D CURSOR, de forma a obter anaglifos, ou seja, imagens aéreas adjacentes sobrepostas com cores distintas, permitindo a visualização tridimensional quando vista com óculos apropriados. Para o uso dessa ferramenta, foi necessária a elaboração prévia de arquivos contendo a orientação interna e a orientação externa das imagens aéreas, através do modo de execução BUILD RPCs, feitas com base em dados da câmera durante o voo e também através de medidas diretas nas aerofotos.

A partir da obtenção dos anaglifos, as imagens foram transferidas para o *software* ARCGIS e iniciou-se, então, a demarcação das feições homogêneas, através de observação com óculos 3D diretamente na tela do microcomputador. Foram demarcados topos, encostas e fundo de vales. Esta etapa foi a mais importante para a delimitação das unidades de mapeamento, sendo que o mapeamento automático de outros atributos, por intermédio de imagem MDE, consistiu em ferramenta auxiliar no refinamento dos traçados e interpretação de resultados. Neste caso, o arquivo vetorial traçado com o uso de anaglifos foi sobreposto aos arquivos de imagens geoprocessadas e então identificadas áreas que necessitariam de ajustes. A partir desta identificação retorna-se, então, à interpretação dos pares de imagens aéreas no estereoscópio de espelhos e à edição do arquivo vetorial sobre os anaglifos para verificação e ajuste dos polígonos traçados.

De posse do traçado das unidades de mapeamento, inseriram-se as coordenadas dos pontos previamente identificados e descritos, obtidas com GPS de navegação (com precisão

em raio de 10m)¹⁸. Tais pontos foram obtidos durante as viagens de reconhecimento e identificação e coleta de perfis e amostras extras, contando com informações como descrição morfológica, limites entre solos, pedregosidade, condição de relevo, dentre outras consideradas importantes durante a observação.

Para o refinamento da edição, o mapa das unidades de mapeamento foi novamente sobreposto aos mapas elaborados de atributos do terreno e interpretado em relação às informações obtidas nos pontos de observação. O principal mapa utilizado neste processo foi o de declividades, com cuidado e reconhecendo as limitações de suas imperfeições presentes na imagem MDE de origem. Tais imperfeições estão relacionadas principalmente à influência do dossel e ao pixel original da imagem, de 90m x 90m, do qual a EPAGRI/CIRAM produziu a imagem que foi utilizada, de 30m x 30m.

Além do mapa de declividades, cada unidade de mapeamento foi observada de acordo com os mapas elaborados dos atributos do terreno. O arquivo shape das unidades de mapeamento foi convertido para a extensão “.kml” para poder ser acompanhado também pelo *software* Google Earth. Para algumas interpretações recorreu-se novamente ao estereoscópio de espelhos e às imagens aéreas em formato analógico.

A partir da verificação do delineamento, os solos das unidades foram previamente classificados de acordo com as informações obtidas em campo. Para elaboração do mapa pedológico final, o mapa de classificação prévia foi reclassificado com base na interpretação das análises químicas e físicas e novas visitas à microbacia, no intuito de confirmar as informações verificadas nas imagens e identificadas nos mapas. Vários polígonos foram aglutinados, fragmentados ou refeitos para elaboração do mapa final de levantamento dos solos.

3.2.6 A classificação da aptidão agrícola das terras

Para a classificação da aptidão das terras, os dados foram obtidos através das observações e descrições morfológicas em campo e expandidos para as unidades de mapeamento. Os principais fatores considerados foram declividade, profundidade efetiva, pedregosidade, suscetibilidade à erosão, fertilidade e drenagem, de acordo com a Metodologia para Classificação da Aptidão de Uso das Terras no Estado de Santa Catarina (Uberti et al.,

¹⁸ Precisão descrita conforme manual do GPS Garmin GPSmap 62s.

1991). Dentro de cada fator considerou-se sua caracterização dominante, a qual foi estendida a toda a unidade. No caso de associações de solos, foram consideradas as características dos solos mais representativos. O uso das informações obtidas em campo se mostrou mais adequado para representação dos fatores considerados para classificação da aptidão que as imagens orbitais geoprocessadas, por apresentarem dificuldade de extração das informações da maioria dos fatores acima considerados. As informações obtidas em campo estão descritas nos Apêndices A e B.

Para indicação da declividade, foi considerada a declividade predominante em cada unidade de mapeamento. Com a utilização das informações obtidas em campo¹⁹ e nas observações dos anaglifos e, de acordo com a metodologia acima citada, foram consideradas as seguintes classes:

- Plano – 0 a 3% de declive
- Suave Ondulado – 3 a 8% de declive
- Ondulado – 8 a 20% de declive
- Forte Ondulado – 20 a 45% de declive

Para a profundidade efetiva foram considerados os dados obtidos nas descrições morfológicas dos perfis, equivalente à soma dos horizontes A e B, enquadrando as unidades de mapeamento nas classes:

- Raso - < 50cm
- Pouco profundo – 50 a 100cm
- Profundo – 100 a 200cm
- Muito profundo - > 200cm

Para avaliação da pedregosidade, foram considerados os dados obtidos nas descrições morfológicas dos perfis e nas informações obtidas nos pontos de observação e de coleta de amostras extras, combinados às análises granulométricas de cada perfil escolhido. Considerou-se o volume da massa de solo ocupada com calhaus (2 a 20cm de diâmetro) e matacões (20 a 100cm de diâmetro):

- Não pedregosa – ausência ou não significativa
- Moderadamente pedregosa – 0,1 a 3%
- Pedregosa – 3 a 15%
- Muito pedregosa – 15 a 50%

¹⁹ Em campo observaram-se declividades mais acentuadas que as presentes nos mapas geoprocessados.

- Extremamente pedregosa – 50 a 90%

O grau de limitação por suscetibilidade à erosão também foi determinado junto às observações de campo, sendo classificado como :

- Nulo – relevos planos com boa permeabilidade, normalmente de 0 a 3% de declividade.
- Ligeiro – normalmente em declives de 3 a 8%, com pouca suscetibilidade à erosão e boas propriedades físicas. Indicadores desta condição são A Húmico, A Proeminente ou A Chernozêmico, consistência friável ou muito friável, ausência de gradiente textural.
- Moderado – normalmente em declives de 8 a 20%, ou inferiores mas com condições favoráveis à erosão. Indicadores desta condição são horizonte A Moderado ou A Fraco, consistência firme a muito firme, estrutura de grau fraco, ausência de estrutura granular ou em blocos subangulares pequenos e grau forte, terras originadas de rochas sedimentares ou com gradiente textural acentuado.
- Forte – declives normalmente de 20 a 45%, dependentes das condições físicas.
- Muito forte – declives superiores a 45% ou menores caso apresentem condições favoráveis à erosão.

Para o grau de limitação por fertilidade, considerou-se a metodologia adotada por Ernani e Almeida (1986) que obtiveram uma estimativa satisfatória da necessidade de calcário para solos catarinenses, com base nos valores de (H+Al). A necessidade de calcário para elevar o pH a 5,5 é obtida, em t/ha, através da fórmula $y = -1,36 + 0,86x$. Os valores foram comparados com as necessidades médias de calcário no Estado de Santa Catarina (5,6t/ha) para atingir o pH 5,5 pelo método SMP (Uberti et al., 1991). Desta forma foram identificadas as classes:

- Muito baixo – 0 a 2 t/ha
- Baixo – 2,1 a 4 t/ha
- Médio – 4,1 a 6t/ha
- Alto – 6,1 a 12 t/ha
- Muito alto - > 12 t/ha

Para a drenagem as informações também foram obtidas em campo. Como não foram encontrados perfis com cores acinzentadas, não foram consideradas as classes de terrenos mal drenados, típica de gleização. Identificou-se, então, as classes de acordo com Lemos e Santos (1984 apud Uberti et al.,1991):

- Excessivamente drenado: água removida do solo muito rapidamente, seja por excessiva porosidade e permeabilidade do material, seja por declive muito íngreme. Normalmente ocorre em solos de textura média e arenosa
- Bem drenado: água removida do solo com facilidade, sendo muito poroso e normalmente de textura argilosa e média, podendo ser muito argilosa quando derivada do basalto. Geralmente não apresentam indícios de gleização e estes quando presentes localizam-se a mais de 100cm de profundidade.
- Imperfeitamente drenado: água permanece no solo por período significativo, antes de ser removida. É comum uma camada de permeabilidade lenta, no *solum* ou logo abaixo deste. Pode apresentar indícios de gleização entre 50 e 100cm do perfil.

Para cada unidade de mapeamento foi estabelecida uma classe de aptidão de uso agrícola das terras, de acordo com Uberti et al. (1991), que descreve 5 tipos:

- Classe 1: Aptidão boa para culturas anuais climaticamente adaptadas.
- Classe 2: Aptidão regular para culturas anuais climaticamente adaptadas.
- Classe 3: Aptidão com restrições para culturas anuais climaticamente adaptadas, aptidão regular para fruticultura e boa aptidão para pastagens e reflorestamento.
- Classe 4: Aptidão com restrições para fruticultura e aptidão regular para pastagens e reflorestamento.
- Classe 5: Preservação permanente. Terras impróprias para qualquer tipo de cultivo, apenas para abrigo da flora e da fauna silvestre, recreação e armazenamento de água.

No intuito de enquadrar cada unidade de mapeamento nas respectivas classes, foi elaborada uma tabela com a síntese dos dados obtidos e, então, realizada a classificação de acordo a aptidão agrícola.

3.2.7 O uso do solo

Para a elaboração do mapa de uso do solo foram utilizadas imagens digitais orbitais, ortorretificadas, do conjunto Global Land Survey (GLS 2005), referentes ao satélite LANDSAT²⁰, com data de 03/02/2007, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas

²⁰ Imagens identificadas com o prefixo L5221079_07920070203.

Espaciais (INPE) através da página <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Nessas imagens, é importante considerar as limitações referentes à sua resolução espacial, com pixels de 30m x 30m. São satisfatórias para espaços não muito pequenos, mas imagens com tal resolução apresentam transição difusa entre regiões confrontantes e isso dificulta a demarcação de classe de uso em espaços menores, como em áreas de preservação permanente a 30m de extensão do curso de água principal²¹. Na tentativa de correção de algumas imperfeições, após a imagem classificada, esta foi transferida para o *software* Google Earth, onde foram traçados polígonos que, ao serem transferidos para o *software* ARCGIS, auxiliaram em atualizações e ajustes.

Para a individualização das unidades de uso/cobertura considerou-se as feições homogêneas e mais representativas nas respectivas áreas demarcadas, a ponto de ser possível distingui-las das unidades em seu entorno. Desta forma, uma composição colorida é mais adequada por realçar contrastes entre os elementos da imagem, sendo elaborada então uma composição das imagens denominada “falsa cor”, na qual se utiliza, para o sistema de cores RGB, as bandas 5 como R, 4 como G e 3 como B.

Em sequência, no intuito de realizar uma classificação supervisionada, foram demarcadas as amostras para treinamento do algoritmo de classificação. Foram traçadas na forma de polígonos, utilizando o *software* Google Earth e posteriormente transferidas para o ARCGIS, e cada uma correspondendo às respectivas áreas representativas de cada classe de uso/cobertura, tomando-se o cuidado de excluir os polígonos que nas imagens do Google Earth (anos de 2007 e 2008) não correspondessem ao mesmo tipo de uso verificado nas imagens LANDSAT. Como ponto de apoio à definição das amostras teste, foram usadas fotos obtidas em campo, georreferenciadas com GPS, tornando possível correlacionar o que foi visto em campo com as imagens Google Earth. O procedimento de extração de amostras treino foi repetido para cada classe de uso ou cobertura.

No *software* ArcGIS as imagens LANDSAT foram correlacionadas com as amostras de treino e então processada a classificação supervisionada, utilizando o classificador por máxima verossimilhança, através da ferramenta MAXIMUM LIKELIHOOD CLASSIFICATION. Em seguida, o arquivo de formato matricial produzido foi convertido em arquivo de formato vetorial, com demarcação de polígonos. No intuito de atualizar e corrigir as informações difusas devido à resolução da imagem original, o mapa gerado foi transferido ao Google Earth e, então, identificadas as áreas que necessitariam de reajustes. Novos

²¹ Lei nº 12.651/12 (BRASIL, 2012).

polígonos de ajuste foram elaborados, tendo como base uma imagem Google Earth de 06/05/2007. Tais polígonos foram retransferidos para o ArcGIS e o arquivo inicial reeditado.

Optou-se neste caso por não definir uma área mínima mapeável, com o propósito de não se perder informações para o posterior mapeamento de áreas de conflito entre uso/cobertura e aptidão do solo. Para o estabelecimento das classes de uso, quatro unidades foram identificadas, dentro das possibilidades de classificação supervisionada da imagem LANDSAT: agricultura/solo exposto, pastagem/capoeira, silvicultura e mata nativa.

3.2.8 O conflito entre aptidão e uso

No intuito de avaliar os conflitos entre a aptidão agrícola e o uso atual das terras, foram cruzadas as informações dos mapas de aptidão agrícola e de uso do solo.

Para o procedimento foi utilizado a ferramenta do ARCGIS denominada INTERSECT, que permite o cruzamento de dados dos mapas acima citados. Com o então elaborado mapa de interseção, foi utilizada a ferramenta SELECTION BY ATTRIBUTES. Com o uso dessa ferramenta, foi solicitado o agrupamento dos polígonos de acordo com cada classe de aptidão combinadas a sua forma de uso ou cobertura, usando a ferramenta MERGE. A partir desse agrupamento, foi possível elaborar uma tabela dos polígonos presentes no arquivo, com cada classe e o tipo de uso e cobertura respectiva. Acrescentou-se, de acordo com as recomendações para cada classe de aptidão agrícola, uma coluna a esta tabela e inseriu-se o texto “Uso adequado” para solos utilizados de acordo com sua aptidão agrícola, “Subutilização” para solos utilizados abaixo de sua aptidão e “Uso inadequado” para solos utilizados acima de sua aptidão.

Para ilustração melhor das informações em relação à topografia, foi elaborado um modelo tridimensional do mapa a partir do *software* SURFER.

3.2.9 Questões socioespaciais

Para a interpretação das condições das famílias que levam às formas de ocupação, recorreu-se à bibliografia contendo informações da área rural do município de São José do Cerrito e ao Levantamento Agropecuário Catarinense (SANTA CATARINA, 2002/03). Os dados contêm indicadores sociais do município, que devem ser levados em consideração no planejamento da melhor forma de uso do solo pela comunidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 O USO DE ANAGLIFOS E DE IMAGENS ORBITAIS

A interpretação de características em diferentes segmentos de catenas e topossequências na Microbacia Lajeado dos Mineiros foi de fundamental importância para o levantamento semidetalhado e a interpretação da distribuição dos solos na microbacia, através da identificação de topos, ombros, encostas e terraços, com auxílio da fotointerpretação guiando o delineamento das unidades de mapeamento. Em campo, características do solo foram identificadas de acordo com sua posição na catena, como sua profundidade, cor, dentre outras, sendo essas informações transferidas para o *software* de geoprocessamento ARCGIS, através de suas coordenadas geográficas.

A demarcação das unidades de mapeamento teve como principal ferramenta o uso de anaglifos, ilustrados nas Figuras 4 e 5, e sua visualização em tela com óculos apropriados, no ambiente ARCGIS. O uso de anaglifos e a correspondente visualização estereoscópica das imagens aéreas permitem uma identificação mais precisa dos limites das feições geomorfológicas do terreno. Desta forma, foram mais adequados para o delineamento das unidades, já que sua resolução espacial é de 0,71m por serem elaborados a partir de imagens digitalizadas com resolução ótica de 900dpi, conforme anteriormente mostrado na Tabela 2.

No caso das imagens orbitais geoprocessadas, a baixa resolução espacial do MDE utilizado, que torna a identificação de limites mais imprecisa quando comparado ao uso de anaglifos; a heterogeneidade dos dados em uma pequena área, dificultando agrupamento em unidades; a dificuldade em se delimitar automaticamente em *software* as feições homogêneas do terreno, são fatores que limitaram seu uso. O uso dos mapas obtidos através do geoprocessamento do MDE ficou restrito, então, à utilização como auxiliares na identificação de áreas a terem as suas demarcações refeitas, escolha de pontos a serem observados em campo e como elemento ilustrativo e interpretativo de características da microbacia.

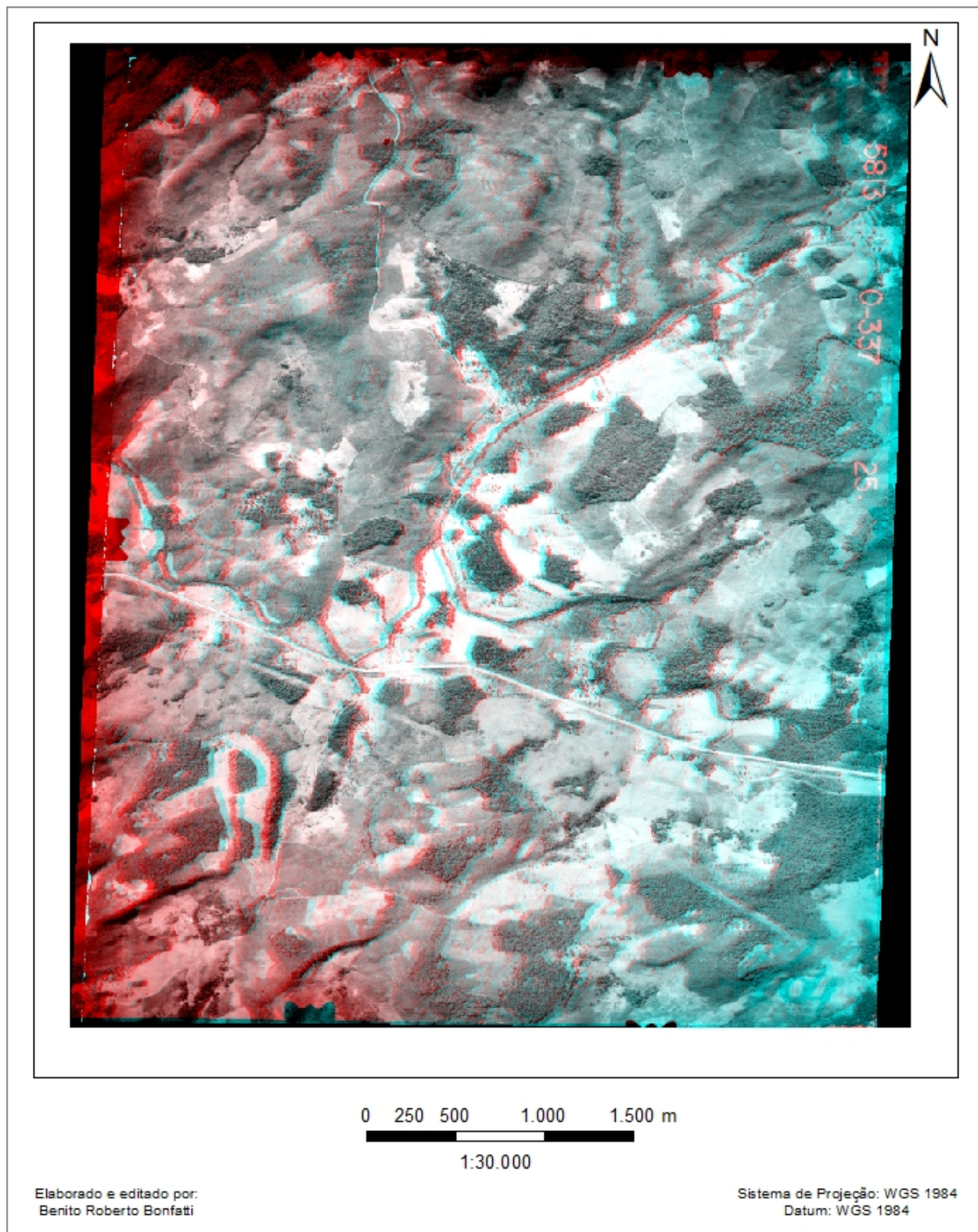
Nestas condições, foram utilizados os mapa representados nas Figuras 6 à 11. Analisando o mapa da Figura 6, percebe-se uma forte relação entre tipo de solo e declividade. Solos com perfis mais profundos, devido á maior acumulação hídrica e de material transportado, aparecem em áreas mais planas. Solos mais rasos, pedregosos, bem drenados, sob influência constante de efeitos erosivos, estão em áreas de maior declive. Os valores de declividade foram representados em porcentagem, sendo que 100% representa declividade de 45°.

O mapa hipsométrico com o traçado de alguns perfis em pontos de coleta de amostras está representado na Figura 7a. Uma das principais relações verificadas entre elevação e características pedológicas foi referente à variação de cores dos solos, sendo que em áreas mais altas, normalmente superiores a 950m é frequente a ocorrência de solos brunos. Em áreas inferiores a 910m é frequente a ocorrência de solos mais avermelhados. Em valores intermediários encontraram-se ambos. Ficou evidente a relação entre elevação e a ocorrência de Nitossolos Vermelhos em áreas mais baixas e menos declivosas e Nitossolos Brunos em áreas mais altas e menos declivosas.

As topossequências traçadas, representadas nas Figuras 7b e 7c, ilustram como os solos se distribuem de acordo com a topografia. Nos topos aplainados, nas áreas de maior altitude da microbacia, predominam os Nitossolos Brunos, onde há condições adequadas para maior percolação da água e temperaturas amenas que diminuem a decomposição de matéria orgânica. Em áreas de ombros de encosta, onde a erosão é intensa, nota-se a ocorrência de Neossolos. Na encosta, onde também são fortes os eventos erosivos, os Cambissolos são predominantes. Nos terraços coluviais e fundos de vale, onde há acúmulo de material vindo das áreas acima e temperaturas mais elevadas, predominam os Nitossolos Vermelhos.

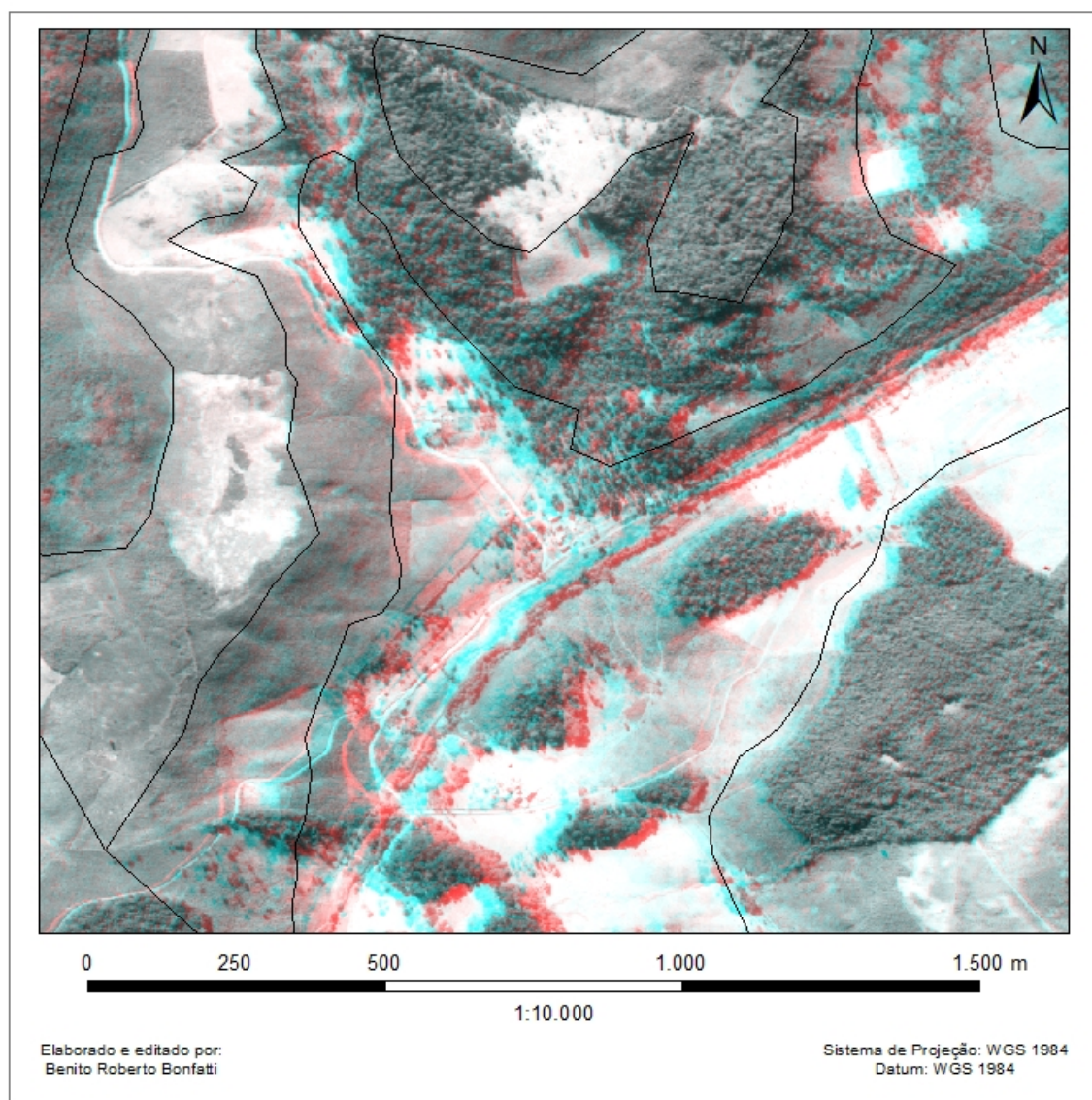
Os mapas de curvaturas estão representados nas Figuras 8 e 9, com as unidades em graus por metro. Visualmente tanto o mapa de curvatura vertical quanto o de curvatura horizontal são restritos em termos de interpretação, o que limita o seu uso. Com maior ampliação, auxiliam na determinação de áreas onde há maior ou menor acúmulo de água, de acordo com características de concavidade, convexidade, convergência ou divergência da geomorfologia local. Áreas de concavidade indicam acúmulo de água e material sedimentar, convergência indica fluxos hídricos concentrados e potencial erosivo, convexidade se relaciona à transporte de material condicionando a formação de solos rasos e divergência indica dispersão de fluxos hídricos com possibilidade de percolação da água no perfil. No resultado do processamento feito pelo *software* ARCGIS, a curvatura vertical tem valores negativos representando convexidade e positivos indicando concavidade, já para a curvatura horizontal os valores positivos indicam divergência e os negativos convergência. Uma das características mais identificáveis no mapa de curvatura vertical é a inflexão do relevo, junto às bordas dos topos (convexidade) ou junto às áreas baixas do fundo de vale (concavidade).

Figura 04 - Exemplo de anaglifo utilizado neste trabalho, elaborado pelo software ENVI



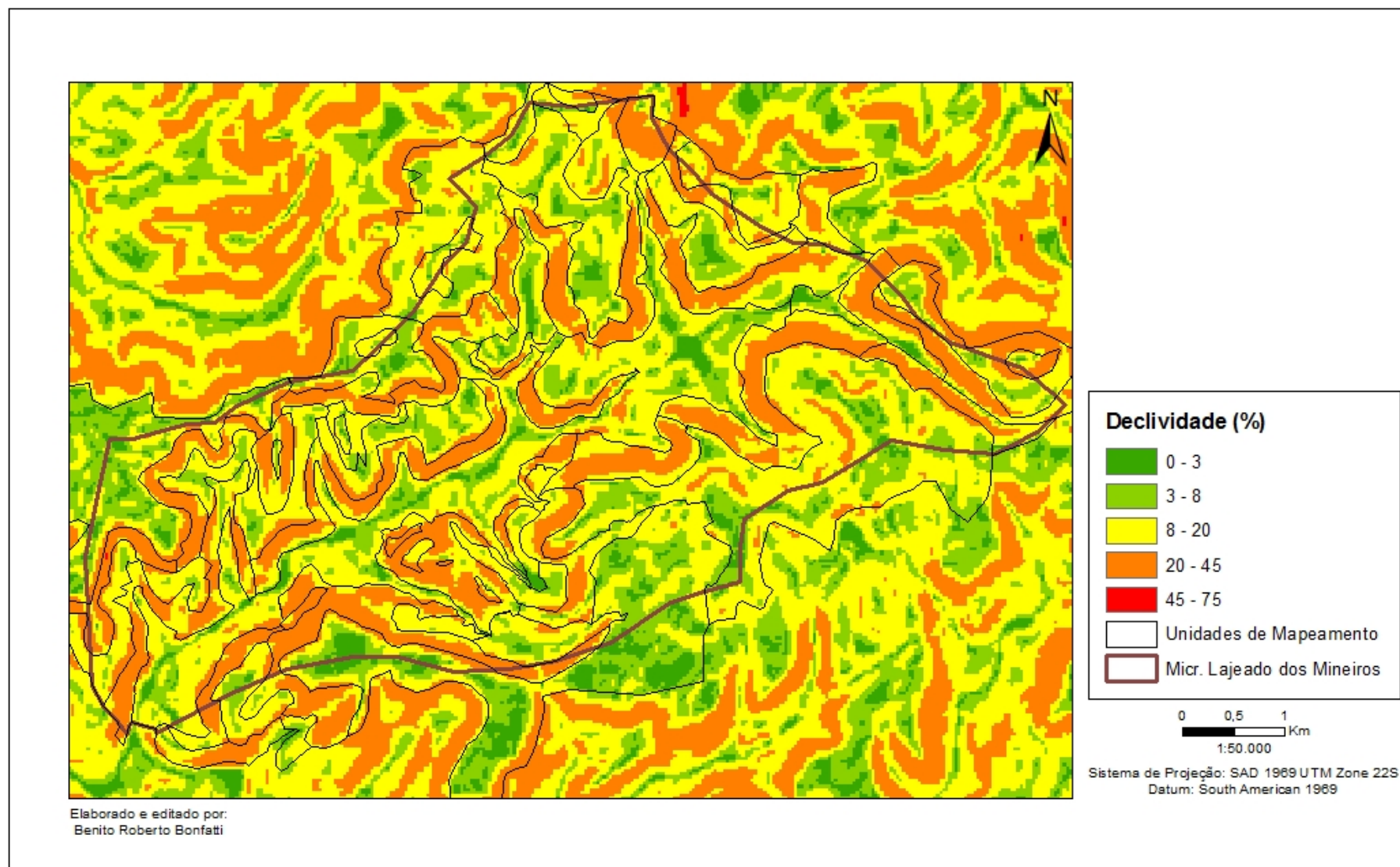
Fonte: Imagens aéreas cobrindo a região da Microbacia Lajeado dos Mineiros, disponibilizada pela Epagri.
Empresa Aerofoto Cruzeiro do Sul S.A. (1977-1979)

Figura 05 - Exemplo de utilização de anaglifos na demarcação de unidades de mapeamento.



Fonte: Imagens aéreas cobrindo a região da Microbacia Lajeado dos Mineiros, disponibilizada pela Epagri.
Empresa Aerofoto Cruzeiro do Sul S.A. (1977-1979)

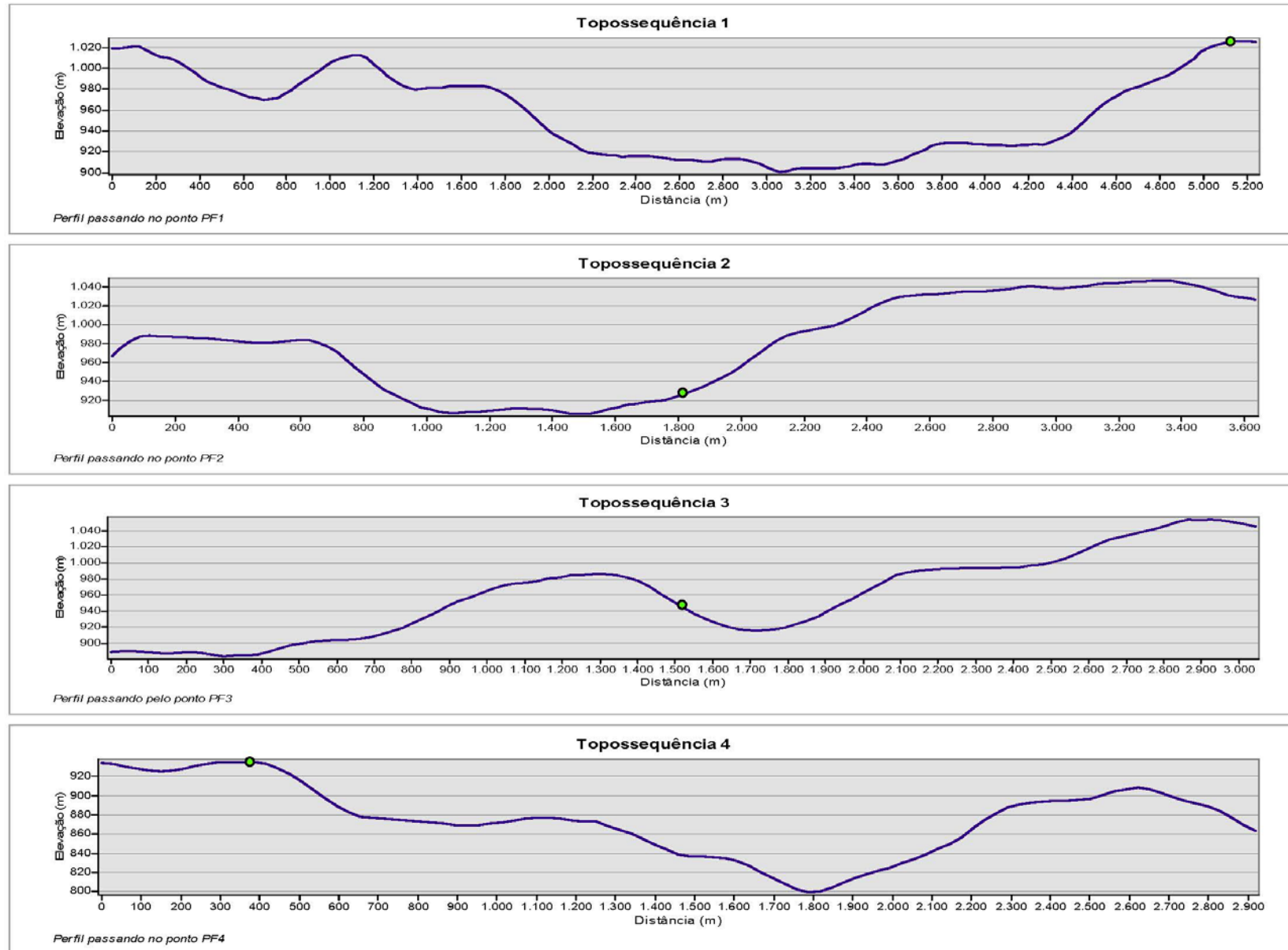
Figura 06 - Mapa de declividade com demarcações preliminares das Unidades de Mapeamento - Microbacia Lajeado dos Mineiros



Fonte: Mapa de Unidades Hidrográficas de Santa Catarina. Epagri/SDS (2007)
Modelo Digital de Elevação - SRTM/NASA - SC, ajustado. Epagri (2005)

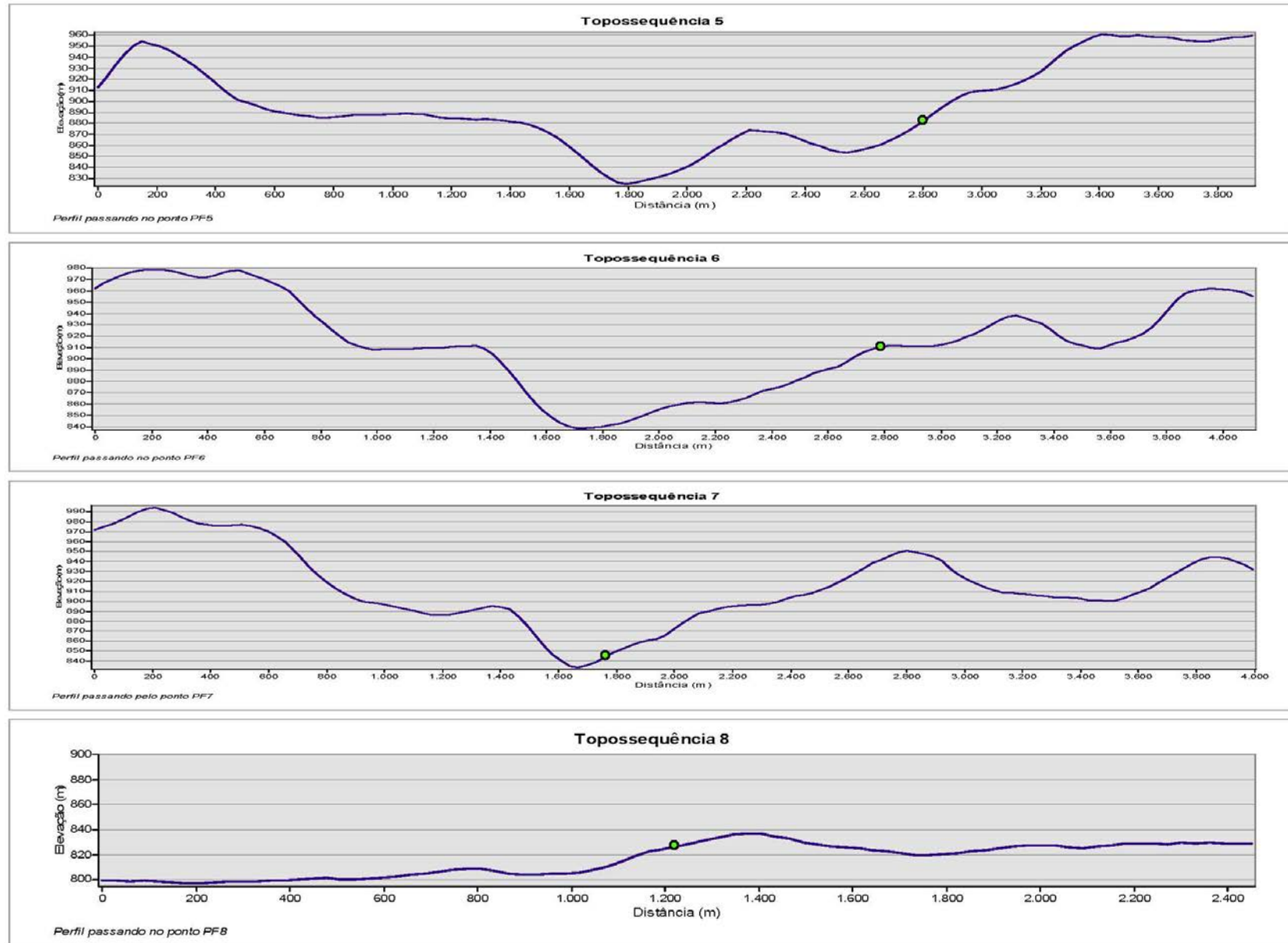


Figura 07b – Topossequências relativas aos Perfis PF1 a PF4



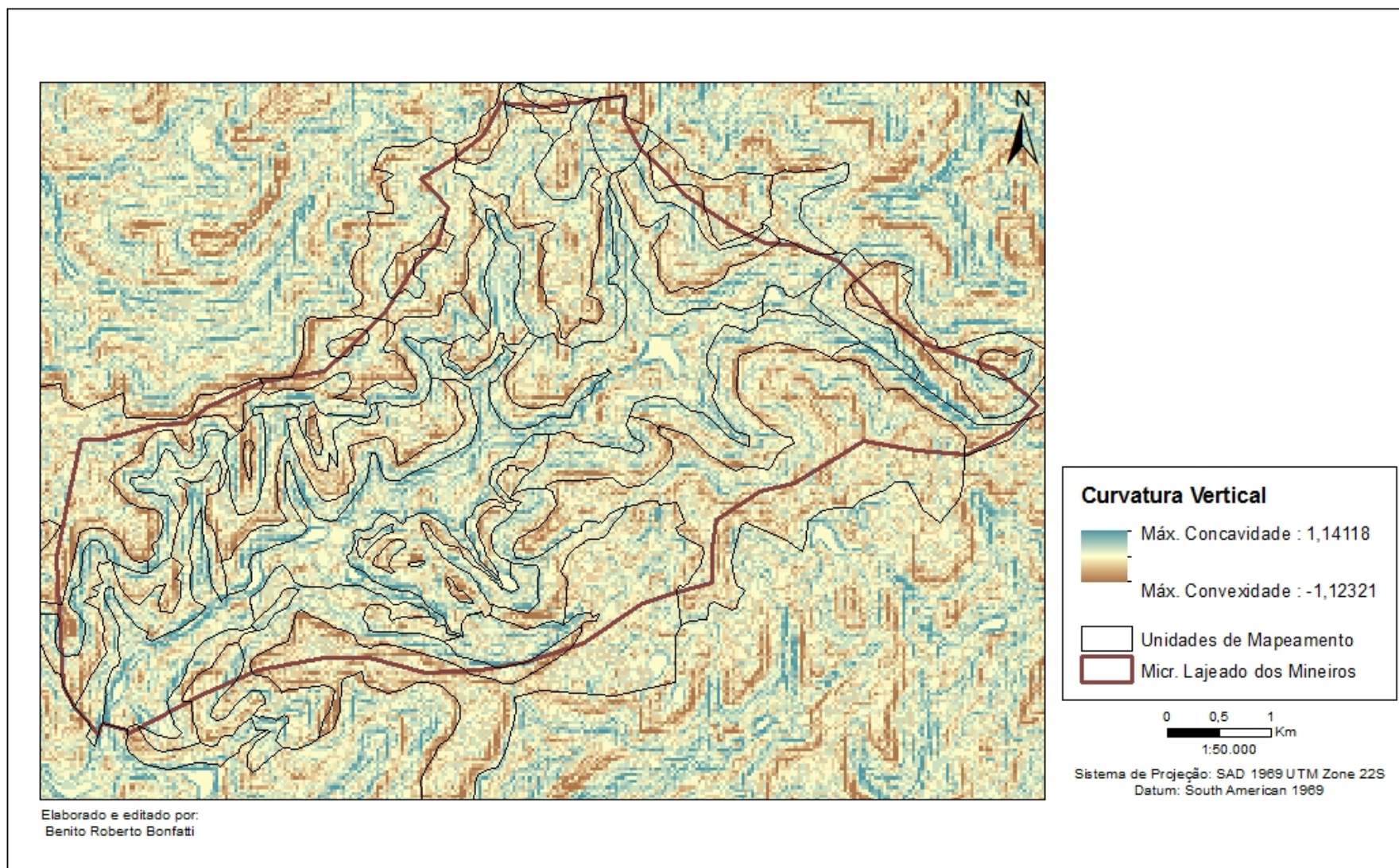
Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2012)

Figura 07c – Topossequências relativas aos Perfis PF5 a PF8



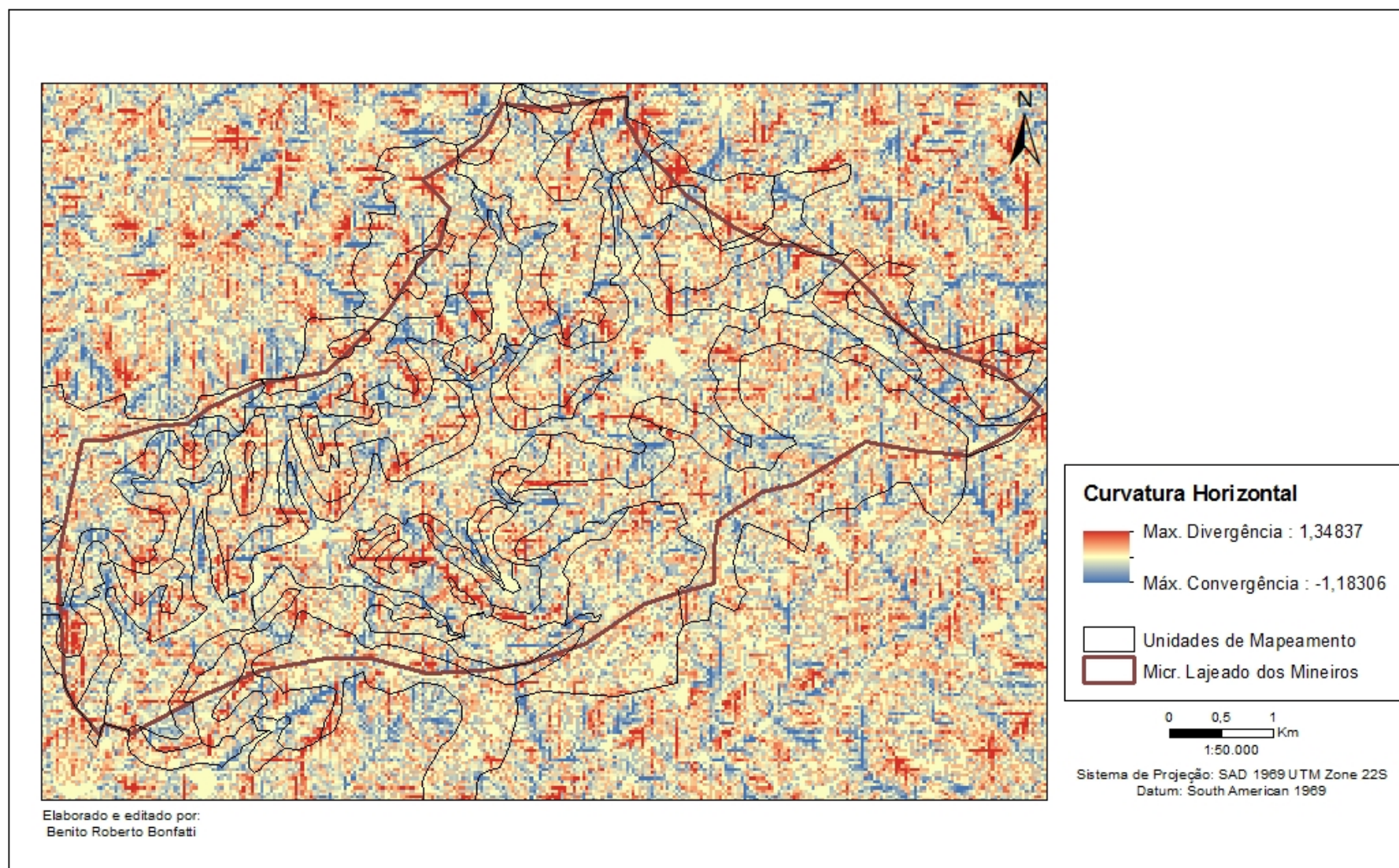
Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2012)

Figura 08 - Mapa de Curvatura Vertical, com Unidades de Mapeamento Preliminares, Microbacia Lajeado dos Mineiros



Fonte: Mapa de Unidades Hidrográficas de Santa Catarina. Epagri/SDS (2007)
Modelo Digital de Elevação - SRTM/NASA – SC, ajustado. Epagri (2005)

Figura 09 - Mapa de Curvatura Horizontal, com Unidades de Mapeamento Preliminares, Microbacia Lajeado dos Mineiros



Fonte: Mapa de Unidades Hidrográficas de Santa Catarina. Epagri/SDS (2007)
Modelo Digital de Elevação - SRTM/NASA – SC, ajustado. Epagri (2005)

O mapa de orientação de vertente está representado na Figura 10. O valor de 0 a 360° corresponde à variação no sentido horário, contado a partir do Norte. Os fundos de vales ficam bem destacados, devido ao contraste de cores que representam diferentes orientações, como constatado por Sarmento (2010). Indicam também o sentido de fluxo da água corrente, auxiliando na identificação de canais de drenagem e divisores de água. Uma das consequências relacionadas à orientação das vertentes é a exposição à luz solar. As vertentes localizadas no hemisfério Sul e voltadas para o Equador recebem mais luz solar modificando a temperatura da superfície e os regimes de umidade, atuando também na evapotranspiração (ROMANO & CHIRICO, 2004 apud SARMENTO, 2010).

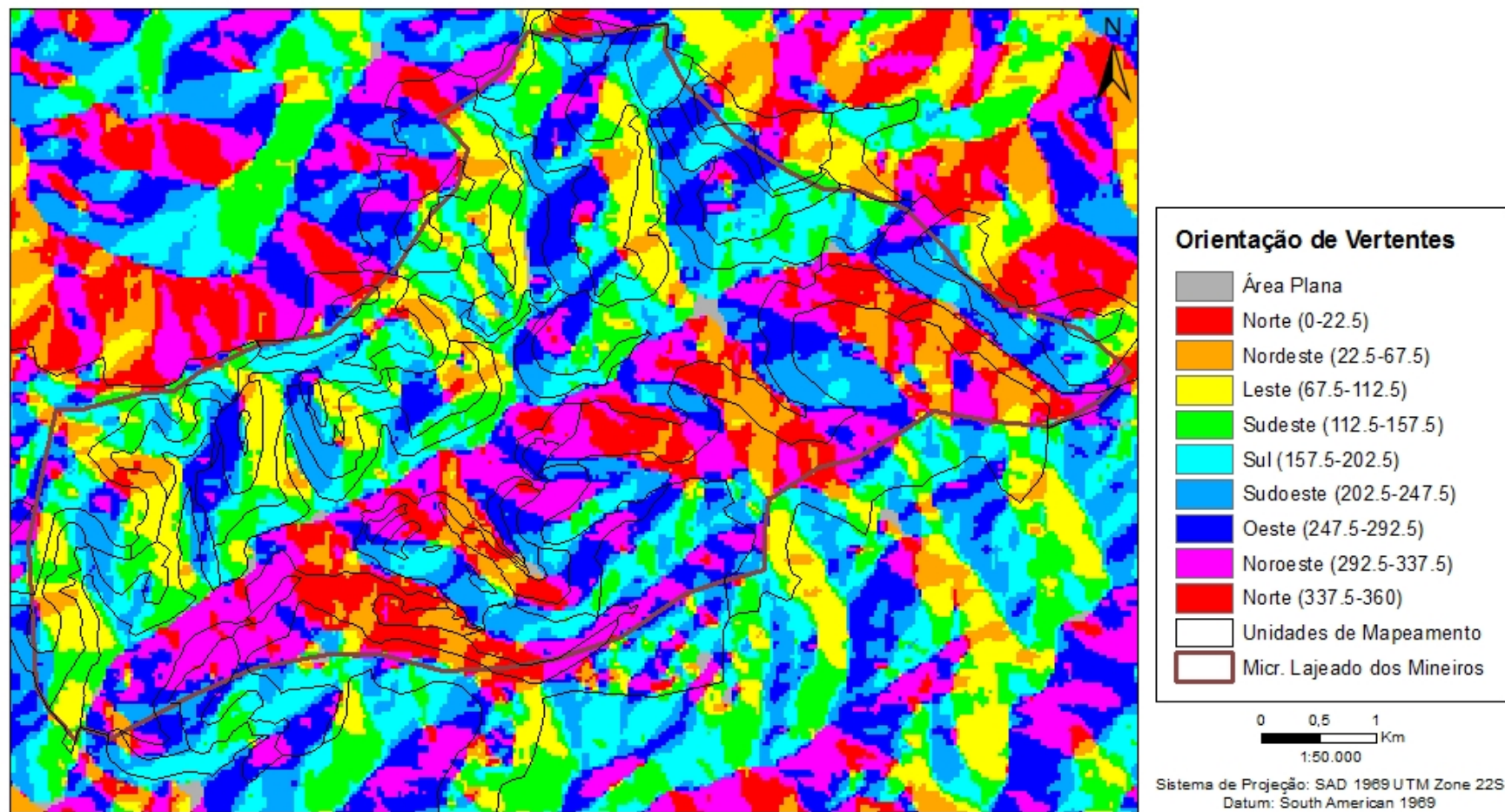
O mapa do índice de umidade topográfica está representado na Figura 11. O contraste de cores neste mapa auxilia no reconhecimento de áreas onde há maior ou menor acumulação hídrica. Cores mais escuras indicam maior acúmulo de água e regiões que apresentam condições para aprofundamento do perfil do solo. Cores mais claras indicam menor acumulação hídrica e, sob estas condições, os solos tendem a ser menos profundos.

4.1.2 Classificação preliminar

A classificação preliminar dos solos considerou as variações de relevo encontradas na paisagem através do uso dos anaglifos e da visualização das imagens no estereoscópio. Estimou-se limites entre solos a partir de divergências topográficas e informações referentes ao solo contando apenas com as observações de campo. Não houve uma nova verificação a campo para confirmação do delineamento prévio.

Nessa classificação prévia, foram determinadas 5 unidades taxonômicas: Nitossolo Vermelho (NV), Nitossolo Bruno (NB), Cambissolo Háplico (CX), Neossolo Regolítico (RR) e Neossolo Litólico (RL). Os pontos observados e coletados estão representados na Figura 12. O mapa das unidades previamente classificadas pode ser observado na Figura 13. Observou-se uma diversidade de unidades de mapeamento que posteriormente precisaram ser redefinidas e reclassificadas, a partir de verificações em campo e do resultado das análises químicas e físicas das amostras coletadas.

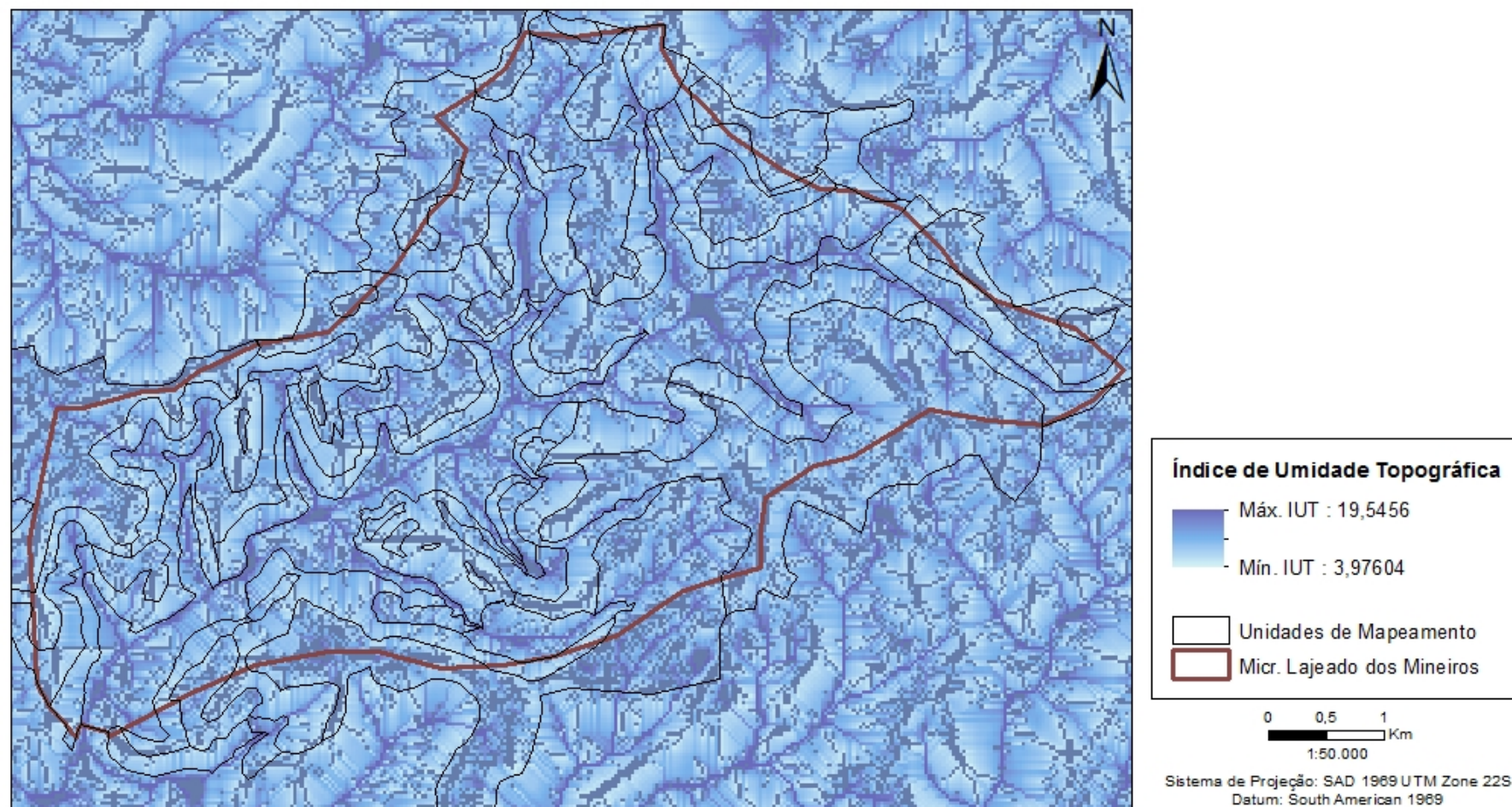
Figura 10 - Mapa de Orientação de Vertentes com Unidades de Mapeamento Preliminares. Microbacia Lajeado dos Mineiros



Elaborado e editado por:
Benito Roberto Bonfatti

Fonte: Mapa de Unidades Hidrográficas de Santa Catarina. Epagri/SDS (2007)
Modelo Digital de Elevação - SRTM/NASA - SC, ajustado. Epagri (2005)

Figura 11 - Mapa do Índice de Umidade Topográfica, com Unidades de Mapeamento Preliminares. Microbacia Lajeado dos Mineiros



Elaborado e editado por:
Benito Roberto Bonfatti

Fonte: Mapa de Unidades Hidrográficas de Santa Catarina. Epagri/SDS (2007)
Modelo Digital de Elevação - SRTM/NASA – SC, ajustado. Epagri (2005)

Figura 12 - Pontos de coleta de perfis completos, amostras extras e pontos de observação

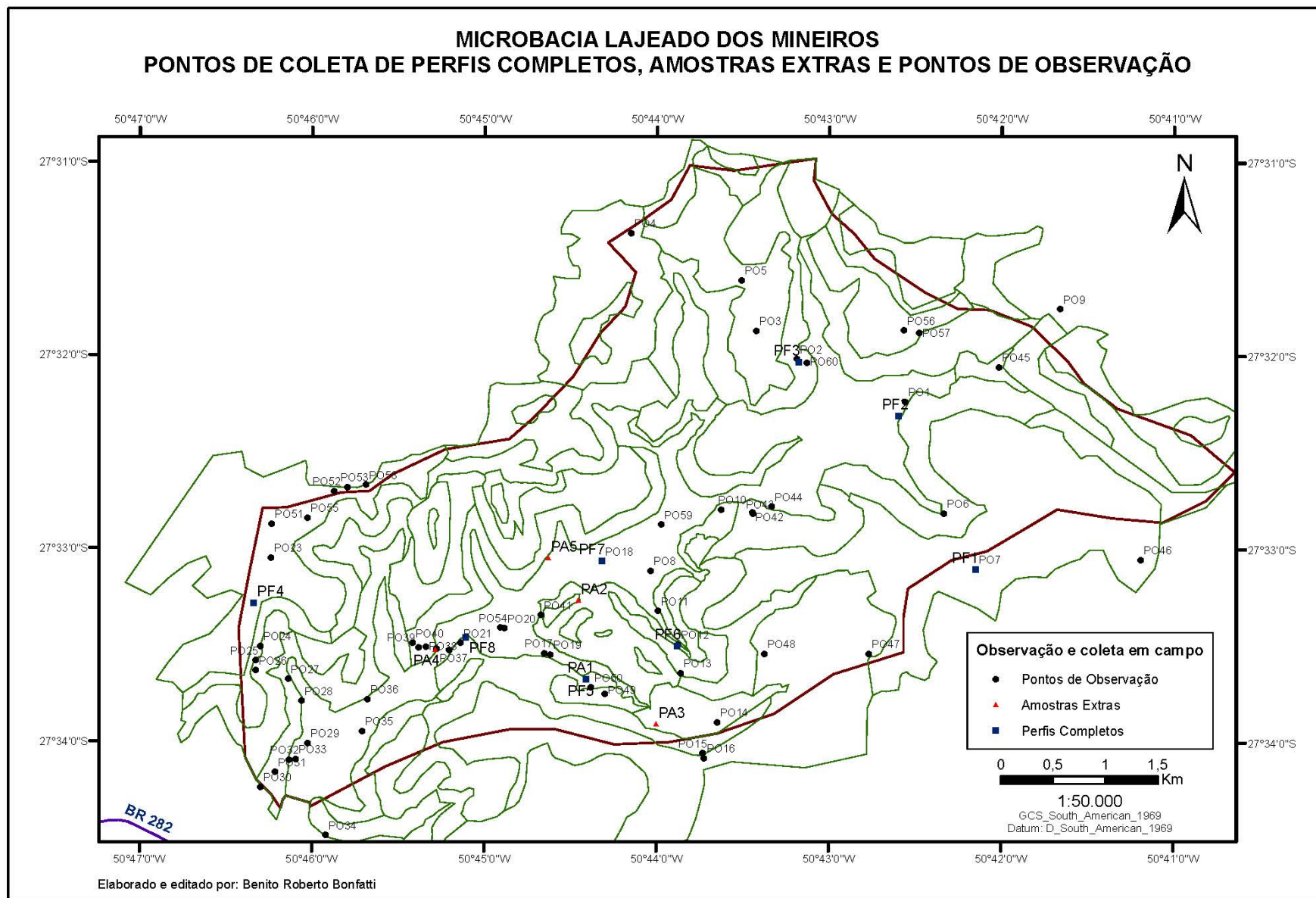
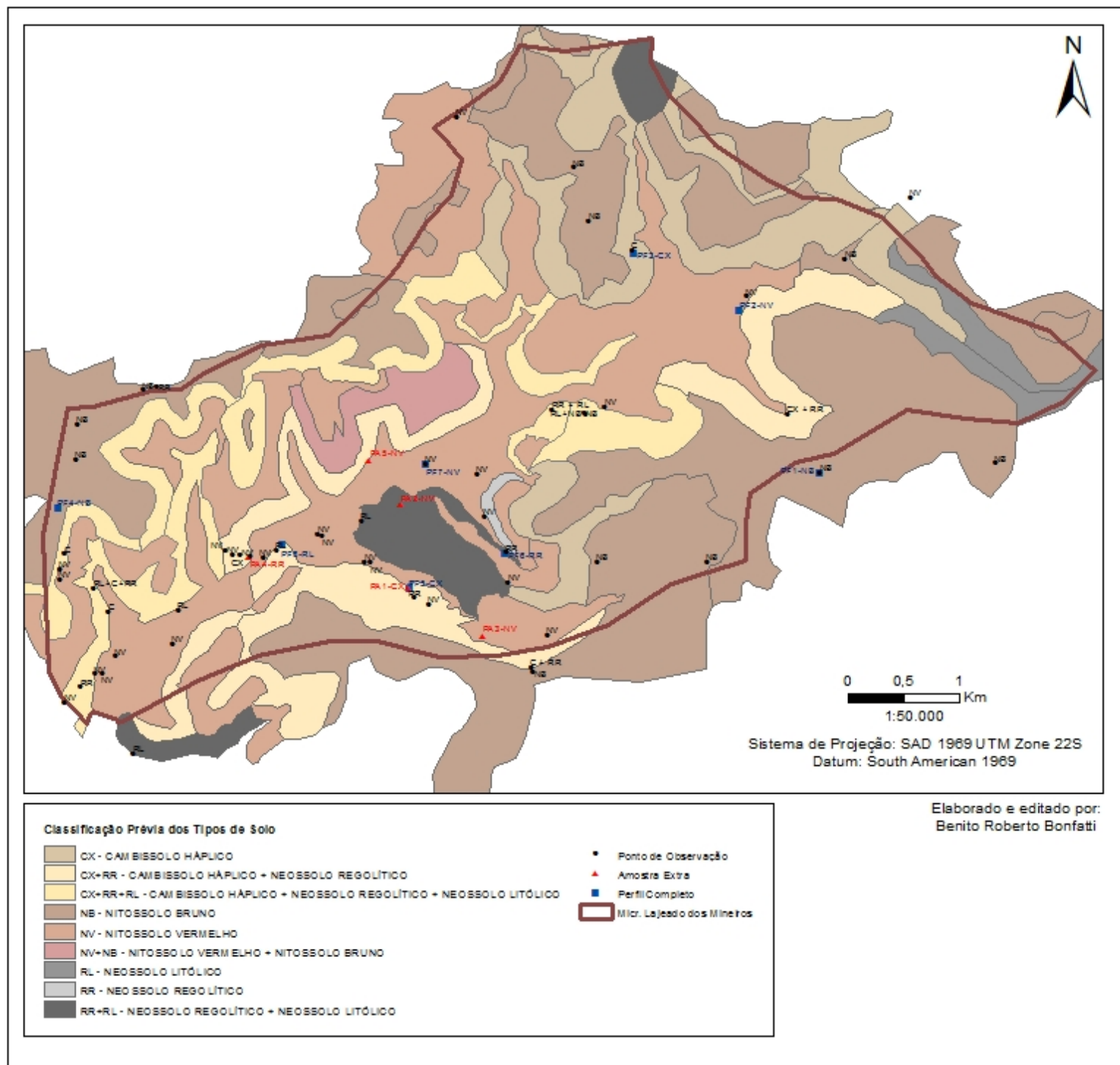


Figura 13 - Classificação Prévia dos Solos na Microbacia Lajeado dos Mineiros



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2012)

4.2 CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS NA ÁREA DE ESTUDO

Os solos da Microbacia Lajeado dos Mineiros, predominantemente sobrepostos a substratos de rochas básicas, apresentam em geral características pedológicas apropriadas ao uso agrícola. O substrato básico favorece a formação de solos com média saturação por bases, caráter férrico e textura muito argilosa em sua maioria. Neossolos e Cambissolos têm como fatores limitantes a pedregosidade e a baixa profundidade, apesar de apresentarem maior saturação por bases. Nitossolos Vermelhos e Brunos se caracterizam por uma menor saturação por bases, porém tem maiores profundidades e relevo menos movimentado, o que favorece uma maior aptidão para culturas anuais. Em solos derivados de rochas com características intermediárias, como o riodacito e o andesito, foram encontrados Nitossolos e Cambissolos, mas em menor extensão que os derivados de basalto.

A morfologia do relevo da microbacia influencia sobremaneira a distribuição dos tipos de solo. Áreas próximas ao fundo de vale, que receberam grande quantidade de material coluvial, têm a dominância de perfis mais profundos, que junto à presença de cerosidade e da hematita caracterizam os Nitossolos Vermelhos. Essa mesma classe de solo é encontrada em patamares aplainados cortando encostas íngremes. Na Bacia do Paraná é comum a ocorrência de patamares ondulados ou suave ondulados devido à erosão diferenciada de rochas formadas durante consecutivos magmatismos extrusivos. Essa condição, associada aos lineamentos geológicos (BOGNOLA, 2011), provocam conseqüentemente um intemperismo heterogêneo sobre a microbacia, o que resulta também em diferenças topográficas. Nas regiões mais altas e planas da microbacia predominam os Nitossolos Brunos.

Nas encostas, onde há relevo forte ondulado e montanhoso, os solos são pouco profundos e com pequeno desenvolvimento pedogenético, sobressaem os Cambissolos Háplicos, Neossolos Regolíticos e Neossolos Litólicos. Essa também é a principal área contribuidora de sedimentos, e conseqüentemente de bases trocáveis, para o fundo de vale e o terço inferior de encosta, os quais apresentam maior quantidade de material coluvial.

Com base nessas características topográficas, associadas aos resultados obtidos nas análises químicas e físicas, houve a identificação de sete principais subgrupos de solo: NITOSSOLOS VERMELHOS Distroférricos típicos, NITOSSOLOS BRUNOS Distroférricos típicos, CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Eutroférricos típicos, CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distroférricos típicos, NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Eutroúmbricos lépticos, NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Distróficos lépticos, NEOSSOLOS LITÓLICOS Chernossólicos típicos.

4.2.1 Nitossolos

A ordem dos Nitossolos , de acordo com Embrapa (2006):

compreende solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítico, textura argilosa ou muito argilosa (teores de argila maiores que 350g/Kg de solo a partir do horizonte A), estrutura em blocos subangulares ou angulares, ou prismática, de grau moderado ou forte, com cerosidade expressiva nas superfície dos agregados.

Tendo o basalto como material de origem e considerando a alta pluviosidade anual, os Nitossolos apresentam-se ricos em óxidos de ferro e alumínio, formados por material bastante intemperizado após lixiviação de bases e de parte do silício. Ainda de acordo com a Embrapa (2006), apresentam “avançada evolução pedogenética pela atuação da ferralitização com intensa hidrólise, originando composição caulinítica-oxídica ou virtualmente caulinítica, ou vermiculita com hidroxí-Al nas entrecamadas” . Os Nitossolos foram identificados em campo pelas características de profundidade do perfil e cerosidade no horizonte B, identificado como B nítico.

Os Nitossolos coletados em campo e analisados apresentam argila de atividade baixa, com quantidade considerável de alumínio aumentando em profundidade, mas não o suficiente para sua caracterização como aluminico. Apresentam gradiente textural menor que 1,5 e textura muito argilosa, predominando as estruturas em blocos subangulares ou prismáticas e bem desenvolvidas. A CTC dos horizontes B nítico apresentaram valores menores que 20 cmol_c/kg.

Os NITOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos típicos foram encontrados em relevo suave ondulado e ondulado na área de fundo de vale e em relevos patamarizados entremeados pelas encostas. São solos de cor avermelhada (2,5YR e 4,0YR no horizonte B), profundos (150cm em média) e com cerosidade comum e moderada. As cores avermelhadas são explicadas pela presença de óxidos de ferro (hematita) em superfícies bem drenadas, típicas das áreas de baixa altitude da microbacia. Foram descritos para essa classe os perfis PF2 e PF7, Apêndice B e 3 amostras extras, Apêndice C.

O perfil PF2 (Figura 14 e Tabela 3), coletado em terraço coluvial, com cobertura de gramíneas, próximo ao fundo do vale e curso superior do curso principal, tem horizonte superficial A proeminente com transição gradual para o B nítico. Este solo tem matiz 4YR dominante na coloração do horizonte B e, para efeito de classificação, foi utilizado o determinado na Proposta de Atualização da Segunda Edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al.,2012), separando os Nitossolos Vermelhos e Brunos,

sendo que para ser classificado como Bruno²² os Nitossolos precisam apresentar matiz dominante, no horizonte B, 7,5YR ou mais amarelos. O perfil PF7 (Figura 15 e Tabela 4) foi coletado também em fundo de vale, em solo descoberto, próximo ao curso médio principal, e tem como horizontes diagnósticos A moderado e B nítico. Além dos perfis, foram analisadas as amostras extras PA2 (em área de voçoroca), PA3 (em terraço coluvial) e PA5 (em solo com vegetação de mata). São de textura muito argilosa, estrutura moderada, média em blocos subangulares, cerosidade moderada e comum. No horizonte B há argila de atividade baixa e saturação por bases menor que 50%, sendo que os valores maiores foram identificados nas amostras PF2 e PA5, as quais foram coletadas nos limites da ocorrência de Neossolos e Cambissolos. Os Nitossolos Vermelhos encontrados em patamares aplainados de maior altitude, junto às encostas no curso superior do rio principal, apresentam características transicionais para Nitossolos Brunos, geralmente com matizes 4YR.

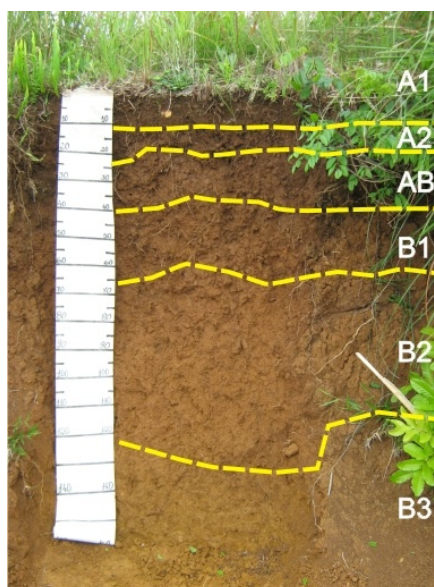
Os NITOSSOLOS BRUNOS Distroférricos típicos são encontrados nos topos elevados e aplainados, próximos aos divisores de água da microbacia, se estendendo aos pequenos vales de topo enquanto o relevo permanece suave ondulado, terminando nas rampas onde o relevo passa a ondulado e forte ondulado. Apresentam cor brunada (7,5YR no horizonte B, com menor proporção de 6YR ou 6,5YR), são profundos (150cm de profundidade em média) com menor expressão de cerosidade que nos Nitossolos Vermelhos. De acordo com a Embrapa (2006, p. 85), para os Nitossolos Brunos, “admite-se que a superfície dos agregados seja pouco reluzente (superfícies de compressão), mas os perfis devem apresentar aspecto característico de fendilhamento, indicativo de alta expansão e contração pelo umedecimento e secagem do material do solo, pelos altos teores de argila”. Esta condição foi observada em todos os perfis. Foram descritos para essa classe os perfis PF1 e PF4.

O perfil PF1 (Figura 16 e Tabela 5) foi coletado em topo de elevação próximo ao terço superior de encosta, com cobertura de gramíneas, à margem esquerda do curso principal e em local próximo ao seu curso superior. Apresenta como horizontes diagnósticos A moderado e B nítico. O perfil PF4 (Figura 17 e Tabela 6) foi coletado em área de solo descoberto, próximo à borda do topo de elevação, à margem direita do curso principal e próximo ao seu curso inferior. Apresenta como horizontes diagnósticos A proeminente e B

²² “NITOSSOLOS BRUNOS: Solos com caráter retrátil e horizonte A húmico ou conteúdo de carbono orgânico superior a 10g/kg até 40cm de profundidade, apresentando, na parte superior do horizonte B (inclusive BA), coloração brunada predominantemente no matiz 7,5YR ou mais amarelo, em concomitância com valor ≤ 4 e croma ≤ 6 quando úmidos. Admite-se solos com matiz 5YR no horizonte B (inclusive BA), desde que o valor seja ≤ 4 e croma < 6 quando úmidos.” (SANTOS et al., 2012, p. 74).

nítico. Ambos apresentam textura muito argilosa, cerosidade fraca a moderada e pouca a comum (em menor quantidade que nos Nitossolos Vermelhos), estrutura moderada, média, em blocos subangulares ou prismática. No horizonte B apresenta baixa atividade de argila e saturação por bases menor que 50% (distróficos).

Figura 14 – Perfil PF2: NITOSSOLO VERMELHO Distroférico típico



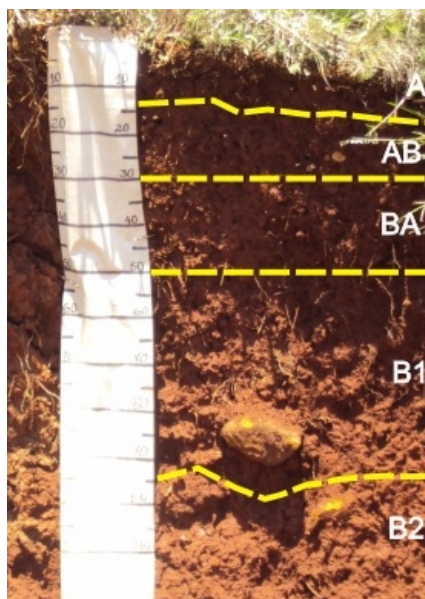
Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2011).

Tabela 3: Perfil PF2 - Análises químicas e físicas

Localização: PF2 - Município de São José do Cerrito, Microbacia Lajeado dos Mineiros.										
Coordenadas: (27°32'20,52"S ; 50°42'37,62"W)										
Classificação: NITOSSOLO VERMELHO Distroférico típico										
Hor.	Prof.	Cor Úmida	Cascalho+ Calhaus	Areia	Silte	Argila	Silte/ Argila	pH H ₂ O	pH KCl	C
	cm		%		g Kg ⁻¹					g Kg ⁻¹
A1	0-11	7,5YR 3/2	4	140	240	620	0,39	5,2	4,5	23,8
A2	11-24	7,5YR 3/3	1	110	210	680	0,31	4,8	4,1	18,6
AB	24-40	4YR 4/4	2	100	130	770	0,17	4,7	3,9	12,8
B1	40-66	4YR 4/4	1	50	160	790	0,20	5,1	3,9	6,6
B2	66-130	4YR 4/4	0	70	240	690	0,35	5,0	3,8	4,4
B3	130-170+	4YR 4/4	1	70	160	770	0,21	4,7	3,9	4,9
Hor.	Ca	Cátions Trocáveis				H+Al	S	CTC a pH7	V	Fe ₂ O ₃
		Mg	K	Na	Al				%	g Kg ⁻¹
						cmol _c Kg ⁻¹				
A1	8,71	2,50	0,92	0,08	0,0	10,9	12,2	23,1	53	
A2	5,42	1,54	0,31	0,11	0,5	10,1	7,4	17,5	42	
AB	4,02	1,14	0,17	0,07	1,5	9,9	5,4	15,3	35	
B1	1,94	0,81	0,13	0,06	2,7	9,1	2,9	12,1	24	224,26
B2	3,49	1,01	0,16	0,09	3,9	9,5	4,7	14,3	33	246,03
B3	1,05	1,27	0,12	0,12	1,7	6,6	2,6	9,1	28	225,22

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2012).

Figura 15 – Perfil PF7: NITOSSOLO VERMELHO Distroférico típico



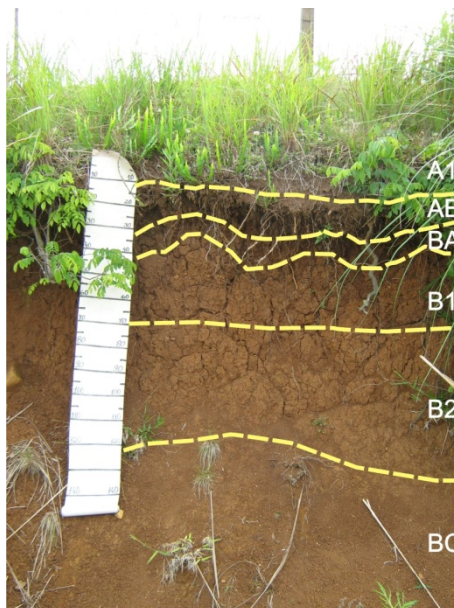
Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2011).

Tabela 4 – Perfil PF7 - Análises químicas e físicas

Localização: PF7 - Município de São José do Cerrito, Microbacia Lajeado dos Mineiros.										
Coordenadas: (27°33'05,64"S ; 50°44'20,83"W)										
Classificação: NITOSSOLO VERMELHO Distroférico típico										
Hor.	Prof.	Cor Úmida	Cascalho+ Calhaus	Areia	Silte	Argila	Silte/ Argila	pH H ₂ O	pH KCl	C
	cm		%		g Kg ⁻¹					g Kg ⁻¹
A	0-14	5YR 3/4	6	60	200	740	0,27	4,6	4,0	18,5
AB	14-30	3,5YR 3/4	0	40	260	700	0,37	4,6	3,9	13,3
BA	30-50	2,5YR 4/4	2	40	240	720	0,33	4,5	4,0	13,3
B1	50-95	2,5YR 4/6	3	40	90	870	0,10	4,6	3,9	7,1
B2	95-150+	2,5YR 4/4	1	30	110	860	0,13	5,4	4,1	4,1
Hor.	Cátions Trocáveis							CTC a pH7	V	Fe ₂ O ₃
	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	S			
	cmol _c Kg ⁻¹								%	g Kg ⁻¹
A	2,64	1,24	0,42	0,10	1,2	11,7	4,4	16,1	27	
AB	1,19	0,50	0,13	0,13	2,0	10,7	1,9	12,6	15	
BA	0,52	0,22	0,06	0,10	2,0	9,3	0,9	10,2	9	246,60
B1	0,64	0,34	0,05	0,07	1,9	8,7	1,1	9,8	11	220,54
B2	0,48	0,19	0,08	0,09	1,0	7,0	0,8	7,8	11	208,97

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2012).

Figura 16 – Perfil PF1: NITOSSOLO BRUNO Distroférico típico



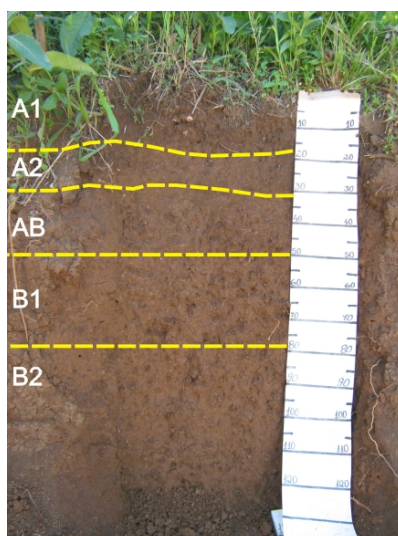
Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2011).

Tabela 5 - Perfil PF1 - Análises químicas e físicas

Localização: PF1 - Município de São José do Cerrito, Microbacia Lajeado dos Mineiros.										
Coordenadas: (27°33'07,97"S ; 50°42'10,79"W)										
Classificação: NITOSSOLO BRUNO Distroférico típico										
Hor.	Prof.	Cor Úmida	Cascalho+ Calhaus	Areia	Silte	Argila	Silte/ Argila	pH H ₂ O	pH KCl	C
	cm		%		g Kg ⁻¹					g Kg ⁻¹
A1	0-14	7,5YR 3/3	12	90	250	660	0,84	4,7	4,1	29,8
AB	14-30	7,5YR 3/4	10	40	160	800	0,20	4,5	3,8	20,3
BA	30-45	6,5YR 4/6	1	30	90	880	0,10	4,4	3,8	13,4
B1	45-70	6YR 4/6	5	40	100	860	0,12	4,4	3,8	9,5
B2	70-125	7,5YR 4/6	2	30	360	610	0,59	4,9	3,8	7,5
BC	125-150+	7,5YR 5/6	1	30	150	820	0,18	4,9	4,0	4,5
Hor.	Cátions Trocáveis									
	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	S	CTC a pH7	V	Fe ₂ O ₃
	cmol _c Kg ⁻¹								%	g Kg ⁻¹
A1	7,16	1,42	0,51	0,08	0,4	13,3	9,2	22,5	41	
AB	3,70	0,83	0,19	0,05	2,4	12,0	4,8	16,8	28	
BA	1,53	0,46	0,10	0,08	3,2	12,4	2,2	14,5	15	208,13
B1	0,98	0,36	0,07	0,09	3,4	11,5	1,5	13,0	12	205,95
B2	0,56	0,30	0,08	0,06	2,6	8,5	1,0	9,5	11	202,27
BC	0,37	0,21	0,08	0,07	1,6	7,4	0,7	8,2	9	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2012).

Figura 17 - Perfil PF4: NITOSSOLO BRUNO Distroférico típico



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2011).

Tabela 6 - Perfil PF4 - Análises químicas e físicas

Localização: PF4 - Município de São José do Cerrito, Microbacia Lajeado dos Mineiros.										
Coordenadas: (27°33'18,95"S ; 50°46'22,10"W)										
Classificação: NITOSSOLO BRUNO Distroférico típico										
Hor.	Prof.	Cor Úmida	Cascalho+ Calhaus	Areia	Silte	Argila	Silte/ Argila	pH H ₂ O	pH KCl	C
	cm		%		g Kg ⁻¹					g Kg ⁻¹
A1	0-17	7,5YR 3/2	5	90	290	620	0,47	5,1	4,4	22,6
A2	17-31	7,5YR 3/3	3	70	280	650	0,43	5,2	4,5	16,8
AB	31-50	7,5YR 3/3	3	50	180	770	0,23	4,5	3,8	14,8
B1	50-78	7,5YR 3/4	0	50	150	800	0,19	4,4	3,7	10,0
B2	78-130+	7,5YR 3/4	1	30	90	880	0,10	4,4	3,7	8,6
Hor.	Ca	Mg	Cátions Trocáveis			H+Al	S	CTC a pH7	V	Fe ₂ O ₃
			K	Na	Al				%	g Kg ⁻¹
			cmol _c Kg ⁻¹							
A1	7,49	1,64	0,92	0,07	0,0	10,7	10,1	20,9	49	
A2	8,46	1,91	0,66	0,06	0,0	9,9	11,1	21,0	53	
AB	3,08	0,93	0,36	0,09	2,3	14,3	4,5	18,8	24	
B1	1,31	0,62	0,17	0,16	2,9	12,9	2,3	15,2	15	196,03
B2	0,89	0,38	0,17	0,08	3,4	10,9	1,5	12,4	12	196,78

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2012).

4.2.2 Cambissolos

Os Cambissolos foram encontrados nas áreas declivosas da microbacia, em relevo forte ondulado e montanhoso, juntamente com os Neossolos. O horizonte subsuperficial apresenta pouca espessura, classificado como B incipiente. Apresentam influência de material coluvial pedregoso, oriundos das áreas de maiores altitudes. A vegetação dominante é a de capoeira. As rochas de origem são basalto, andesito-basalto e riodacito.

Conforme Embrapa (2006, p. 77), a ordem dos Cambissolos:

compreende solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, desde que em qualquer dos casos não satisfaçam os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes Vertissolos, Chernossolos, Plintossolos, Organossolos. Tem sequência de horizonte A ou hístico [O ou H], Bi e C, com ou sem R.

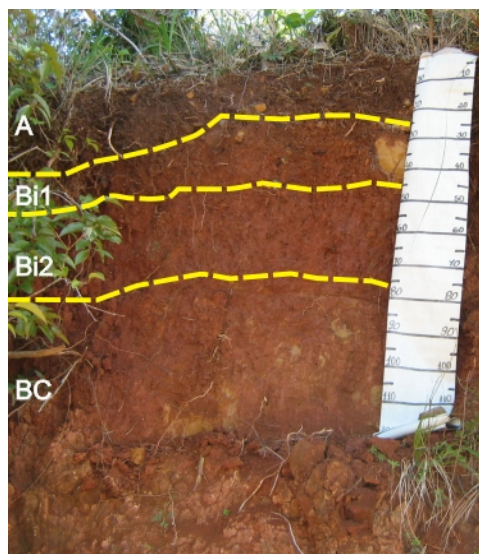
Os Cambissolos são solos em estágio intermediário de intemperismo, que não sofreram alterações físicas e químicas muito avançadas (OLIVEIRA, 2005). Nas análises físicas, constatou-se baixa variação do teor de argila ao longo do perfil, uma quantidade de minerais intemperizáveis variável, predominando as amostras com características eutróficas e, em menor número, amostras com características distróficas. A argila em todas as amostras apresentou atividade baixa (com valor T médio de 16cmolc/kg). Segundo Oliveira (2005), o fato dos Cambissolos não apresentarem incremento significativo de argila no horizonte B, faz com que sejam menos suscetíveis à erosão do que os solos com B textural, em igualdade de condições de relevo e uso. Em campo, a declividade acentuada da região, possibilita a ocorrência de erosão moderada a forte em alguns pontos.

A profundidade dos Cambissolos é, em média, de 110cm com 60cm ocupado pelo horizonte Bi. Apesar do saprólito aparecer em baixa profundidade, não constitui impedimento para a formação e crescimento de raízes, sendo encontradas em quantidade significativa.

A quantidade de alumínio encontrada nas análises não é suficiente para caracterizá-lo como alumínico. A quantidade de matéria orgânica é expressiva, sendo apenas superada em áreas onde predominam os Neossolos. Conforme Oliveira (2005) essa característica confere ao horizonte superficial do Cambissolos boas condições físicas, com facilidade de preparo da terra para o plantio, quando não pedregosos. Oferecem boas condições para a fruticultura de clima temperado, pastagens e reflorestamento com pinus. Foram coletados e descritos para essa classe os perfis PF3 e PF5 e a amostra extra PA1.

O perfil PF3 (Figura 18 e Tabela 7) foi classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutroférico típico. Coletado em terço médio de encosta íngreme, próximo ao curso superior do rio principal à margem direita, relevo forte ondulado, com cobertura de capoeira, tendo como horizontes diagnósticos A moderado e B incipiente. O perfil PF5 (Figura 19 e Tabela 8) foi classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distroférico típico. Coletado em terço médio de encosta, curso médio do rio principal à margem esquerda, relevo forte ondulado, em cobertura de capoeira, tendo como horizontes diagnósticos A moderado e B incipiente. Ambos apresentam como característica a forte presença de material coluvial e linhas de cascalhos entre A e B. As análises mostram predominantemente textura muito argilosa, estrutura moderada e média em blocos subangulares, não apresentando cerosidade. O horizonte B apresenta argila de atividade baixa. Para PF3 as análises indicam características de saturação por base maior que 50% e alto teor de óxidos de ferro sendo, portanto, eutroférico. Para PF5, a saturação por base é inferior a 50% e o teor de óxidos de ferro é alto sendo, portanto, distroférico.

Figura18 - Perfil PF3: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutroférico típico



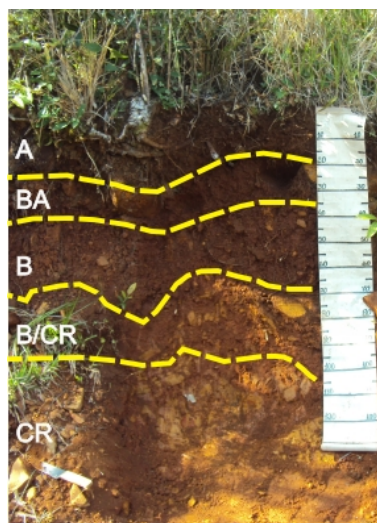
Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2011).

Tabela 7 - PF3 - Análises químicas e físicas

Localização: PF3 - Município de São José do Cerrito, Microbacia Lajeado dos Mineiros.										
Coordenadas: (27°32'03,79"S ; 50°43'12,54"W)										
Classificação: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutroférico típico										
Hor.	Prof.	Cor Úmida	Cascalho+ Calhaus	Areia	Silte	Argila	Silte/ Argila	pH H ₂ O	pH KCl	C
	cm		%		g Kg ⁻¹					g Kg ⁻¹
A	0-22	5YR 3/2	33	220	330	450	0,73	5,6	5,0	23,8
Bi1	22-45	3,5YR 4/4	14	140	240	620	0,39	5,3	4,8	9,2
Bi2	45-75/85	2,5YR 4/6	0	70	230	700	0,33	5,2	4,8	4,4
BC	75/85-120+	2,5YR 4/8	0	120	270	610	0,44	5,3	4,9	3,4
Hor.	Ca	Mg	Cátions Trocáveis			H+Al	S	CTC a pH7	V	Fe ₂ O ₃
			K	Na	Al				%	g Kg ⁻¹
			cmol _c Kg ⁻¹							
A	10,34	2,38	0,46	0,13	0,0	8,8	13,3	22,1	60	
Bi1	4,39	1,79	0,13	0,17	0,0	5,3	6,5	11,7	55	224,85
Bi2	5,77	1,61	0,08	0,18	0,0	3,6	7,6	11,2	68	210,98
BC	4,67	2,06	0,10	0,14	0,0	5,0	7,0	11,9	58	213,45

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2012).

Figura 19 - Perfil PF5: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distroférico típico



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2011).

Tabela 8 – Perfil PF5 - Análises químicas e físicas

Localização: PF5 - Município de São José do Cerrito, Microbacia Lajeado dos Mineiros.										
Coordenadas: (27°33'42,39"S ; 50°44'26,29"W)										
Classificação: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distroférico típico										
Hor.	Prof.	Cor Úmida	Cascalho+ Calhaus	Areia	Silte	Argila	Silte/ Argila	pH H ₂ O	pH KCl	C
	cm		%		g Kg ⁻¹					g Kg ⁻¹
A	0-20	5YR 3/4	9	140	250	610	0,41	5,2	4,7	28,9
BA	20-35	2,5YR 3/4	7	120	160	720	0,22	4,6	4,3	12,4
B	35-60/80	2,5YR 4/6	38	110	150	740	0,20	4,9	4,2	8,9
B/C	60/80-95/110	2,5YR 4/8	89	90	250	660	0,38	5,3	4,3	4,0
Hor.	Ca	Mg	Cátions Trocáveis					CTC a pH7	V	Fe ₂ O ₃
			K	Na	Al	H+Al	S		%	g Kg ⁻¹
			cmol _c Kg ⁻¹							
A	7,98	1,82	0,68	0,08	0,0	10,7	10,6	21,3	50	
BA	3,66	1,08	0,13	0,08	0,1	7,7	4,9	12,7	39	253,78
B	1,37	0,53	0,07	0,09	0,7	7,8	2,1	9,8	21	223,01
B/C	0,46	0,34	0,07	0,12	0,3	4,7	1,0	5,6	18	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2012).

4.2.3 Neossolos

Os Neossolos foram encontrados nas áreas mais declivosas da microbacia, junto aos Cambissolos ou como inclusões pontuais em áreas mais baixas, de morfologia convexa, fazendo limite com os Nitossolos Vermelhos. São comuns também em topos de elevação estreitos, sob os quais atuam atividades erosivas mais expressivas, aparecendo por vezes junto a afloramentos rochosos. Em campo, é identificado pela ausência do horizonte B, sendo que o horizonte superficial está logo acima da rocha pouco intemperizada (horizonte C). Foram identificados Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos.

São solos pouco desenvolvidos, sem horizonte diagnóstico subsuperficial (ausência do horizonte B). De acordo com Embrapa (2006), a ordem dos Neossolos:

compreende solos constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem, como maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica, ou por influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos.

Foram coletados e analisados os perfis PF6 e PF8 e a amostra extra PA4. Dos solos analisados, foram os que apresentaram o menor teor de argila (aproximadamente 50%) e maior teor de areia (aproximadamente 25%). Foram também os que apresentaram o mais alto pH em água, variando de 5,19 a 6,11 e também quantidades relativamente baixas de H + Al (média de 7,63 cmolc/kg), indicando baixa ou nenhuma necessidade de correção de acidez.

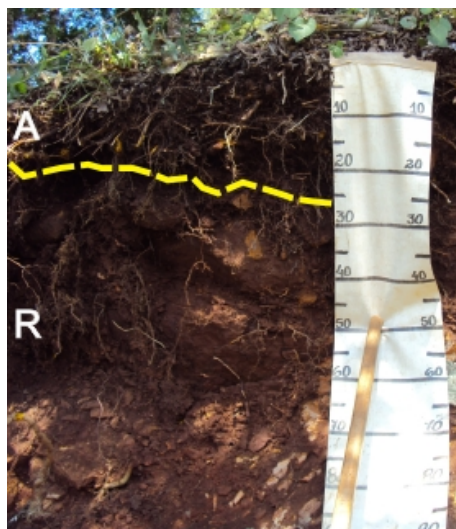
O perfil PF8 (Figura 20 e Tabela 9) foi classificado como NEOSSOLO LITÓLICO Chernossólico típico. Foi coletado em terço inferior de encosta, em área de mata remanescente, próximo ao rio principal, em seu curso médio a inferior. O horizonte R ocorre imediatamente abaixo do A e é constituído de basalto semi-intemperizado e fragmentado em planos horizontais e verticais e o contato lítico acontece próximo a 20cm de profundidade. Apresenta como horizonte diagnóstico o A chernozêmico e não apresenta horizonte B e C. A atividade da argila e a saturação por bases são altas, pressupondo a presença de materiais pouco intemperizados e a presença de argilominerais 2:1. A textura é argilosa e a estrutura moderada pequena e muito pequena granular. A transição para o R é abrupta e irregular. Há restrição em profundidade para o crescimento de raízes maiores, havendo o predomínio de raízes finas fasciculadas, devido à proximidade do contato lítico. Caracteriza-se como

eutrófico. Seu uso mais recomendado seria para preservação permanente ou eventualmente para reflorestamento e pastagens.

O perfil PF6 (Figura 21 e Tabela 10) foi classificado como NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutroúmbrico léptico. Foi coletado em terço superior de uma segunda encosta, no vale de um dos afluentes do curso médio na margem esquerda do rio principal, em área de relevo forte ondulado. Tem como horizonte diagnóstico o A proeminente e não apresenta horizonte B. É frequente a ocorrência de fragmentos de basalto intemperizado entre os horizontes A e C, aparecendo como calhaus com cor de alteração amarelada. Atualmente apresenta uso como pastagem. A argila é de alta atividade no A e a saturação por bases maior que 50%. A textura é argilosa e predomina a estrutura moderada média granular e fraca pequena com blocos subangulares.

Nos Neossolos Regolíticos, há presença de um horizonte A pouco profundo, mais espesso que nos Neossolos Litólicos, sendo que o contato lítico acontece a profundidade maior que 50cm (80cm em média). Normalmente não oferece maiores restrições ao aprofundamento do sistema radicular (OLIVEIRA, 2005). A textura é argilosa e com elevada soma de bases, sendo classificado como eutrófico.

Figura 20 - Perfil PF8: NEOSSOLO LITÓLICO Chernossólico típico



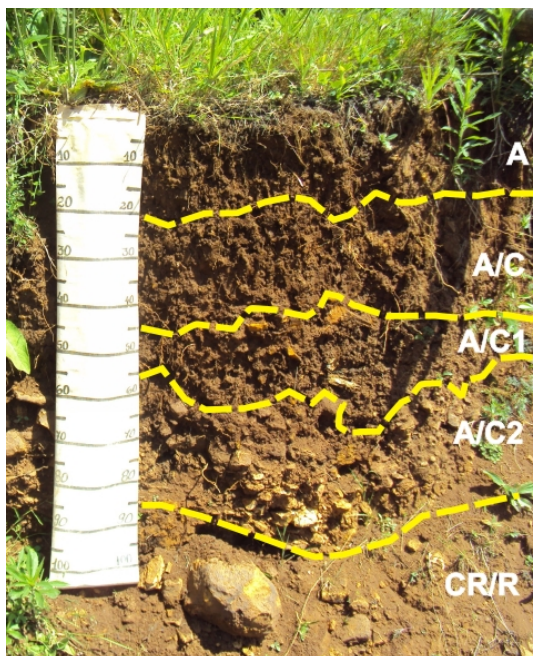
Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2011).

Tabela 9 - Perfil PF8 - Análises químicas e físicas

Localização: PF8 - Município de São José do Cerrito, Microbacia Lajeado dos Mineiros.										
Coordenadas: (27°33'29,52"S ; 50°45'08,32"W)										
Classificação: NEOSSOLO LITÓLICO Chernossólico típico										
Hor.	Prof.	Cor Úmida	Cascalho+ Calhaus	Areia	Silte	Argila	Silte/ Argila	pH H ₂ O	pH KCl	C
	cm		%		g Kg ⁻¹					g Kg ⁻¹
A	0-10/25	7,5YR 3/2	28	230	300	470	0,64	6,1	5,4	37,9
Hor.	Ca	Mg	Cátions Trocáveis			H+Al	S	CTC a pH7	V	Fe ₂ O ₃
			K	Na	Al				%	g Kg ⁻¹
				cmol _c Kg ⁻¹						
A	15,21	3,83	1,91	0,09	0,0	7,4	21,0	28,4	74	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2012).

Figura 21 - Perfil PF6: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutroúmbrico léptico



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2011).

Tabela 10 - Perfil PF6 - Análises químicas e físicas

Localização: PF6 - Município de São José do Cerrito, Microbacia Lajeado dos Mineiros.										
Coordenadas: (27°33'32,01"S , 50°43'54,76"W)										
Classificação: NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutroúmbrico léptico										
Hor.	Prof.	Cor Úmida	Cascalho+ Calhaus	Areia	Silte	Argila	Silte/ Argila	pH H ₂ O	pH KCl	C
	cm		%		g Kg ⁻¹					g Kg ⁻¹
A	0-21	7,5YR 3/3	12	200	290	510	0,57	5,6	4,8	18,0
AC	21-40/45	7,5YR 3/3	28	200	310	490	0,63	5,5	4,8	15,7
A/C1	40/45-55/70	7,5YR 3/3	85	230	290	480	0,60	5,4	4,7	17,9
A/C2	55/70-85	7,5YR 3/4	92	320	220	460	0,48	5,2	4,7	8,9
Hor.	Cátions Trocáveis									
	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	S	CTC a pH7	V	Fe ₂ O ₃
	cmol _c Kg ⁻¹								%	g Kg ⁻¹
A	7,65	2,25	0,51	0,08	0,0	7,9	10,5	18,4	57	
AC	7,89	2,36	0,18	0,09	0,0	7,8	10,5	18,4	57	
A/C1	7,47	3,10	0,20	0,11	0,0	8,9	10,9	19,8	55	
A/C2	5,14	1,74	0,18	0,12	0,0	6,1	7,2	13,3	54	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2012).

4.3 UNIDADES DE MAPEAMENTO

As unidades de mapeamento foram identificadas tomando como base as classes de solo ocorrentes e sua distribuição nas áreas mapeadas, junto às características do relevo. Para sua demarcação, foram consideradas as feições observadas nos anaglifos preparados a partir de cada par de imagens aéreas, os delineamentos previamente realizados, as classes de solo e sua distribuição pelas topossequências, as informações obtidas junto aos pontos de observação e novas visitas a campo. Desta forma, delinearam-se unidades simples e associações de solos, sendo esta última adotada quando da impraticabilidade de separar as classes em função da escala de trabalho. O mapa do levantamento pedológico semidetalhado está representado na Figura 22.

Para ajustamento do mapa, retornou-se a campo para verificação do delineamento dos polígonos, com auxílio de GPS conectado ao *software*, sendo realizados os ajustes necessários. Com isso, confirmou-se a predominância das classes de solos em cada unidade. Foram identificadas e delineadas 5 unidades de mapeamento: CXbef, NBdf, NVdf, NVdf1 e NVdf2.

4.3.1 CXbef

CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutroférico e Distroférico típico, A moderado, textura argilosa e muito argilosa + NEOSSOLO LITÓLICO Chernossólico fragmentário e típico, textura argilosa + NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutroúmbrico léptico, fase pedregosa, relevo forte ondulado e montanhoso, com inclusões de NITOSSOLO VERMELHO Distroférico típico.

A unidade corresponde a uma associação de solos sempre presente nas áreas de declividade acima de 20% da microbacia. Pertence à unidade divisora dos patamares suave ondulados, com rupturas abruptas de declive, limitando desta forma as unidades de mapeamento. A alta declividade proporciona uma maior atividade erosiva, fazendo com que o material seja transportado para áreas de menor altitude, contribuindo para a formação de solos mais profundos nas partes mais baixas. Na área de declives mais fortes o solo é raso, sem horizonte B ou com B incipiente. Pedregosidade é uma característica comum aos solos desta unidade de mapeamento.

Em áreas próximas à nascente do Lajeado dos Mineiros, a erosão hídrica natural faz com que os solos mais frequentes nessas áreas sejam os Neossolos Litólicos, embora a associação com os Neossolos Regolíticos e Cambissolos esteja sempre presente.

4.3.2 NBdf

Associação de NITOSSOLO BRUNO Distroférico típico, A moderado e proeminente, textura muito argilosa, relevo suave ondulado e ondulado + CAMBISSOLO HÁPLICO Distroférico, A moderado, textura muito argilosa, relevo forte ondulado.

Unidade encontrada nos patamares mais altos, próxima aos limites dos divisores de água da microbacia. Nos locais onde há dominância de relevo ondulado e suave ondulado, houve condições adequadas para maior percolação da água e, conseqüentemente, maior intemperismo. A altitude, entre 950m e 1050m, é um fator importante na preservação do conteúdo da matéria orgânica, o que contribui para dar a cor brunada ao solo. Nestas condições desenvolveu-se o Nitossolo Bruno, ocupando a maior área desta unidade.

Separando o patamar referente ao topo da microbacia de outro patamar no terço médio da encosta, há maiores declividades onde o relevo é forte ondulado. Nesta região, em virtude do maior potencial erosivo, formam-se solos menos profundos, com B incipiente, classificado como Cambissolo Háplico.

4.3.3 NVdf1

NITOSSOLO VERMELHO Distroférico típico, A moderado e proeminente, textura muito argilosa, relevo suave ondulado e ondulado.

Encontrado em área de baixas altitudes, no fundo de vale e terço inferior de encosta com vertentes côncavas, próximo ao Lajeado dos Mineiros, estendendo-se também em direção às redes de drenagem dos afluentes próximos. Predominam as áreas com depósito de material coluvial, o que contribui para o aprofundamento dos solos.

Seus limites coincidem com os limites da unidade CXbef, na qual a topografia favorece a ocorrência de Cambissolos e Neossolos, a partir do terço médio de encosta.

4.3.4 NVdf2

NITOSSOLO VERMELHO Distroférico típico, A moderado e proeminente, textura muito argilosa, relevo suave ondulado.

Unidade encontrada em elevações com relevo patamarizado, à margem direita do Lajeado dos Mineiros, onde o relevo é ondulado, com pequenas áreas suavemente onduladas. As características topográficas permitem uma baixa erosão hídrica sobre os solos desta área, o que permite uma boa drenagem junto ao aprofundamento dos solos. A altitude (variando em torno de 880m, 80m a mais que a NVdf1 próxima) possibilita uma menor degradação da matéria orgânica quando comparado à unidade NVdf1.

Seus limites, assim como NVdf1, também coincidem com os limites da unidade CXbef.

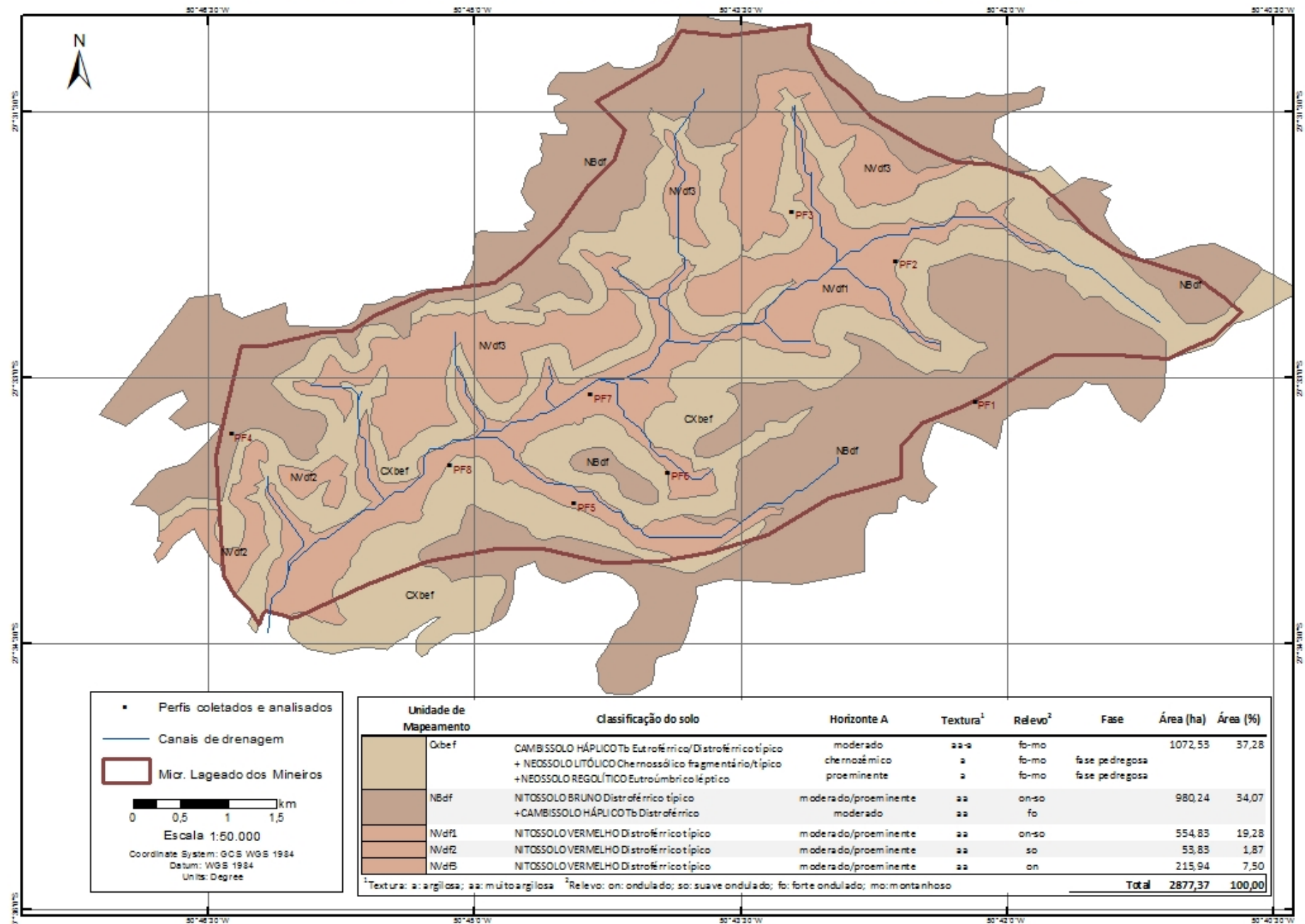
4.3.5 NVdf3

NITOSSOLO VERMELHO Distroférico típico, A moderado e proeminente, textura muito argilosa, relevo ondulado, com inclusões de NEOSSOLOS LITÓLICOS e NEOSSOLOS REGOLÍTICOS.

Unidade encontrada em elevações com relevo patamarizado, à margem direita do Lajeado dos Mineiros, em áreas mais altas e mais onduladas que a unidade NVdf2. Em alguns pontos dos patamares, há elevações na superfície, formando topos estreitos, onde a erosão mais expressiva favorece a presença de Neossolos Litólicos e Regolíticos, porém já havendo dominância nos Nitossolos Vermelhos na deflexão do relevo.

Limita-se com as unidades NBdf e CXbef.

Figura 22 - Levantamento semidetalhado de solos da Microbacia Lajeado dos Mineiros - São José do Cerrito/SC



Fonte - Elaborado pelo próprio autor (2012). Base cartográfica da microbacia adaptada de Mapa de Unidades Hidrográficas de Santa Catarina. Epagri/SDS 2005.

4.4 USO, APTIDÃO AGRÍCOLA E FORMA DE APROVEITAMENTO DAS TERRAS

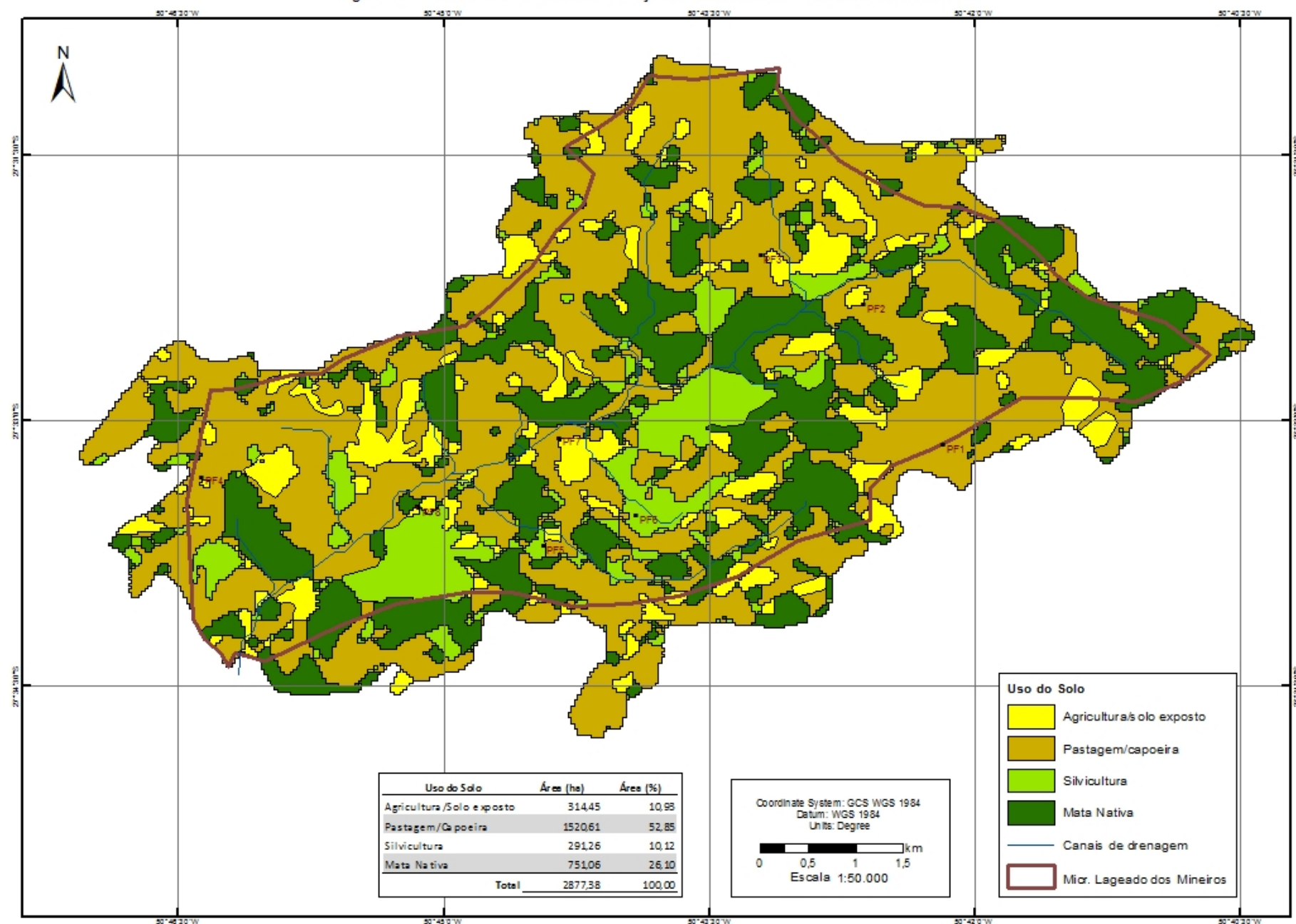
4.4.1 Uso e cobertura do solo

O mapa de uso e cobertura do solo foi elaborado no intuito de qualificar a distribuição espacial das formas de uso da terra na Microbacia Lajeado dos Mineiros. Possibilita retratar a cobertura da superfície e sua dinâmica de ocupação e uso, servindo como apoio na avaliação de questões ambientais e dos diferentes tipos de manejo utilizados na produção agrícola.

A primeira unidade foi classificada como agricultura/solo exposto, como observado na Figura 23. Nesta unidade enquadram-se as lavouras permanentes e temporárias, com predomínio desta última como observado em campo. Os solos expostos foram agrupados por incluírem áreas pós-colheita, em pousio ou preparadas para o próximo plantio. A segunda unidade foi classificada como pastagem ou capoeira, constituindo formações campestres que incluem a pastagem plantada e a natural, identificada pelo estrato de gramíneas com poucos arbustos esparsos. A terceira unidade corresponde à silvicultura, atividade mais facilmente identificada nas imagens devido às espécies arbóreas e às feições geométricas e homogêneas na linha de cultivo, sendo que em campo foram encontrados cultivos de plantas dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. A quarta unidade foi demarcada como mata nativa, área coberta por floresta remanescente, com domínio da Floresta Ombrófila Mista, abrangendo também a mata secundária de maior adensamento de cobertura. A quinta unidade corresponde a corpos d'água, que compreendem as regiões de recepção e armazenamento de água superficial, sendo identificada e demarcada apenas uma área nessa classe.

Com a elaboração do mapa de uso e cobertura do solo, Figura 23, observou-se que a maior parte da área da microbacia, 52,85%, está coberta por capoeira ou destinada às pastagens naturais ou plantadas. Em seguida, ocupando 26,10% da área, está a mata natural ou secundária, de característica arbórea e de cobertura densa. A agricultura e os solos expostos ocupam 10,93% da área e a silvicultura 10,12%.

Figura 23 - Uso do solo na Microbacia Lajeado dos Mineiros - São José do Cerrito/SC



Fonte - Elaborado pelo próprio autor. Base cartográfica: Global Land Survey / 2005, disponibilizado pelo INPE/2012.

4.4.2 Aptidão agrícola das terras

A classificação da aptidão de uso torna-se um instrumento importante no sentido de orientação ao uso do solo de forma racional, chamando a atenção para os cuidados referentes às limitações inerentes a cada classe. Indica fatores a serem considerados no manejo sob diferentes aspectos e em qual direção promover o melhoramento, com base na tecnologia disponível e adaptável.

Os parâmetros referentes à declividade, profundidade efetiva, pedregosidade, suscetibilidade à erosão e drenagem foram identificados em campo e descritos para cada perfil analisado. No intuito de identificar as classes de aptidão agrícola, foi elaborado um quadro com as informações sintetizadas, conforme Tabela 11. De posse dessas informações, estas foram interpretadas e enquadradas nas classes propostas pela metodologia utilizada.

Tabela 11 – Fatores considerados na classificação da aptidão agrícola dos solos

Unidade de Mapeamento	Declividade *	Profund. Efetiva	Pedregosidade	Grau de suscetibilidade à erosão	Grau de limitação por fertilidade	Drenagem	Classes de aptidão agrícola
CXbef	fo-mo	rasos/pouco profundos	pedregoso	forte a muito forte	médio/alto	bem drenado	3
NBdf	so-on	profundos	não-pedregoso	nulo/ligeiro	alto	Imperfeitamente /bem drenado	2
NVdf1	so-on	profundos	não-pedregoso	nulo	alto	bem drenado	2
NVdf2	so	profundos	não-pedregoso	nulo	alto	bem drenado	2
NVdf3	on	profundos	não-pedregoso	nulo	médio/alto	bem drenado	2

*Declividade: so: suave ondulado, on: ondulado, fo: forte ondulado, mo: montanhoso

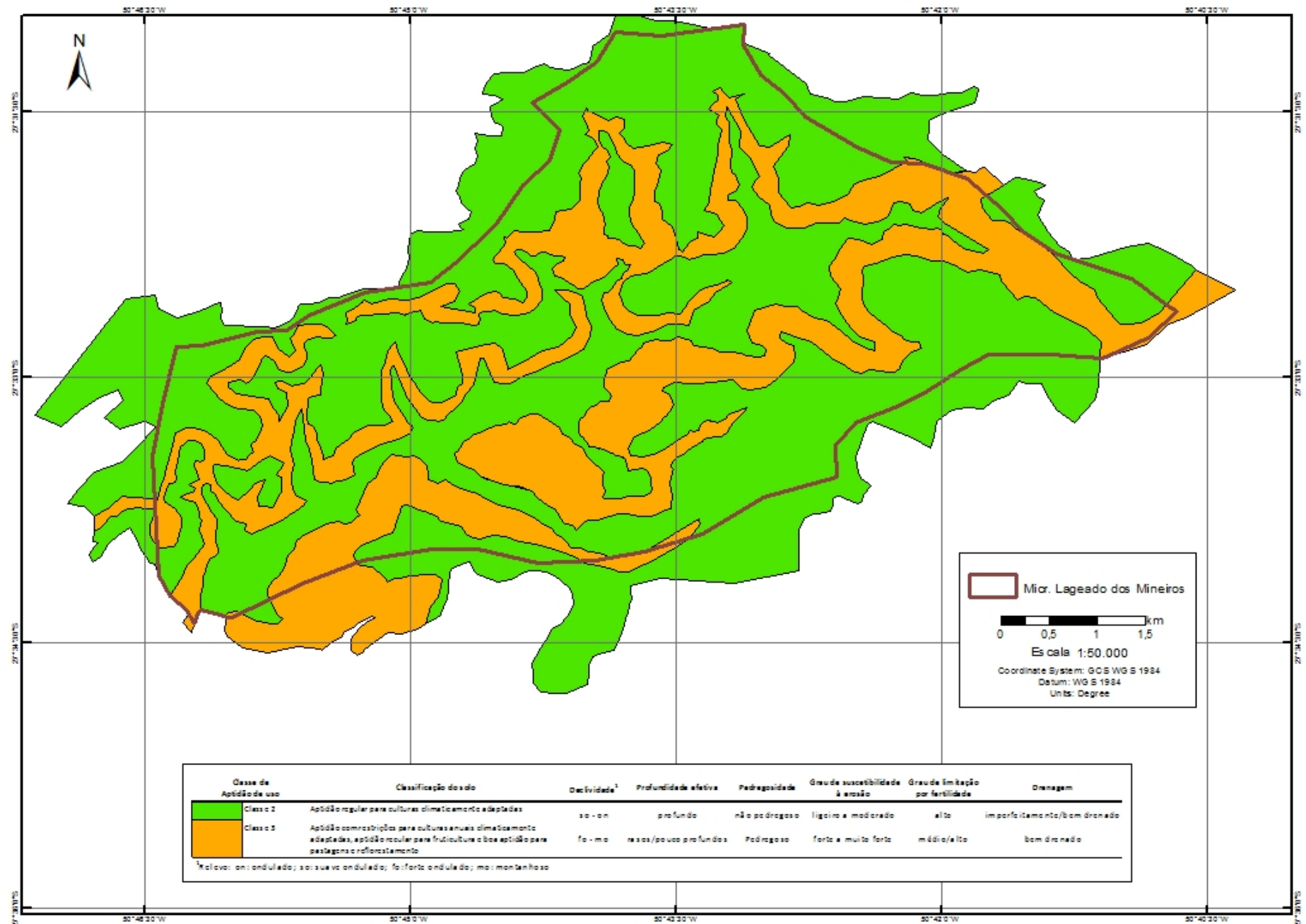
Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2012)

Considerando os parâmetros descritos, foram identificadas na Microbacia Lajeado dos Mineiros, de acordo com o mapa da Figura 24, três classes de aptidão de uso:

- Classe 2 – aptidão regular para culturas anuais climaticamente adaptadas.
- Classe 3 – aptidão com restrições para culturais anuais climaticamente adaptadas, aptidão regular para fruticultura e boa aptidão para pastagens e reflorestamento.

Os solos identificados como pertencentes à Classe 2 ocupam 62,72% da microbacia correspondendo às superfícies de menor declive, distribuídas em dois tipos de feições geomorfológicas principais: fundo de vale em proximidade ao curso principal do Lajeado dos Mineiros (unidade NVdf1) e patamares aplainados que cortam as encostas (unidades NBdf, NVdf2 e NVdf3).

Figura 24 - Aptidão agrícola dos solos da Microbacia Lajeado dos Mineiros - São José do Cerrito/SC



Nestas regiões os solos apresentam maior profundidade, estando em condições de aptidão regular ao uso. De acordo com Uberti et al.(1991, p.15), para essa classe as terras:

apresentam limitações moderadas para a sua utilização com culturas anuais climaticamente adaptadas e/ou com riscos moderados de degradação. Porém podem ser cultivadas desde que aplicadas práticas adequadas de conservação e manejo do solo. Enquadram-se nesta classe terras que tenham uma ou mais das seguinte características: relevo ondulado, profundidade efetiva entre 50 e 100cm, pedregosidade moderada, suscetibilidade à erosão moderada, alta necessidade de correção da acidez e/ou fertilidade, bem a imperfeitamente drenado.

Nos solos da microbacia identificados para essa classe, foram observados profundidade maior que 100cm (130 a 170cm), relevo suave ondulado e ondulado, não pedregoso, grau de suscetibilidade à erosão ligeiro a moderado, alto grau de limitação por fertilidade (necessidade de calcário de 7 a 10t/ha), bem ou imperfeitamente drenados.

As unidades de mapeamento correspondentes a esta classe de aptidão, as quais são constituídas predominantemente por Nitossolos, apresentam boa adaptação à produção de espécies perenes e ainda localizadas em áreas da microbacia que permitem mecanização. Os problemas de fertilidade são de limitação moderada a forte e é importante a correção em locais com maior deficiência de nutrientes. Os graus de suscetibilidade à erosão são intensificados devido à estrutura em blocos, dificultando a infiltração da água no solo com maior rapidez. Esse problema pode ser maior nas áreas próximas ao terço inferior das encostas, onde há maior velocidade de enxurradas, em períodos de fortes precipitações. Sob outro aspecto, a acumulação de água faz com que predominem solos com pouca deficiência hídrica, pois conforme mostrado na Figura 11, essas áreas correspondem aos locais com maior índice de umidade topográfica. Um manejo aliado ao plantio direto e com técnicas de terraceamento adequadas podem reduzir a taxa de erosão e permitem aproveitar o aporte hídrico.

Os solos pertencentes à classe 3 são encontrados nas superfícies de alta declividade, apresentando menor profundidade e representam 37,28% da área da microbacia. Para essa classe Uberti et al. (1991) definem sua aptidão:

com restrições para culturas anuais climaticamente adaptadas, aptidão regular para fruticultura e boa aptidão para pastagens e reflorestamento. São terras que apresentam alto risco de degradação ou limitações fortes para utilização com culturas anuais climaticamente adaptadas, necessitando intensas e complexas medidas de manejo e conservação do solo se utilizadas com estas culturas. Porém, podem ser utilizadas com segurança com pastagens, fruticultura ou reflorestamento apenas com práticas simples de manejo e conservação do solo.

Enquadram-se nesta classe terras que possuam uma ou mais das seguintes características: relevo forte ondulado, pedregosa e muito pedregosa, forte

suscetibilidade a erosão, muito alta necessidade de correção da acidez e da fertilidade e profundidade efetiva menor que 50cm.

Para a Microbacia Lajeado dos Mineiros, os solos enquadrados nessa classe aparecem em relevo forte ondulado e montanhoso, são rasos ou pouco profundos (horizonte A próximo a 20cm), pedregosos, com grau de suscetibilidade à erosão forte a muito forte e grau de limitação por fertilidade de médio a alto (necessidade de calcário de 4 a 7 t/ha). Correspondem a unidade de mapeamento CXbef do mapa pedológico.

São solos com aptidão adequada ao uso em pastagens, silvicultura ou reflorestamento. Sistemas agroflorestais também são alternativas para uma produção conservacionista, podendo apresentar um bom potencial produtivo, principalmente nas áreas de maior umidade, maior saturação por bases e presença de matéria orgânica. No caso dos Neossolos Litólicos, são inaptos ao uso agrícola, devido ao pouco desenvolvimento do solo, pouca profundidade e a suscetibilidade à erosão, além da ocorrência de pedregosidade, o que dificulta a mecanização. Nos Neossolos Regolíticos, pode-se considerar a presença de roças, devido à alta concentração de nutrientes do solo. Neste caso, há possibilidade de maior sustentabilidade caso haja incentivo à produção de espécies arbóreas, com menor problema relacionado à erosão, mas ainda sem possibilidade de mecanização. Portanto, há que se considerar que na unidade CXbef, embora a recomendação geral de aptidão tenha sido admitida na classe 3, com aptidão (restrita) para lavouras, existem áreas que são inaptas para tal finalidade, devido a pequena espessura do perfil, pedregosidade excessiva ou relevo com declives acima de 45%, que não puderam ser indicadas no mapa devido às restrições da escala e detalhe do mapeamento.

4.4.3 Conflito entre uso e aptidão

O mapa de conflito de uso foi elaborado cruzando-se os mapas de cobertura e uso da terra (Figura 23) e o de aptidão agrícola das terras (Figura 24). O confronto dos dados tem como objetivo identificar áreas utilizadas adequadamente, áreas utilizadas além da aptidão recomendada e áreas subutilizadas. O mapa é apresentado na Figura 25 e na Figura 26 em modelo tridimensional.

A elaboração do mapa é correspondente aos resultados ilustrados na Tabela 12, onde se interpretou o tipo de conflito de acordo com cada classe de aptidão agrícola e o seu tipo de uso ou cobertura.

Tabela 12 – Conflito entre aptidão agrícola das terras e cobertura/uso do solo

Classe de aptidão agrícola	Uso/cobertura	Conflito entre aptidão agrícola e uso/cobertura
2	Agricultura e solo exposto	Uso adequado
2	Pastagem e capoeira	Subutilização
2	Silvicultura	Subutilização
2	Mata Nativa	Subutilização
3	Agricultura e solo exposto	Uso inadequado
3	Pastagem e capoeira	Uso adequado
3	Silvicultura	Uso adequado
3	Mata Nativa	Uso adequado

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2012)

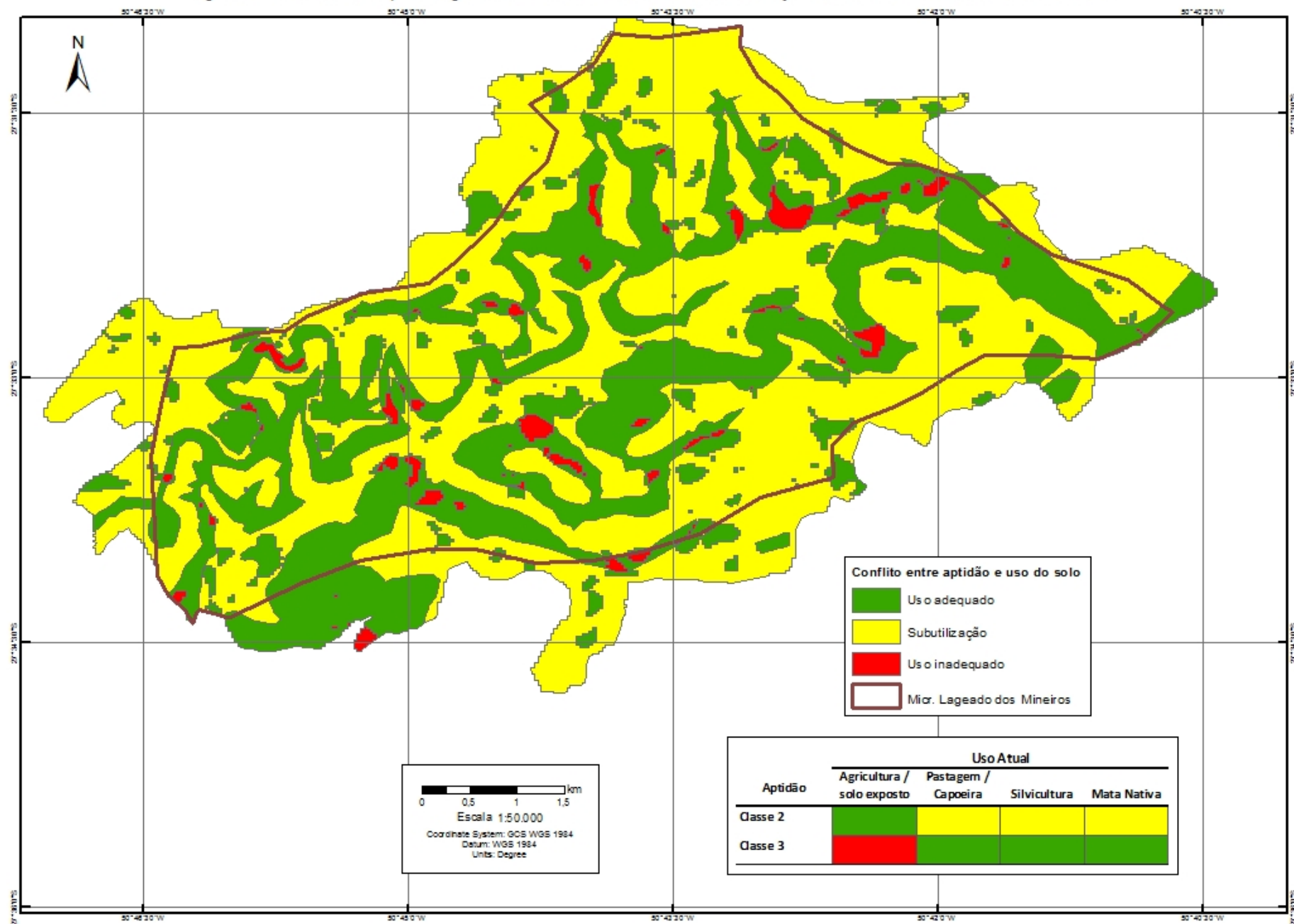
A convenção de cores adotada procurou atender uma rápida visualização e distinção das regiões utilizadas adequada ou inadequadamente, sendo separada em quatro tipos: verde indicando uso adequado, amarelo indicando terras subutilizadas e vermelho indicando terras utilizadas acima de sua aptidão agrícola.

Nota-se um predomínio da subutilização dos solos, referente a uma área de 54,27% da microbacia. Isso é, em parte, reflexo da forma como o pequeno agricultor se adapta ao trabalho em sua propriedade, a qual pode resultar em subaproveitamento. Há que se considerar também o fato que pequena parte dessa área está sob a delimitação de áreas de preservação permanente, devido à proximidade dos cursos d'água.

Áreas utilizadas acima da capacidade, embora representem a menor parte da microbacia, comprometem o uso futuro dos solos e a conservação ambiental, havendo necessidade de uma adequação considerando suas vulnerabilidades. Correspondem a 2,72% da área da microbacia e, como observado na Figura 26, localizam-se principalmente em regiões de relevo forte ondulado a montanhoso, estando mais sujeita a eventos erosivos.

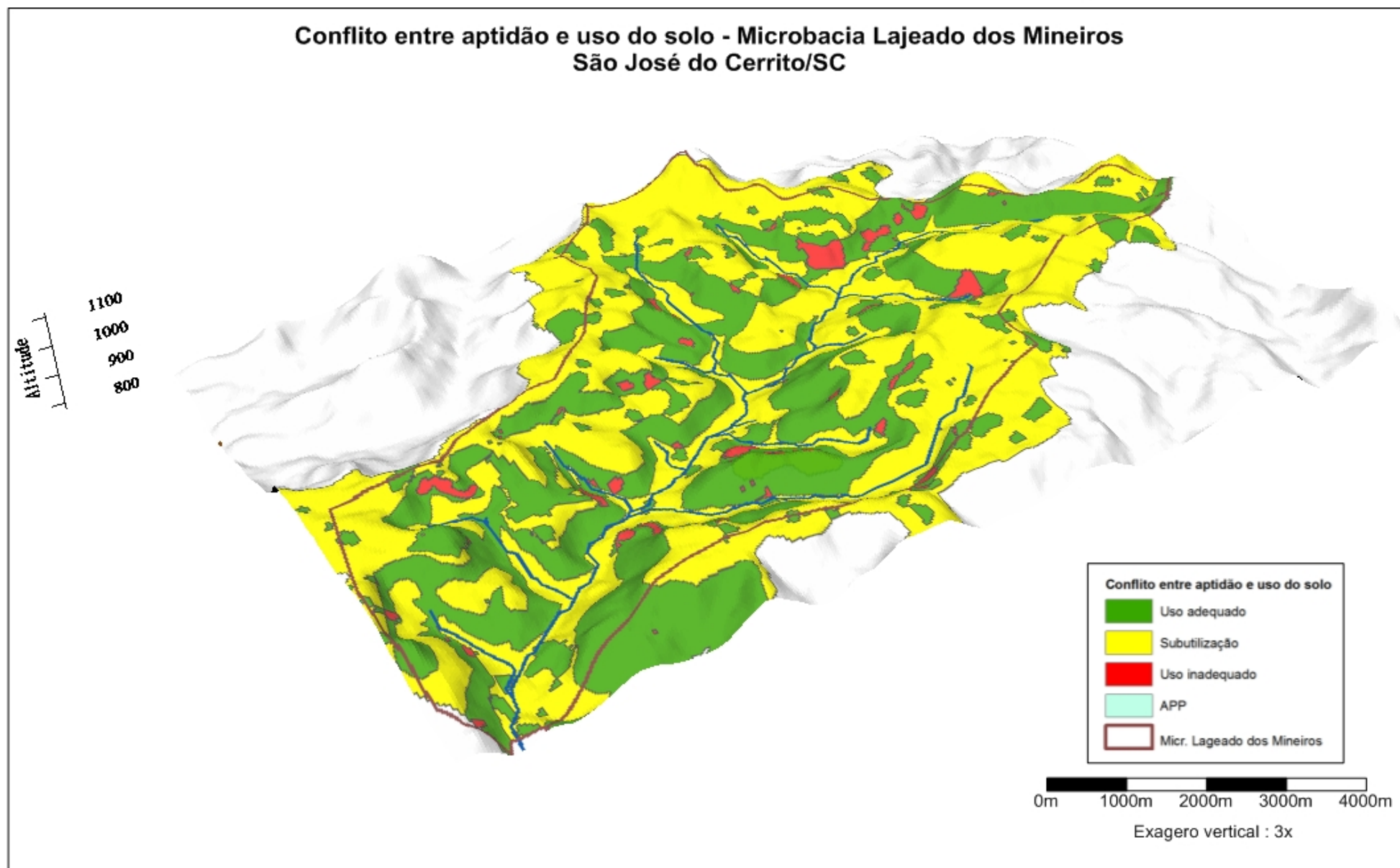
Áreas utilizadas adequadamente correspondem a 43,01% da microbacia, estando localizadas predominantemente em relevo suave ondulado com uso agrícola ou relevo forte ondulado com uso em pastagens, cobertura natural ou silvicultura.

Figura 25 - Conflito entre aptidão agrícola do solo e uso atual, na Microbacia Lajeado dos Mineiros - São José do Cerrito/SC



Fonte - Elaborado pelo próprio autor. Base cartográfica da microbacia adaptada de Mapa de Unidades Hidrográficas de Santa Catarina, Epagri/SDS 2005.

Figura 26 - Mapa tridimensional representando conflito entre uso e aptidão dos solos na Microbacia Lajeado dos Mineiros



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2012)

4.4.4 Questões socioespaciais

Com intenção de apontar fatores relevantes, foram destacadas algumas características da dinâmica do município de São José do Cerrito para auxiliar na interpretação e compreensão dos resultados obtidos. O conhecimento do fato de que boa parcela da área da microbacia está subaproveitada ou, em menor escala, utilizada além de sua capacidade, pode direcionar o posicionamento de políticas públicas quanto à condução de programas no intuito de proporcionar melhorias na forma de aproveitamento das terras. Por muitas vezes tais programas podem encontrar obstáculos de ordem histórica ou socioeconômicas antes de serem implementados.

O município teve sua atividade econômica influenciada principalmente por Lages, com predomínio da atividade pecuária, e de Curitibanos, com atividade agrícola e a pecuária dividindo sua importância ocupacional e econômica. Por Lages esteve recebendo habitantes devido à expansão agropecuária, herdando características do trabalho relacionado à criação de gado. De Curitibanos, principalmente quando da vinda dos imigrantes italianos e espanhóis, herdou econômica e culturalmente o trabalho agrícola e com a madeira. Está localizado em uma área de transição entre a pecuária do Planalto Serrano e a atividade agrícola expressiva do Meio-Oeste catarinense.

Moradores que se estabeleceram na margem de rios, com intenção do cultivo agrícola, constituíram localidades ou comunidades, recebendo o nome de um aspecto físico-geográfico junto ao nome da família tronco, correspondente ao primeiro morador que ali chegou; ou associando o nome de um santo de devoção com algum detalhe da natureza ou então denominadas simplesmente pelo santo padroeiro ou por outro topônimo. (LOCKS, 1998). Machado (2004, pág. 79) refere-se à região da microbacia deste estudo como tendo os primeiros moradores habitantes vindos de Minas Gerais, sendo por isso conhecida como localidade dos Mineiros.

De acordo com Locks (1998) este passado do município ainda influencia suas condições atuais e ressalta dois momentos importantes de sua história:

- Primeiramente a época do ciclo do ouro, quando esteve sob influência das atividades da pecuária centrada em Lages. Nesta ocasião desenvolveu-se a prática do coronelismo, havendo uma verdadeira relação de compadrio entre dono da fazenda e agregados. Quanto aos agregados, chama a atenção que “sua condição tinha caráter

limitado, pois tinham pouca autonomia, poder de decisão, iniciativa, capacidade de empreendimento ou projeção do futuro” (LOCKS, 1998, pág. 36). Com o advento da república, as relações se mantiveram, tendo o padrão agora assumido a liderança em setores do governo e instalando a política do favor.

- Num segundo momento, nas primeiras décadas do século XX, surge a migração dos italianos e alemães à procura de terras para desenvolvimento agrícola, bem como de italianos vindos do Rio Grande do Sul à procura do pinheiro para sua atividade econômica. Afirma que “uma leva de migrantes descendentes de alemães e italianos, provenientes, sobretudo de Urubici e do Vale do Tubarão, adquiriram lotes de terras de nativos cerritenses para desenvolverem a agricultura. Não menos importante foi o número de migrantes descendentes de italianos denominados pelos nativos de ‘gringos’, oriundos das colônias italianas do Rio Grande do Sul” (LOCKS, 1998, pág. 48). Modificaram as relações de trabalho e os madeireiros, ao terem esgotada sua matéria-prima, venderam suas fazendas para outros produtores agrícolas interessados nas terras do município, muitos trazendo a nova tecnologia agrícola.

Atualmente, muitas das atividades tradicionais encontram-se presentes no dia a dia dos moradores. Locks (1998, pag. 92) afirma que “ainda distantes no tempo, os atuais habitantes acham-se vinculados aos descendentes que acompanharam os colonizadores, sendo portanto, uma amostra da cultura nativa”, relaciona o trabalho às tradições regionais, vindo de condições e comportamentos familiares herdadas pelas famílias atuais. Descreve o modo de ser do agricultor cerritense da seguinte maneira: o agricultor da tradição cultural; o agricultor em trânsito da tradição à modernização e um terceiro estilo, numa situação intermediária.

Um outro fator, paralelo à herança tradicional, que pode auxiliar na compreensão da atual forma de trabalho no ambiente rural está relacionado à política assistencialista do Estado. Locks (1998) menciona que boa parte da população tem os benefícios da cesta básica e da aposentadoria, garantindo a sobrevivência com essas rendas, e muitos se tornaram reféns de políticas clientelistas do Estado. O mesmo autor afirma que:

Dois suportes lhes garante a sobrevivência: a cesta básica oferecida mensalmente pela secretaria municipal do bem estar social, repassada pelo programa ‘comunidade solidária’ do governo federal, e neste sentido torna-se presa fácil do clientelismo ou das políticas compensatórias do Estado. O outro é o benefício da aposentadoria do trabalhador rural, um salário mínimo, garantindo a permanência dos agricultores mais idosos no meio rural. Hoje, o conjunto das aposentadorias é o maior volume de capital circulante no comércio de São José do Cerrito. É por intermédio da aposentadoria que esse agricultor interage com o mercado local; representa um valor maior do que a comercialização do produto excedente” (LOCKS,

1998, pág. 167)

Junto, ainda há o fato de que 70% dos agricultores da área rural tem apenas o primeiro grau incompleto, conforme o Levantamento Agropecuário Catarinense (SANTA CATARINA, 2002/03) e, como resistência às novas mudanças, está o imediatismo, derivado da pobreza e carência das necessidades básicas, sendo que as atividades acatadas são apenas as que dão benefício imediato, mostrando também os limites de ambição condicionados à subsistência.

Para o agricultor que consegue alterar o modelo agrícola tradicional, há espaço para uma diversificação de culturas, como produção de leite em pasto plantado, leguminosas, piscicultura, suínos, aves, como indica o Levantamento Agropecuário Catarinense (2002/2003), inclusive com implementação de instalações agroindustriais para produção de pequenos laticínios, doces ou embutidos suínos.

Com o avanço das técnicas agrícolas, consequentemente, surgem novos mercados e um deles vai de encontro às técnicas atualmente utilizadas pela maioria dos produtores da região. A agricultura moderna, sem uso de agrotóxicos vem ganhando espaço entre consumidores. Machado (2004, pág. 57) afirma que para o município, atualmente há “grupos de agricultores que se organizam para abandonar a agricultura tradicional baseada no uso e abuso de agrotóxicos, aderindo ao processo agroecológico, comercializando seus produtos nas feiras do Município e também na cidade de Lages”.

Outro incentivo é a permacultura que, segundo Machado (2004, pág. 61) tem sua história iniciada em 1998, quando se realizou o primeiro curso de permacultura. A mesma autora cita a atividade como vindo de encontro às realidades da região, “despertando em cada pessoa sua capacidade de criar alternativas viáveis de sobrevivência com qualidade de vida”. Destaca também a participação de cerritenses na criação do Instituto de Permacultura Austro Brasileiro – IPAB, no ano de 2000, com responsabilidade de difundir a permacultura no estado e na região, além de trazer novas tecnologias.

5 CONCLUSÕES

O levantamento semidetalhado de solos contribui com informações importantes para o planejamento agrícola e vem suprir a falta de detalhamento na maioria do mapeamento pedológico atual do Estado de Santa Catarina.

A utilização de anaglifos se mostrou mais apta à delimitação de unidades de mapeamento que o uso de imagens com base em MDE de baixa resolução. A possibilidade de visualização estereoscópica das imagens aéreas, a alta resolução espacial, a facilidade de demarcação de feições homogêneas, a possibilidade de reconhecimento e correlação do observado em campo com o observado em anaglifos estão entre os fatores que tornaram vantajoso o seu uso.

As imagens geoprocessadas obtidas com base no MDE foram úteis para indicar áreas para revisão de demarcações, escolha de pontos a serem observados em campo e como elemento ilustrativo e interpretativo de características da microbacia. Podem ser mais exploradas em estudos para determinação de intensidade de intemperismo, avaliação de acúmulo e energia hídrica, dentre outros.

As áreas de relevo suave ondulado no fundo de vale, com presença de material coluvial, ou as áreas dos patamares aplainados junto às encostas proporcionaram condições para a formação de solos mais profundos. Porém com características de baixa fertilidade natural comparado aos solos das encostas, constituídos de material menos intemperizado. São aptos aos cultivos agrícolas temporários e permanentes, desde que se dê atenção para a correção de sua fertilidade.

Os solos correspondentes às encostas são mais rasos, o que limita seu uso agrícola, contudo apresentam maior quantidade de bases trocáveis devido ao baixo grau de evolução pedogenética. São aptos à pastagens e à silvicultura, sendo que as áreas destinadas à agricultura estão utilizando os solos acima de sua aptidão.

A maioria das áreas da microbacia é ocupada por pastagem ou mata nativa, havendo uma reduzida área com destino ao uso agrícola ou à silvicultura. As áreas planas estão sendo subutilizadas e uma pequena proporção das encostas está sendo utilizada além de sua capacidade, o que exige a atenção governamental para adequar as prioridades do município com a dos produtores rurais.

A classificação da aptidão agrícola dos solos, usando a metodologia proposta para o Estado de Santa Catarina, é bem adequada à realidade do Estado que, devido ao predomínio de minifúndios, tem sua terra explorada intensivamente. Porém necessita de aprimoramento e

maior detalhamento, para que possa apresentar de forma mais clara os critérios para a classificação com base na combinação dos fatores quantificados, descartando espaço para subjetividades.

O uso de imagens LANDSAT-2005 para elaboração do mapa de uso e cobertura do solo se mostrou eficiente sendo que, quando auxiliadas por imagens do Google Earth, tem sua autenticidade melhorada e as informações atualizadas.

Questões de tradição cultural, falta de instrução, imediatismo, grande número de aposentados, políticas assistencialistas, falta de estrutura comercial ajudam a explicar a baixa procura, por parte dos proprietários, por modos alternativos de produção e de maior rentabilidade, o que impulsionaria a economia municipal e auxiliaria na redução da evasão populacional.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, P.S. **Fundamentos para fotointerpretação**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982. v. 1.
- ARAÚJO, A.M.; SILVA, A.B. **Modelagem de áreas de escoamento superficial a partir do modelo digital de terreno**. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, 2011. n 30, pp. 194 – 204.
- BIGARELLA, J.J.; BECKER., D.B.; PASSOS, E. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2007. v. 2.
- BOGNOLA, I.A. et al. **Levantamento semidetalhado de solos do município de Londrina**. Londrina: IAPAR, 2011.
- BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.
- BRITO, J.N; COELHO, L. **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2007.
- BUOL, S. W.; HOLE, F. D.; McCracken, R.J. **Soil genesis and classification**. 1. Ed. Iowa University, 1973. 360p.
- CARVER, A. J. **Fotografia aerea para planejadores de uso da terra**. Brasilia: MA: SNAP: SRN: CCSA, 1985. 77f.
- CATEN, A.t. et al. **Pedometria aplicada à predição de classes de solos utilizando de regressões logísticas múltiplas**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - INPE, Natal, 2009. p. 7685-7692.
- CHURCHMAN, G.J. The alteration and formation of soil minerals by weathering. In: SUMNER, M.E. (Ed.). **Handbook of Soil Science**. Florida: CRC Press LLC, 2000. p. E1 – E4.
- CORRÊA, Janaína. **Mineralogia e gênese das principais classes de solos de encostas basálticas do Estado de Santa Catarina**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages: 2003.
- CRÓSTA, Alvaro Penteado. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, SP: Ed. da UNICAMP, 1992. 170p.

DEPARTMENT of AGRICULTURE, U.S. **Soil taxonomy**: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, D.C., 1975. 754 p. (Agriculture handbook, n. 436).

DEPARTMENT of AGRICULTURE, U.S. **Soil survey manual**. Washington, D.C., 1984. cap.1. (Agriculture handbook, n. 430).

DISPERATI, Attilio Antonio. Fundação de Pesquisas Florestais do Parana. **Obtenção e uso de fotografias aéreas de pequeno formato**. Curitiba: UFPR: UPEF, 1991. 290 p.

DNPM. **Textos básicos de geologia e recursos minerais de Santa Catarina**. Florianópolis: CPRM/Secretaria da Ciência e Tecnologia, Minas e Energia, 1987. n. 1.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 726p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46).

EMBRAPA. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 5ª Ed.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1995. 116p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306 p.

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

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Zoneamento agroecológico e socioeconômico do estado de Santa Catarina**. [CD-ROM]. Florianópolis, 1999.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A. **Avaliação de métodos e recomendação quantitativa de calcário para os solos do Estado de Santa Catarina**. Boletim Técnico de Solos n.1. Lages: CAV/UDESC, 1986.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. **Soil survey manual**. Washington, 1984. cap.1. (USDA. Agriculture Handbook, 430).

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. **Soil taxonomy**: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, 1975. cap.1. (USDA. Agriculture Handbook, 436).

FONTES, M.P.F. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J.C. et al (Ed.). **Pedologia**: Fundamentos. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. 343p. cap. VI.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de pedologia**. 2ªed. Rio de Janeiro, 2007. 316p.

JENNY, H. **Factors of soil formation: a system of quantitative pedology**. New York, MacGraw Hill, 1941. 281p.

KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J.C. et al (Ed.). **Pedologia**: Fundamentos. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. 343p. cap. VII.

KÄMPF, N.; CURI, N. Óxidos de ferro: indicadores de ambientes pedogênicos e geoquímicos. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. V. 1. 352p.

KÄMPF, N.; MARQUES, J.J.; CURI, N. Mineralogia de solos brasileiros. In: KER, J.C. et al (Ed.). **Pedologia**: Fundamentos. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. 343p. cap. IV.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. do. **Geologia geral**. 7. ed. São Paulo: Nacional, 1978, 397 p.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.

LEPSCH, I.F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456p.

LEPSCH, I.F. (Coord.) **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aprox. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175p.

LOCH, Carlos; LAPOLLI, Edis Mafra. **Elementos basicos da fotogrametria e sua utilizacao pratica**. 1 ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1985. 86 p.

LOCH, Carlos. **Nocoas basicas para a interpretacao de imagens aereas, bem como algumas de suas aplicacoes nos campos profissionais**. 1. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1984. 81 p.

LOCH, Carlos; LAPOLLI, Edis Mafra. **Elementos básicos da fotogrametria e sua utilização prática**. 2. ed. rev. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1989. 87p.

LOCKS, G.A. **Identidade dos agricultores familiares brasileiros de São José do Cerrito, SC**. 1998. Dissertação (Mestrado em Antropologia Social) – Programa de Pós-Graduação em Antropologia Social, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: 1998.

MACHADO, N.G. **São José do Cerrito: sua gente e sua história**. Lages: Papervest Editora, 2004.

OLIVEIRA, J.B. Fatores de Formação. In: MONIZ, A. C. (Org.). **Elementos de Pedologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e científicos, 1975.

OLIVEIRA, J.B. **Pedologia Aplicada**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 2ª ed.

PEDRON, F.A. et al. **A aptidão de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais do município de São João do Polêsine**. Santa Maria: Ciência Rural, 2006. v. 36 n.1.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E. G.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. Brasília, PLAN/MA-SNLCS/EMBRAPA, 1978, 70 p.

RHUE, R. V.; WALKER, P.H. Hillslope models and soil formation. In: **Congress of Soil Science**, 9th. Adelaide. 1968.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural. **Levantamento Agropecuário Catarinense**. 2002, 2003. Disponível em <http://cepa.epagri.sc.gov.br/Dados_do_LAC/lac_indice.htm>. Acesso em jul. 2012.

SANTOS et al. **Proposta de atualização da segunda edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – Ano 2012**. [S.I.:s.n.], 2012.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Ed. Da USP, 2006. 4ª ed.

SARMENTO, E.C. **Comparação entre quatro algoritmos de aprendizagem de máquina no mapeamento digital de solos no vale dos vinhedos, RS, Brasil**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: 2010.

SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; KLAMT, E. **Classificação da aptidão agrícola das terras: um sistema alternativo**. Guaíba: Agrolivros, 2007.

SILVA, L.A.; NAZARENO, N.R.X. **Análise do padrão de exatidão cartográfica da imagem do Google Earth tendo como área de estudo a imagem da cidade de Goiânia**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - INPE. Natal, 2009, p. 1723-1730.

SIRTOLI, A.E. et al. **Atributos do relevo derivados de modelo digital de elevação e suas relações com solos**. Scientia Agraria, Curitiba, 2008. v. 9. n. 3. p. 317-329.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2ª ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

UBERTI, A.A.A. et al. **Metodologia para classificação da aptidão de uso das terras do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, EMPASC/ACARESC, 1991. 19p.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfométricos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008.

WILDING, L.P. Pedology. In: SUMNER, M.E. (Ed.). **Handbook of Soil Science**. Florida: CRC Press LLC, 2000. p. E1 – E4.

WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (Ed.) **Terrain Analysis: Principles and Applications**. New York, John Wiley & Sons, Inc., 2000, 479 pp.

WYSOCKI, D.A.; SCHOENEGER, P.J.; LAGARRY, H.E. Geomorphology of soil landscapes. In: SUMNER, M.E. (Ed.). **Handbook of Soil Science**. Florida: CRC Press LLC, 2000. p. E5 – E36.

YOUNG, A. **Tropical soils and soil survey**. London, Cambridge, 1976. 468p.

ZAMPARETTI, A.F. **Geotecnologias no mapeamento de pequenas propriedades rurais**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: 2008.

APÊNDICES

APÊNDICE A – PONTOS DE OBSERVAÇÃO

Pontos de Observação				
Ident	X	Y	Solo	Características
PO01	-50,70981	-27,53782	NV	Relevo ondulado
PO02	-50,72031	-27,53413	CX	
PO03	-50,72425	-27,5317	NB	Topo
PO04	-50,73635	-27,52329	NV	Relevo ondulado com pontos fortemente ondulados
PO05	-50,72568	-27,52734	NB	Relevo com partes onduladas
PO06	-50,70605	-27,54741	CX + RR	Declive forte ondulado a montanhoso
PO07	-50,703	-27,55222	NB	
PO08	-50,73441	-27,55241	NV	
PO09	-50,694847	-27,529764	NV	Cerosidade
PO10	-50,727628	-27,547117	RR + RL	Riodacito com incremento de zeólitas
PO11	-50,733731	-27,555892	NV	
PO12	-50,731761	-27,558783	RR	Relevo ondulado
PO13	-50,731533	-27,561247	NV	Relevo ondulado
PO14	-50,727992	-27,565478	NV	
PO15	-50,729389	-27,568144	CX + RR	Relevo forte ondulado, pedregosidade
PO16	-50,729239	-27,568575	NB	
PO17	-50,744669	-27,559542	NV	
PO18	-50,739114	-27,551586	NV	Bom para coleta de amostra
PO19	-50,744147	-27,559653	NV	
PO20	-50,748569	-27,557394	NV	Estrutura prismática que se desfaz em blocos
PO21	-50,752822	-27,558661	RL	
PO22	-50,753914	-27,559264	NV	Baixada
PO23	-50,771142	-27,551308	NB	5YR 4/3
PO24	-50,772167	-27,558967	CX	
PO25	-50,772583	-27,560197	NV	Colúvio / terraço - Estr. Blocos, consistência firme
PO26	-50,772617	-27,561056	NV	Colúvio / terraço
PO27	-50,769489	-27,561786	RL+CX+RR	
PO28	-50,768153	-27,563694	C	Espessura irregular
PO29	-50,767564	-27,567314	NV	Relevo ondulado / pedimento próximo ao rio
PO30	-50,77215	-27,5711	NV	3,5YR 4/4 (50cm) , 3,5YR 4/6 (90cm)
PO31	-50,770708	-27,569828	RR	
PO32	-50,769394	-27,568775	NV	Fase pedregosa
PO33	-50,768725	-27,568689	NV	cer mod 4yR Bt, 4yr/(4/4), ped/col/base/ond
PO34	-50,765819	-27,57525	RL	relevo ondulado
PO35	-50,762312	-27,56628	NV	
PO36	-50,761802	-27,563525	RL	declive forte ondulado a montanhoso
PO37	-50,755125	-27,55919	NV	limite entre NV e CX
PO38	-50,756179	-27,559029	NV	
PO39	-50,756858	-27,559039	CX	afloramentos rochosos e linha de pedra no hor. B
PO40	-50,757446	-27,558688	NV	plano a suave ondulado
PO41	-50,745043	-27,556255	RL	Afloramento rochoso na margem esquerda do rio
PO42	-50,724594	-27,54736	NB	bruno a bruno avermelhado
PO43	-50,724512	-27,547495	RL+NB	
PO44	-50,722742	-27,54686	NV	
PO45	-50,700775	-27,534789	NB	com CX na subida em direção à nascente
PO46	-50,687016	-27,551406	NB	topo próximo à nascente, 7,5YR
PO47	-50,71334	-27,559525	NB	bruno vermelho amarelado, relevo ondulado
PO48	-50,723419	-27,559554	NB	Divisor de águas
PO49	-50,738858	-27,563028	NV	posição de terraço, relevo suave ondulado

PO50	-50,740161	-27,562497	RR	
PO51	-50,771061	-27,548414	NB	
PO52	-50,765031	-27,545586	NB	relevo ondulado
PO53	-50,76379	-27,545253	RR	
PO54	-50,74897	-27,55734	NV	bem estruturado em blocos, vermelho
PO55	-50,767646	-27,547877	CX	
PO56	-50,709979	-27,531645	NV + RR	pequenas elevações com Neossolos
PO57	-50,708513	-27,531862	NV	
PO58	-50,761979	-27,545044	CX + NB	
PO59	-50,733406	-27,548415	NV	
PO60	-50,719344	-27,534465	CX	

APENDICE B – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DOS PERFIS

Ponto	PF1
Data	03/11/2011
Classificação	Nitossolo Bruno
Localização	Microbacia Arroio dos Mineiros - São José do Cerrito/SC
Coordenadas	(27°33'07,97" , 50°42'10,79")
Situação	Topo de elevação próximo ao terço superior de encosta
Declividade	aproximadamente 8%
Cobertura	gramíneas
Altitude	977m
Litologia	basalto ou andesito basalto
Formação Geológica	Serra Geral
Período	Juro-cretáceo
Material Originário	produtos de alteração de rocha, com possível contribuição de material coluvial alterado da mesma rocha (linha de cascalho no B1)
Pedregosidade	Não pedregoso
Rochosidade	Não rochoso
Relevo Local	suave ondulado
Relevo Regional	suave ondulado e ondulado
Erosão	não aparente
Drenagem	bem a moderadamente drenado
Vegetação Primária	Floresta Ombrófila Mista
Uso Atual	pastagem
Clima	Cfb
Descrito e coletado por	Jaime, Letícia, Benito e Gleison
Observações	linha de cascalhos no centor do horizonte B1 composta de fragmentos centimétricos de basalto semi-intemperizado / coletado em dia nublado/ alguns fragmentos de rochas semi-intemperizadas no interior do perfil, com dimensão entre 20 e 100cm

PF1

Horizontes	Profundidade (cm)	Estrutura	Cor Úmida	Cerosidade	Consistência Úmida	Transição	Raízes
A1	14	Moderada, muito pequena e pequena granular	7,5YR 3/3		friável a firme	Clara e plana	muitas, finas e médias
AB	30	Moderada, média, blocos subangulares e moderada média granular	7,5YR 3/4		firme	Clara e plana	comuns, finas, médias, fasciculadas
BA	45	Moderada, média, prismática, prismas médios que se desfazem em blocos moderada a média	6,5YR 4/6	Moderada e comum	firme	Gradual e plana	comuns, finas, médias, fasciculadas
B1	70	Moderada, grande e média prismática que se desfaz em grande e média blocos subangulares	6YR 4/6	Fraca e comum	firme	Gradual e plana	poucas, fasciculadas, finas
B2	123	Moderada média prismática que se desfaz em moderada média blocos subangulares	7,5YR 4/6		firme	Gradual e plana	raras, fasciculadas, finas
BC	150+	Moderada a fraca, média e pequena blocos subangulares	7,5YR 5/6		firme		ausentes

Ponto	PF2
Data	03/11/2011
Classificação	Nitossolo Vermelho
Localização	Microbacia Arroio dos Mineiros - São José do Cerrito/SC
Coordenadas	(27°32'20,52"S , 50°42'37,62"W)
Situação	Terço inferior de encosta, em terraço coluvial, próximo ao fundo do vale estreito
Declividade	7%
Cobertura	gramíneas
Altitude	930m
Litologia	andesito-basalto
Formação Geológica	Serra Geral
Período	Juro-cretáceo
Material Originário	alterações da rocha supracitada com espessa contribuição de colúvio de material alterado, de mesma natureza
Pedregosidade	Não pedregoso
Rochosidade	Não rochoso
Relevo Local	suave ondulado
Relevo Regional	suave ondulado e ondulado
Erosão	não aparente
Drenagem	bem drenado
Vegetação Primária	Floresta Ombrófila Mista
Uso Atual	pastagem
Clima	Cfb
Descrito e coletado por	Jaime, Letícia, Benito e Gleison
Observações	fragmentos de basalto semi-intemperizado de dimensões centimétricas no centro do horizonte B ₂

PF2

Horizontes	Profundidade (cm)	Estrutura	Cor Úmida	Cerosidade	Consistência Úmida	Transição	Raízes
A ₁	11	Moderada, muito pequena e pequena granular	7,5YR 3/2		muito friável	Clara e plana	poucas pivotantes, grossas e muitas fasciculadas médias e finas
A ₂	24	Moderada pequena e média granular e moderada pequena blocos subangulares	7,5YR 3/3		friável	Clara e plana	poucas pivotantes, grossas e comuns fasciculadas médias e finas
AB	40	Moderada pequena e média granular e moderada pequena blocos subangulares	4YR 4/4		firme	Gradual e plana	poucas pivotantes, grossas e comuns fasciculadas médias e finas
B ₁	66	Moderada média pequena blocos subangulares	4YR 4/4	Fraca e comum	firme	Difusa e plana	comuns fasciculadas médias e finas
B ₂	130	Moderada média prismática que se desfaz em moderada média e pequenos blocos subangulares	4YR 4/4	Moderada e comum	muito firme	Difusa e plana	poucas
B ₃	170+	Moderada média prismática que se desfaz em moderada média e pequenos blocos subangulares	4YR 4/4	Moderada e comum	firme a muito firme		poucas

Ponto	PF3
Data	03/11/2011
Classificação	Cambissolo Háplico
Localização	Microbacia Arroio dos Mineiros - São José do Cerrito/SC
Coordenadas	(27°32'03,79"S , 50°43'12,54"W)
Situação	Terço médio de encosta íngreme
Declividade	aproximadamente 25%
Cobertura	capoeira
Altitude	953m
Litologia	andesito-basalto ou riodacito
Formação Geológica	Serra Geral
Período	Juro-cretáceo
Material Originário	produto de alteração da rocha citada com forte influência de colúvio superficial entre A e Bi ₁
Pedregosidade	Ligeiramente pedregoso
Rochosidade	Não rochoso
Relevo Local	forte ondulado
Relevo Regional	forte ondulado
Erosão	laminar moderada
Drenagem	bem drenado
Vegetação Primária	Floresta Ombrófila Mista
Uso Atual	capoeira
Clima	Cfb
Descrito e coletado por	Jaime, Letícia, Benito e Gleison
Observações	Perfil apresenta variação de espessura ao longo do corte de estrada com horizonte Bi variando desde 40cm até 70cm / Linhas de pedra variando de 2cm a 10cm de diâmetro entre o horizonte A e o Bi ₁ .

PF3

Horizontes	Profundidade (cm)	Estrutura	Cor Úmida	Cerosidade	Consistência Úmida	Transição	Raízes
A	22	Moderada pequena e muito pequena, granular	5YR 3/2		firme	Clara e plana	Muitas finas e médias fasciculadas
Bi ₁	45	Moderada a fraca, pequena e média blocos subangulares	3,5YR 4/4		friável a firme	Clara e plana	Comuns, finas, médias fasciculadas
Bi ₂	75/85	Moderada média pequena blocos subangulares e angulares	2,5YR 4/6		firme	Clara e ondulada	Poucas, médias fasciculadas
BC	120+	Fraca a moderada, média blocos subangulares e angulares	2,5YR 4/8 com manchas de material alterado da rocha bem como fragmentos alterados 7,5YR 5/6		friável a firme		Poucas, médias fasciculadas

Ponto	PF4
Data	03/11/2011
Classificação	Nitossolo Bruno
Localização	Microbacia Arroio dos Mineiros - São José do Cerrito/SC
Coordenadas	(27°33'18,95" S, 50°46'22,10"W)
Situação	Topo de elevação próximo a borda do topo
Declividade	aproximadamente 5%
Cobertura	
Altitude	937m
Litologia	basalto
Formação Geológica	Serra Geral
Período	Juro-cretáceo
Material Originário	produto de alteração da rocha citada
Pedregosidade	Não pedregoso
Rochosidade	Não rochoso
Relevo Local	suave ondulado
Relevo Regional	suave ondulado e ondulado
Erosão	não aparente
Drenagem	bem drenado
Vegetação Primária	Floresta Ombrófila Mista
Uso Atual	Reflorestamento de eucalipto
Clima	Cfb
Descrito e coletado por	Jaime, Letícia, Benito e Gleison
Observações	

PF4

Horizontes	Profundidade (cm)	Estrutura	Cor Úmida	Cerosidade	Consistência Úmida	Transição	Raízes
A ₁	17	Moderada média pequena granular	7,5YR 3/2		muito friável	clara e plana	comum fasciculadas, médias e finas
A ₂	31	Fraca a moderada, média blocos subangulares, moderada média granular	7,5YR 3/3		friável	clara e plana	poucas
AB	50	Moderada pequena e média, blocos subangulares	7,5YR 3/3		média a firme	gradual e plana	poucas
B ₁	78	Moderada média e pequena, prismática que se desfaz em blocos subangulares	7,5YR 3/4	pouca, fraca	firme	difusa e plana	raras
B ₂	130+	Moderada média e pequena, prismática que se desfaz em blocos subangulares	7,5YR 3/4	pouca, fraca	firme		raras

Ponto	PF5
Data	09/11/2011
Classificação	Cambissolo Háplico
Localização	Microbacia Arroio dos Mineiros - São José do Cerrito/SC
Coordenadas	(27°33'42,39"S , 50°44'26,29"W)
Situação	Terço médio de encosta
Declividade	aproximadamente 22%
Cobertura	capoeira
Altitude	
Litologia	basalto
Formação Geológica	Serra Geral
Período	Juro-cretáceo
Material Originário	produto da alteração do basalto com forte influência de material coluvial pedregoso
Pedregosidade	Fase pedregosa
Rochosidade	Não rochoso
Relevo Local	forte ondulado
Relevo Regional	forte ondulado
Erosão	não aparente
Drenagem	bem drenado
Vegetação Primária	Floresta Ombrófila Mista
Uso Atual	sem uso/capoeira
Clima	Cfb
Descrito e coletado por	Jaime, Benito e Heraldo
Observações	Presença de matações nos horizontes A e BA // presença de intensa quantidade de calhaus no horizonte B, linha de cascalhos (alguns arredondados) no topo do horizonte B // Horizonte CR representado pelo basalto semi-intemperizado com manchas avermelhadas terrosas e algumas manchas escuras devido à concentração de manganês.

PF5

Horizontes	Profundidade (cm)	Estrutura	Cor Úmida	Cerosidade	Consistência Úmida	Transição	Raízes
A	20	Moderada pequena e muito pequena granular e fraca média blocos subangulares	5YR 3/4		friável	Clara e plana	Abundantes, médias e finas fasciculadas e poucas grossas pivotantes
BA	35	Moderada pequena e média blocos subangulares	2,5YR 3/4		firme	Gradual e plana	Comuns, fasciculadas médias e finas
B	60/80	Moderada pequena e média blocos subangulares (maior quantidade de pequena que BA)	2,5YR 4/6		friável a firme	Gradual e ondulada	Comuns, fasciculadas médias e finas
B/CR	95/110	Fraca, média e pequena blocos subangulares	2,5YR 4/8, com fragmentos de CR 7,5YR 5/6		friável	Clara e ondulada	Raras, fasciculadas e finas
CR	95/110+		7,5YR 5/8, com manchas avermelhadas 10R 3/4				

Ponto	PF6
Data	09/11/2011
Classificação	Neossolo Regolítico
Localização	Microbacia Arroio dos Mineiros - São José do Cerrito/SC
Coordenadas	(27°33'32,01"S , 50°43'54,76"W)
Situação	Terço superior de segunda encosta
Declividade	aproximadamente 25% a 30%
Cobertura	
Altitude	
Litologia	basalto
Formação Geológica	Serra Geral
Período	Juro-cretáceo
Material Originário	Material coluvial proveniente da intemperização do basalto
Pedregosidade	Pedregoso
Rochosidade	Ligeiramente rochoso
Relevo Local	forte ondulado
Relevo Regional	forte ondulado
Erosão	Ligeira laminar
Drenagem	bem drenado
Vegetação Primária	Floresta Ombrófila Mista
Uso Atual	pastagem azevem, área recém limpa
Clima	Cfb
Descrito e coletado por	Jaime, Benito e Heraldo
Observações	Fragmentos de basalto intemperizado (calhaus com cor de alteração amarelada), pouco visíveis no A/C ₁ e abundantes no A/C ₂ com pouco material terroso // Horizonte CR/R constituído de fragmentos de calhaus mais e menos alterados com cores de alteração amarelas e cinzentas. Muitos recobertos por deposição de óxidos de manganês.

PF6

Horizontes	Profundidade (cm)	Estrutura	Cor Úmida	Cerosidade	Consistência Úmida	Transição	Raízes
A	21	Moderada média granular e fraca pequena blocos subangulares	7,5YR 3/3		friável	Gradual e plana	Muitas fasciculadas finas e médias
AC	40/45	Moderada média granular e fraca pequena blocos subangulares	7,5YR 3/3		friável	Gradual e ondulada	Comuns fasciculadas finas e médias
A/C ₁	55/70	Moderada a fraca média granular e fraca média blocos subangulares	7,5YR 3/3		friável	Gradual e ondulada	Comuns fasciculadas finas e médias
A/C ₂	85	Fraca média granular	7,5YR 3/4		friável	Clara e plana	Poucas fasciculadas médias
CR/R	85+						

Ponto	PF7
Data	09/11/2011
Classificação	Nitossolo Vermelho
Localização	Microbacia Arroio dos Mineiros - São José do Cerrito/SC
Coordenadas	(27°33'05,64"S , 50°44'20,83"W)
Situação	Terraço coluvial próximo ao fundo do vale do Arroio dos Mineiros, aproximadamente 40m acima do rio
Declividade	aproximadamente 6%
Cobertura	
Altitude	850m
Litologia	basalto
Formação Geológica	Serra Geral
Período	Juro-cretáceo
Material Originário	Alteração de basalto com possível contribuição de material coluvial
Pedregosidade	Não pedregoso
Rochosidade	Não rochoso
Relevo Local	suave ondulado
Relevo Regional	ondulado
Erosão	não aparente
Drenagem	bem drenado
Vegetação Primária	Floresta Ombrófila Mista
Uso Atual	pastagem com algumas áreas de mata
Clima	Cfb
Descrito e coletado por	Jaime, Benito e Heraldo
Observações	Fragmentos de basalto semi-intemperizado no interior de B ₁ e B ₂ , variando de 10 a 20cm de diâmetro // Atividade de formigas no B ₁ e B ₂ // Fragmentos de calcedônia no B ₂ // algumas concreções tipo chumbo de caça no B ₂

PF7

Horizontes	Profundidade (cm)	Estrutura	Cor Úmida	Cerosidade	Consistência Úmida	Transição	Raízes
A	14	Moderada média e pequena granular, fraca e pequena blocos subangulares	5YR 3/4		Friável	Clara e plana	Fasciculadas médias e finas, muitas
AB	30	Moderada média granular, fraca média blocos subangulares	3,5YR 3/4		Friável a firme	Gradual e plana	Fasciculadas médias e finas, muitas
BA	50	Moderada média pequena blocos subangulares	2,5YR 4/4	Moderada e comum	Friável a firme	Gradual e plana	Fasciculadas médias e finas, muitas
B ₁	95	Moderada média pequena blocos subangulares	2,5YR 4/6	Moderada e comum	Firme	Difusa e plana	Fasciculadas médias e finas, muitas até o topo; comuns na metade inferior
B ₂	150+	Moderada média blocos subangulares	2,5YR 4/4	Moderada e comum	Firme		poucas

Ponto	PF8
Data	09/11/2011
Classificação	Nitossolo Litólico
Localização	Microbacia Arroio dos Mineiros - São José do Cerrito/SC
Coordenadas	(27°33'29,52"S , 50°45'08,32"W)
Situação	Terço inferior de encosta
Declividade	aproximadamente 30%
Cobertura	
Altitude	
Litologia	basalto
Formação Geológica	Serra Geral
Período	Juro-cretáceo
Material Originário	produto da alteração do basalto
Pedregosidade	
Rochosidade	
Relevo Local	forte ondulado
Relevo Regional	forte ondulado
Erosão	não aparente
Drenagem	bem drenado
Vegetação Primária	Floresta Ombrófila Mista
Uso Atual	
Clima	Cfb
Descrito e coletado por	Jaime, Benito e Heraldo
Observações	R constituído de basalto semi-intemperizado fragmentado em planos horizontais e verticais // coletado em área de mata remanescente

PF8

Horizontes	Profundidade (cm)	Estrutura	Cor Úmida	Cerosidade	Consistência Úmida	Transição	Raízes
O	3 a 0						
A	10/25	Moderada pequena e muito pequena granular	7,5YR 3/2		Muito friável	Abrupta e irregular	Abundantes médias e finas fasciculadas, poucas pivotantes grossas
R	10/25+						

APÊNDICE C –ANÁLISES LABORATORIAIS DAS AMOSTRAS EXTRAS

PA1 - Coordenadas: (27°33'42,32"S, 50°44'26,60"W)

Classificação: CAMBISSOLO HÁPLICO

Hor.	Cascalho+ Calhaus				Areia	Silte	Argila	Silte/ Argila	pH H ₂ O	pH KCl	C
	%					g Kg ⁻¹					g Kg ⁻¹
A	3				140	260	600	0,43	5,27	4,61	2,05
B	2				180	180	650	0,28	4,82	4,11	7,01
Hor.	Cátions Trocáveis										
	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	S	CTC a pH7	V	Fe ₂ O ₃	
	cmol _c Kg ⁻¹								%		g Kg ⁻¹
A	7,59	1,99	0,95	0,09	0,00	8,99	10,62	19,61	54,15		
B	1,33	0,57	0,12	0,09	0,82	7,19	2,10	9,29	22,61		259,99

PA2 - Coordenadas: (27°33'17,95"S, 50°44'29,18"W)

Classificação: NITOSSOLO VERMELHO

Hor.	Cascalho+ Calhaus				Areia	Silte	Argila	Silte/ Argila	pH H ₂ O	pH KCl	C
	%					g Kg ⁻¹					g Kg ⁻¹
A	1				110	190	700	0,27	4,65	4,04	17,6
Hor.	Ca	Mg	Cátions Trocáveis								
			K	Na	Al	H+Al	S	CTC a pH7	V		Fe ₂ O ₃
	cmol _c Kg ⁻¹								%		g Kg ⁻¹
A	2,11	0,85	0,20	0,10	0,89	11,94	3,26	15,20	21,45		

PA3 - Coordenadas: (27°33'56,25"S, 50°44'02,08"W)

Classificação: NITOSSOLO VERMELHO

Hor.	Cascalho+ Calhaus	Areia	Silte	Argila	Silte/ Argila	pH H ₂ O	pH KCl	C		
	%		g Kg ⁻¹					g Kg ⁻¹		
A	2	100	180	720	0,25	4,81	3,98	20,7		
Bt	7	50	70	880	0,08	4,51	3,79	10,7		
Hor.	Cátions Trocáveis									
	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	S	CTC a pH7	V	Fe ₂ O ₃
							</			

PA4 - Coordenadas: (27°33'33,28"S, 50°45'19,00"W)

Classificação: NEOSSOLO REGOLÍTICO

Hor.	Cascalho+ Calhaus	Areia	Silte	Argila	Silte/ Argila	pH H ₂ O	pH KCl	C
	%		g Kg ⁻¹					g Kg ⁻¹
A	16	270	300	430	0,70	5,07	4,53	21,6
AC	10	160	230	610	0,38	4,88	4,01	6,0

Hor.	Ca	Mg	Cátions Trocáveis			Al	H+Al	S	CTC a pH7	V	Fe ₂ O ₃
			K	Na							
										%	g Kg ⁻¹
A	5,47	1,72	0,53	0,12		0,00	9,31	7,84	17,15	45,70	
AC	1,55	0,57	0,09	0,19		1,76	7,39	2,40	9,79	24,47	

PA5 - Coordenadas: (27°33'04,70"S, 50°44'39,53"W)

Classificação: NITOSSOLO VERMELHO

Hor.	Cascalho+ Calhaus	Areia	Silte	Argila	Silte/ Argila	pH H ₂ O	pH KCl	C
	%		g Kg ⁻¹					g Kg ⁻¹
B	1	40	210	750	0,28	5,14	4,07	5,0

Hor.	Ca	Mg	Cátions Trocáveis			Al	H+Al	S	CTC a pH7	V	Fe ₂ O ₃
			K	Na							
										%	g Kg ⁻¹
B	3,02	0,96	0,33	0,12		1,07	6,65	4,43	11,08	39,99	227,36

B 713g Bonfatti, Benito Roberto
Geotecnologias aplicadas ao levantamento de solos e da aptidão agrícola da
Microbacia Lajeado dos Mineiros, São José do Cerrito, SC / Benito Roberto Bonfatti –
2012.
136 p. : il. 30 cm

Bibliografia: f.101-104
Orientador: Jaime Antônio de Almeida
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Centro De
Ciências Agroveterinárias. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias. Mestrado
em Manejo do Solo, Lages, 2012.

1. Solos – São José do Cerrito. 2. Solo adequado para agricultura. 3. Aptidão dos
solos. 4. Levantamento de solos. 5. Geoprocessamento. 6. Microbacia Lajeado dos
Mineiros. I. Almeida, Jaime Antônio de (Orientador). II. Universidade do Estado de
Santa Catarina. Mestrado em Manejo do Solo. III. Título

CDD: 631.478164

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UDESC