

# O uso de anaglifos na delimitação de unidades de mapeamento para levantamento semidetalhado de solos

*Delimitation of mapping units in semi-detailed soil survey through the use of anaglyph*

**Benito Roberto Bonfatti<sup>1</sup>, Jaime Antônio de Almeida<sup>2</sup>**

Recebido em 07/11/2012; aprovado em 18/12/2013.

## RESUMO

O trabalho pretende mostrar a utilidade dos anaglifos na demarcação de unidades de mapeamento de solos, facilitando sua identificação e possibilitando ampliar informações de pontos de observação e coleta para áreas mais extensas. O uso da fotointerpretação reduz significativamente o tempo que se gastaria no reconhecimento de todas as propriedades e limites em campo. O trabalho considerou satisfatória a utilização de anaglifos para o levantamento semidetalhado dos solos da Microbacia de Lajeado dos Mineiros, no município de São José do Cerrito, no Estado de Santa Catarina, abrangendo uma área de 2.877,37 ha. Os dados para classificação dos solos foram obtidos através da observação e coleta de campo e o mapa de delineamento das unidades de mapeamento foi produzido na escala 1:50.000.

**PALAVRAS-CHAVE:** Anaglifos, unidades de mapeamento, Microbacia Lajeado dos Mineiros.

## SUMMARY

The paper aims to show the utility of using anaglyph on the demarcation of soil mapping units; facilitating identification and enabling the expansion of information collection and observation points for larger areas. The use of photo-interpretation significantly reduces the time it would spend in recognition of all the properties and limits in the field. The work was conducted with the use of anaglyph in semi-detailed soil

survey of the Lajeado dos Mineiros Watershed, in São José do Cerrito, Santa Catarina, covering an area of 2.877,37 ha. Data for soil classification was obtained through observation and collection in the field. The map of delineation of mapping units was produced using a scale of 1:50,000.

**KEY WORDS:** Anaglyph, mapping units, Lajeado dos Mineiros Watershed.

## INTRODUÇÃO

O levantamento pedológico tem sido de grande utilidade para o planejamento da dinâmica rural de um município. O detalhamento dos tipos de solos e de sua aptidão geram condições para que se possam conduzir iniciativas no sentido de melhorar a forma de uso do solo e evitar a sua degradação, atendendo à questões ambientais. Desta forma, aprimorar técnicas que tornam o trabalho rápido e eficiente vem de encontro às pretensões dos órgãos públicos e demais interessados no assunto, servindo como fonte de informações sobre os solos e técnicas disponíveis.

Nesse sentido, o artigo demonstra a utilização de anaglifos para delimitação das unidades de mapeamento da Microbacia Lajeado dos Mineiros, no município de São José do Cerrito, no Estado de Santa Catarina, auxiliando na produção de mapas na escala de 1:50.000. Vem a atualizar a atual base de dados para a área, que atualmente conta com o Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de Santa Catarina, realizado na escala de 1:250.000

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 7712 - CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil. Email: brbonfatti@yahoo.com.br. \*Autor para correspondência.

<sup>2</sup> Departamento de Solos e Recursos Naturais. Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina - CAV/UDESC. Av. Luiz de Camões, 2090, Bairro: Conta Dinheiro, CEP 88520-000, Lages, SC, Brasil.

(EMBRAPA, 2004).

O uso da fotogrametria digital vem sendo ampliado devido ao avanço na obtenção de fotos aéreas e sua digitalização, de forma que as técnicas para aerofotogrametria possam contar com o ambiente de processamento via softwares.

Dessa forma, o uso de anaglifos como ferramenta torna-se de significativa relevância nos procedimentos auxiliares na identificação de solos e sua abrangência. A facilidade do manuseio em campo, a possibilidade de ampliação de imagem, a facilidade de visualização em tela de computador e sua edição são fatores que tornam seu uso como ferramenta importante para relacionar classes e atributos de solo com o relevo circundante, auxiliando no delineamento de unidades de mapeamento.

### **As imagens aéreas e a geometria epipolar**

As imagens aéreas possibilitam a 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 espacial (próximo a 0,625m na escala 1:25.000) (BRITO; COELHO, 2007), 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. 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.

Para a visão estereoscópica, fotos adjacentes contam com a paralaxe, que consiste no deslocamento relativo ou aparente de objetos estacionários, quando um observador em movimento os olha de pontos diferentes (PAREDES, 1986). Na aerofotogrametria, para possibilitar essa característica, os vôos 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 horizontal. Duas faixas de vôo adjacentes normalmente tem recobrimento vertical entre 10 e 30%. Desta forma, se consegue maior flexibilidade nas operações com as imagens, inclusive sua estereoscopia (ANDERSON, 1982).

Diferentes imagens adjacentes numa faixa de vôo, de um mesmo objeto, aparecem com formato diferenciado entre duas imagens adjacentes devido às diferenças de paralaxe. Pode ser visualizada em cada um dos olhos por cores complementares e utilizando-se de óculos apropriados. Isso é chamado de sistema de visão estereoscópica em anaglifos. Normalmente as imagens são preparadas com sobreposição de uma imagem nas cores azul ou verde e a outra imagem na cor vermelha. Desta forma, com o uso dos óculos para visão em 3D, com as lentes funcionando como filtros nas mesmas cores que a utilizada nos anaglifos, o olho direito enxerga uma imagem e o olho esquerdo enxerga a outra imagem, compondo uma fusão numa simples imagem estereoscópica (MOFFITT e MIKHAIL, 1980).

Para a produção de anaglifos, os softwares utilizam pontos homólogos nas imagens adjacentes de fotografias verticais, através da orientação das imagens segundo sua geometria epipolar. Segundo Paredes (1986), são importantes as definições representadas na Figura 1:

- Eixo epipolar: distancia entre as estações de exposição (aerobase)  $O_1$  a  $O_2$ .
- Pontos epipolares: interseção do eixo epipolar com os planos das fotografias  $P_1$  e  $P_2$ , representados na Figura 1 por  $K_1$  e  $K_2$ .
- Planos epipolares: definidos pelo eixo epipolar e um ponto qualquer no terreno, ou seja, pelos pontos  $O_1$ ,  $O_2$  e R.
- Linhas epipolares: linhas formadas pela interseção do plano epipolar com os planos positivos da fotografia,  $K_1r_1$  e  $K_2r_2$ , sendo  $r_1$  e  $r_2$  imagens do objeto R no terreno.

Nas fotos verticais, o eixo epipolar é paralelo aos planos das fotografias, sendo os epipolos (pontos K) sendo “pontos falsos ou aparentes”, tendo a direção da linha de vôo.

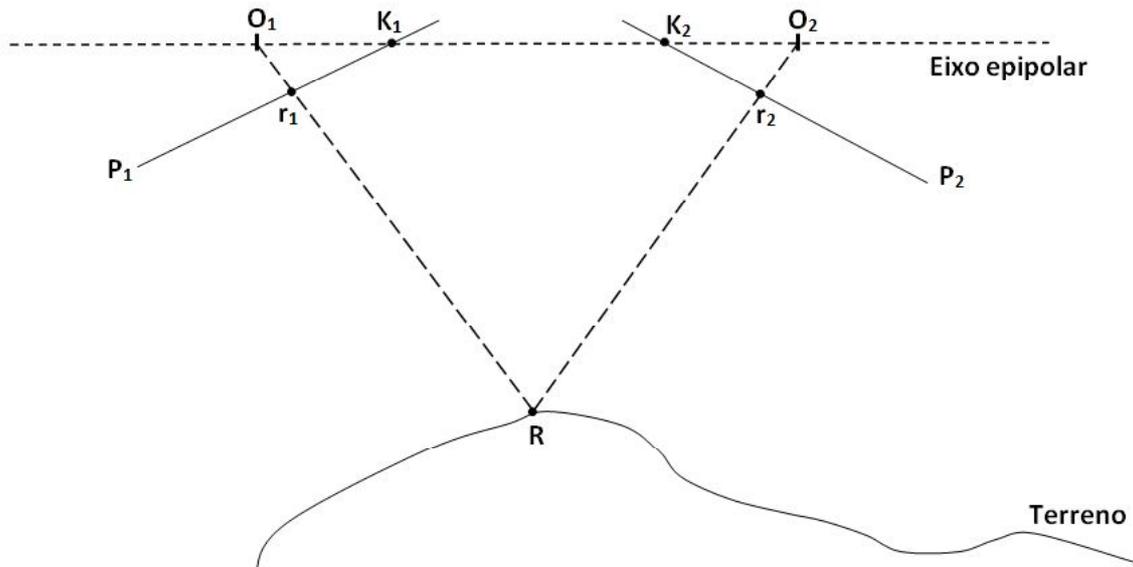


Figura 1 – Geometria epipolar em fotos inclinadas.  
Fonte: Adaptado de Paredes (1986).

Para observação estereoscópica em fotos verticais, com o estereoscópio ou com anáglifos, esta deve ser feita paralelamente a linha de vôo, ou seja, não rotacionando a imagem. A observação é feita, então, paralelamente às linhas epipolares, ou seja, segundo planos epipolares.

### Distorções verticais na visão estereoscópica

Paredes (1986) afirma que para uma análise mais aproximada da realidade precisa-se saber a relação ( $B =$  aerobase (distância entre as estações de tomada de duas fotos aéreas, em m ou km) e  $H =$  altura do vôo),  $B/H$  e então tentar estabelecer a mesma durante a observação estereoscópica, para se obter o modelo que corresponda perfeitamente ao terreno. O mesmo autor afirma ser praticamente impossível reproduzir esta mesma relação e, conseqüentemente, haverá exagero vertical na representação. Este exagero acontece devido à diferença entre a escala planimétrica e a escala altimétrica do modelo observado, sendo que a escala vertical fica exagerada, acentuando os desníveis. Cita como importante esse exagero vertical, pois possibilita a identificação de feições que em campo passariam despercebidas. Define o fator de exagero vertical ou estereoscópico ( $E_v$ ) como a relação entre a escala vertical ( $S_v$ ) e a escala horizontal ( $S_h$ ):  $E_v = S_v/S_h$ . Normalmente

o fator de exagero vertical está compreendido entre 0,7 e 4,5.

Segundo Paredes (1986) com base nos resultados de Vitor Muller, os fatores que afetam o exagero vertical ( $E_v$ ) estereoscópico são:

- Fatores de origem fotográfica:  $B$  (aerobase),  $f$  (distância focal),  $H$  (altura de vôo).
- Fatores devido à forma de observação estereoscópica:  $d$  (distância de observação da fotografia),  $s$  (separação entre as fotografias) e  $E$  (distância interpupilar). São representados então pela seguinte relação:  $E_v = (B.d.s) / (H.f.E)$

### O levantamento semidetalhado de solos

O levantamento semidetalhado de solos utiliza 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 20 m e utilização de fotografias aéreas com escala igual ou maior que 1:60.000. Recomenda-se escalas maiores que 1:50.000. 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 (EMBRAPA, 1995). Extrai informações necessárias para estudos de

microbacias, loteamentos rurais, planejamento de uso e conservação do solo, além de projetos e estudos prévios de engenharia civil (EMBRAPA, 1995).

## MATERIAL E MÉTODOS

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 2.877,37 ha 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. A microbacia foi delimitada 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 da área corresponde ao Grupo São Bento, Formação Serra Geral, composta por rochas de origem vulcânica, com predomínio das efusivas básicas que contêm grande quantidade de  $Fe_2O_3$  (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).

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 vôos atuais, as aerofotos obtidas, em escala 1:25.000, foram resultado de um vôo 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 900 dpi, resultando em imagens digitais de resolução espacial de 0,71 m para cada pixel (ZAMPARETTI, 2008). A resolução espacial em função da resolução ótica para diferentes escalas, com destaque para a resolução de 900 dpi e escala de 1:25.000, está indicada na Tabela 1.

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

Tabela 1 - Resolução espacial em função da resolução ótica para diferentes escalas. Fonte: Fallas 2004 apud ZAMPARETTI, 2008.

Resolução Ótica (dpi)	Scanner		Escala Nominal da Aerofoto						
	Tamanho Pixel (µm)	Tamanho Pixel (mm)	1:5.000	1:8.000	1:10.000	1:15.000	1:20.000	1:25.000	1:30.000
			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	24,22	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

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.

No total das viagens, foram registrados 60 pontos de observação, 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.

### **Delimitação das unidades de mapeamento**

No intuito de auxiliar a demarcação de feições homogêneas em software as imagens aéreas digitais foram processadas no software de código aberto ILWIS 3.2, utilizando-se da ferramenta EPIPOLAR STEREO PAIR, 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 GEOREF ORTHO PHOTO, feitas com base em dados da câmera durante o voo e também através de medidas diretas nas aerofotos. As imagens digitais georreferenciadas foram então utilizadas na elaboração dos anaglifos.

Elaborou-se um *layer* SEGMENT MAP que foi sobreposto aos anaglifos e iniciou-se a demarcação das feições homogêneas, através de observação com óculos 3D diretamente na tela do microcomputador. Foram demarcados topos, encostas e fundo de vales. De posse do traçado das unidades de mapeamento, inseriram-se as coordenadas dos pontos de descrição morfológica e coleta de amostra de solos obtidos com GPS de navegação. 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.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Figura 2 tem-se um exemplo de anaglifo produzido e o delineamento de feições. Na Figura 3 a demarcação das unidades de mapeamento da Microbacia Lajeado dos Mineiros.

O uso de anaglifos na delimitação das unidades de mapeamento se mostrou satisfatório para o trabalho proposto. 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.

Notou-se pelas imagens, e sua relação com as observações e análises laboratoriais, que as áreas de relevo suave ondulado no fundo de

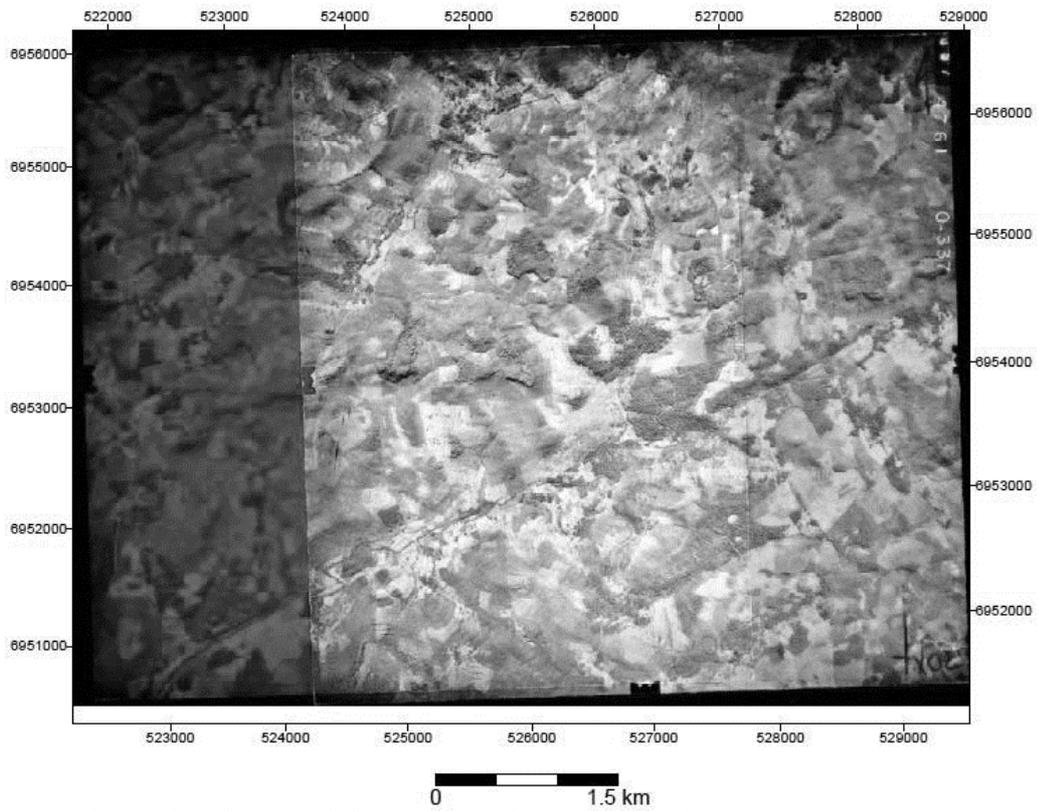


Figura 2 – Anaglifo produzido para delimitação das unidades de mapeamento.

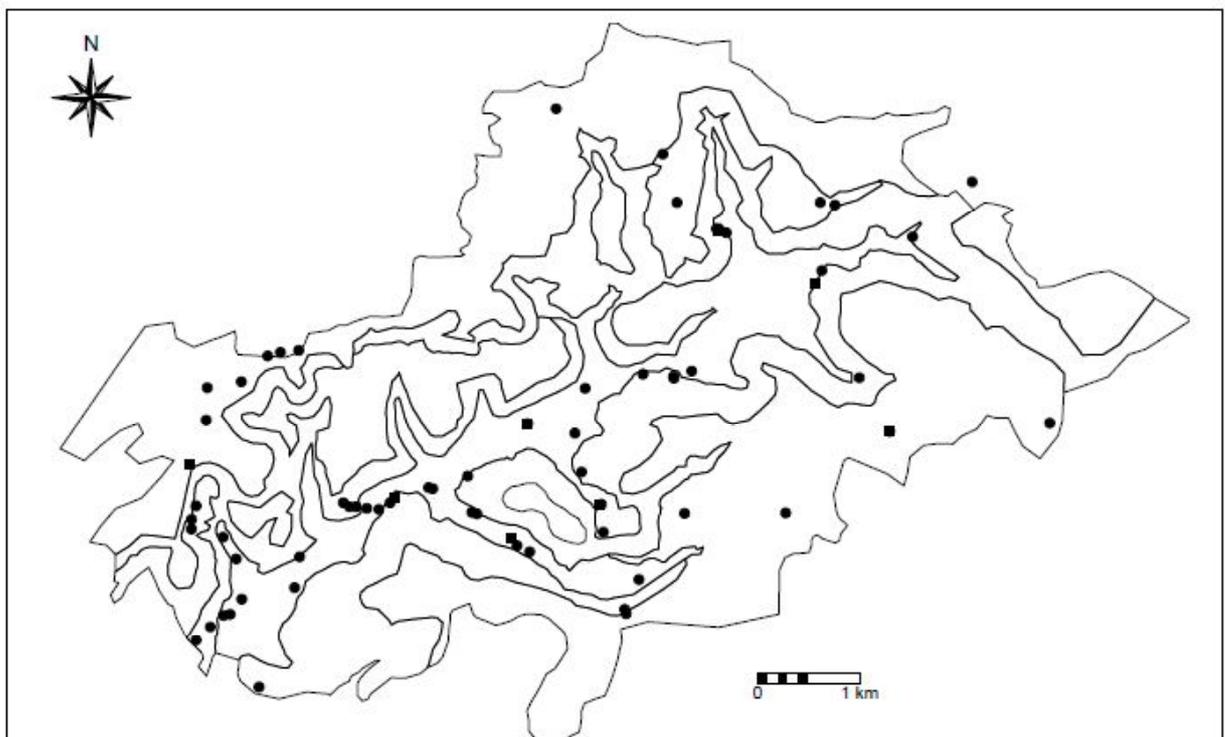


Figura 3 – Demarcação de unidades de mapeamento de solos e pontos de observação e de coleta.

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. Também identificou-se solos rasos correspondentes às encostas, o que limita seu uso agrícola, contudo apresentam maior quantidade de bases trocáveis, devido ao baixo grau de evolução pedogenética.

Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2008.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, P.S. **Fundamentos para fotointerpretação**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982. v.1.
- BRITO, J.N; COELHO, L. **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2007.
- 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. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1995. 116p.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412p.
- EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Zoneamento agroecológico e socioeconômico do estado de Santa Catarina**. Florianópolis, 1999. CD-ROM.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de pedologia**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2007. 316p.
- PAREDES, E.A. **Práticas aerofotogramétricas e suas aplicações na engenharia**. Maringá: CONCITEC, 1986. v. I e II.
- MOFFIT, F.H; MIKHAIL, E.M. **Photogrammetry**. 3.ed. New York: Harper e Row, 1980.
- ZAMPARETTI, A.F. **Geotecnologias no mapeamento de pequenas propriedades rurais**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia