

# ANÁLISE MULTIVARIADA NA DISCRIMINAÇÃO DE SOLOS COM HORIZONTE B LATOSSÓLICO E B TEXTURAL

Fernando Luiz de Paula Santil

Universidade Estadual de Maringá - Departamento de Geografia  
Avenida Colombo, 5790 - Campus Universitário - Maringá - Paraná - 87020-900  
Pós-graduando em Ciências Cartográficas - FCT/Unesp - Presidente Prudente (SP)

## RESUMO

As técnicas de análises de agrupamento (Sneath & Sokal, 1973) e componentes principais (Morrison, 1967), além da estratégia de agrupamento UPGMA foram utilizadas para a discriminação de solos com horizonte B latossólico e B textural a partir dos parâmetros da rede de drenagem e do relevo, obtidos de fotografias aéreas e imagens de satélite TM/Landsat, na Bacia do Ribeirão Santo Anastácio (Oeste do Estado de São Paulo).

As conclusões foram as seguintes: 1) do emprego conjunto de fotografias aéreas e imagens de satélite constatou-se a eficiência da primeira, muito embora se possa utilizar as imagens, para estudos que envolvam a atualização cartográfica e mapas temáticos, são indispensáveis estudos sobre os dados quantitativos que podem ser obtidos (aspecto este relacionado às condições geométricas de aquisição da imagem e qualidade (confiabilidade) do produto gerado); 2) o traçado para a rede de drenagem de áreas que ocorram o Latossolo há eficiência das fotografias e imagens, em detrimento desta última com relação ao Podzólico; 3) os critérios rede de drenagem e relevo tiveram comprovada sua utilidade em trabalhos de interpretação visual das fotografias aéreas e das imagens de satélite e 4) das variáveis utilizadas a densidade de drenagem, número e comprimento total de segmentos de rios e declividade média mostraram-se eficientes na separação dos solos estudados.

## ABSTRACT

Besides grouping strategies UPGMA, techniques of grouping analyses (Sneath & Sokal, 1973) and principal components (Morrison, 1967) were used for soil discrimination with Latosolic B and Textural B horizon from studies on drainage web and relief obtained by aerial photographs and TM/Landsat satellite images in the Ribeirão Santo Antonio basin, in the western part of the State of São Paulo, Brazil. The following conclusions were obtained: 1) the joint employment of aerial photographs and satellite image proved the efficiency of the first item. Although images may be used, in the case of studies involving cartographical updating and thematic maps, studies on quantitative data which could be obtained are indispensable (an aspect related to the geometric conditions of image acquisition and the quality (reliability) of the product); 2) in the outline for drainage web of areas where Latosols occur photographs and images are efficient to the detriment of the latter with Podzolic (Udalfs) soil; 3) the utility of the drainage web and relief was proved by visual interpretation of aerial photographs and satellite images and 4) drainage density, number and total length of river segments and average declivity showed themselves to be sensitive in the separation of soils.

### 1. Introdução

O uso da estatística multivariada, segundo Morrison (1967) & Mardia et al. (1979) apud Humphreys (1990), se dá na medida em que mais de uma variável é obtida em um mesmo objeto ou amostra. Os dados são apresentados em várias dimensões, e o fato das observações serem originadas

de um mesmo objeto ou amostra, gera dependência ou correlação entre as variáveis medidas.

Desta forma, segundo Santil et al. (1995-b), será quase impossível que o pesquisador, ao estudar um determinado fenômeno, possa avaliar, com apenas uma variável, as conseqüências ocasionadas por esta ou, muito menos, caracterizar o fenômeno estudado.

Portanto, devido à grande demanda de dados propiciada pela tecnologia existente, o estudo e mapeamento de solos se valem da interpretação dos produtos na forma digital e/ou papel e de técnicas que permitam ao pesquisador discriminar os alvos de interesse.

Sendo assim, serão aplicados os mesmos critérios de interpretação visual para fotografias aéreas nas imagens de satélite (Vettorazzi, 1988) e as técnicas de análises de agrupamento e de componentes principais para, respectivamente, encontrar a melhor maneira de descrever o padrão de similaridade das unidades estudadas e reduzir a dimensionalidade de um conjunto de variáveis correlacionadas de modo a discriminar as variáveis e os agrupamentos por elas gerados.

## 2. Material e métodos

A tabela 1, cujos dados foram extraídos de Santil & Carvalho (1995-a) e Santil (1997) que correspondem as amostras circulares contidas na Bacia do Ribeirão Santo Anastácio (Oeste do Estado de São Paulo), mostra as variáveis estudadas e os valores obtidos para a fotografia aérea (FA) e imagem de satélite (IS). Os parâmetros estudados da rede de drenagem, de acordo com os trabalhos citados, foram: nº de segmentos de rios de primeira, segunda, terceira e quarta ordens de ramificação, respectivamente, Nw1, Nw2, Nw3 e Nw4; comprimento de rios de primeira, segunda, terceira e quarta ordens de ramificação, respectivamente, Lw1, Lw2, Lw3 e Lw4, expressa em km; densidade de drenagem (Dd), expressa em km rios/km<sup>2</sup> e comprimento médio de rios (Lm), expresso em km, e para o relevo, altitudes máxima(AM), mínima(Am) e média(Hm), amplitude altimétrica(H), expressas em metro, e declividade média(Dm), expressa em porcentagem.

As seguintes unidades de mapeamento, conforme os trabalhos citados, são: Latossolo Vermelho Escuro (LE), Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), Podzólico Vermelho Escuro (PE) e Podzólico Vermelho-Amarelo (PV).

Segundo Curi (1983), para maior eficiência dos resultados das análises, deve-se preferencialmente utilizar variáveis que não sejam obtidas pela manipulação de outras e conforme sugestão de Silva (1988), optou-se pelo comprimento médio de rios ao invés do comprimento médio de segmentos de rios por ordem de ramificação e apenas

a densidade de drenagem, dentre os componentes do padrão de drenagem.

Os métodos de análise multivariadas de componentes principais-ACP (Morrison, 1967) e análise de agrupamento-AA (Sneath & Sokal, 1973) foram aplicados com objetivo de avaliar os parâmetros da rede de drenagem e relevo, na discriminação dos solos estudados.

A ACP foi utilizada para obter um conjunto menor de combinações lineares das variáveis originais, preservando a maior parte da informação fornecida (Santil et al., 1995-b). Desta forma, obtiveram duas novas variáveis não correlacionadas que são os componentes principais, indicados por Y1 e Y2, que, de acordo com Morrison (1967), possibilitaram verificar a capacidade discriminatória das variáveis originais no processo de formação dos agrupamentos.

Os dados foram obtidos em unidades diferentes e por esta razão, efetuou-se uma transformação de variável para torná-los adimensionais, com variação no intervalo de 0 a 1. Tal atitude procede, segundo (Vettorazzi, 1988), por remover efeitos arbitrários que podem afetar a análise, provocados pelas unidades escolhidas para medir os atributos, e a padronização faz com que os atributos contribuam mais equitativamente com as similaridades entre os objetos. Desta forma, a AA foi realizada com os dados transformados, calculando-se a distância euclidiana média (coeficiente de semelhança) entre as amostras circulares para o conjunto dos 15 indicadores, e utilizando-se a estratégia de agrupamento UPGMA (Unweighted Pair Groups Method with Arithmetic Average) permitiu expressar os resultados obtidos através de dendogramas. Segundo Curi(1983), a utilização conjunta do dendograma da AA e da ordenação bidimensional das amostras obtidas na ACP permite inferir, com mais segurança, os agrupamentos formados.

As amostras foram numeradas com o seguinte critério: na amostra circular 1: os dados obtidos para a fotografia aérea e imagem de satélite receberam, respectivamente, os nºs 1 e 13; na amostra circular 2, a primeira recebeu o nº 2 e a segunda o nº 14 e assim sucessivamente.

Tabela 1 - Parâmetros da rede de drenagem e do relevo para as doze amostras circulares representativas dos solos estudados

		AMOSTRAS												CIRCULARES												
PARAMETROS (unidade de medida)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<i>REDE DE DRENAGEM</i>																										
	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS
$Nw_1$	4	3	6	4	5	4	4	4	6	5	4	3	53	29	32	20	55	49	35	27	39	25	61	39		
$Nw_2$	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	12	5	10	8	14	11	8	8	8	8	14	11		
$Nw_3$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3	1	3	2	3	3	2	2	2	2	3	3		
$Nw_4$	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1		
$Lw_1$ (km)	4,73	4,77	5,83	4,45	6,37	4,22	4,98	5,75	4,64	4,57	4,90	5,50	12,87	12,54	13,90	11,24	14,79	12,71	11,53	11,55	11,12	10,02	13,07	11,70		
$Lw_2$ (km)	1,48	0,11	2,12	1,77	1,75	1,75	2,57	2,42	2,71	2,38	2,62	1,99	6,98	3,60	4,85	3,73	4,78	6,21	6,04	4,97	6,81	6,02	5,39	5,75		
$Lw_3$ (km)	0	0	0	0	0	0	0	0	1,71	1,41	0	0	2,43	1,08	2,30	1,16	2,09	1,96	2,66	2,98	3,05	1,52	2,74	2,86		
$Lw_4$ (km)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0,55	0	2,43	1,27	2,69	2,72	0	0	0,62	1,14	1,83	1,99		
$Dd$ ( $\frac{km}{km^2}$ )	0,62	0,49	0,80	0,62	0,81	0,60	0,76	0,82	0,91	0,84	0,75	0,80	2,28	1,72	2,35	1,74	2,43	2,36	2,02	1,95	2,16	1,87	2,30	2,23		
$Lm$ (km)	1,55	1,63	1,35	1,56	1,62	1,50	1,89	2,05	1,51	1,67	1,88	2,50	0,43	0,59	0,73	0,87	0,44	0,48	0,58	0,72	0,55	0,75	0,38	0,57		
<i>RELEVO</i>																										
$AM$ (m)	386	388	400	385	428	420	482	428	455	445	458	464														
$Am$ (m)	366	306	332	300	324	380	390	325	380	350	324	388														
$Hm$ (m)	376	347	366	342	376	400	436	376	417	397	391	426														
$H$ (m)	20	82	68	85	104	40	92	103	75	95	134	76														
$Dm$ (%)	2,32	4,17	2,49	4,17	6,73	2,08	9,06	10,26	12,02	10,50	13,22	11,00														

Amostras 1 a 6 - LE/LV

Amostras 7 a 12 - PE/PV

### 3. Resultados e discussão

A partir da utilização da técnica de agrupamento UPGMA foram gerados três dendogramas, que expressam as fusões sequenciais dos pontos e representam as unidades de solos estudadas através dos parâmetros da rede de drenagem e do relevo. As figuras 1-a, 2-a e 3-a ilustram, respectivamente, rede de drenagem vs fotografia aérea, rede de drenagem vs imagem de satélite e rede de drenagem e relevo vs fotografia aérea e imagem de satélite.

Da transformação por componentes principais resultaram três gráficos, ou seja, novo conjunto de eixos cuja representação num espaço bidimensional é ilustrada nas figuras 1-b, 2-b e 3-b juntamente com a definição dos grupos hierárquicos obtidos a partir das figuras 1-a, 2-a e 3-a, respectivamente.

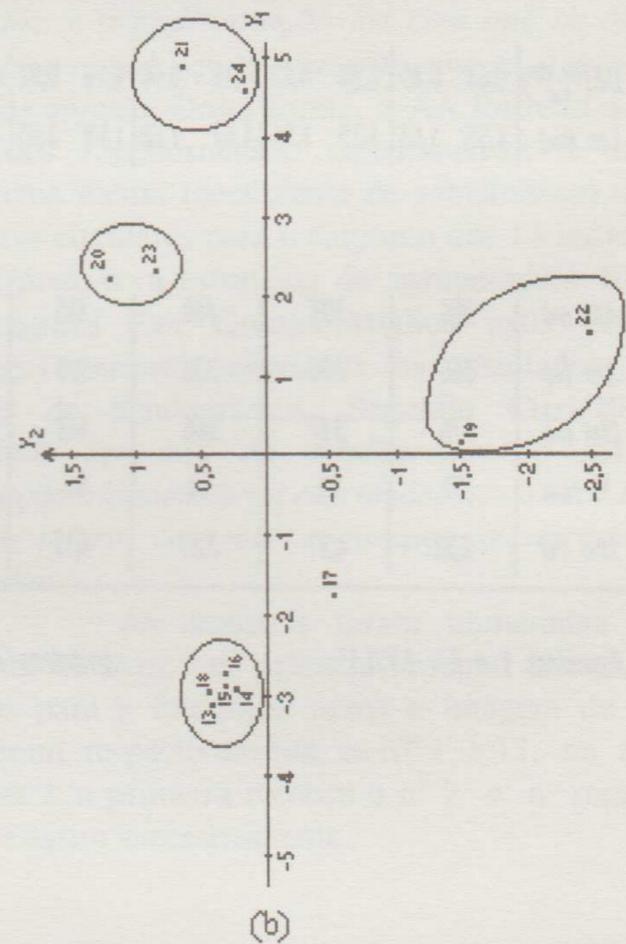
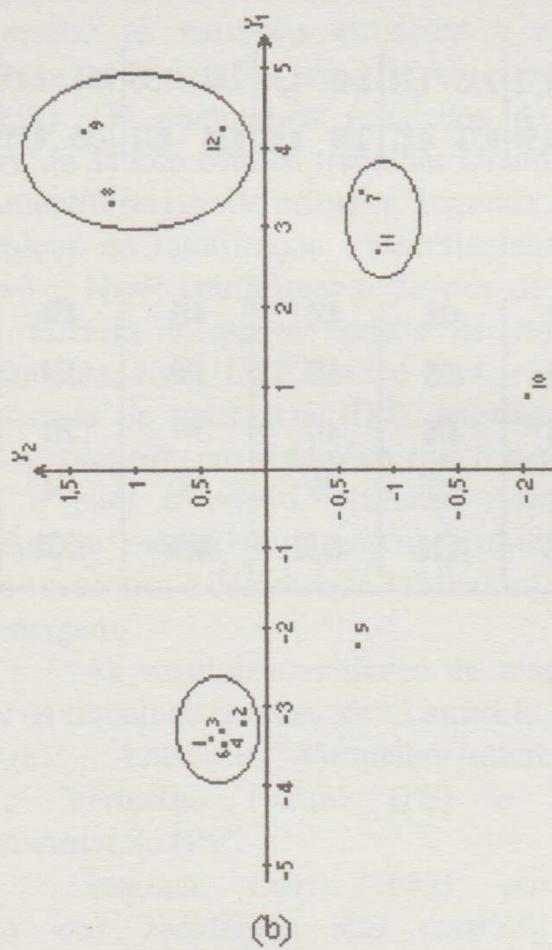
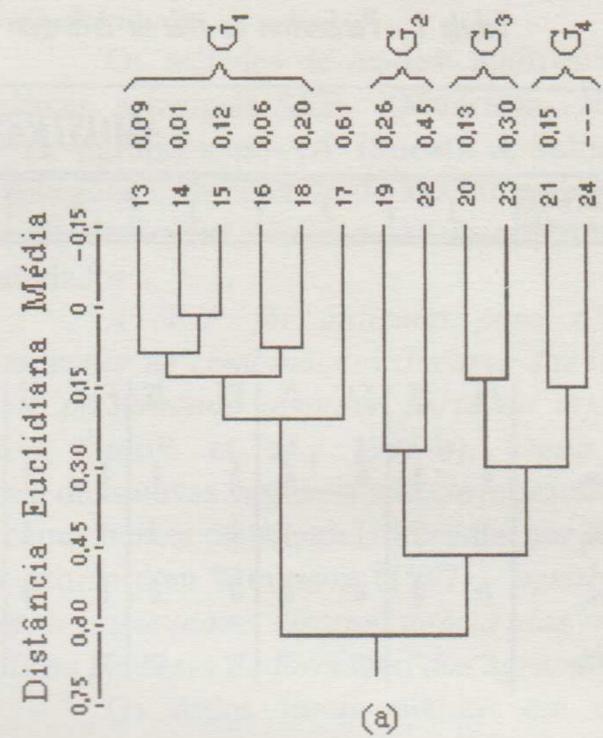
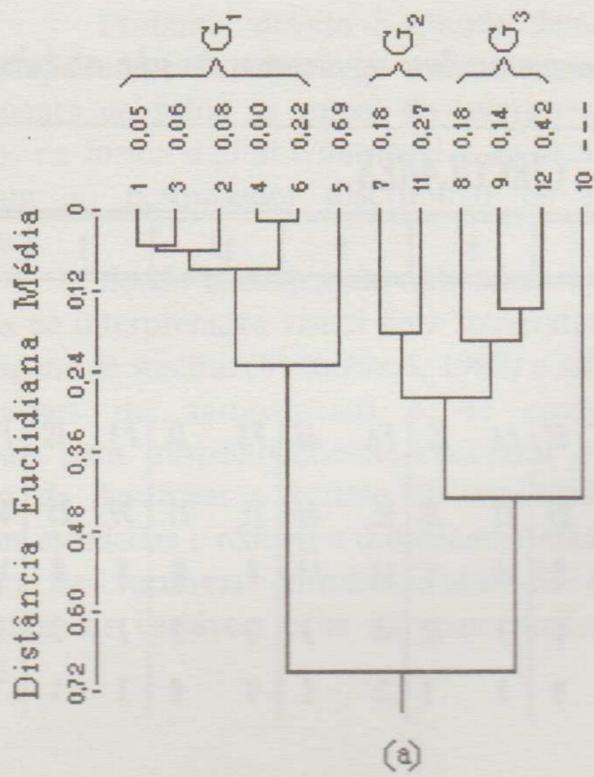


Fig. 1- Dendrograma ilustrativo (a) e componentes principais (b) para a delimitação dos agrupamentos formados, com base nas variáveis da rede de drenagem, valendo-se da fotografia aérea.

Fig. 2- Dendrograma ilustrativo (a) e componentes principais (b) para a delimitação dos agrupamentos formados, com base nas variáveis da rede de drenagem, valendo-se da imagem de satélite.

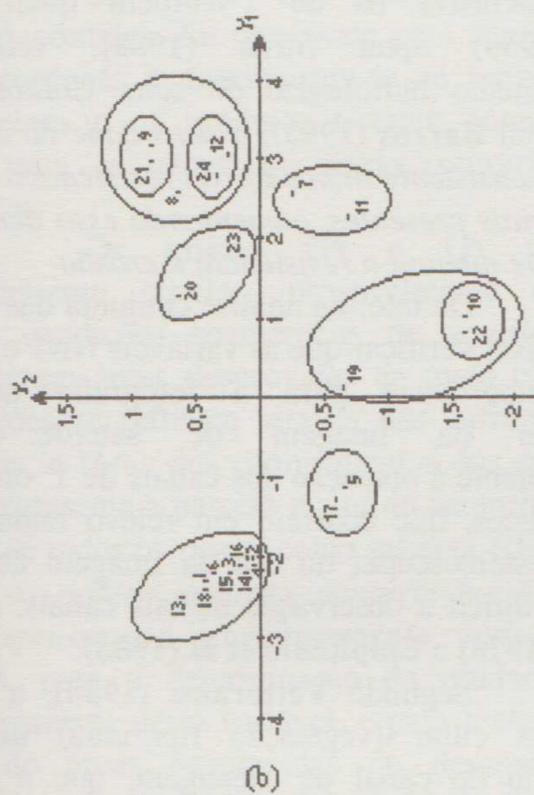
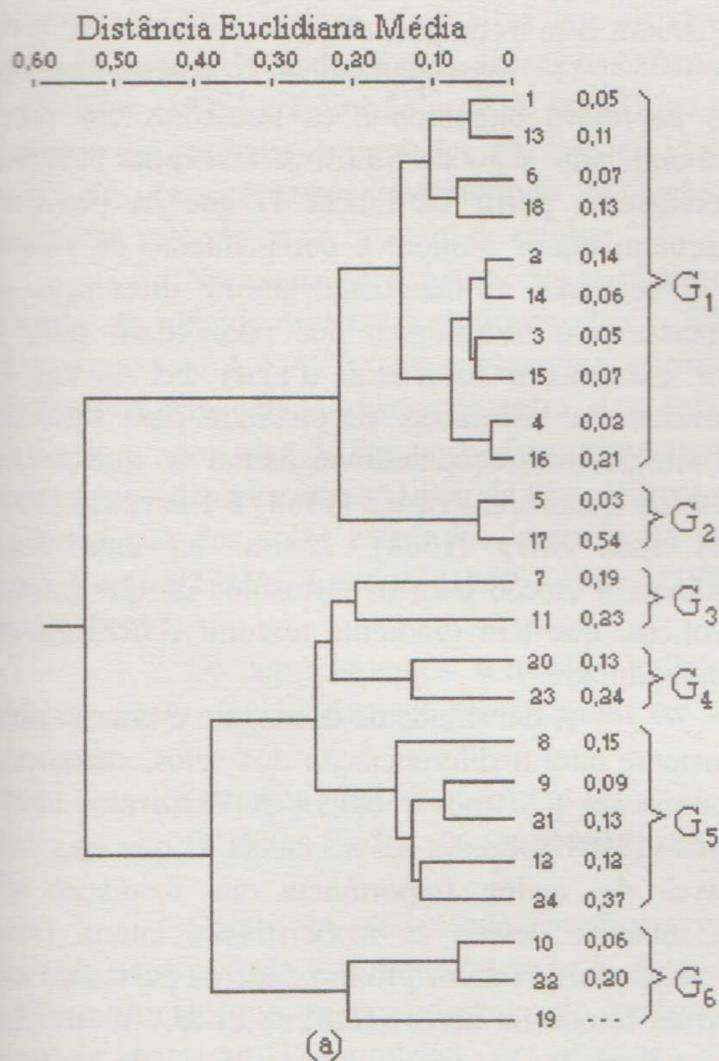


Fig. 3- Dendrograma ilustrativo (a) e componentes principais (b) para a delimitação dos agrupamentos formados, com base nas variáveis da rede de drenagem e do relevo, valendo-se da fotografia aérea e imagem de satélite.

Os valores dos coeficientes de correlação entre os componentes principais (Y1 e Y2) e as variáveis originais podem ser observadas nas tabelas 2, 3 e 4.

Variáveis	Componentes Principais		Ordem de importância
	Y1	Y2	
Dd	0,99	-0,07	1
Nw3	0,98	-0,02	2
Nw2	0,98	0,03	3
Lw1	0,97	0,04	4
Nw1	0,97	-0,06	5
Lm	-0,95	0,18	6
Nw4	0,93	0,21	7
Lw3	0,90	-0,36	8
Lw2	0,88	-0,41	9
Lw4	0,79	0,56	10
Variância (%)	87,65	6,96	
Var. Acum. (%)	87,65	94,61	

Tabela 2- Coeficiente de correlação entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes (Y1 e Y2); a porcentagem retida em cada componente e a ordem de importância de cada variável obtida a partir da foto aérea.

Variáveis	Componentes Principais		Ordem de importância
	Y1	Y2	
Nw2	0,99	-0,05	1
Nw3	0,99	-0,06	2
Dd	0,97	-0,18	3
Nw1	0,95	-0,15	4
Lw2	0,94	-0,11	5
Lw4	0,88	0,40	6
Lw3	0,84	-0,45	7
Lm	-0,86	0,23	8
Lw1	0,89	-0,25	9
Nw4	0,86	0,48	10
Variância (%)	84,04	9,63	
Var. Acum. (%)	84,04	93,67	

Tabela 3- Coeficiente de correlação entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes (Y1 e Y2); a porcentagem retida em cada componente e a ordem de importância de cada variável obtida a partir da imagem de satélite.

Variáveis	Componentes Principais		Ordem de importância
	Y1	Y2	
Dd	0,98	-0,10	1
Nw3	0,99	-0,02	2
Nw2	0,98	0,03	3
Dm	0,93	-0,21	4
Nw1	0,94	-0,03	5
Lw1	0,93	-0,06	6
Lw2	0,91	-0,25	7
Nw4	0,90	0,35	8
Lm	-0,90	0,18	9
Lw3	0,88	-0,39	10
Lw4	0,82	0,50	11
AM	0,82	-0,28	12
Hm	0,68	-0,09	13
H	0,50	-0,44	14
Am	0,38	0,12	15
Variância (%)	82,85	7,80	
Var Acum (%)	82,85	90,65	

Tabela 4 - Coeficiente de correlação entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes (Y1 e Y2); a porcentagem retida em cada componente e a ordem de importância de cada variável na análise conjunta entre os parâmetros da rede de drenagem e relevo para os dois produtos utilizados.

Para a formação dos grupos segue a observação conjunta das figuras de AA e ACP. Portanto, das figuras 1-a e 1-b resultaram os seguintes grupos:

- (a) solos LE/LV - grupo G1 : 1,2,3,4, e 6.
- (b) solos PE/PV - grupos G2: 7 e 11 e G3:

8,9 e 12.

Ocorrem amostras isoladas que se aproximam, como é o caso da nº 5 de G1, e outras se distanciam, como é a nº 10. Contudo, cada uma das amostras se aproxima de seus pares. Este fato mostra a eficácia das variáveis da rede de drenagem na discriminação dos solos estudados.

Da mesma forma, pode-se estabelecer os grupos a partir das figuras 2-a e 2-b. Então, temos:

(a) G1: 13,14,15,16 e 18 são amostras representativas dos solos LE/LV;

(b) G2: 19 e 22; G3: 20 e 23 e G4: 21,24 são amostras representativas dos solos PE/PV.

A amostra nº 17 teve o mesmo comportamento que a nº 5.

Segundo Curi (1983), quanto menor a amplitude verificada entre as distâncias euclidiana média melhor, e mais semelhantes são os agrupamentos e os elementos envolvidos na análise. Esta opinião é compartilhada por Morrison(1967). Deste fato, as figuras 1-a; 2-a e 3-a demonstram

que ha maior proximidade e similitude dos elementos nos agrupamentos formados pelo latossolo se comparados com os do podzólico

Os solos podzólicos encontram-se em áreas de relevo ondulado e os latossolos em relevo suave ondulado, segundo Santil & Carvalho (1995-a) Observa-se, a partir da tabela 1, que os primeiros apresentam maior número e comprimento de rios do que o segundo, evidenciando assim diferenças no comportamento hidrológico dos podzólicos, pois há maior escoamento superficial d'água das chuvas em detrimento da infiltração, propiciando para esse solo uma relação infiltração/deflúvio menor do que para os latossolos, conforme França (1968) e Carvalho (1977, 1981) apud Silva (1988). Assim, há uma maior resistência à erosão para os latossolos do que para os podzólicos, que têm gradiente textural e ocorrem em relevo ondulado.

A densidade de drenagem é uma variável consistente para a diferenciação dos solos, como pode ser observada, p. e., nos trabalhos de Vettorazzi (1988) e Silva (1988). Observa-se, na tabela 2, que esta foi a variável de maior importância na formação dos agrupamentos, devido ao recobrimento lateral (visão tridimensional) e maior proximidade da paisagem com o uso da fotografia aérea (Rabben et al., 1960). Este aspecto contribuiu para a determinação de todos os canais, inclusive os de 1ª ordem que, segundo França(1968) apud Silva (1988), refletem o comportamento hidrológico do solo. Conforme Ray (1963) apud Barros (1993), a densidade de drenagem é o mais consistente indicador da resistência à erosão dos materiais presentes, aumentando essa densidade à medida que diminui a resistência à erosão.

De fato, na análise conjunta das tabelas 2 e 3 é possível verificar que as variáveis Nw1 e Lw1 têm maior importância para a fotografia aérea em detrimento da imagem de satélite. Deve-se principalmente à obtenção dos canais de 1ª ordem para os podzólicos, que ocorrem em relevo ondulado e à falta de estereoscopia no uso da imagem de satélite, tornando difícil a observação de tais canais, conforme Koffler (1976) e Epiphânio et al.(1983).

Segundo Vettorazzi (1988), a presença de mata ciliar (vegetação ripariana) dificulta a delimitação do canal de drenagem, que a percorre; observando-se apenas o seu trecho inicial.

Das tabelas 1 e 2-3, em conjunto, pode-se observar, respectivamente: a) a fotografia aérea permitiu obter os maiores valores para o número de segmentos de rios em todas as ordens de ramificação para os podzólicos; para os latossolos apenas os de 1ª ordem foram maiores; b) as variáveis Nw2 e Nw3 obtiveram a mesma importância para cada um dos produtos utilizados, estando associadas, respectivamente, aos latossolos e podzólicos.

Pelas semelhanças apresentadas nos latossolos, através dos estudos de suas variáveis, é

possível utilizar ambos os produtos para a sua identificação. No caso do podzólico, a fotografia aérea continua sendo a melhor alternativa aos estudos dos parâmetros da rede de drenagem, apesar das afirmações de Koffler (1976) e Epiphânio et al. (1983), de que é possível discriminar as unidades de solo estudadas a partir das características quantitativas do padrão de drenagem valendo-se da imagem de satélite.

Na avaliação conjunta dos parâmetros do relevo e da rede de drenagem as figuras 3-a e 3-b que representam a AA e ACP, respectivamente, permitiram verificar a capacidade discriminatória das variáveis originais no processo de formação dos agrupamentos e tornaram evidentes a importância de tais parâmetros na diferenciação dos solos estudados, estando de acordo com Horton(1945), Lueder (1959), Silva (1988) e Barros(1993).

Os agrupamentos formados refletem a ação conjunta das variáveis e estes podem ser assim agrupados:

- (a) solos LE/LV: os grupos G1 e G2
- (b) solos PE/PV: os grupos G3, G4, G5 e G6.

Como foi salientado anteriormente, o grau de proximidade das amostras para o latossolo é muito maior do que as do podzólico; do agrupamento formado para as 12 unidades do primeiro houve distribuição ao longo do primeiro componente principal, contrário foi observado para o segundo, isto é, heterogêneas e distribuíram-se ao longo dos dois componentes e os produtos tiveram comportamento similar para os latossolos, sendo contrário para os podzólicos.

Os grupos G5 e G6 apresentam comportamento similar, provavelmente devido às mesmas condições geométricas de aquisição e por apresentarem áreas desprovidas de mata ciliar. Tais observações se refletem através das variáveis  $Nw_1$  e  $Lw_1$ , i. e., a soma dos comprimentos dos canais de 1ª ordem representa a parcela maior do comprimento total somado de todos os rios e, como salienta Christofolletti (1979), *as ordens menores possuem maior acuidade para expressar o comportamento hidrogeológico*. Portanto, para a determinação da unidade de solo presente através desta variável, e para a elaboração de mapas de áreas desprovidas ou desatualizadas, o reconhecimento de padrão é necessário. Por exemplo, na elaboração de mapas temáticos, como o pedológico, as redes neurais, segundo Freitas(1995) *são sistemas suficientemente flexíveis para aprender com a experiência e modificar o seu comportamento; se o objetivo é fazer com que os computadores exibam um comportamento "inteligente", tal característica é fortemente desejável*, nesse sentido poderão permitir a classificação automática das unidades de solos presentes na imagem de satélite.

O primeiro componente principal (Y1) pode ser entendido como a "unidade de solo". Quanto

maior for o valor de Y1 maiores serão os valores das variáveis, o que caracteriza os solos podzólicos. Observa-se este fato nas figuras 1-b, 2-b e 3-b.

Das variáveis do relevo podemos ordenar, em ordem decrescente de importância: Dm, AM, Hm, H e Am.

A declividade média e altitude máxima foram as que mais contribuíram para a discriminação dos solos, seguidas pela altitude média, sendo este resultado amparado por Lima (1987), Vilas Boas (1991) e Santil (1997).

A altitude mínima e amplitude altimétrica foram as que menos contribuíram para a discriminação dos solos, provavelmente, esta última, devido ao embasamento geológico da área ser de origem sedimentar (Santil, 1997).

#### 4. Considerações finais

1. Do emprego conjunto de fotografia aérea e imagem de satélite foi constatado que houve eficiência da primeira, muito embora se aproveite as vantagens de mapeamento e atualização cartográfica valendo-se da segunda é necessário estudos sobre os aspectos qualitativos e quantitativos desta, de modo que a precisão e a confiabilidade do produto cartográfico estejam presentes.

2. O traçado para a rede de drenagem de áreas que ocorram o latossolo há eficiência da imagem de satélite e fotografia aérea, em detrimento da primeira com relação ao podzólico.

3. Os parâmetros usados para a rede de drenagem tiveram comprovada sua utilidade em trabalhos de interpretação visual de imagem de satélite e fotografia aérea.

4. A eficiência da análise multivariada, através das análises de agrupamento e componentes principais, permitiu a formação de grupos semelhantes e a discriminação dos solos estudados; os parâmetros usados para a caracterização dos latossolos apresentaram maior similaridade do que os usados para os podzólicos. Logo, é possível definir com clareza as grandes classes, entretanto deve-se buscar outras variáveis que possam contribuir para a identificação da unidade de solo, isto é, não havendo conhecimento prévio das unidades existentes ser possível identificá-las.

#### Referências bibliográficas

- BARROS, Z. X. Análise de agrupamentos aplicada a variáveis da rede de drenagem e do relevo de solos no Município de Itobi-SP. Botucatu: FCA/Unesp, 1993. 154p. Tese de Livre-Docência.

- CHRISTOFOLETTI, A.** A análise da densidade de drenagem e suas implicações geomorfológicas. Geografia. Rio Claro, n.4, v. 8, p. 23-42, 1979.
- CURI, P.R.** A similaridade na análise de agrupamento: coeficientes de correlação e distância. Ciência Cultura. São Paulo. v 35, n.11, p. 1678-86, 1983.
- EPIPHÂNIO, J. C. N.; FORMAGGIO, A. R.; VALÉRIO FILHO, M.** Imagens RBV/Landsat-3 em estudos da rede de drenagem. IN: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2, Brasília, 1983, v. 1, p. 285-292.
- FREITAS, C.M.** Reconhecimento de padrões utilizando redes neurais. Anuário. Brasília, 30, p. 135-155. 1995.
- HORTON, R.E.** Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Bulletim Geol. Soc. Amer. Colorado, 56, 1, p. 275-370, 1945.
- HUMPHREYS, R.** Aplicação da estatística multivariada no processamento digital de imagens. IN: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, VI, São Paulo, v.1, 1990. p. 135-141.
- KOFFLER, N. F.** Utilização de imagens aerofotográficas e orbitais no estudo do padrão de drenagem em solos originados do Arenito Bauru. São José dos Campos: INPE, 1976. 167p. Dissertação.
- LIMA, S.L.** Características da drenagem e do relevo em três solos do Estado de São Paulo, determinadas em fotografias aéreas e cartas planialtimétricas. Piracicaba: ESALQ/USP, 1987. 100p. Tese de Doutorado.
- LUEDER, D.R.** Aerial photographic interpretation: principles and applications. New York: McGraw, 1959, 462p.
- MORRISON, D.F.** Multivariate statistical methods. New York: McGraw, 1967, 338p.
- RABBEN, E.L.; CHALMES, E.L.; MANLEY, E.; PICKNP, J.** Fundamentals of photointerpretation. IN: Manual of photographic interpretation. Washington: ASP, 1960. p. 99-168.
- SANTIL, F. L. P.** Estudo do relevo na discriminação de solos com horizonte B textural e B latossólico, 1997.(no prelo)
- SANTIL, F.L.P.; CARVALHO, W.A.** Sensoriamento remoto aplicado a rede de drenagem na discriminação de solos com horizonte B latossólico e B textural. Rev. Bras. Cartografia. Rio de Janeiro, 46, p. 81-94, 1995-a.
- SANTIL, F.L.P.; TRINDADE, M.B.; CURI, P.R.** Utilização da estatística multivariada na análise de dados obtidos pela imagem de satélite. Rev. Bras. Cartografia. Rio de Janeiro, 46, p. 14-25, 1995-b.
- SILVA, M.S.** Fotointerpretação da rede de drenagem e do relevo de três solos do Município de São Manuel-SP. Botucatu: FCA/UNESP, 1988. 163p. Tese de Doutorado.
- SNEATH, P.H.A.; SOKAL, R.R.** Numeral taxonomy. San Francisco: Freeman, 1973. 573p.
- VETTORAZZI, C.A.** Interpretação visual de imagens TM/Landsat, em duas escalas, na caracterização fisiográfica e mapeamento de solos. Piracicaba: ESALQ/USP, 1988. 182p. Tese de Doutorado.
- VILAS BOAS, S.** Parâmetros da rede de drenagem e do relevo na discriminação de solos do Município de Botucatu-SP. Botucatu: FCA/UNESP, 1991, 129p. Dissertação.

#### Agradecimentos

Aos professores José Edézio, Hélio Silveira, Deise Regina e Susana Volkmer, do Departamento de Geografia-UEM, pelas sugestões e críticas encaminhadas e a desenhista Rosângela C. Santil, pelo apoio técnico na elaboração dos desenhos.