

## ANÁLISE MULTIVARIADA DE MICROBACIAS EM RELAÇÃO AO TIPO DE SOLO

**Sérgio Campos<sup>1</sup>; Teresa Cristina Tarle Pissarra<sup>2</sup>; Flavia Mazzer Rodrigues<sup>2</sup>; Zacarias Xavier de Barros<sup>1</sup>; Fernanda Leite Ribeiro<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP

<sup>3</sup>Departamento de Geociências, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, PR

### 1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar os parâmetros dimensionais da rede de drenagem através de 12 microbacias de 3ª ordem de ramificação, sendo 4 microbacias por unidade de solo (LVA, RL e RQ). A distinção dos solos foi realizada através do teste "t" para verificação dos contrastes ortogonais entre as médias dos três solos e da análise de agrupamentos e de componentes principais. Os resultados permitiram concluir que a análise multivariada não foi eficiente na discriminação dos três solos através das variáveis dimensionais. Essas variáveis isoladamente através do teste "t" permitiram uma diferenciação entre o solo RQ e as unidades LVA e RL, porém não foram sensíveis para os solos LVA e RL.

**UNITERMOS:** análise multivariada, agrupamentos, microbacia, solos.

**S. CAMPOS, S.; PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M.; BARROS, Z. X. de;  
RIBEIRO, F. L. WATERSHED MULTIVARIANCE ANALYSIS IN RELATION TO  
SOIL TYPE**

### 2 ABSTRACT

The objective of this work was to study the dimensional parameters of the drainage net using 12 third-order ramification hydrological watersheds: 4 watersheds per soil unit (LVA, RL and RQ). The soil distinction was realized using "t" test to verify the orthogonal contrast among three soil averages and the grouping analysis and mean components. The results showed that the multivariate analysis was not able to discriminate three soils using the dimensional analysis. The "t" test of this isolated variable allowed discriminating RQ soil from LVA and RL soil units; but it was not sensitive to discriminate the LVA soil and RL unit.

**KEYWORDS:** multivariate analysis, grouping, watershed, soil.

### 3 INTRODUÇÃO

A análise de bacias hidrográficas por meio das variáveis dimensionais da rede de drenagem permite inferir sobre a natureza e distribuição dos solos.

O conhecimento dos solos ocorrentes numa área é muito importante no planejamento do meio físico desta, principalmente quando queremos implantar práticas conservacionistas correlatas com as características das classes de solo e avaliação de suas potencialidades.

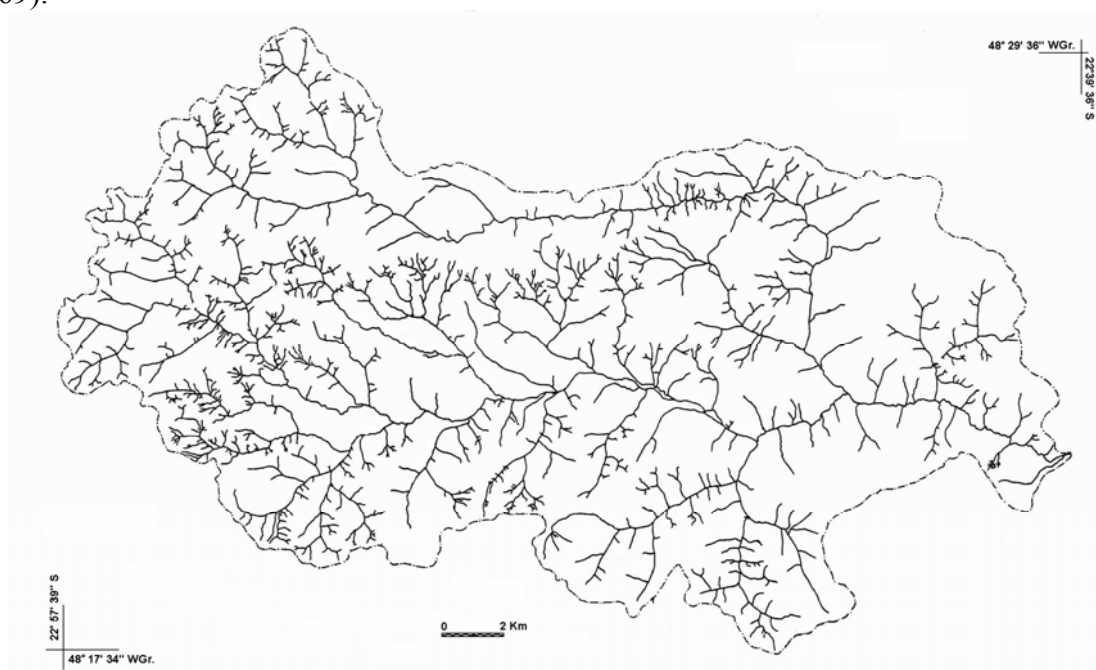
A análise dos componentes principais permite a verificação em ordem de importância de cada variável original na discriminação de bacias hidrográficas na constituição dos agrupamentos Curi (1983), enquanto o teste "t" para determinar os contrastes ortogonais entre as médias das variáveis da rede de drenagem e de relevo vem sendo aplicado na discriminação de solos por muitos pesquisadores.

Este trabalho objetivou com auxílio da fotointerpretação e da análise multivariada analisar os parâmetros dimensionais da rede de drenagem através de 12 microbacias de 3ª ordem de ramificação em relação a três solos (LVA, RL e RQ) ocorrentes da bacia do Rio Capivara – Botucatu (SP).

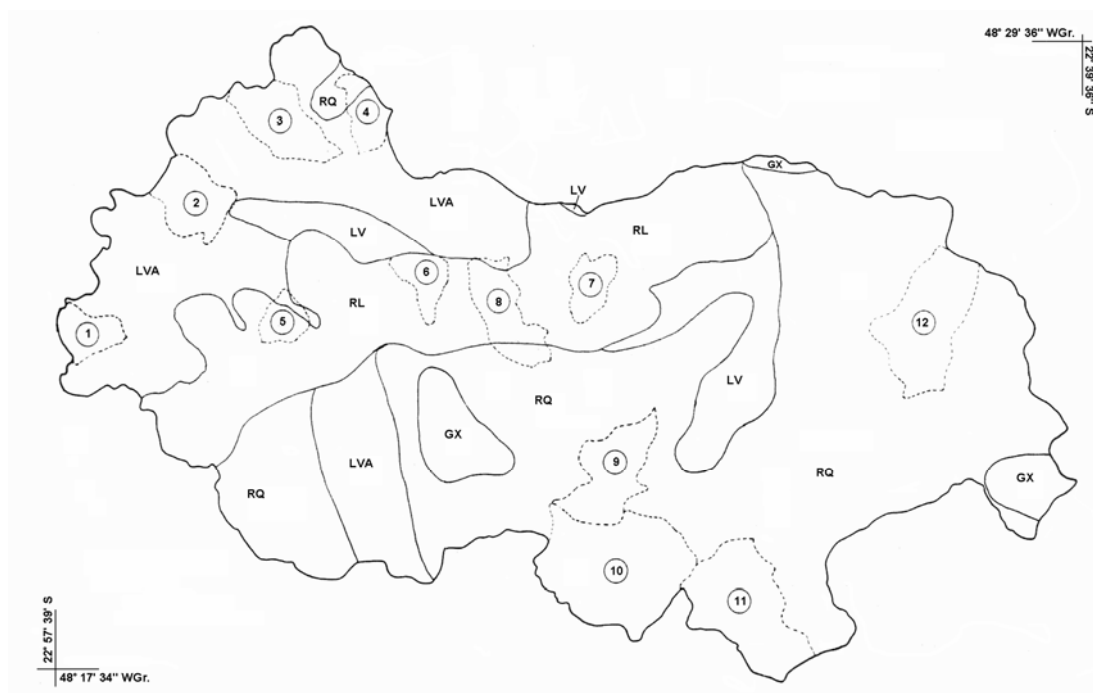
### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido na bacia do Rio Capivara, com uma área de 37840,03ha, localizada no Município de Botucatu (SP), entre os paralelos 22° 39' 36" a 22° 57' 39" de latitude S e os meridianos 48° 17' 34" a 48° 29' 36" de longitude WGr.

Foram utilizadas as fotografias aéreas verticais de 1962, em escala nominal aproximada de 1:25000, para elaboração do mapa da rede de drenagem (Figura 1) da bacia do Rio Capivara - Botucatu (SP) e do Mapa pedológico do Estado de São Paulo (Figura 2), na escala 1:50000, para identificação das unidades de solo LVA, RQ e RL Piroli (2002), sendo os pontos de apoio cartográfico obtidos na Carta do Brasil, escala 1:50000, editada pelo IBGE (1969).



**Figura 1.** Rede de drenagem da bacia do Rio Capivara, Botucatu, SP.



**Figura 2.** Unidades de solos ocorrentes na bacia do Rio Capivara, Botucatu, SP e localização das microbacias hidrográficas de 3ª ordem de ramificação.

Os solos são derivados de duas bases, o arenito e o basalto, compostos pelas seguintes classificações: Neossolo Quartzarênico Argissólico e Latossólico (RQ), Latossolos Vermelhos-Amarelo (LVA) e Neossolos Litólicos (RL), conforme Piroli (2002).

As áreas foram determinadas com auxílio do Software SPLAN - Sistema de planimetria digitalizada (Silva et al., 1993) e as distâncias com o curvímetro, da marca DERBY.

Após o decalque da rede de drenagem das fotos, utilizando-se dos estereoscópicos de espelho marca WILD, modelo ST4, efetuou-se o enriquecimento da rede de drenagem constante do mapa básico, transferindo-se os detalhes obtidos de cada foto para a carta base, com o auxílio do Aerosketchmaster, marca Carl Zeiss, JENA.

A partir das Cartas do Brasil, em escala 1:50000, identificaram-se as 12 microbacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação, através de seus divisores de água, decalcando em filme de poliéster Terkron D – 50u.

A análise da rede de drenagem foi realizada através das variáveis dimensionais: área (A); perímetro (P); maior comprimento (MC); maior largura (ML); comprimento do rio principal (CP); comprimento total da rede (CR); relação maior comprimento e maior largura (MC/ML) e fator de forma (Kf).

As medidas nas microbacias utilizadas basearam-se no teste de semelhança geométrica (Strahler, 1957) e foram assim determinadas: área (A): medida em km<sup>2</sup> com auxílio do programa SPLAN e correspondente à área circunscrita pela linha de divisor de águas que delimita a bacia; perímetro (P) : medido em km com auxílio do programa SPLAN e correspondente ao comprimento da linha de divisor de águas que circunda a bacia; maior comprimento (MC): medido em km com compasso de ponta seca e escala triangular, correspondente a aproximadamente a direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas; maior largura (ML): medido em km com compasso de

ponta seca e escala triangular, correspondente à maior largura que corta transversalmente o vale principal; comprimento do rio principal (CP): medido em km com o curvímeter, correspondente a representação das sinuosidades do rio principal, desde a foz até a nascente; comprimento total da rede (CR): medido com o curvímeter, correspondente a representação horizontal das sinuosidades do rio principal e de seus tributários; relação maior comprimento e maior largura (MC/ML): relação que permite analisar o grau e a maneira de desenvolvimento da bacia e fator de forma (Kf): expressa a relação entre a largura média (L) da bacia e o seu maior comprimento (MC). Como a largura média (L) é obtida dividindo-se a área (A) da bacia pelo seu maior comprimento (MC), tem-se que  $Kf = (A/MC)/MC$ , ou seja,  $Kf = A/MC^2$ , onde: Kf é o fator de forma, A é a área da bacia em km<sup>2</sup> e MC é o maior comprimento da bacia em km.

O teste "t" Student foi aplicado com o objetivo de verificação dos contrastes ortogonais entre as médias dos solos (C1 = RQ x RL, C2 = RQ x LVA, C3 = RQ x (RL + LVA) e C4 = LVA x RL), bem como, analisar as variáveis dimensionais que mais contribuíram na discriminação dos solos.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média das variáveis dimensionais (Quadros 1 e 2) mostrou diferenciação entre a unidade de solo RQ e os solos LVA e RL. No entanto, como os valores de algumas variáveis dimensionais dos solos LVA e RL são bem próximos, não se pode dizer que ocorreu diferenciação entre eles, porque o contraste C4 apresentou valores não significativos para todas as variáveis.

**Quadro 1.** Variáveis dimensionais referentes às 12 microbacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação estudadas na bacia do Rio Capivara - Botucatu (SP).

Solos	Microbacia	Variáveis dimensionais da rede de drenagem							
		MC (Km)	ML (Km)	MC/ML (Km)	CP (Km)	CR (Km)	P (Km)	A (ha)	Kf
LVA	1	2,20	1,60	1,38	2,10	4,90	6,55	250,68	0,57
	2	2,80	2,55	1,10	2,40	6,30	8,80	462,05	0,80
	3	4,15	2,10	1,98	4,10	9,80	9,98	548,53	0,33
	4	2,60	1,15	2,26	2,50	5,10	6,83	249,58	0,40
	<b>Média</b>	<b>2,94</b>	<b>1,85</b>	<b>1,68</b>	<b>2,78</b>	<b>6,53</b>	<b>8,04</b>	<b>377,71</b>	<b>0,53</b>
RL	5	1,15	1,40	0,82	1,70	4,70	5,27	186,60	0,65
	6	2,35	1,90	1,24	2,50	6,70	6,78	235,93	0,38
	7	2,30	1,45	1,59	1,80	5,50	6,35	224,33	0,69
	8	4,10	1,55	2,65	4,00	9,20	10,38	506,20	0,32
	<b>Média</b>	<b>2,48</b>	<b>1,58</b>	<b>1,58</b>	<b>2,50</b>	<b>6,53</b>	<b>7,20</b>	<b>288,27</b>	<b>0,51</b>
RQ	9	4,50	2,40	1,88	4,50	10,20	12,19	608,78	0,30
	10	4,60	3,70	1,24	5,50	18,30	16,36	1362,35	0,45
	11	4,55	3,15	1,44	4,90	20,70	13,64	1020,98	0,43
	12	4,55	2,90	1,57	3,00	6,90	13,24	937,48	1,04
	<b>Média</b>	<b>4,55</b>	<b>3,04</b>	<b>1,53</b>	<b>4,48</b>	<b>14,03</b>	<b>13,86</b>	<b>982,40</b>	<b>0,56</b>

**OBS:** **MC** = Maior comprimento; **ML** = Maior largura; **CP** = Comprimento principal do rio principal; **CR** = Comprimento da rede; **P** = Perímetro; **A** = Área e **Kf** = Coeficiente de forma.

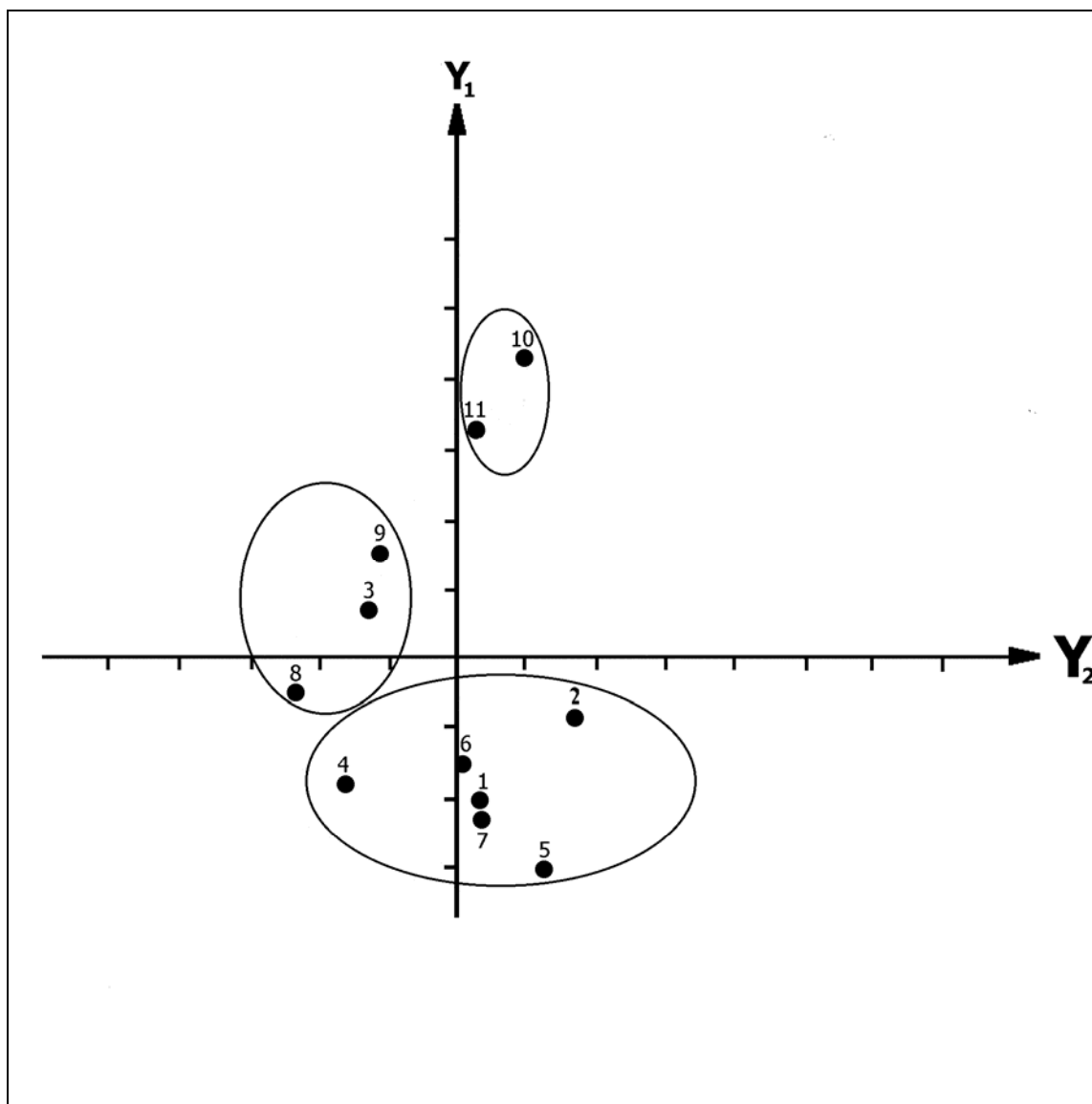
**Quadro 2.** Características quantitativas das médias das variáveis dimensionais referentes às 12 microbacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação estudadas na bacia do Rio Capivara - Botucatu (SP), em 1962 e do contraste obtido da aplicação do teste "t" por unidade de solo.

Unidades de solo	MC (km)	ML (km)	MC/ML	CP (km)	CR (km)	P (km)	A (ha)	Kf
LVA	2,94	1,85	1,68	2,78	6,53	8,04	377,71	0,53
RL	2,48	1,58	1,58	2,50	6,53	7,20	288,27	0,51
RQ	4,55	3,04	1,53	4,48	14,03	13,86	982,40	0,56
"t"	6,48*	10,19**	0,07ns	4,47*	4,35*	14,70**	12,19**	0,03ns
Gl	11	11	11	11	11	11	11	11
CV (%)	25,77	22,61	35,61	31,13	46,02	19,52	39,36	47,20
C <sub>1</sub>	"t"	11,75**	18,04**	0,01 ns	7,62*	6,52*	24,79**	20,60**
	Gl	3	3	3	3	3	3	3
C <sub>2</sub>	"t"	7,1*	11,89**	0,13 ns	5,65*	6,52*	18,90**	15,63**
	Gl	3	3	3	3	3	3	3
C <sub>3</sub>	"t"	12,37**	19,74**	0,07 ns	8,79*	8,70*	28,99**	24,04**
	Gl	3	3	3	3	3	3	3
C <sub>4</sub>	"t"	0,58 ns	0,64 ns	0,07 ns	0,15 ns	0,00 ns	0,40 ns	0,34 ns
	Gl	3	3	3	3	3	3	3

**ns** = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade; \* = Significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade; C<sub>1</sub> = RQ x RL; C<sub>2</sub> = RQ x RL; C<sub>3</sub> = RQ x (RL + LVA); C<sub>4</sub> = LVA x RL

No contraste C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> e C<sub>3</sub> as médias das variáveis ML, P e A mostraram significância ao nível de 1%, na diferenciação entre o solo RQ e as unidades de solo RL e LVA e ao nível de 5% de probabilidade para as variáveis CP e CR, sendo que a variável MC mostrou sensibilidade estatística ao nível de 1% para o contraste C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub> e ao nível de 5% para C<sub>2</sub>. Contudo as variáveis Kf e MC/ML não apresentaram significância. Portanto, essas variáveis permitiram uma diferenciação entre a unidade de solo RQ e as unidades LVA e RL, porém não foram sensíveis para as unidades de solo LVA e RL.

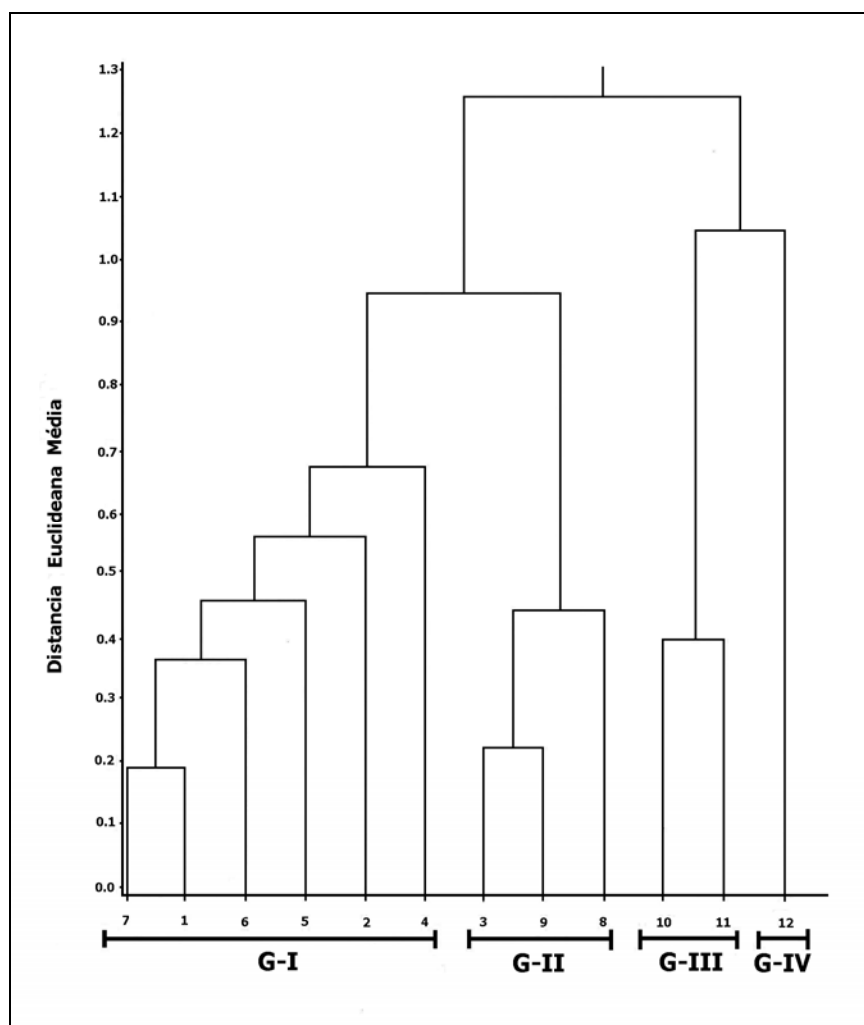
A análise conjunta das figuras obtidas da Análise de Componentes Principais - ACP (Figura 3) e Análise de Agrupamentos - AA (Figura 4) mostrou que algumas microbacias foram muito semelhantes em relação ao valor das variáveis dimensionais, como é o caso das microbacias 7 e 1 e as microbacias 3 e 9. Outras microbacias tiveram um comportamento diferenciado, em virtude de grandes diferenças de valores das variáveis dimensionais, como é o caso específico da microbacia 12.



**Figura 3.** Formação de grupos segundo os dois Componentes principais ( $Y_1$  e  $Y_2$ ).

A similaridade entre as microbacias 7 e 1 e 3 e 9 poderia ser justificada, uma vez que, nestas microbacias, o Kf apresentou valores intermediários (0,57 e 0,69) e baixos (0,33 e 0,30), respectivamente.

As outras microbacias agruparam-se de formas menos homogêneas, em virtude das variações dos valores das variáveis dimensionais.



**Figura 4.** Fenograma ilustrativo dos agrupamentos formados com base na Distância Euclídeana Média

As variáveis com maior poder discriminatório foram o perímetro (P), área (A) e comprimento do rio principal (CP), enquanto as menos discriminatórias forma a relação entre maior comprimento (MC) e maior largura (ML) e o coeficiente de forma (Kf), conforme Quadro 3.

A microbacia 12 destacou-se das demais (Figuras 3 e 4), pois seu baixo valor em  $Y_1$  (-0,092) indicou valores altos de Kf (1,04). Para o segundo componente principal ( $Y_2$ ), os maiores valores de correlação positiva ocorridos com as variáveis Kf (0,613), indica que quanto maior o valor de  $Y_2$  para as variáveis, maior foi o Kf destas, pois  $Y_2$  reteve 88,07% das informações fornecidas pelas variáveis consideradas.

A análise dos componentes principais com base na matriz de covariância para as variáveis dimensionais (Quadro 3 e Figura 3) confirmou os grupos formados no fenograma (Figura 4) e consegue acumular 88,07%, o que demonstra uma alta retenção de informações do conjunto de variáveis dimensionais. As variáveis por ordem de importância foram: ML, CP, A, P, MC, CR, Kf e MC/ML.

**Quadro 3.** Análise dos componentes principais utilizando-se as variáveis dimensionais que contribuíram para a formação dos agrupamentos. Coeficientes dos dois primeiros componentes principais ( $Y_1$  e  $Y_2$ ), ordem de importância e porcentagem da variância total e acumulada.

Variáveis	1º Componente Principal ( $Y_1$ )	2º Componente Principal ( $Y_2$ )	Ordem de Importância
MC	0,399	-0,140	5
ML	0,383	0,336	1
MC/ML	0,054	-0,643	8
CP	0,414	-0,200	2
CR	0,394	-0,012	6
P	0,427	0,071	4
A	0,416	0,182	3
Kf	-0,092	0,613	7
% Variância total	65,82	22,25	-
% Variância acumulada	65,82	88,07	-

A bacia do Rio Capivara - Botucatu (SP) é predominantemente constituída por 3 solos (RQ, LVA e RL), sendo que as microbacias 1, 2, 3 e 4 estão localizadas na unidade de solo LVA; as microbacias 5, 6, 7 e 8 estão inseridas no solo RL e as microbacias 9, 10, 11 e 12 na unidade de solo RQ (Barros, 1988), a observância de 3 conjuntos com números de componentes diferentes e destacados pelos parâmetros dimensionais pode estar refletindo interações ou imposições locais, resultando em variações nas formas geométricas.

Assim, para se confirmar estatisticamente estas afirmações foi aplicado a análise multivariada (Análise de Agrupamento **Single Linkage Cluster**), sendo os resultados apresentados na forma de um fenograma ilustrativo que indica as Distâncias Euclidianas entre as 12 bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação, objetos de estudo.

As 8 variáveis dimensionais estudadas permitiram a formação de quatro conjuntos de microbacias, que são: 1, 2, 4, 5, 6 e 7 (G-I); 3, 8 e 9 (G-II) e 10 e 11 (G-III) e 12 (G-IV).

O fenograma (Figura 4) obtido com os valores das variáveis dimensionais sugere a formação de três grupos homogêneos de bacias com "Distâncias Euclidianas" próximas e um heterogêneo que foi o não agrupamento da microbacia 12 com as demais. O Grupo II (G-II), formado pelas microbacias 3, 8 e 9, compreende a microbacia 3 da unidade de solo LVA, as microbacias 8 do solo RL e a 9 da unidade de solo RQ, havendo maior semelhança entre as microbacias 3 e 9. O Grupo III, representado pelas microbacias 10 e 11, estão inseridas no interior da unidade RQ, ficando somente a microbacia 12 sem se agrupar com as demais.

Se levarmos em conta os resultados dos contrastes  $C_1$  e  $C_4$ , tem-se dois grupos de microbacia, sendo as microbacias 1, 2, 3 e 4 (RQ) e as microbacias 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 (LVA + RL). No entanto, de acordo com as Figuras 1 e 2, temos a formação de 3 grupos homogêneos, sendo G - I formado pelas microbacias 1, 2, 4, 5, 6 e 7; o grupo G - II pelas microbacias 3, 8 e 9 e G - III pelas 10 e 11, indicando que a análise multivariada aplicada às variáveis dimensionais estudadas não revelou diferenças entre as 3 unidades de solo, sugerindo que sua análise conjunta está refletindo possivelmente a semelhança das principais características das unidades estudadas e levando a considerar que estas variáveis analisadas isoladamente conferiram melhores resultados na diferenciação de unidades de solo ocorrentes na bacia do Rio Capivara (Manzoli Júnior, 1990).



## 6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram concluir que a análise multivariada não foi eficiente na discriminação dos três solos através das variáveis dimensionais. Essas variáveis isoladamente através do teste “t” permitiram uma diferenciação entre o solo RQ e as unidades LVA e RL, porém não foram sensíveis para os solos LVA e RL. A análise dos coeficientes de correlação entre as variáveis dimensionais e o primeiro componente principal ( $Y_1$ ) possibilitou discriminar a microbacia 12, em função do alto Kf desta.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, Z. X. de. **Caracterização de bacias hidrográficas no mapeamento de solos mediante o uso de análise multivariada**. 1988. 113f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1988.

CURI, P. R. A similaridade na análise de agrupamento: coeficientes de correlação e distância. **Ciência e Cultura**, São Paulo, n. 11, p. 1678-86. 1983.

MANZOLLI JÚNIOR, W. **Unidades de solos caracterizadas por ocupação, rede de drenagem e relevo de bacias hidrográficas do município de Sud-Mennucci –SP**. 1990. 131f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1990.

PIROLI, E.L. **Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra do município de Botucatu-SP**. 2002. 108f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

SILVA, C. M., CATANEO, A., CARDOSO, L. G. Sistema de planimetria digitalizada. In: JORNADA CIENTÍFICA DA ASSOCIAÇÃO DOS DOCENTES, 18, 1993, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 1993, p.109.

SNEATH, P. H. A., SOKAL, R. R. Numeral taxonomy. San Francisco, W.H. Freeman, 1973. 573 p.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, New Haven, v. 38, p. 913-920, 1957.