

## **ESTATÍSTICA MULTIVARIADA E ANÁLISE DE CONTRASTES ORTOGONAIS APLICADAS EM VARIÁVEIS DIMENSIONAIS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS.**

**BRUNA SOARES XAVIER DE BARROS<sup>1</sup>; ZACARIAS XAVIER DE BARROS<sup>2</sup> E RONALDO ALBERTO POLLO<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup> Pós Doutoranda em Agronomia, Energia na Agricultura, FCA, UNESP, Botucatu, SP.

<sup>2</sup> Professor Titular, Dep. de Engenharia Rural, FCA, UNESP, Botucatu, SP.

<sup>3</sup> Doutorando em Agronomia, Energia na Agricultura, FCA, UNESP, Botucatu, SP.

### **1 RESUMO**

No presente estudo aplicou-se estatística multivariada e análise de contrastes ortogonais entre médias (teste “t”) a variáveis dimensionais de bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação, obtidas por imagens aéreas não orbitais, pertencentes ao município de Itobi-SP, com objetivo de agrupar bacias segundo graus de similaridade, bem como detectar a representabilidade da distribuição espacial dos agrupamentos e através do teste “t” verificar os contrastes ortogonais entre os solos envolvidos em relação ao Mapa Pedológico do Estado de São Paulo de 1999. Foram utilizadas fotografias aéreas verticais, escala nominal aproximada 1:30000; cartas planialtimétricas, escala 1:50000 (IBGE-1973), como base cartográfica e o mapa de solos do estado de São Paulo. Neste trabalho foram estudadas 16 bacias hidrográficas, distribuídas por todo o município, o qual apresenta dois solos predominantes, quais sejam: Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) e Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA). As variáveis dimensionais, submetidas à análise de agrupamento, discriminaram 60% das bacias consideradas para a unidade de solo PVA e 50% das bacias correspondentes ao LVA.

**Palavras-chaves:** bacias hidrográficas, análise multivariada, teste “t”.

**BARROS, B.S.X. de; BARROS, Z.X. de; POLLO, R.A.**  
**MULTIVARIATE STATISTICS AND ANALYSIS OF ORTHOGONAL CONTRASTS APPLIED TO DIMENSIONAL VARIABLES OF WATERSHEDS**

### **2 ABSTRACT**

In the present study, the multivariate statistics and analysis of orthogonal contrasts among means (T test) were applied to dimensional variables in third order watersheds. They were obtained by non-orbital aerial images in the Itobi city-SP, aiming at grouping watersheds of second degree of similarity, as well as detecting how representative the spatial distribution of groups is. Moreover, the orthogonal contrasts among the soils involved, regarding the Soil Map of São Paulo State from 1999, were verified by the Student’s t test. Vertical aerial photographs, 1:30000 approximate nominal scale; plani altimetric maps in 1:50000 scale (IBGE-1973) were used as cartographic basis as well as the soil maps of São Paulo state. A total of 16 watersheds distributed throughout the city were studied. The city has two predominant types of soil as follows: Alfisol and Oxisol. The dimensional variables

subjected to grouping analysis discriminated 60% and 50% of watersheds considered for the Alfisol soil and Oxisol soil, respectively.

**Keywords:** watersheds, multivariate analysis, Student T test

### 3 INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto neste início de século, atingiu desenvolvimento, antes, pouco imaginável tornando, com isto, o globo terrestre melhor conhecido e sem mistérios. Se através das imagens de satélite tornou-se possível constatar e quantificar a devastação de grandes áreas de florestas, cerrados e outras coberturas vegetais nativas, as imagens aéreas não orbitais, como as fotografias aéreas verticais e mais recentemente os drones e as aeronaves denominadas VANTs, produtos e ferramentas para sensoriamento remoto, firmou-se como um produto de grande importância no estudo dos efeitos naturais e antrópicos sobre a superfície da terra.

A superfície terrestre há milênios vem sendo alvo de intempéries, culminando com a situação topográfica dos dias atuais, onde a interpretação pedológica tem nas imagens aéreas uma aliada fundamental. No Brasil, tais estudos foram iniciados por França (1978), o qual efetuou com sucesso a interpretação da correlação existente entre os solos e aspectos da paisagem como a rede de drenagem e o relevo.

Para compreender a paisagem de uma região, é necessário observá-la pelos mais variados aspectos, analisando-os detalhadamente. A rede de drenagem e o relevo, como elementos da paisagem, são fundamentais na caracterização de regiões para estudos de solo.

Existe uma série de relações entre os padrões de drenagem e as rochas que acabam por refletir as características internas dos solos. Ainda dentro dos estudos pedológicos a análise dos parâmetros dimensionais é utilizada na morfometria para quantificar as formas visando determinar agrupamentos caracterizados pelas semelhanças de seus componentes.

No Brasil, desde 1986, com a resolução CONAMA 001 (BRASIL, 1986) a bacia hidrográfica é reconhecida legalmente como unidade de planejamento. No seu artigo 5º item III é colocado: “definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominados da área de influência do projeto, considerando em todos os casos, a bacia hidrográfica, na qual se localiza”. Isso se deve ao fato da bacia hidrográfica ser a unidade ecossistêmica e morfológica que melhor reflete os impactos das interferências antrópicas.

Segundo Strahler (1957), em bacias geometricamente similares todas as medidas de comprimento entre pontos correspondentes conduzem à fixação de escala proporcional. A vantagem da aplicação deste princípio como base de operação é que, em decorrência dele, as diferenças da escala linear são independentes da forma ou propriedades da forma da bacia e as diferenças da forma independem das diferenças de tamanho. Ainda conforme Strahler (1957) é indispensável que se trabalhe com bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação, para que os dados sejam representativos em termos comparativos.

Piedade, Carvalho e Pfeifer (1984), realizaram estudos para analisar as correlações existentes entre os parâmetros dimensionais, quais sejam: maior comprimento, maior largura, comprimento do rio principal, comprimento total da rede, perímetro e área medidas em bacias de terceira ordem e concluíram que ocorre entre eles correspondência funcional, destacando-se como maior coeficiente de correlação a área e o comprimento da rede.

Segundo Campos et al. (2010), a análise multivariada não se mostrou eficiente na discriminação de unidades de solo quando se utilizou variáveis dimensionais da rede de drenagem estudadas em bacias de terceira ordem de ramificação.

Para Rocha (1978), o levantamento de uso da terra consiste em um agrupamento e avaliação quantitativa de tudo o que existe sobre a litosfera, e que os elementos mapeados e avaliados são convencionados para facilitar a sua identificação; o autor ainda inclui o levantamento de uso da terra como um aspecto indispensável para o Planejamento Físico Rural, pois é um dos melhores indicativos da propriedade do solo.

A análise de agrupamento não pressupõe a existência, em princípio, de grupos de elementos semelhantes. Os processos desta metodologia trabalham com um conjunto de variáveis separando-as em agrupamentos de unidades caracterizadas por diversos parâmetros reunindo-os em grupos homogêneos entre os elementos (CURI, 1982).

Segundo Sneath e Sokal (1973), a análise de agrupamento pode ser complementada com outras técnicas multivariadas dentre as quais a análise de componentes principais, cujo objetivo é tentar explicar a estrutura de variâncias e covariâncias das variáveis construindo, mediante processo matemático, um conjunto menor de combinações lineares das variáveis originais que preserve a maior parte da informação fornecida pelas variáveis originais.

Segundo Bueno et al. (2010), a aplicação de técnicas de análise multivariada de componentes principais permitiram a classificação de áreas das unidades Nitossolos e Latossolos, em solo irrigado por pivô central, sendo que 98% dos parâmetros analisados encontraram correspondência com a análise de agrupamento.

A análise multivariada, segundo a Distância Euclidiana Média, mostrou-se eficiente na discriminação de bacias hidrográficas para o mapeamento de unidades de solos. (BARROS et al., 2011).

A análise multivariada foi eficiente na discriminação dos solos RQ, LVA e RL quando foram utilizadas as variáveis do relevo para amostras circulares indicando a seguinte ordem de importância para estas variáveis: Hm, HM, Hmd, H, Cd, CVm e I. (CAMPOS; PISSARRA, 2014).

O objetivo principal deste trabalho é o agrupamento de bacias hidrográficas segundo graus de similaridades, por meio de análise multivariada em variáveis dimensionais, e verificar se os grupos formados refletem, isoladamente, coerência com o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al., 1999).

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde ao município de Itobi-SP, situada na sub-região de Casa Branca, região administrativa de Campinas-SP, quadrante Nordeste do Estado de São Paulo.

O município situa-se entre as coordenadas 46°50'34" a 47° 00'34" de longitude Wgr e 21°41'04" e 21°49'07" de latitude S, conforme Figura 1. Os solos de ocorrência predominantes no município, mapeados por Oliveira et al. (1999), são Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) e Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA). As principais características dos solos estudados constam da Tabela 1.

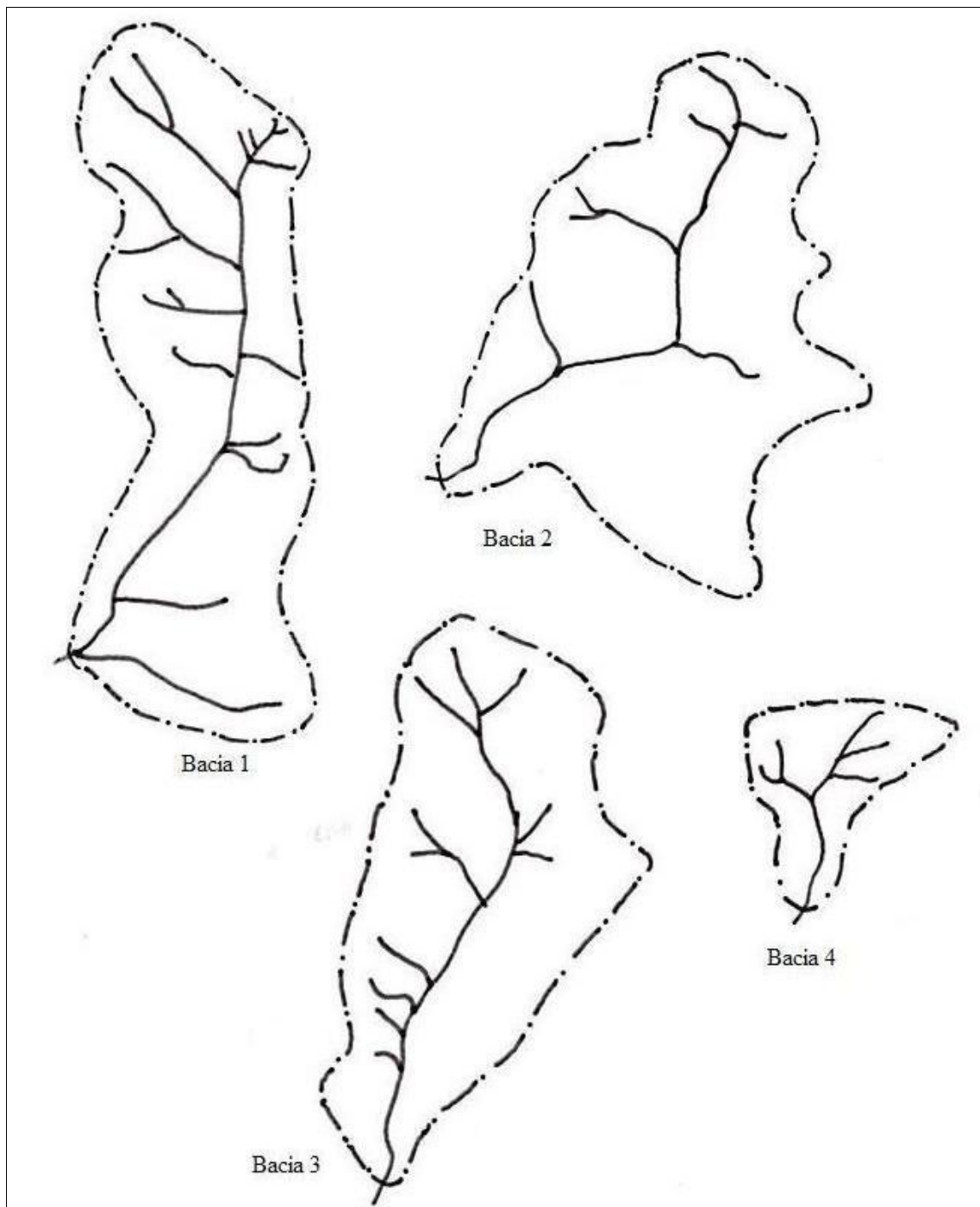
**Figura 1.** Localização do município de Itobi no Estado de São Paulo.**Tabela 1.** Principais características das unidades de solo predominantes no município de Itobi-SP.

Características	Solo - PVA	Solo - LVA
Localização	Plan. Atlântico	Plan. Atlântico
Mat. de origem	granito	granito
Tipo climático	Cwa	Cwa
Relevo	forte ondulado	forte ondulado
Altitude	650m a 850m	720m a 1100m
Profundidade	profundo	pouco profundo
Ret. de água	boa	moderada
Drenagem	bem drenado	moderada
Text. horiz. A	argilosa	média
Text. horiz. B	argilosa	média
Estr. horiz. B	blocos sub-angulares e angulares	Estr. maciça porosa
Fertilidade	média	baixa a média

Foram utilizadas fotografias aéreas verticais, juntamente com a ferramenta *Google Earth* para a melhor localização da área e apoio planimétrico de cada bacia estudada. Foi utilizada a Carta do Brasil, escala 1:50000, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, edição 1973, como base cartográfica, para efetuar as devidas correções de escala das imagens.

A rede de drenagem foi obtida das fotografias conforme Lueder (1959) e Strahler (1957), levando-se em consideração tanto os cursos de água permanentes como os temporários. Foram utilizadas dezesseis bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação (Figuras 2 e 3) que abrangiam, predominantemente, as unidades de solo presentes no município.

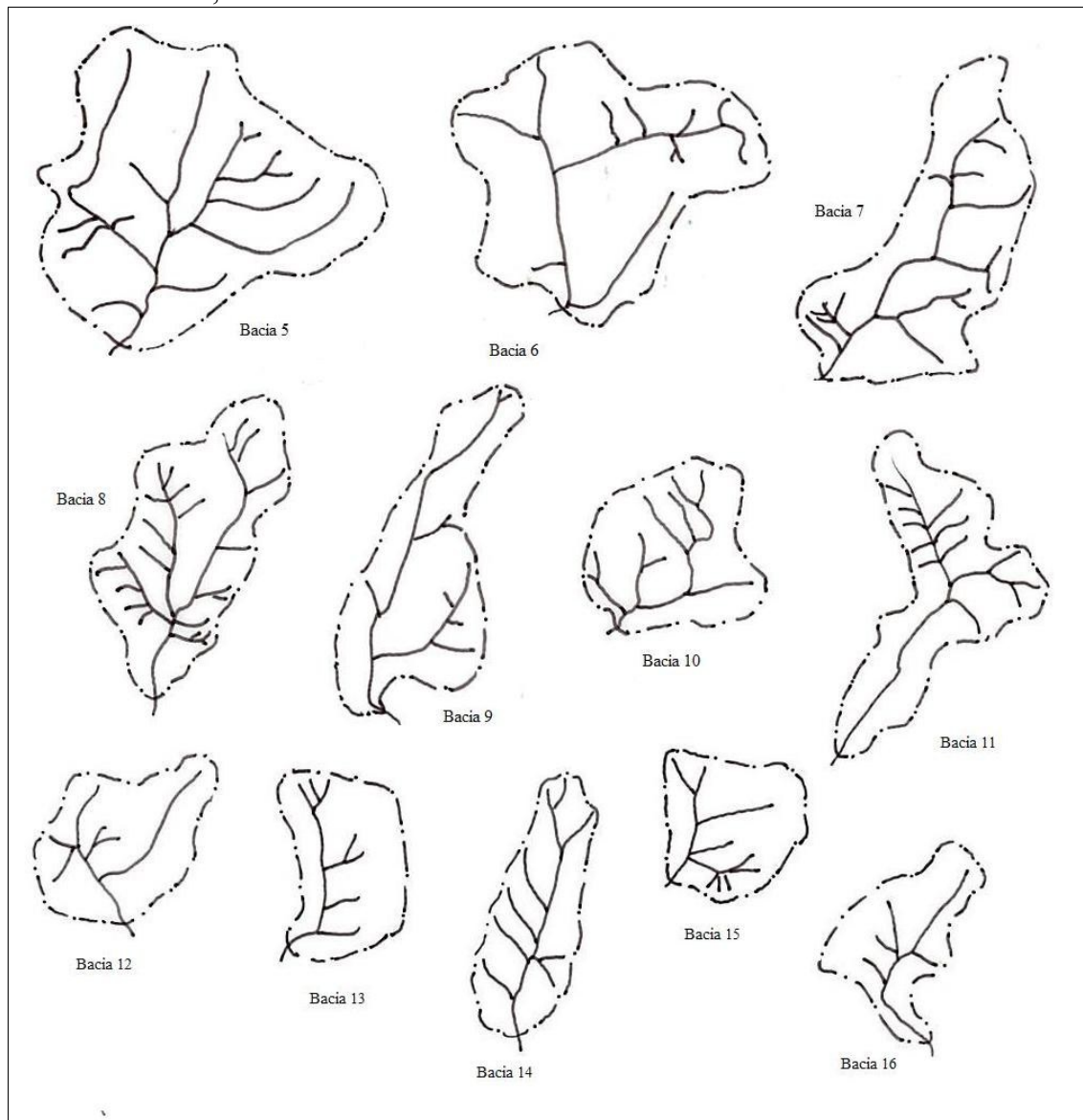
**Figura 2.** Bacias hidrográficas e suas redes de drenagem situadas na unidade de solo LVA, Itobi-SP, S/E.



As variáveis dimensionais, medidas nas bacias hidrográficas, segundo Strahler (1957), foram: Maior Comprimento (MC), linha que une a foz e o ponto extremo sobre o divisor de águas; Maior Largura (ML) corresponde à maior largura que corta transversalmente o vale principal; Comprimento do Rio Principal (RP), representação em km da sinuosidade do rio principal, desde a foz até a nascente; Comprimento Total da Rede (CR), representação horizontal, em km, das sinuosidades do rio principal e seus tributários; Perímetro (P), linha

definida pelo divisor de águas que circunda a bacia; e Área (A), definida pelo divisor de águas que circunda a bacia.

**Figura 3.** Bacias hidrográficas e suas redes de drenagem situadas na unidade de solo PVA, Itobi-SP, S/E.



A aplicação da análise de agrupamentos teve por finalidade detectar a melhor maneira de situar, em um mesmo grupo, bacias hidrográficas similares entre si para verificar se existem identidades entre esses grupos e as unidades de solos ocorrentes na região, tomando como base o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo de 1999, tomando como unidades operacionais a serem agrupadas as seis variáveis dimensionais.

Em termos gerais os processos classificatórios, dentre os quais a análise de agrupamentos, são utilizados para localizar entidades em classes inicialmente indefinidas, de modo que as unidades da mesma classe sejam similares entre si em algum sentido definido pelo coeficiente de semelhança calculada com base nas variáveis.

A análise dos Componentes Principais (1º e 2º) foi aplicado no intuito de explicar a estrutura de variâncias e covariâncias das seis variáveis, medidas nas bacias hidrográficas construindo assim um conjunto menor de combinações lineares ortogonais (componentes principais) das variáveis originais.

O primeiro componente principal é a combinação ponderada das variáveis originais que carrega a máxima quantidade da variação total das variáveis originais, isto é, o primeiro componente principal é responsável pela maior parte possível da informação contida no conjunto das variáveis originais.

O segundo componente principal é a combinação que, entre todas as combinações ortogonais do primeiro componente principal, é responsável pela máxima quantidade da variação remanescente, valendo salientar que, a soma das variáveis dos componentes principais é igual à soma das variâncias das variáveis originais.

Aplicou-se a análise de componentes principais (Tabela 4) tendo como objetivo, verificar a importância de cada uma das variáveis no processo classificatório que juntamente com o fenograma resultante da análise de agrupamento (Tabela 3) proporcionou um estudo mais acurado das bacias dos possíveis conglomerados ou grupos de bacias.

O teste “t” de *Student* teve como objetivo a verificação dos contrastes ortogonais entre as médias dos solos envolvidos, permitindo assim determinar quais variáveis dimensionais contribuíram para diferenciar as unidades de solo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Strahler (1957) estabeleceu o agrupamento de bacias hidrográficas semelhantes, considerando-as duas a duas, o que impõe certa subjetividade quando se precisa agrupar um número maior, como no presente trabalho onde se estudaram dezesseis (16) bacias.

As variáveis dimensionais, maior comprimento da bacia, maior largura da bacia, comprimento do rio principal, comprimento total da rede, perímetro e área, estão representados na Tabela 2.

Analisando a Tabela 2, e de acordo com os valores das variáveis observa-se que três conjuntos de bacias hidrográficas se destacam no contexto das 16, quais sejam: bacias 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 4, 12, 13, 14, 15, 16.

Segundo a carta de solo utilizada como referência, o município de Itobi-SP está predominantemente representado pelas unidades LVA e PVA, sendo que as bacias 1, 2, 3 e 4 estão inseridas na unidade LVA e as 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16 na unidade PVA.

A observância de três conjuntos de bacias hidrográficas destacados pelos parâmetros dimensionais pode estar refletindo interações ou imposições locais, resultando em variações nas formas geométricas (BARROS, 1988).

**Tabela 2.** Variáveis dimensionais medidas em bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação, Itobi-SP.

Unidades de solo	Bacias hidr.	MC (km)	ML (km)	RP (km)	CR (km)	P (km)	A (km <sup>2</sup> )
LVA	1	4,40	1,55	4,16	13,33	12,50	6,37
	2	3,70	2,33	4,01	7,25	11,50	6,33
	3	4,00	1,90	4,00	8,00	10,00	5,26
	4	1,65	1,15	1,66	3,67	4,50	1,15
PVA	5	3,15	3,00	3,63	13,83	10,66	6,57
	6	2,70	2,25	3,63	9,00	9,30	5,25
	7	3,55	1,25	3,08	9,25	9,00	3,94
	8	3,20	1,25	3,00	11,33	7,66	3,25
	9	3,40	1,50	3,66	7,00	8,50	3,05
	10	1,95	1,50	2,08	6,67	5,83	2,22
	11	2,20	1,75	2,00	6,67	7,08	2,07
	12	1,80	1,40	2,00	4,33	5,58	1,98
	13	1,75	1,05	1,83	3,83	5,33	1,87
	14	2,67	0,93	2,37	6,33	5,68	1,87
	15	1,60	1,35	1,37	4,17	4,66	1,65
	16	2,00	2,08	2,08	3,58	5,66	1,65

Com o intuito de confirmar estatisticamente as observações e comentários efetuados pelo exame da Tabela 2, aplicou-se a análise de agrupamento “*Single Linkage Cluster Analysis*”, análise dos componentes principais e também o teste “t” de *Student* (contrastes).

Os resultados numéricos da análise multivariada, indicando as Distâncias Euclídeana entre bacias estão representadas na Tabela 3, a qual possibilitou a confecção de um fenograma ilustrativo, Figura 4.



**Tabela 3.** Distância Euclideana média, entre as bacias hidrográficas, considerando as variáveis dimensionais.

bacias	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,000							
2	0,221	0,000						
3	0,200	0,106	0,000					
4	0,614	0,526	0,470	0,000				
5	0,244	0,227	0,261	0,604	0,000			
6	0,262	0,149	0,140	0,424	0,207	0,000		
7	0,261	0,247	0,163	0,358	0,333	0,185	0,000	
8	0,302	0,314	0,231	0,341	0,347	0,216	0,092	0,000
9	0,322	0,252	0,168	0,327	0,371	0,191	0,110	0,151
10	0,492	0,414	0,359	0,137	0,471	0,299	0,2450	0,222
11	0,474	0,390	0,339	0,169	0,448	0,282	0,233	0,217
12	0,544	0,447	0,396	0,081	0,527	0,345	0,293	0,283
13	0,570	0,482	0,428	0,057	0,568	0,384	0,315	0,306
14	0,480	0,425	0,350	0,156	0,509	0,331	0,220	0,203
15	0,603	0,511	0,461	0,052	0,579	0,407	0,350	0,334
16	0,229	0,467	0,410	0,069	0,561	0,374	0,302	0,296

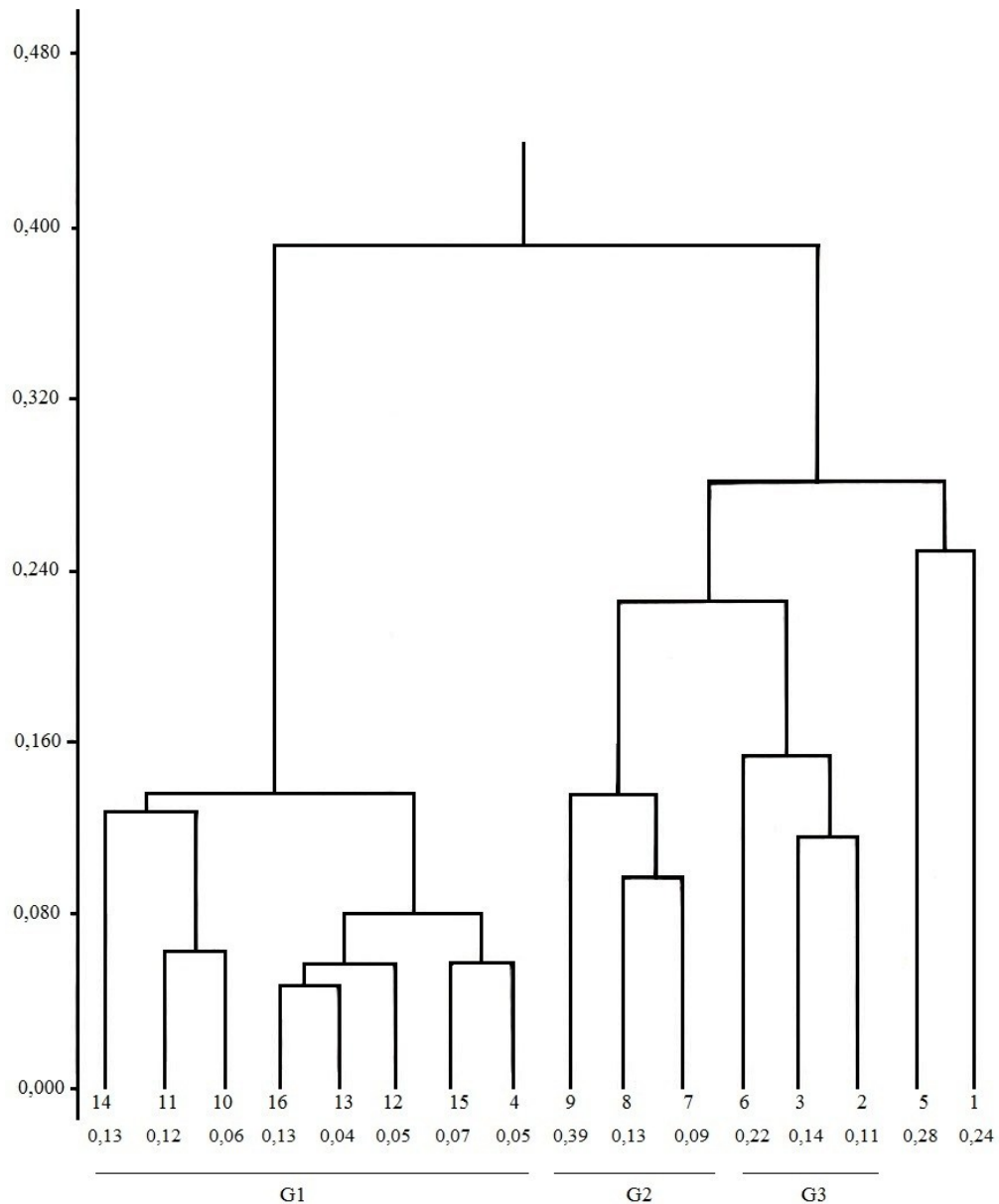
  

bacias	9	10	11	12	13	14	15	16
9	0,000							
10	0,229	0,000						
11	0,214	0,059	0,000					
12	0,261	0,074	0,104	0,000				
13	0,290	0,112	0,147	0,054	0,000			
14	0,201	0,109	0,134	0,124	0,126	0,000		
15	0,330	0,120	0,149	0,074	0,068	0,168	0,000	
16	0,265	0,111	0,136	0,052	0,043	0,112	0,092	0,000

O fenograma (Figura 4) apresenta a formação de três grupos homogêneos,  $G_1$ ,  $G_2$  e  $G_3$ , com Distância Euclideana bastante próximas:  $G_3$  com distância 0,11, 0,14 e 0,22 para as bacias hidrográficas 2, 3 e 6 respectivamente,  $G_2$  com 0,09, 0,13 e 0,39 para as bacias 7, 8 e 9 e finalmente  $G_1$  que apresenta dois sub-grupos, com distância euclideana 0,05, 0,07, 0,05, 0,04, 0,13 e 0,06, 0,12 0,13 correspondentes às bacias 4, 15, 12, 13, 16 e 10, 11, 14, respectivamente. Pode-se ainda constatar a formação de um grupo heterogêneo composto pelas bacias 1 e 5, com distâncias 0,24 e 0,28.

Os agrupamentos observados no fenograma, Figura 4, comparados com os solos predominantes no município, Tabela 2, indicam concordância para as bacias 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16 pertencentes ao  $G_1$ , situados em região de Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), com exceção da bacia 4, que segundo a Tabela 2 pertence ao LVA.

**Figura 4.** Fenograma resultante da análise multivariada das variáveis dimensionais das bacias hidrográficas.



As bacias hidrográficas que formam o  $G_2$ , segundo a literatura de referência, deveriam estar situadas no  $G_1$ , mas segundo os valores das variáveis dimensionais (Tabela 2) estão em perfeita sintonia com a análise multivariada utilizada.

O grupo 3 constituído pelas 2, 3 e 6 discorda do mapa de solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) com relação à bacia 6, sendo que as de número 2 e 3 estão perfeitamente alinhadas dentro do solo LVA (Latosolo Vermelho - Amarelo).

As bacias 1 e 5 formam grupo heterogêneo, ou seja, apresentam distância euclidiana elevada, quais sejam: 0,24 e 0,28. Fato que certamente justifica o ajuntamento destas bacias. A análise de componentes principais com base na matriz de covariância para as variáveis dimensionais Tabela 4 e Figura 4 confirmou os grupos formados no fenograma e conseguem acumular 92,85% das informações na forma de  $Y_1$  e  $Y_2$ .

**Tabela 4.** Valores dos componentes principais utilizando-se das variáveis dimensionais, observadas em bacias hidrográficas.

Variáveis	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Ord. de Import.
MC	0,90	-0,41	4°
ML	0,72	0,68	6°
RP	0,95	-0,16	3°
CR	0,87	-0,06	5°
P	0,98	-0,05	2°
A	0,98	0,95	1°
Variância	84,49%	8,36%	
Var. Acumulada	84,49%	92,85%	

A aplicação desta análise multivariada às variáveis dimensionais mostrou-se necessária na constatação da ordem de importância de cada variável considerada. De acordo com a Tabela 4, tem-se que: área (A): perímetro (P); comprimento do rio principal (RP); maior comprimento da bacia (MC); comprimento total da rede (CR) e maior largura da bacia (ML), estão em ordem decrescente de importância. Resultados semelhantes foram obtidos por Barros (1988), quanto à ordem de importância dos parâmetros considerados na discriminação e agrupamentos de bacias hidrográficas no município de Botucatu-SP.

Com a finalidade de avaliar a significância estatística das variáveis constantes no presente estudo aplicou-se o teste “t”, no intuito de verificar o contraste ortogonal (C) entre as médias das variáveis dimensionais das bacias situadas nos solos LVA x PVA.

**Tabela 5.** Características quantitativas das médias das variáveis dimensionais das bacias e do contraste obtido da aplicação do teste “t”, por unidade de solo.

Unid. solo	MC (km)	ML (km)	RP (km)	CR (km)	P (km)	A (km <sup>2</sup> )
LVA	3,44	1,73	3,46	8,06	9,63	4,77
PVA	2,49	1,53	2,59	7,16	7,07	2,95
t	1,46 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	1,39 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	1,39 <sup>ns</sup>
C <sub>1</sub> gl	3,68	5,91	3,92	4,36	3,59	3,90

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

C<sub>1</sub> = LVA x PVA

Os valores médios obtidos após análise (teste “t”) das variáveis dimensionais (Tabela 5) visualizando a tabela em questão pode-se verificar que as variáveis estudadas não se apresentaram significativas a nível de 5% de probabilidade.

## 6 CONCLUSÕES

As variáveis dimensionais, submetidas à análise de agrupamento, conseguiram discriminar 60% das bacias consideradas para a unidade de Solo Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) e 50% das bacias correspondentes ao Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA);

A análise de agrupamento não se mostrou eficiente para discriminar as unidades de solo satisfatoriamente conforme a Mapa Pedológico do estado de São Paulo de 1999;

As quatro variáveis dimensionais que mais contribuíram para a discriminação das bacias seguem a ordenação: área (A); perímetro (P); comprimento do rio principal (RP) e maior comprimento da bacia (CR);

Os valores médios obtidos pela análise de contraste (teste “t”) aplicada às variáveis dimensionais não foram significativos a nível de 5% de probabilidade.

## 7 REFERÊNCIAS

BARROS, B. S. X. de; BARROS, Z. X. de; POLLO, R. A.; NASCIMENTO, F. M.; CAMPOS, S. Análise multivariada aplicada em bacias hidrográficas no Município de Botucatu. *Irriga*, Botucatu, v. 16, n. 3, p. 351-359, 2011.

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

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986. Define impacto ambiental e toma outras providências. **Diário Oficial da União**: República Federativa do Brasil: Poder Legislativo, Brasília, DF, 17 fev. 1986, p. 2548-2549.

BUENO, C. R. P.; ARRAES, C. L.; PEREIRA, G. T.; CORÁ, J. E.; CAMPOS, S. Análise multivariada na determinação do risco de erosão em solos sob irrigação. *Irriga*, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 23-35, jan./mar. 2010.

CAMPOS, S.; PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M.; BARROS, Z. X.; RIBEIRO, F. L. Análise multivariada de microbacias em relação ao tipo de solo. *Irriga*, Botucatu, v. 15, n. 2, p. 208-216, abr./jun. 2010.

CAMPOS, S.; PISSARRA, T. C. T. Agrupamentos de amostras circulares em função das unidades de solo. *Irriga*, Botucatu, v. 19, n. 2, p. 174-185, abr./jun. 2014.

CRUZ, O. **Alguns conhecimentos básicos para fotointerpretação**: Aerofotogeografia. São Paulo, v.25, n-2, p.1-13, 1981.

CURI, P. R. Análise de agrupamento: métodos seqüências, aglomerativos e hierárquicos. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 35, n. 10, p. 1416-1429, 1982.

FRANÇA, G. V. **Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba**. 1968. 151 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e

Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.

IBGE. **Cartas do Brasil**. Superintendência de Cartografia do Ministério do Planejamento e Coordenação Geral do Brasil. Folha de Botucatu-SP, Rio de Janeiro, 1969.

LUEDER, D. R. **Aerial photographic interpretation, principles and application**. New York: Mc Graw Hill, 1959. 562 p.

OLIVEIRA, J. B. de; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico. **Boletim Científico IAC**, Campinas, n. 45, p. 1-108, 1999.

PIEIDADE, G. C. R.; CARVALHO, W. A.; PFEIFER, R. M. Relações entre os parâmetros dimensionais de bacias hidrográficas. **Científica**, Jaboticabal, v. 12, n. 2, p. 9-14, 1984

ROCHA, J. S. M. **Fotografias aéreas aplicadas ao planejamento físico rural**. 1978. 51 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, 1978.

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

STRAHLER, A. N. Quantitative analyses of watershed geomorphology. **Transactions / American Geophysical Union**, Washington, DC, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.