

## Diferenciação Físico-hídrica de três horizontes de um Nitossolo Vermelho Eutroférico latossólico baseada em análise multivariada <sup>(1)</sup>.

**Helon Hébano de Freitas Sousa<sup>(2)</sup>; Ismael Meurer<sup>(3)</sup>; Fernando Henrique Setti Gimenes<sup>(4)</sup>; Paulo Leonel Libardi<sup>(5)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da FAPESP.

<sup>(2)</sup> Doutorando em solos e nutrição de plantas; Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; Piracicaba, SP; [hfsousa@gmail.com](mailto:hfsousa@gmail.com);

<sup>(3)</sup> Mestrando em solos e nutrição de plantas; Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; <sup>(4)</sup> Doutorando em solos e nutrição de plantas; Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; <sup>(5)</sup> Professor titular; Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

**RESUMO:** Quando um fenômeno depende de muitas variáveis, analisá-las isoladamente pode gerar conclusões falhas. O comportamento físico-hídrico de um Nitossolo difere entre os horizontes do perfil por influência de várias propriedades, de forma e intensidades diferentes. Considerando que a análise multivariada possibilita a detecção de quais variáveis influenciam no comportamento de horizontes, o objetivo deste trabalho foi evidenciar relações entre comportamento e variáveis a partir da aplicação da análise multivariada nos parâmetros físicos do solo. Em amostras coletadas de cada horizonte foram determinados os atributos físicos do solo, teor de areia, silte e argila; densidade do solo; densidade de partículas e porosidade total; também foi determinada no campo a condutividade hidráulica do solo não saturado  $K(\theta)$ . Os dados foram analisados por técnicas multivariadas, para entender como os atributos interagem ao mesmo tempo. Para os atributos analisados foram gerados 2 componentes que explicaram 100,00% da variação das medidas originais. Constatou-se que areia, silte, argila, densidade do solo e de partículas e porosidade total foram as variáveis que mais influenciaram o componente principal 1. A condutividade hidráulica do solo saturado foi o único atributo que esteve mais associado ao componente principal 2. Ficou clara a distinção entre os três horizontes, o que indica comportamento diferenciado pela influência das variáveis mensuradas no solo. A expressão do horizonte Ap é influenciada pelos teores de areia e silte, a do horizonte Bt pelo teor de argila e a do horizonte Bw pela porosidade e condutividade hidráulica do solo saturado.

**Termos de indexação:** Atributos físicos

### INTRODUÇÃO

Quando um fenômeno depende de muitas variáveis, analisá-las isoladamente pode gerar conclusões falhas, pois não basta apenas conhecer as informações estatísticas isoladas, mas, também, a totalidade dessas informações fornecidas pelo

conjunto das variáveis e suas relações (Vicini, 2005). A denominação “Análise Multivariada” corresponde a um grande número de métodos e técnicas que utilizam, simultaneamente, todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados obtidos (Moita Neto, 2004).

Horizontes são camadas de solo aproximadamente paralelas à superfície do terreno, diferem-se entre si e geneticamente relacionadas (Lepsch, 2011). Uma série de fatores, como atributos químicos, físicos e biológicos, faz com que os horizontes tenham comportamentos distintos e, certamente, alguns são mais influentes que outros na expressão dessas características, sendo necessário identificá-los e quantificá-los sempre que possível.

Assim, considerando que a análise multivariada possibilita a detecção de quais variáveis influenciam no comportamento físico-hídrico dos horizontes de um Nitossolo Vermelho Eutroférico latossólico, o objetivo deste trabalho foi evidenciar relações entre comportamento e variáveis no referido solo a partir da aplicação da análise multivariada nos parâmetros físicos do solo.

### MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo foram coletadas em profundidades representativas de cada horizonte, numa região localizada próximo ao Posto Meteorológico no Campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Nelas foram determinados os atributos físicos do solo: teor de areia, silte e argila (**Tabela 01**); densidade do solo; densidade de partículas e porosidade total (**Tabela 02**).

Também foi realizada em campo a determinação da condutividade hidráulica do solo não saturado  $K(\theta)$ . Com base na equação encontrada para  $K(\theta)$ , pelo método do perfil instantâneo, e considerando-se a umidade de saturação, foi determinada a condutividade hidráulica do solo saturado  $K_0$  para os três horizontes.

**Tabela 1** Granulometria dos três horizontes do Nitossolo Vermelho Eutroférico.

Horizonte	Areia	Silte	Argila
	(g Kg <sup>-1</sup> )		
Ap	336,36	210,47	453,17
B <sub>t</sub>	247,27	137,70	615,03
B <sub>w</sub>	265,88	157,75	576,37

**Tabela 2** – Densidade dos sólidos ( $\rho_s$ ), densidade do solo ( $\rho$ ), porosidade total ( $\alpha$ ) e condutividade hidráulica do solo saturado ( $K_0$ ) dos três horizontes do Nitossolo Vermelho Eutroférico latossólico.

Horizonte	$\rho_s$	$\rho$	$\alpha$	$K_0$
	(g cm <sup>-3</sup> )		%	(mm.dia <sup>-1</sup> )
Ap	2,84	1,47	48,24	361
B <sub>t</sub>	2,86	1,45	49,25	265
B <sub>w</sub>	2,87	1,20	58,12	962

Os dados foram analisados por técnicas multivariadas tendo sido considerados os atributos: granulometria, densidade do solo ( $\rho$ ), densidade de partículas ( $\rho_s$ ), porosidade total ( $\alpha$ ) e condutividade hidráulica do solo saturado em condições de campo ( $K_0$ ), os horizontes Ap, B<sub>t</sub> e B<sub>w</sub>, cujos valores originais foram normalizados para média igual a zero e variância igual a 1, a fim de compor as variáveis utilizadas na ACP (análise de componentes principais). Para esses atributos foram gerados 2 componentes.

À matriz de correlação dos atributos com os 2 componentes considerou-se o nível de significância de 5% de probabilidade para, então, selecionar os atributos considerados significativos, ou seja, os que apresentaram alta correlação com um dos componentes principais. Os atributos selecionados apresentaram correlação de no mínimo 0,6 em módulo e, por este motivo, nenhum foi excluído. Para a análise de agrupamento (AA) dos horizontes utilizou-se o método de Ward, com a medida euclidiana para a distância entre os grupos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os componentes que explicam o conjunto das variáveis elencadas estão apresentados na Tabela 3. Vale ressaltar que os dois componentes principais apresentaram autovalor superior à unidade, o que satisfaz o critério de seleção de componentes. Ambos os componentes explicaram 100,00% da

variação das medidas originais (69,74% e 30,26% pelos fatores 1 e 2, respectivamente).

A Tabela 4 contém os valores da correlação entre os atributos analisados com os componentes principais. Constatou-se que areia, silte, argila, densidade do solo e de partículas e porosidade total foram as variáveis que mais influenciaram o componente principal 1. A condutividade hidráulica do solo saturado em campo foi o único atributo que esteve mais associado ao componente principal 2.

**Tabela 4** - Correlação dos atributos com os componentes principais CP1 e CP2

Variável	CP1	CP2
Areia (g Kg <sup>-1</sup> )	-0,843	0,537
Silte (g Kg <sup>-1</sup> )	-0,805	0,594
Argila (g Kg <sup>-1</sup> )	0,826	-0,564
$\rho_s$ (g cm <sup>-3</sup> )	0,999	-0,034
$\rho_p$ (g cm <sup>-3</sup> )	-0,818	-0,575
$\alpha$ (%)	0,833	0,553
$K_0$ (mm dia <sup>-1</sup> )	0,692	0,722

$\rho_s$  Densidade dos sólidos do solo,  $\rho$  densidade do solo e  $\alpha$  porosidade total.

Na Figura 01, em que está contido o círculo unitário com a ordenação dos atributos físicos e dos horizontes do solo, segundo Freire (2012), quanto mais próxima da circunferência estiverem as variáveis, maior será sua importância na explicação da variância dos dados. Da mesma forma, o ângulo de inclinação da linha em relação a cada eixo do círculo indica o quanto esta variável é correlacionada com o componente principal, sendo bem ou mal correlacionada quando o ângulo é pequeno ou grande, respectivamente. Analisando assim, constata-se que o horizonte B<sub>w</sub> foi discriminado em relação aos demais horizontes pelas variáveis porosidade total ( $\alpha$ ) e condutividade hidráulica do solo saturado em campo ( $K_0$ ). Cooper & Vidal-Torrado (2005) estudando o solo da mesma área verificaram diferença significativa na condutividade hidráulica do solo saturado entre os horizontes B<sub>t</sub> e B<sub>w</sub> e associaram tal comportamento com a porosidade destes.

O horizonte B<sub>t</sub>, como era de se esperar, inclusive pelo processo genético que lhe deu origem, foi distinguido dos demais horizontes pelo atributo argila. Finalmente, o horizonte Ap foi diferenciado pelas frações areia e silte. Considerando que houve perda de argila desse horizonte para o horizonte B<sub>n</sub>ítico, era de se esperar que as frações areia e silte fossem as responsáveis por sua expressão.

O atributo densidade de partículas, como se pode verificar na mesma figura, não foi discriminante em nenhum dos horizontes analisados, evidenciando



sua baixa influência no comportamento físico do solo.

O dendrograma com a dissimilaridade entre os grupos (Figura 02) tem a finalidade de evidenciar se os horizontes do solo apresentam comportamento distinto. Ficou clara a distinção entre os três horizontes, o que indica comportamento diferenciado pela influência das variáveis mensuradas no solo.

### **CONCLUSÕES**

A expressão do horizonte Ap é influenciada pelos teores de areia e silte, a do horizonte Bt pelo teor de argila e a do horizonte Bw pela porosidade e condutividade hidráulica do solo saturado.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à FAPESP pelo auxílio financeiro que permitiu a realização deste trabalho e à Esalq pelo uso da infraestrutura.

### **REFERÊNCIAS**

COOPER, M. & VIDAL-TORRADO, P. Caracterização morfológica, micromorfologia e físico-hídrica de solos com horizontes B nítico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 29: 581-595, 2005.

FREIRE, A. G. Índices de qualidade física para um cambissolo em sistemas de manejo. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências do Solo, Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, Fortaleza, 2012.

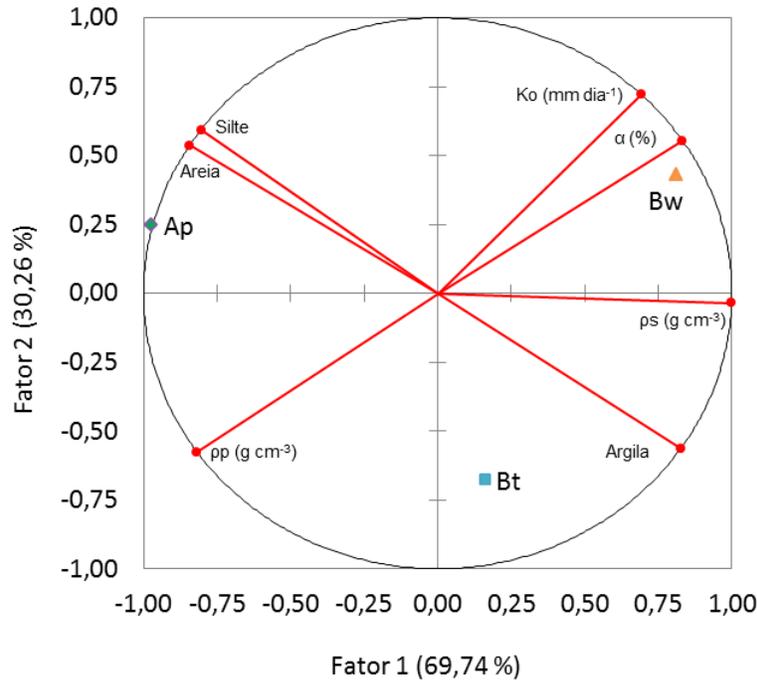
LEPSCH, I.F. 19 lições de pedologia.1.ed. São Paulo: Oficina de textos, 2011. 456 p.

MOITA NETO, J. M Estatística multivariada. Uma visão didática-metodológica. Disponível em: <[http://criticanarede.com/cien\\_estatistica.html](http://criticanarede.com/cien_estatistica.html)>. Acesso em 05 maio. 2013.

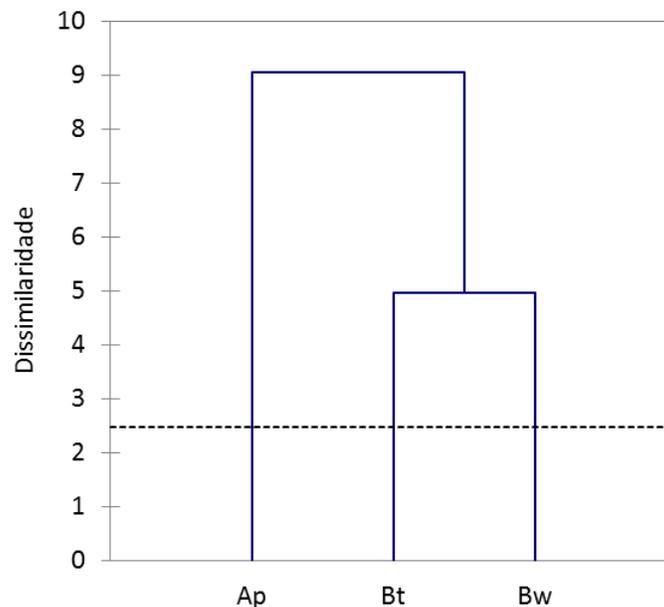
VICINI, L. Análise multivariada da teoria à prática. Monografia (Especialização em Estatística e Modelagem Quantitativa) - Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005. 215 p.

**Tabela 3** - Autovalores e percentagem da variância de atributos físicos do solo explicada por cada componente

Componente	Autovalor	% da variância explicada	% da variância explicada acumulada
1	4,88	69,74	69,74
2	2,12	30,26	100,00



**Figura 1** – Diagrama de ordenação dos atributos físicos e dos horizontes do solo.



**Figura 2** - Dissimilaridade entre os grupos estabelecida pela distância euclidiana a partir dos atributos medidos no solo.