



## Fertilidade de solos originados de granitos tipos I e S: abordagem multivariada<sup>(1)</sup>

Ygor Jacques Agra Bezerra da Silva<sup>(2)</sup>; Clístenes Williams Araújo do Nascimento<sup>(3)</sup>;  
Yuri Jacques Agra Bezerra da Silva<sup>(4)</sup>; Franklone Lima da Silva<sup>(5)</sup>; Rebekka Raíza  
Ferreira Galvão<sup>(6)</sup>; <sup>(7)</sup> Talmo Henrique dos Santos Silva

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do grupo de Química Ambiental de Solos da UFRPE. <sup>(2)</sup> Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo /UFRPE. Email: ygorufrpe@yahoo.com.br; <sup>(3)</sup> Docente do Departamento de Agronomia da UFRPE. Email: clistenes@depa.ufrpe.br; <sup>(4)</sup> Docente do Departamento de Agronomia da UFPI- Campos Bom Jesus. Email: yuriufrpe@yahoo.com.br <sup>(5)</sup> Graduando em Agronomia da Universidade Federal Rural De Pernambuco. Email: franklone@hotmail.com; <sup>(6)</sup> Graduanda em Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Email: rebekagalvao@gmail.com <sup>(7)</sup> Graduando em Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Email: talmo.henrique@hotmail.com

**RESUMO:** Apesar dos granitos serem as rochas mais abundantes da crosta terrestre, estudos relacionando a fertilidade do solo de acordo com os tipos de granitos são raros. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a fertilidade de solos formados de granitos tipos I e S e diferenciá-los por meio de abordagem multivariada. Os solos originados de granitos tipo S estão delimitados pelas coordenadas 08°41'03.5" e 08°39'56.4"S, e 036°18'37.7" e 036°05'49.3"W. Já os solos sobre o tipo I entre 08°42'15.7" e 08°37'48.2"S, e 036°01'33,0" e 036°00'46,9"W, respectivamente. Foram coletadas 15 amostras de solo (0-20 cm) em cada área de estudo. Os elementos K, Na e P, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn foram extraídos por Mehlich -1; Ca, Mg e Al foram extraídos por KCl (1 mol L<sup>-1</sup>). Foi realizada estatística descritiva (média, máximo, mínimo e desvio padrão) e multivariada (análise de componentes principais, agrupamento e discriminante). O granito tipo I formou solos com fertilidade natural superior que os solos originados de granitos tipo S. Com base na análise de componentes principais, foi identificado que os elementos Ca, Mg, P, Mn, Zn, Co e Ni foram as variáveis chave para discriminar os granitos tipos I dos S. A formação de três grupos na análise de agrupamento e a confirmação de suas representatividades por meio da análise discriminante (95% de acerto) comprova a eficiência da aplicação de técnicas de estatística multivariada para discriminar solos desenvolvidos de granitos tipos I e S com base em suas fertilidades naturais.

**Termos de indexação:** rochas graníticas, estatística multivariada, macro e micronutrientes.

### INTRODUÇÃO

As rochas graníticas são predominantes no estado de Pernambuco e no mundo, com clara distribuição espacial dos tipos I e S. Esta classificação, amplamente adotada por

pesquisadores de diversas áreas, foi desenvolvida por Chappell & White (1974), com objetivo de simplificar e caracterizar os diversos tipos existentes de granitos.

O fato de granitos do tipo I e S serem originados de fontes ígneas e sedimentares, respectivamente, resulta em distintas características geoquímicas e mineralógicas (Chappell & White, 1984), que provavelmente refletirá na formação de solos com diferentes fertilidades naturais. Contudo, estudos na área de ciência do solo, que levem em consideração o tipo de granito em trabalhos de fertilidade do solo são raros.

É visivelmente perceptível no agreste pernambucano, que sob mesmas condições climáticas, a paisagem desenvolvida sobre solos originados de granitos tipo I são diferentes da paisagem oriunda de solos desenvolvidos de granitos tipo S. Entretanto, ainda não há estudos que relacionem estas diferenças na paisagem a distintas fertilidades naturais, proporcionadas por diferentes tipos de granitos. Logo, comprovar que solos formados de granitos tipos I são mais férteis que os solos formados dos granitos tipos S tornam-se essencial para o desenvolvimento da atividade agrícola da região.

Nesse sentido, por se tratar de um estudo exploratório, envolvendo um grande número de variáveis, em que são difíceis de identificar e visualizar as diferenças, o uso das técnicas de estatística multivariada, como as análises de componentes principais (ACP), agrupamento hierárquico (AAH) e discriminante (AD), se torna fundamental para seleção das variáveis chaves, que são responsáveis por distinguir os diferentes tipos de granito com base na fertilidade do solo. A eficiência do uso destas técnicas para fins ambientais é amplamente relatada pela comunidade científica (Micó et al., 2006; Manly, 2008; Varol, 2011; Thuong et al., 2013).

Portanto, este trabalho consiste em avaliar a fertilidade de solos formados de granitos tipos I e S

e diferenciá-los por meio de abordagem multivariada.

### MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de estudo foram selecionadas com base no mapa geológico de Pernambuco, escala 1:500.000, fornecida pela Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (CPRM).

A primeira região de estudo é formada por solos desenvolvidos de granitos tipo S, no município de Jurema, delimitada pelas coordenadas 08°41'03.5" e 08°39'56.4"S, e 036° 18'37.7" e 036°05'49.3"W, com altitude variando de 609 a 764 m e relevo suave ondulado. A segunda região apresenta solos oriundos de granitos tipo I, no município de Panelas, delimitada pelas coordenadas 08°42'15.7" e 08°37'48.2"S, e 036°01'33,0" e 036°00'46,9"W (Figura 1), com altitude entre 450 e 693 m e relevo ondulado. Trata-se de áreas vizinhas, situadas no agreste pernambucano, sobre o Planalto da Borborema. Ambas as regiões apresentam vegetação nativa conhecida por floresta caducifólia ou subcaducifólia e clima, segundo Koeppen, classificado como tropical (As'), com precipitação pluvial média variando entre 800 a 1000 mm e temperatura média anual de 25°C.

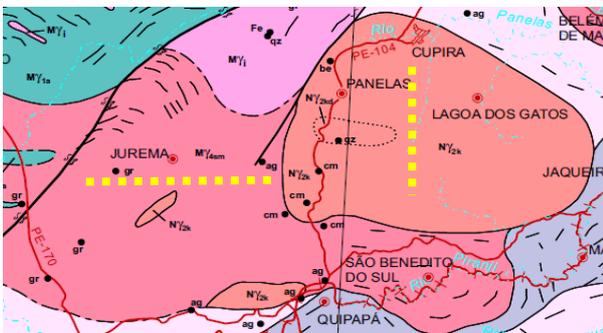


Figura 1. Pontos de amostragem de solo no mapa geológico de Pernambuco (1:500:000).

Foram coletadas 15 amostras de solo (-0-20 cm) em cada área de estudo. Sempre em locais de vegetação nativa ou com mínima interferência antrópica. As amostras foram secas ao ar, homogeneizadas e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha. Os elementos K, Na e P, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn foram extraídos utilizando o extrator Mehlich-1. O Ca, Mg e Al foram extraídos por KCl (1 mol L<sup>-1</sup>). Todos os metais foram determinados por espectrometria de emissão ótica (ICP-OES/Optima 7000, Perkin Elmer).

Devido ao caráter exploratório dos resultados obtidos, realizou-se estatística descritiva (média, máximo, mínimo e desvio padrão) e as seguintes

análises multivariadas: 1) Análise de componentes principais, com rotação varimax. Foi utilizado o método de Kaiser para decidir o número adequado de fatores (apenas fatores com autovalores > 1 foram selecionados). 2) Análise de agrupamento hierárquico, de acordo com o método de Ward (Templ et al. 2008), baseado na distância euclidiana; 3) Análise discriminante (AD), a fim de verificar a representatividade dos grupos formados.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos desenvolvidos sobre granito tipo I apresentaram teores mais elevados de elementos, exceto para o Na, que apresentou concentração semelhante. As maiores diferenças foram observadas na seguinte ordem: Co > Ni > Ca > P > Mg > Mn > Fe > K > Zn > Cu > Al > Mo > Na (Tabela 1). Foram observadas amplas faixas de variações entre as variáveis avaliadas. Os solos formados de granitos tipo I apresentaram maior variação entre os teores de macro e micronutrientes (Tabela 1).

Considerando a recomendação de adubação de K e P para os cultivos de cana-de-açúcar, milho e feijão em solos do estado de Pernambuco, observou-se que, em geral, os solos originados de granitos tipo S teriam que receber doses maiores de fertilizantes minerais para o desenvolvimento adequado destas culturas.

Tabela 1. Concentrações médias (Méd), máximas (Máx), mínimas (Mín) e desvios padrões (Dp) em solos formados sobre granitos tipos I e S

El.	Granito Tipo I				Granito Tipo S			
	Méd	Máx	Mín	Dp	Méd	Máx	Mín	Dp
pH	5,21	4,0	6,0	0,5	4,86	5,0	4,0	0,6
Ca	0,25	0,5	0,1	0,1	0,05	0,1	0,0	0,0
Mg	1,44	4,3	0,5	0,8	0,31	0,7	0,1	0,2
K	0,19	0,4	0,1	0,1	0,10	0,2	0,0	0,0
P	14,58	68,2	0,8	10,5	2,92	9,7	0,8	1,7
Na	0,37	1,1	0,2	0,1	0,37	0,7	0,2	0,1
Al	0,47	1,0	0,0	0,3	0,37	0,8	0,0	0,2
Fe	83,12	217	14,8	0,0	41,58	124	7,5	20,1
Mn	10,98	34,0	2,2	5,3	3,15	8,8	0,7	1,9
Zn	1,64	2,8	0,9	0,5	1,01	1,9	0,7	0,3
Cu	0,19	0,5	0,0	0,1	0,12	0,6	0,0	0,1
Ni	0,23	0,6	0,1	0,1	0,04	0,2	0,0	0,0
Co	0,15	0,5	0,0	0,1	0,01	0,1	0,0	0,0
Mo	0,01	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0

El. – Elemento.

Por meio da análise de componentes principais, com rotação varimax, foi possível selecionar as variáveis mais importante, que explicam as diferenças entre os tipos de granitos. A seleção foi baseada na correlação de Pearson, sendo eliminadas as variáveis que não apresentaram

correlações significativas. Com dois componentes foi possível explicar 81% da variação entre os granitos (**Tabela 2**).

**Tabela 2.** Análise de componentes principais

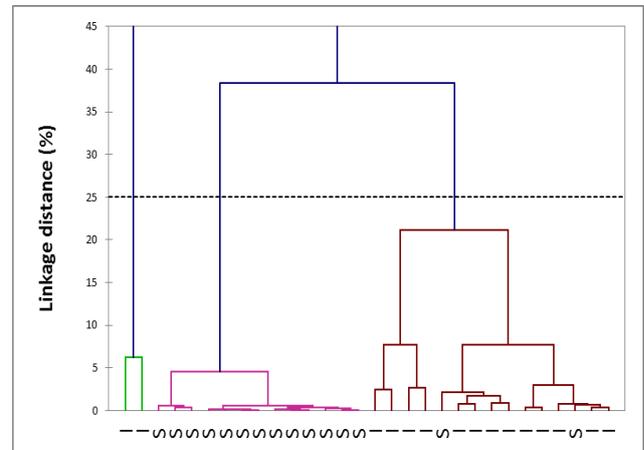
	F1	F2
Autovalor	4,772	1,04
Variabilidade (%)	68,174	12,916
% acumulada	68,174	81,090

O primeiro componente foi formado pelas variáveis Ca, Mg, P e Co, explicando 68% da diferença entre os granitos. O segundo componente é constituído pelo Mn e Zn (**Tabela 3**), que juntamente com o primeiro componente, explicam 81% da variação. Provavelmente, a formação destes componentes, por meio da seleção destas variáveis, seja reflexo da diferença na proporção de minerais máficos contidos nos granitos tipo I.

**Tabela 3.** Cossenos quadrados das variáveis após a rotação Varimax

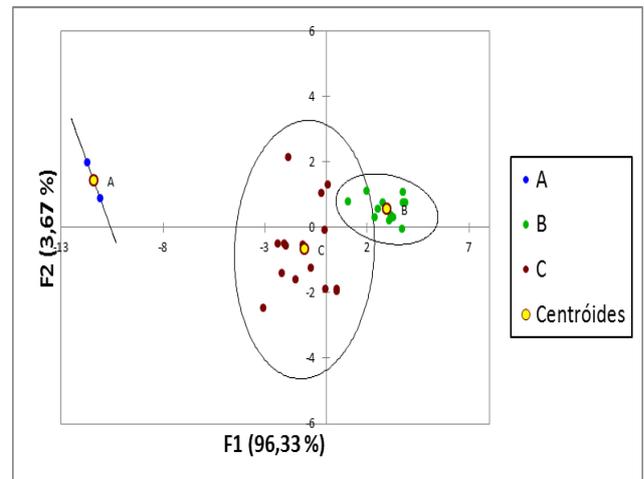
Variáveis	D1	D2
Ca	<b>0,681</b>	0,166
Mg	<b>0,837</b>	0,008
P	<b>0,578</b>	0,063
Mn	0,139	<b>0,691</b>
Zn	0,031	<b>0,771</b>
Co	<b>0,656</b>	0,239
Ni	<b>0,670</b>	0,148

A análise de agrupamento hierárquico, utilizando as variáveis previamente selecionadas na análise de componentes principais, formou três grupos (**Figura 2**). Destaca-se a distinção dos tipos de granitos com base na fertilidade do solo, sendo possível observar a formação de um grupo com 100% de amostras de solos desenvolvidos de granito tipo S, demonstrando a homogeneidade desta rocha. O segundo grupo foi constituído por apenas dois solos originados de granito tipo I, provavelmente, contendo alguma característica geoquímica ou mineralógica que as separam do terceiro grupo, formado com os demais solos sobre o mesmo material de origem. A presença de dois solos oriundos de granito tipo S no grupo dos solos formados pelo granito tipo I, deve-se às localizações - zona de transição entre a alteração de um tipo de granito para o outro.



**Figura 2.** Agrupamento dos solos formados sobre granitos tipos I e S

Em seguida, foi verificada a representatividade dos três grupos formados na análise de agrupamento, por meio da análise de discriminante (**Figura 3**).



**Figura 3.** Análise discriminante dos grupos formados na análise de agrupamento.

A formação dos três grupos na análise discriminante possibilitou visualizar e confirmar que os dois solos sobre granito tipo S que estão contidos no grupo dos solos formados pelo granito tipo I, de fato encontram-se na zona de alteração entre os materiais de origem. Observando a matriz de confusão (**Tabela 4**), percebe-se que os grupos A e C ficaram 100% corretos e que o grupo B apresentou apenas 15% de erro, totalizando 95% de acertos entre os grupos formados. Estes resultados são muito satisfatórios e comprovam a representatividade e eficiência dos grupos formados.



**Tabela 4.** Matriz de confusão entre os grupos

Grupo	A	B	C	Total	% correto
A	2	0	0	2	100
B	0	13	2	15	85
C	0	0	13	13	100
Total	2	13	15	30	95

Afim de discriminar os demais solos formados de granitos tipo I e S nessa mesma região, foram desenvolvidas as seguintes funções discriminantes canônicas:  $D1 = - 0,082Ca + 0,54Mg + 0,36P - 0,31Mn - 0,83Co - 0,92Ni - 0,74Zn$  e  $D2 = - 0,99Ca + 0,35Mg - 1,03P - 0,01Mn + 1,63Co - 0,62Ni - 0,22Zn$ . Com a aplicação destas funções, baseado na fertilidade do solo, será possível discriminar se o solo foi originado de granito tipo I ou S.

### CONCLUSÕES

- 1 - O granito tipo I forma solos com fertilidade natural superior que os solos originados de granitos tipo S.
- 2 - Com base na análise de componentes principais, foi identificado que os elementos Ca, Mg, P, Mn, Zn, Co e Ni foram as variáveis chaves para discriminar os granitos tipos I dos S.
- 3 - A formação de três grupos na análise de agrupamento e a confirmação de suas representatividades por meio da análise discriminante (95% de acerto) comprova a eficiência da aplicação de técnicas de estatística multivariada para discriminar solos desenvolvidos de granitos tipos I e S com base em suas fertilidades naturais.

### REFERÊNCIAS

- CHAPPELL, B.W., WHITE, A.J.R. Two contrasting granite types. *Pacific Geology* 8, 173–174, 1974.
- CHAPPELL, B.W., WHITE, A.J.R. I- and S- type granites in the Lachlan Fold Belt, southeastern Australia. In: Keqin, Xu., Guangchi, Tu. (Eds.), *Geology of Granites and their Metallogenic Relation*. Beijing Science Press, pp. 87–101, 1984.
- MANLY, B.J.F. *Métodos estatísticos multivariados: uma introdução* 3º ed. – Porto Alegre: Bookman, pp 229, 2008.
- MICÓ, C., RECATALÁ, L., PERIS, M., SÁNCHEZ, J. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis. *Chemosphere*. 65, 863–872, 2006.
- VAROL, M. Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *Journal of Hazardous Materials*. 195, 355–364, 2011.
- TEMPL, M., FILZMOSER, P., REIMANN, C. Cluster analysis applied to regional geochemical data: Problems

and possibilities. *Applied Geochemistry*, 23, 2198–2213, 2008.

THUONG, N.T., YONEDA, M., IKEGAMI, M., TAKAKURA, M. Source discrimination of heavy metals in sediment and water of To Lich River in Hanoi City using multivariate statistical approaches. *Environmental Monitoring and Assessment*. 185, 8065–8075, 2013.

**XXXV Congresso  
Brasileiro de  
Ciência do Solo**

CENTRO DE CONVENÇÕES - NATAL / RN



**O SOLO E SUAS  
MÚLTIPLAS FUNÇÕES**  
02 a 07 DE AGOSTO DE 2015