



Identificação de indicadores de qualidade química de solos utilizando análise estatística multivariada

Alessandra Monteiro Salviano⁽¹⁾; Nelci Olszewski⁽²⁾; Tony Jarbas Ferreira Cunha⁽¹⁾; Vanderlise Giongo⁽¹⁾, Stefeson Bezerra de Melo⁽³⁾, Sálvio Napoleão Soares Arcoverde⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Pesquisador; Embrapa Semiárido; Petrolina, PE; alessandra.salviano@embrapa.br; ⁽²⁾; Professora; Universidade Federal do Vale do São Francisco; Campus Juazeiro, BA; ⁽³⁾ Professor; Universidade Federal Rural do Semiárido; Campus Angicos, RN ⁽⁴⁾ Doutorando; Universidade Federal da Grande Dourados.

RESUMO:

O objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade química do solo sob uso agrícola e sob caatinga no município de Sobradinho – BA, empregando-se, como ferramenta, a estatística multivariada por meio da análise fatorial. Foram selecionadas 4 propriedades rurais no município de Sobradinho – BA. Em cada propriedade foram coletadas amostras de solos nas profundidades 0,00–0,10; 0,10–0,20 e 0,20–0,40 m tanto na área agrícola como na área de caatinga. Determinaram-se as seguintes características químicas: pH, CE, MO, P, K, Ca, Mg, Na, Al, H+Al, Cu, Zn, Fe e Mn. A partir desses dados calcularam-se as variáveis: SB, CTC, PST, m e V. Os dados foram submetidos às análises de agrupamento e fatorial. Observaram-se, para as duas áreas em estudo, que cerca de 80% da variância total foi explicada pelo modelo composto de quatro e três fatores, para as áreas de Caatinga e uso agrícola, respectivamente. A disponibilidade de nutrientes e os teores de MO foram consideradas como componentes de antropização mais importantes para explicar a qualidade dos solos na área de estudo. Pela análise de agrupamento, o uso conjunto das variáveis que compõem os fatores 1 e 2 permitiu a melhor distinção do uso do solo entre as propriedades. Em geral, o uso agrícola diminuiu a qualidade química do solo quando comparado com o da Caatinga.

Termos de indexação: indicadores químicos, análise fatorial, análise de agrupamento

INTRODUÇÃO

A qualidade do solo pode ser conceituada, do ponto de vista agrícola, como a capacidade desse recurso exercer várias funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e dos homens (Goedert & Oliveira, 2007). Uma boa qualidade do solo, segundo Lopes & Guilherme (2007), além de garantir a capacidade produtiva dos

agroecossistemas, é importante também para preservação de vários serviços ambientais essenciais. A qualidade do solo pode ser considerada sob três aspectos: físico, químico e biológico, sendo importantes nas avaliações da extensão da degradação ou melhoria do solo e para identificar a sustentabilidade dos sistemas de manejo (Aratani et al., 2009). Na avaliação da qualidade de solos, a estatística multivariada é uma importante ferramenta, pois permite estudar um grande número de variáveis, agrupando-as segundo sua similaridade, bem como selecionar as de maior poder de discriminação dos grupos pré-selecionados (Benites et al., 2010). Assim, este trabalho tem como objetivo identificar os atributos químicos que possam ser utilizados como indicadores de qualidade do solo no município de Sobradinho-BA, empregando-se, como ferramenta, a estatística multivariada.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas quatro propriedades rurais no município de Sobradinho – BA, em função da localização às margens do Lago de Sobradinho e da presença de área adjacente sob caatinga com a mesma classe de solo. Em cada propriedade foram coletadas três amostras de solo, compostas a partir de dez amostras simples, nas profundidades 0,00–0,10; 0,10–0,20 e 0,20–0,40 m tanto na área agrícola como na área de caatinga, perfazendo 18 amostras por propriedade. Determinaram-se as seguintes características químicas: pH, teores de matéria orgânica (M.O.), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na); calcularam-se saturação por bases (V), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por alumínio (m), percentagem de sódio trocável (PST). Para análise estatística dos dados, utilizaram-se análises de correlação de Pearson para observar se a matriz de correlação apresenta valores significativos e análise fatorial (AF) utilizando-se a ACP como método de extração e rotacionando os eixos pelo método



Varimax. Estabeleceu-se o valor de 0,60 para cargas fatoriais significativas. Para análise de agrupamento utilizou-se a Distância Euclidiana, como coeficiente de semelhança entre pares. As análises estatísticas dos dados foram realizadas com o auxílio do software STATISTICA 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **tabela 1** constam os valores médios e os desvios padrões das variáveis químicas avaliadas em cada tipo de área selecionada, calculadas a partir dos dados das amostras coletadas nas quatro propriedades e nas três profundidades de coleta. Em geral, observa-se que, nas áreas sob uso agrícola, há uma tendência à redução dos teores de MO e de nutrientes, exceto o K, P e Cu. Ressalta-se que estes são os nutrientes mais utilizados pelos produtores locais nas adubações químicas. Em contrapartida, observa-se um aumento na acidez do solo, com redução do pH e elevação dos teores e saturação por Al, reduzindo, conseqüentemente a saturação por bases nessas áreas. Quanto à salinidade, observa-se uma tendência à redução, provavelmente devido ao uso da irrigação que carreiam os sais para as camadas mais profundas do solo.

Tabela 1 - Médias e desvios padrões das variáveis químicas do solo sob caatinga e uso agrícola

variáveis	Média		DP	
	Caatinga	Uso agrícola	Caatinga	Uso agrícola
MO ¹	7,29	6,99	7,21	4,31
pH	5,70	0,67	5,36	0,72
CE ²	0,46	0,65	0,22	0,26
P ³	9,01	11,57	27,42	32,40
K ⁴	0,43	0,45	0,58	0,67
Ca ⁴	3,98	4,50	3,32	3,93
Mg ⁴	1,30	1,48	1,09	1,17
Na ⁴	0,31	0,43	0,14	0,17
Al ⁴	0,15	0,16	0,35	0,51
H+A ⁴¹	3,13	0,90	3,30	1,04
SB ⁴	6,03	6,40	5,30	5,78
CTC ⁴	9,08	5,91	8,26	5,85
V ⁵	51,91	24,49	44,25	25,79
PST ⁵	3,14	4,89	1,82	2,32
m ⁵	5,67	6,93	14,13	16,31
Cu ³	1,06	1,70	1,29	1,86
Fe ³	148,73	137,53	101,13	88,12
Mn ³	67,29	117,28	40,07	50,09
Zn ³	5,92	19,79	4,28	6,52

1 g kg⁻¹; 2 dS m⁻¹; 3 mg dm⁻³; 4 cmol_c dm⁻³; 5 %

A análise fatorial (AF) não promoveu redução no número de variáveis, uma vez que o melhor ajuste ocorreu com a inclusão de todas as variáveis analisadas. Os modelos que melhor se ajustaram aos dados das áreas, sob caatinga e uso agrícola, foram àqueles compostos por quatro e três fatores, respectivamente, explicando, cerca de, 80% da

variância total das variáveis originais (**Tabela 2**).

A solução fatorial extrai os fatores na ordem de sua importância, assim, para a área sob caatinga, o primeiro fator explica 50,45% da variabilidade dos dados. Esse fator está associado com variáveis indicativas da disponibilidade de nutrientes (MO, P, K, Ca, SB, CTC e V), sendo, por isso considerado o fator de qualidade do solo.

Tabela 2 - Matriz de cargas fatoriais após rotação ortogonal pelo Método Varimax para os dados de atributos químicos de solos sob uso agrícola e sob caatinga no município de Sobradinho – BA.

Atributo	Fator				C
	1	2	3	4	
Caatinga					
MO ¹	0,93	-0,01	0,02	0,11	0,96
pH	0,50	-0,27	0,22	0,71	0,94
CE ²	0,48	0,67	0,31	0,28	0,97
P ³	0,89	-0,12	0,04	0,20	0,97
K ⁴	0,93	0,04	0,04	0,11	1,00
Ca ⁴	0,69	0,26	0,50	0,37	1,00
Mg ⁴	0,53	0,22	0,62	0,43	1,00
Na ⁴	0,12	0,96	0,11	0,08	1,00
Al ⁴	-0,13	0,03	0,00	-0,91	0,98
H+A ⁴¹	-0,40	-0,18	-0,12	-0,69	1,00
SB ⁴	0,68	0,30	0,51	0,37	1,00
CTC ⁴	0,69	0,30	0,53	0,30	1,00
V ⁵	0,63	0,35	0,38	0,46	0,99
PST ⁵	-0,08	0,91	-0,09	-0,10	1,00
m ⁵	-0,24	-0,14	-0,07	-0,86	0,98
Cu ³	0,11	0,02	0,93	-0,03	0,99
Fe ³	-0,35	0,12	-0,28	-0,28	0,86
Mn ³	0,31	0,03	0,85	0,16	0,94
Zn ³	-0,04	-0,04	0,93	-0,01	0,99
Autovalor	10,60	2,66	2,39	1,60	
% Variância	50,45	12,65	11,40	7,61	
Uso agrícola					
MO ¹	0,48	-0,34	0,47		0,84
pH	0,86	-0,37	0,17		0,98
CE ²	0,58	0,64	0,21		0,97
P ³	0,94	0,25	0,02		0,99
K ⁴	0,97	0,10	0,10		1,00
Ca ⁴	0,99	0,02	0,10		1,00
Mg ⁴	0,96	-0,02	0,12		1,00
Na ⁴	0,31	0,90	0,07		1,00
Al ⁴	-0,27	0,03	-0,82		1,00
H+A ⁴¹	-0,25	-0,11	0,72		0,99
SB ⁴	0,98	0,07	-0,03		1,00
CTC ⁴	0,95	0,04	0,22		1,00
V ⁵	0,88	0,20	0,26		1,00
PST ⁵	-0,09	0,94	-0,11		1,00
m ⁵	-0,51	-0,28	-0,64		0,99
Cu ³	0,76	0,09	-0,09		0,94
Fe ³	-0,36	0,69	-0,05		0,90
Mn ³	0,98	-0,09	0,11		1,00
Zn ³	0,71	0,13	-0,02		0,92
Autovalor	11,76	3,09	1,74		
% Variância	55,98	14,70	8,29		

1 g kg⁻¹; 2 dS m⁻¹; 3 mg dm⁻³; 4 cmol_c dm⁻³; 5 %; C - comunalidade

O fator 2 explica 12,65% da variância total dos dados e está relacionada a salinidade do solo (CE, Na e PST), ocasionada por meio de processos



naturais. O terceiro fator, que explica 11,40% da variância total dos dados originais, relaciona-se com a disponibilidade de macronutrientes secundários e micronutrientes no solo (Mg, Cu, Zn, Mn), enquanto o fator 4, com apenas 7,61% da variância dos dados relaciona-se com a reação do solo (pH, Al, m, H+Al).

Quando foram analisadas o grupo de amostras relacionadas as área sob uso agrícola, observa-se que a primeira componente passa a explicar 55,98% da variância dos dados. Nesse fator, que, como na caatinga, continua relacionando-se com a disponibilidade de nutrientes, são adicionadas as variáveis que faziam parte do fator 3 no solo sob caatinga (micronutrientes). Entretanto, a MO passa a ser não significativa. Isso é indicativo da ação antrópica na região, pelo uso de adubações químicas e redução dos teores de MO causado pela conversão da caatinga em sistema agrícola, conforme se pode observar na **tabela 1**. O fator 2, que relaciona-se com os processos de salinização secundária, explica 14,70% da variância dos dados enquanto o terceiro explica 8,29% e relaciona-se com a reação do solo. Apesar disso, mostra importante alteração na qualidade do solo relativa à acidificação devido a reposição inadequada das bases trocáveis. A comunalidade indica o quanto da variância de cada atributo é explicada pelos fatores juntos, enquanto os autovalores indicam a importância relativa de cada fator na explicação da variância associada ao conjunto de atributos analisados. Na última coluna da **tabela 2** podem-se observar os elevados valores das comunalidades para todos os atributos químicos. Isso demonstra que estes possuem forte relação com os fatores retidos. Na **figura 1** é possível observar os dendogramas construídos utilizando as variáveis químicas que compõem o fator 1 (A e B), 1e 2 (C e D), 1, 2 e 3 (E e F) presentes na **tabela 2**. Observa-se que, apesar de ter sido possível o agrupamento pelo tipo de uso do solo, houve maior tendência de agrupar as amostras por propriedade amostrada. Isso se deve, provavelmente, aos diferentes tipos de solos e de manejo agrícola adotados. As propriedades 3 e 4 foram as que permitiram mais claramente o agrupamento por uso do solo, provavelmente, por apresentarem condições de maior sensibilidade à alterações pelo uso agrícola. O uso conjunto das variáveis que compõem o fator 1 e 2 (**Tabela 2**) permitiu a melhor distinção do uso do solo entre as propriedades.

CONCLUSÕES

A disponibilidade de nutrientes e os teores de MO foram consideradas como componentes de antropização mais importantes para explicar as alterações na qualidade dos solos sob uso agrícola.

O uso conjunto das variáveis que compõem o fator 1 e 2 permitiu a melhor distinção do uso do solo entre as propriedades.

Em geral, o uso agrícola diminuiu a qualidade química do solo quando comparado com ao da Caatinga.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, à EMBRAPA SEMIÁRIDO e à CHESF pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ARATANI, R. G.; FREDDI, O. da S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:677-687, 2009.
- BENITES, V.M. MOUTTA, R.O. COUTINHO, H.L.C. BALIEIRO, F.C. Análise discriminante de solos sob diferentes usos em área de mata atlântica a partir de atributos da matéria orgânica. *Revista Árvore*, 34: 685-690, 2010.
- GOEDERT, W.J.; OLIVEIRA, S.A. Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola In: Novais et al. (Eds). **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG, p.991-1017.
- LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. 2007. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: Novais et al. (Eds). **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG, p. 1-64.

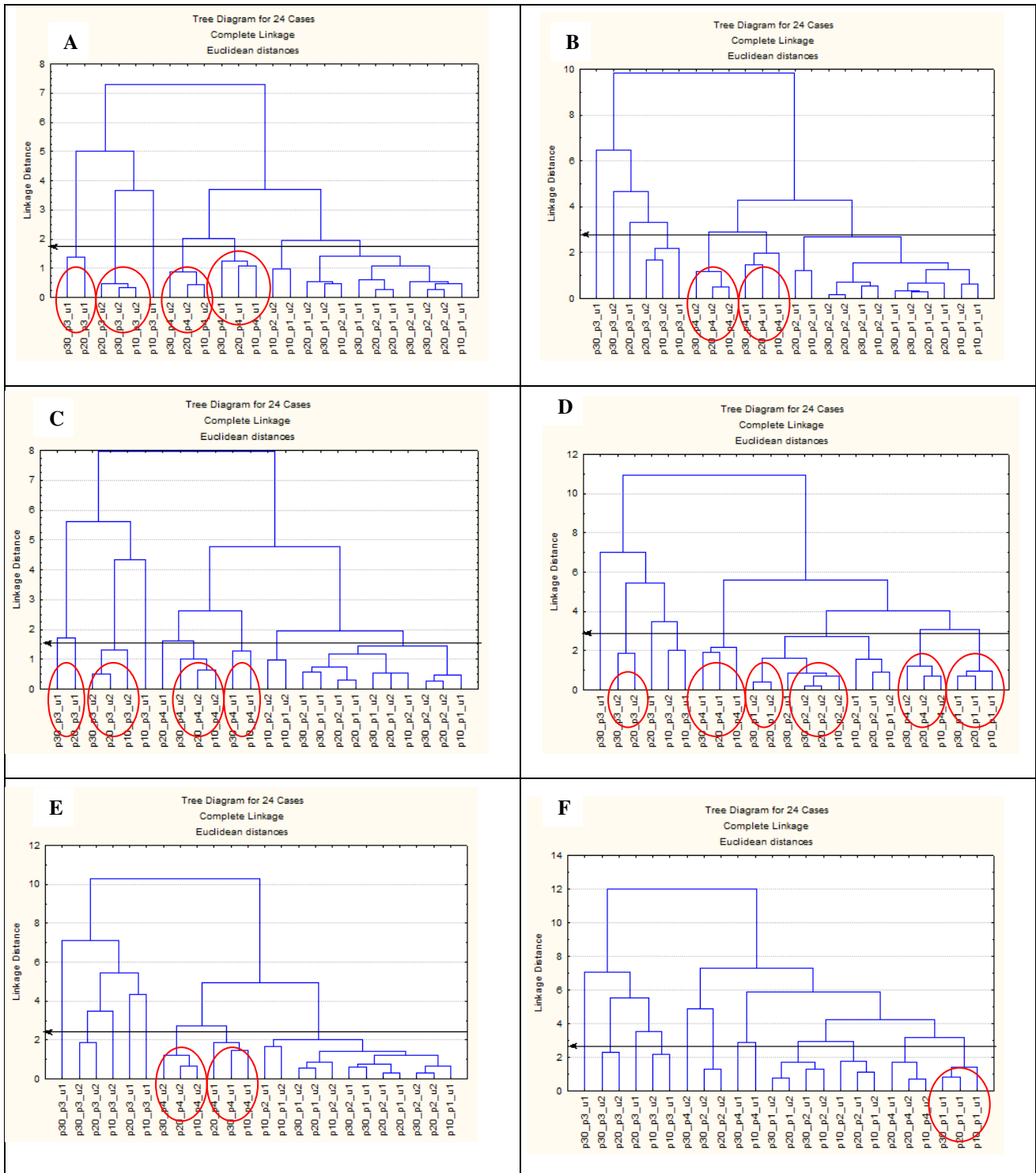


Figura 1. Análise de Agrupamento realizada utilizando as variáveis que compõem o fator 1 (A e B), fator 1 +2 (C e D), fator 1+2+3 (E e F), para Caatinga (u1) e uso agrícola (u2), respectivamente.