

Discriminação de Quatro Classes de Solos Irrigados com Águas Salinas, com o Uso de Análise Multivariada

Michelangelo de Oliveira Silva⁽¹⁾; Maria Betânia Galvão dos Santos Freire⁽²⁾; Alessandra Monteiro Salviano Mendes⁽³⁾; Fernando José Freire⁽²⁾; Milton César Costa⁽¹⁾ Campos & Laerte Bezerra de Amorim⁽⁴⁾

- (1) Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo, Bolsista CAPES, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, PE, CEP 52171-900, angelo_ufrpe@yahoo.com.br, mcesar@ufam.edu.br; (2) Prof. do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo, UFRPE, Recife, PE, CEP 52171-900, betania@depa.ufrpe.br, f.freire@depa.ufrpe.br; (3) Pesquisadora Embrapa Semi-Árido (CPATSA), BR 428, Km 152, Petrolina, PE, CEP 56302-970, amendes@cpatsa.embrapa.br; (4) Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo (PPGCS), Bolsista CAPES, UFRPE, Recife, PE, CEP 52171-900, laerteamorim@yahoo.com.br.

Apoio: CAPES, CNPq, UFRPE e UFRSA.

RESUMO: A salinidade do solo constitui um sério problema nas áreas irrigadas, principalmente quando sua intensidade interfere no desenvolvimento das culturas, reduzindo a produção e a produtividade das plantas, a níveis anti-econômicos. O objetivo do presente estudo foi a aplicação de análise estatística multivariada por meio de componentes principais na discriminação de diferentes classes solos irrigados com águas salinas, na região de Mossoró, RN. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 8 x 2, constituído pela combinação de quatro solos (Latossolo, Cambissolo, Argissolo e Neossolo Flúvico), oito valores de CE (100, 250, 500, 750, 1.250, 1.750, 2.250 e 3.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$) e dois de RAS (4 e 12), com três repetições. Avaliou-se a ação conjunta dos atributos químicos como os cátions trocáveis e os cátions e ânions solúveis, na discriminação dos solos. A análise estatística multivariada de componentes principais classificou os solos em três grupos de solos de acordo com a similaridade de seus atributos químicos, independente de sua classificação taxonômica, como também permitiu a identificação de duas tendências claras de acordo com a gênese do solo, principalmente o fator de formação tempo.

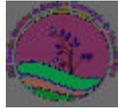
Palavras-chave: salinidade, análise de componentes principais.

INTRODUÇÃO

Solos de regiões áridas e semi-áridas podem apresentar acúmulo de sais e sódio trocável em níveis prejudiciais ao desenvolvimento das plantas, devido a processos naturais e antrópicos de salinização e sodificação, em consequência do manejo inadequado da irrigação (Oliveira et al., 2002). Segundo Goes (1978), aproximadamente 25% das áreas irrigadas nos perímetros irrigados do Nordeste apresentam problemas de salinidade. Por outro lado existem dificuldades na classificação de áreas afetadas por sais, pela elevada variabilidade das propriedades dos solos, principalmente em ambiente onde variam os tipos e teores de sais presentes, justificando a baixa ocorrência de trabalhos dessa natureza.

Apesar da grande importância dos métodos estatísticos multivariados para interpretações das variações dos atributos do solo, poucos são os trabalhos que fazem uso desta ferramenta, pois a maioria utiliza métodos estatísticos univariados. Estes métodos apresentam limitações, já que o comportamento dos atributos é interpretado isoladamente, não levando em conta interação com os demais atributos presentes (Sena et al., 2002).

A estatística multivariada, com o uso da análise de componentes principais, cujo objetivo é tentar explicar a estrutura de variância e co-variância das variáveis originais, construindo, mediante processo matemático, um conjunto menor de combinações lineares das variáveis originais que preserve a maior



parte da informação fornecida por essas variáveis (Martel et al., 2003), é uma ferramenta importante por utilizar vários atributos para formar agrupamentos de populações com características similares e permite a obtenção de um melhor entendimento das variações dos processos que ocorrem no solo (Sena et al., 2002).

O objetivo do presente estudo foi a discriminação de diferentes classes de solos irrigados com águas salinas, na região de Mossoró, RN, com a aplicação de análise estatística multivariada por meio de componentes principais.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras superficiais (0-30 cm) de quatro diferentes classes de solos do Agropólo Açú-Mossoró (RN) foram coletadas, sendo classificadas de acordo com o SiBCS (EMBRAPA, 2006) como CAMBISSOLO HÁPLICO Ta eutrófico típico (CXve), ARGISSOLO VERMELHO Distrófico arênico (PVd), LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico argissólico (LVAe), e NEOSSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico típico (RYve). Em seguida, foi instalado e conduzido experimento em casa de vegetação, no Departamento de Ciências Ambientais da UFERSA, localizado no município de Mossoró, RN. As diferentes classes de solos foram selecionadas com base na gradação textural, sendo a quantidade em g kg⁻¹ de areia, silte e argila, de 502, 234 e 264; 893, 14, 93; 810, 42, 148 e 252, 500, 248 para o CXve, PVd, LVAe e RYve, respectivamente.

Os solos preparados foram acondicionados nos vasos, com uma massa de 10 kg/vaso, recebendo irrigação com as respectivas soluções pré-estabelecidas para atender à demanda pela planta (80% da capacidade máxima de retenção de umidade do solo) e um volume adicional para proporcionar a lixiviação, correspondendo a 50 % do volume de poros de cada solo.

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, avaliado em esquema fatorial 4 x 8 x 2 (quatro solos, oito valores de CE e dois de RAS), com três repetições, totalizando 192 unidades experimentais. As faixas de CE das águas aplicadas foram 100, 250, 500, 750, 1.250, 1.750, 2.250 e 3.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, classificadas como C₁ (100-250), C₂ (250-750), C₃ (750-2.250) e C₄ (>2.250) que, segundo USSL Staff (1954), estão associadas, respectivamente, a baixo, médio, alto e muito alto

risco de salinização em águas de irrigação. As referidas águas foram preparadas na forma de soluções de NaCl e CaCl₂.2H₂O, nos valores de 4 e 12 de RAS para todas as águas, com valores correspondentes a maioria das águas de irrigação usadas no Nordeste.

Para cada vaso foi transplantada uma muda de melão do tipo amarelo, cultivar mandacaru, com 15 dias de idade, após o transplante foi realizado a primeira irrigação. De acordo com a análise do solo, foi feita adubação aplicando-se a formulação 3-12-12 de N-P-K, e micronutrientes, na forma de adubo foliar e os demais, via fertirrigação (6 kg ha⁻¹).

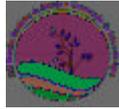
Aos 45 dias após o plantio, foi retirada uma sub-amostra de solo de cada vaso para análises químicas, preparando-se o solo, para o segundo cultivo. No segundo cultivo, após oito dias das plantas transplantadas, começou-se a observar tombamento e morte nas plantas, com sintomas de toxidez por salinidade. Nesse momento as plantas foram coletadas e retirada sub-amostra de solo, repetindo-se o procedimento descrito para o primeiro cultivo.

Nas amostras de solo coletadas tanto após o primeiro como o segundo cultivo foram medidos pH em água na relação (1:2,5) e CE no extrato solo/água de (1:5), e foram determinados os teores dos cátions trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺) extraídos por acetato de amônio (USSL Staff, 1954).

Com o objetivo de avaliar a ação conjunta dos atributos químicos como os cátions trocáveis e os cátions e ânions solúveis, na discriminação dos solos, efetuaram-se análises estatísticas multivariadas de componentes principais. Essas análises de componentes principais foram realizadas para obter um conjunto de combinações lineares das variáveis, separando as classes de solos em três grupos, identificada em um gráfico bidimensional

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de componentes principais para os atributos químicos dos solos estudados permitiu o agrupamento nítido de três diferentes classes de solos (Figura 1), o que evidencia o comportamento diferenciado dos solos em função de sua natureza genética. Estes grupamentos apresentam pontos de sobreposição, sendo atribuídos às zonas de transição entre as classes de solos. Os grupos formados apresentaram fatores que explicaram 78,11% e 84,35% da variação total do solo, para o primeiro e



segundo cultivo, respectivamente (Figura 1). Estes resultados são semelhantes àqueles encontrados por Sanchez-Marañón et al. (1996) e superiores aos valores dos fatores encontrados por Splechtna & Klinka (2001), que explicam em torno de 60% da variação total do solo para o regime de nutrientes em diferentes solos florestais do litoral montanhoso canadense.

Observa-se que os solos pedogeneticamente mais desenvolvidos (LVAe e PVD) apresentaram-se em um mesmo grupo e com menor variabilidade dos atributos do solo, quando comparados aos solos menos desenvolvidos (CXve e RYve), que apresentam maior variação dos atributos (Figura 1). Conforme destacam Theocharopoulos et al. (1997), que afirmam que o uso de técnicas estatísticas multivariadas associadas aos conceitos de solos permitem observar variação dos atributos do solo, constituindo assim uma tentativa de reduzir o erro e de entender as seqüências de processos pedogenéticos, além de elucidar a participação e ordem de importância das variáveis do solo.

De acordo com Vaselli et al. (1997), o uso da combinação de variáveis independentes por meio desta técnica permite a discriminação dos grupos de tal maneira que as taxas de erro na classificação foram minimizados, fornecendo assim, informações importantes para uma interpretação correta do planejamento da capacidade de uso do solo e entendimento da paisagem, comportamento dos atributos do solo, bem como a sua distribuição espacial. Sanchez-Marañón et al. (1996) ressaltam a importância das técnicas estatísticas multivariadas nas investigações da gênese e classificação dos solos, visto que o conjunto dos atributos diagnósticos do solo traz informações fundamentais sobre seu comportamento, formação e enquadramento em unidades taxonômicas.

Segundo Ogg et al. (2000) a análise estatística multivariada é uma ferramenta para a avaliação integrada de dados e pode ajudar os investigadores do solo a extrair mais informações de seus dados, já que os agrupamentos obedecem a uma lógica de ocorrência na paisagem.

CONCLUSÕES

A análise estatística multivariada de componentes principais classificou os solos em três grupos,

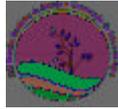
segundo a similaridade de seus atributos químicos, independente de sua classificação taxonômica.

A análise multivariada permitiu a identificação de duas tendências claras de acordo com a gênese do solo, principalmente o fator de formação tempo.

A utilização das técnicas multivariadas nos estudos dos solos poderá facilitar no planejamento de uso do solo, estabelecimento de zonas de manejo e pode-se apresentar com uma ferramenta importante no monitoramento ambiental.

REFERÊNCIAS

- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Sistema brasileiro de classificação de solos. 2 ed. Brasília, Embrapa, 369p, 2006.
- GOES, E.S.O. O problema da salinidade e drenagem em projetos de irrigação do Nordeste e ação de pesquisa, com vistas ao seu equacionamento. In: Reunião Sobre Salinidade em Áreas Irrigadas. Fortaleza, Anais. SUDENE/DNOCS, 1978. p.1-34.
- MARTEL, J.H.I.; FERRAUDO, A.S.; MORO, J.R.; PERECIN, D. Estatística multivariada na discriminação de raças amazônicas de pupunheiras (*Bactris gasipaes* Kunth) em Manaus (Brasil). Revista Brasileira de Fruticultura, 25:115-118, 2003.
- OGG, C.M.; EDMONDS, W.J.; & BAKER, J.C. Statistical verification of soil discontinuities in Virginia. Soil Science, 165:170-183, 2000.
- OLIVEIRA, L.B.; RIBEIRO, M.R.; FERREIRA, M.G.V.X.; LIMA, J.F.W.F.; MARQUES, F.A. Inferências pedológicas aplicadas ao perímetro irrigado de Custódia, PE. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 37:1477-1486, 2002.
- SANCHEZ-MARAÑÓN, M.; DELGADO, R. PÁRRAG, J.; DELGADO, G. Multivariate analysis in the quantitative evaluation of soils for reforestation in the Sierra Nevada (southern Spain). Geoderma, 69:233-248, 1996.
- SENA, M.M.; FRIGHETTO, R.T.S.; VALARINI, P.J.; TOKESHI, H.; POPPI, R.J. Discrimination of management effects on soil parameters by using principal component analysis: a multivariate analysis case study. Soil & Tillage Research, 67:171-181, 2002.
- SPLICHTNA, B.E.; & KLINKA, K. Quantitative characterization of nutrient regimes of high-elevation forest soils in the southern coastal region of British Columbia, Canada. Geoderma, 102:153-174, 2001.
- THEOCHAROPOULOS, S.P.; PETRAKIS, P.V.; TRIKATSOULA, A. Multivariate analysis of soil



grid data as a soil classification and mapping tool: the case study of a homogeneous plain in Vagia, Viotia, Greece. *Geoderma*, 77:63-79, 1997.

United States Salinity Laboratory – USSS STAFF
Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.
Washington, U.S.D.A., 1954,160p.

VASELLI, O.; BUCCIANTI, A.; SIENA, C.; BINI, C.; CORADOSSI, N.; ANGELONE, M.
Geochemical characterization of ophiolitic soils in a temperate climate: a multivariate statistical approach. *Geoderma*, 75:117-133, 1997.

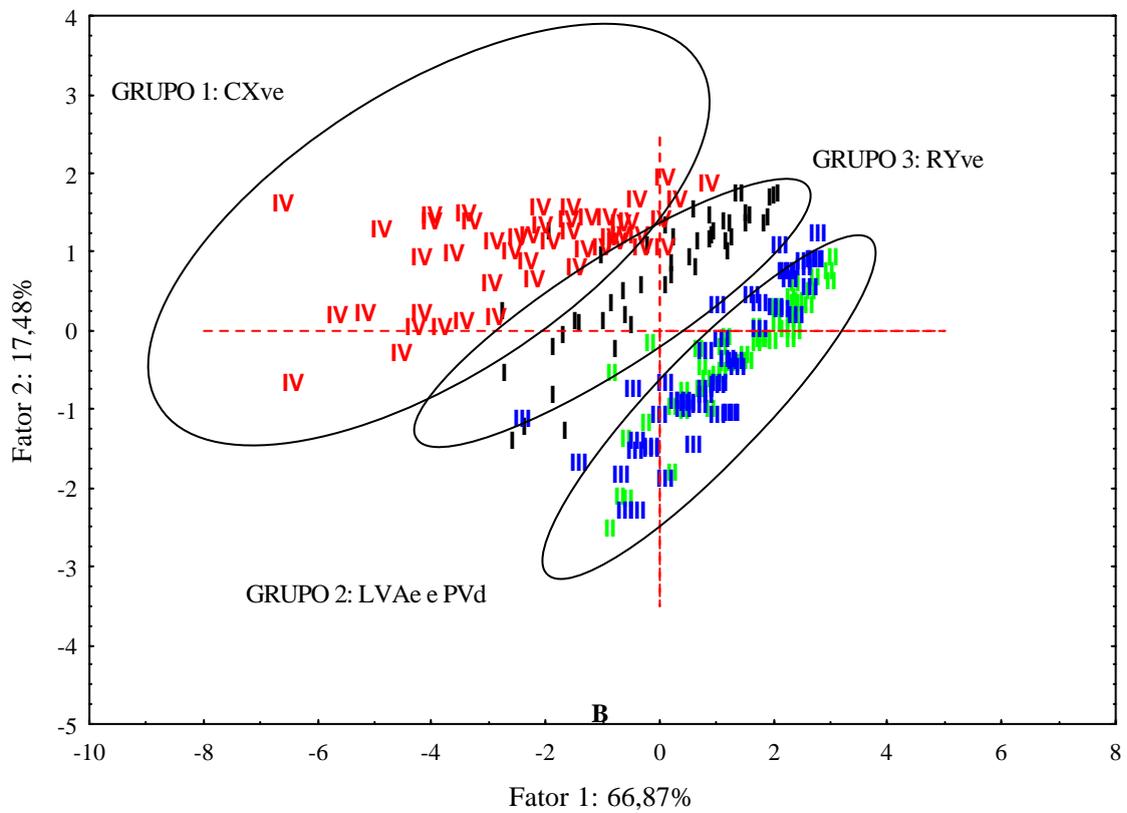
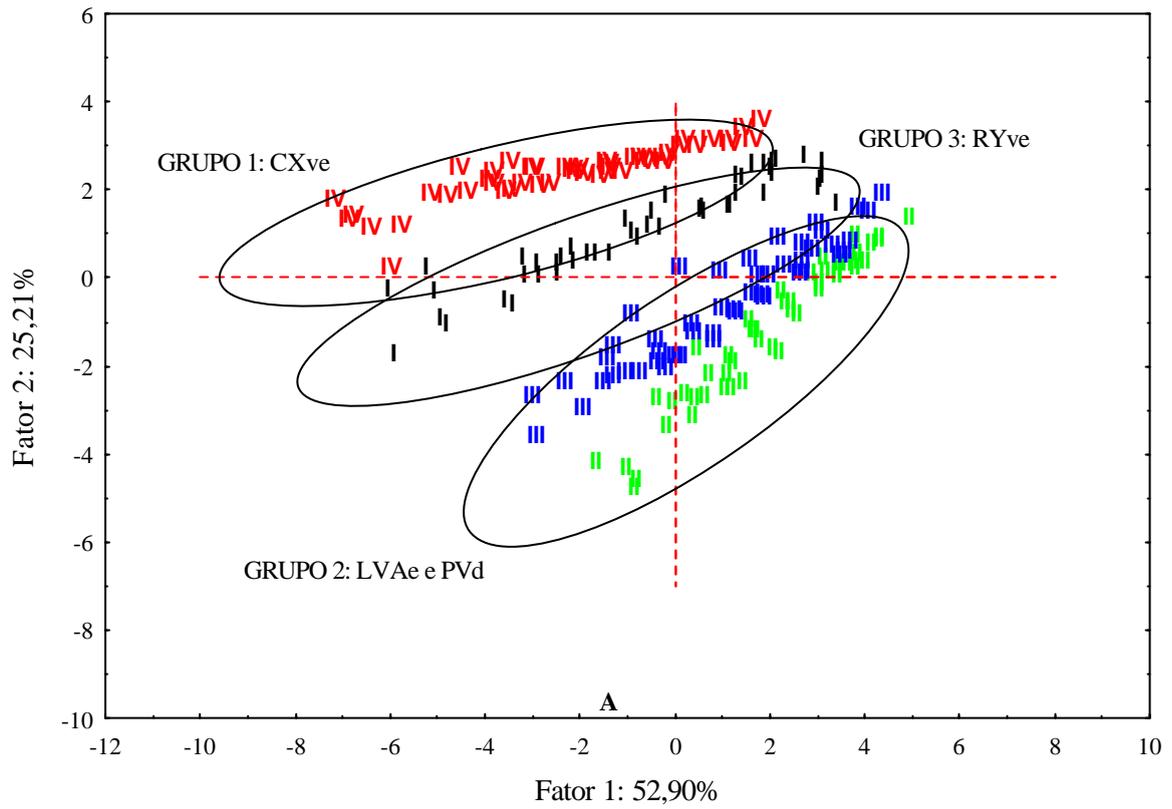
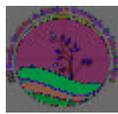


Figura 1. Análise multivariada de componentes principais para as variáveis químicas: A (primeiro cultivo) - pH, CE, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^- e B (segundo cultivo) - pH, CE, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ .