



## VARIABILIDADE ESPACIAL DA SALINIDADE DE UM SOLO ALUVIAL NO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO<sup>1</sup>

Lázaro Costa de Souza<sup>2</sup>, José Elenildo Queiroz<sup>3</sup> & Hans Raj Gheyi<sup>4</sup>

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar a variabilidade espacial do pH da pasta de saturação (pHps), condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e porcentagem de sódio trocável (PST) de um solo aluvial afetado por sais. Foram coletadas amostras de solo nas camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm, numa área do Projeto de Irrigação Capoeira, localizado em São José do Bonfim, Estado da Paraíba, utilizando-se um esquema sistemático de amostragem numa malha regular de 10 x 15 m. Os dados foram analisados através da estatística descritiva e geoestatística. Verificou-se baixa variabilidade para o pHps (CV < 12 %) e elevada para a CEes e PST (CV > 60 %). Modelos esférico e gaussiano foram ajustados aos semivariogramas das variáveis que apresentaram estrutura de dependência espacial, tendo-se obtido alcances variando de 20 a 40 m. Os mapas de isolinhas da combinação da CEes e PST permitiram visualizar o padrão de variabilidade da salinidade e sodicidade, constituindo-se em uma ferramenta para a definição de estratégias de manejo edáfico e recuperação da área afetada.

**Palavras-chave:** salinização, porcentagem de sódio trocável, geoestatística

### SPATIAL VARIABILITY OF SOIL SALINITY IN AN ALLUVIAL SOIL OF THE SEMI-ARID REGION OF PARAÍBA STATE

### ABSTRACT

The objective of this work was to study the spatial variability of pH of saturation paste (pHsp), the electrical conductivity of saturation extract (ECe) and the exchangeable sodium percentage (ESP) in an alluvial salt affected soil. Soil samples were collected in 0 - 20, 20 - 40 and 40 - 60 cm depths, in an area of the Irrigation Project of Capoeira, located in São José do Bonfim - Paraíba (Brazil), following a systematic scheme of sampling in a 10 x 15 m mesh. The data were analyzed through the descriptive statistics and geostatistics. Low variability was observed for the pHsp (CV<12%) in contrast to ECe and ESP (CV> 60%). Spherical and gaussian models were adjusted to the experimental semivariograms of the variables that presented a spatial dependence structure. Structures of spatial dependence, with range varying from 20 to 40 m were observed. The maps of isohypsas of the combination of ECe and ESP allowed the visualization of the pattern of the salinity and sodicity variability, constituting a tool for the definition of soil management and reclamation of the affected area.

**Key words:** salinization, exchangeable sodium percentage, geostatistics

Recebido em 26/05/1999, Protocolo 055/99

<sup>1</sup> Parte de dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB, Campus II

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre em Engenharia Agrícola, Pesquisador da EMEPA - PB

<sup>3</sup> Doutor, Prof. Adjunto do Depto. de Eng. Florestal da UFPB, Campus VII, CP 64, CEP 58700 - 970, Patos, PB. E-mail: elenildo@cstr.ufpb.br

<sup>4</sup> Doutor, Prof. Titular do Depto. de Eng. Agrícola da UFPB, Campus II. Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, CEP 58109 - 970, Campina Grande, PB. Fone: (0xx83) 310 1056, Fax: (0xx83) 310 1185. E-mail:hans@deag.ufpb.br

## INTRODUÇÃO

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 antieconômicos (Oliveira, 1997). Este problema é mais freqüente em regiões tropicais de clima quente e seco, caracterizado por elevadas taxas de evapotranspiração e baixos índices pluviométricos, a exemplo do semi-árido do Nordeste brasileiro, onde se concentram, atualmente, as terras mais intensamente cultivadas; com o uso da irrigação, o risco de tornar os solos salinizados ou alcalinizados é mais sério ainda. FAO/UNESCO (1973) destaca que os aspectos edafoclimáticos, presença de lençóis freáticos elevados, irrigação e drenagem inadequadas, em muito contribuem para o processo. O conjunto desses fatores e a ação do homem, sob diferentes níveis, imprimem uma grande variabilidade aos solos (Albuquerque et al., 1996).

Os solos podem apresentar diferenças marcantes em suas propriedades físico-químicas, até mesmo a curtas distâncias, tanto vertical como horizontalmente (Beckett & Webster, 1971) o que dificulta o manejo de solo e água, principalmente nos solos aluviais que, apesar dos problemas que apresentam, são bastante usados nas atividades agrícolas. Isto demonstra a necessidade de pesquisas que proporcionem melhor avaliação de sua variabilidade espacial, visando à adoção de técnicas adequadas de manejo agrícola.

Este trabalho teve como objetivo estudar a variabilidade espacial das variáveis indispensáveis à caracterização da salinidade tais como pH da pasta de saturação do solo (pHps), condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e porcentagem de sódio trocável (PST), em um solo de origem aluvial no semi-árido paraibano, utilizando-se de técnicas estatísticas descritivas e geoestatísticas para identificação dos padrões de variabilidade e dependência espacial das variáveis estudadas, visando ao mapeamento da salinidade e sodicidade e fornecimento de subsídios para um manejo mais adequado do solo na área analisada.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma área de solo aluvial do Projeto de Irrigação Capoeira, localizado no município de São José do Bonfim, Estado da Paraíba, situado entre as coordenadas geográficas 7° 00' e 7° 30' S e 37° 10' e 37° 30' W. Pela classificação de Köppen, o clima da região é do tipo semi-árido quente e seco (Bsh), com precipitação média de 400 mm e uma estação seca bem definida; as temperaturas médias nunca são inferiores a 24°C com amplitude de 5°C (Brasil/Sudene, 1972). Os solos da maior parte do projeto são constituídos de várias unidades do tipo aluvial (Paraíba, 1989).

Foi utilizado um sistema de amostragem sistemática em uma malha regular de 10 x 15 m (120 pontos amostrais) coletando-se amostras nas camadas 0 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm, totalizando 360 amostras. Foram analisadas as variáveis: pHps, CEes, cátions solúveis do extrato de saturação, seguindo-se procedimentos descritos por Richards (1954) e cátions totais, conforme metodologia da Embrapa (1997); os cátions trocáveis foram obtidos pela diferença entre totais e solúveis. A capacidade de troca de cátions (CTC) foi obtida através da soma dos cátions trocáveis e utilizada no cálculo da PST, obtida da relação Na trocável x 100/CTC.

Inicialmente, foi realizada uma análise descritiva, com o objetivo de se observar o comportamento geral dos dados, através do cálculo das medidas estatísticas de posição e dispersão (magnitude de variabilidade, presença de valores atípicos, tendência central etc.) e a aderência à distribuição normal. Os dados discrepantes foram eliminados com base no critério de Hoaglin et al. (1983) que consideram discrepantes aqueles dados abaixo do limite inferior (Li) ou acima do limite superior (Ls) respectivamente, estimados por:  $Li = Qi - 1,5Ai$  e  $Ls = Qs + 1,5Ai$ , sendo  $Qi$  e  $Qs$  os quartis inferior e superior, respectivamente, e  $Ai$  a amplitude interquartilica. A estrutura de dependência espacial foi estudada por meio da geoestatística, através de semivariogramas construídos com base nas semivariâncias estimadas por:

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

em que  $\gamma^*$  é o valor da semivariância estimada a partir dos dados experimentais;  $N(h)$  é o número de pares de observações  $Z(x_i)$  e  $Z(x_i + h)$  separadas por uma distância  $h$  (Guerra, 1988; Carvalho, 1996).

Aos semivariogramas experimentais que apresentaram estrutura de dependência espacial, ajustaram-se modelos esférico e gaussiano, respectivamente, conforme as Eq. (2) e (3):

$$\gamma(h) = Co + C1 \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{h}{a} \right) - \frac{3}{2} \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right] \quad \text{para } 0 < h < a \quad (2)$$

$$\gamma(h) = Co + C1; \quad h \geq a$$

$$\gamma^*(h) = Co + C1 \left\{ 1 - \exp\left(\frac{-3h^2}{a^2}\right) \right\} \quad \text{para } h \geq 0 \quad (3)$$

onde  $Co$ ,  $C1$ ,  $Co+C1$  e  $a$  são denominados efeito pepita, variância espacial, patamar e alcance da dependência espacial, respectivamente.

Para fins de caracterização da salinidade na área estudada, foram confeccionados mapas de isolinhas da combinação dos dados da CEes e PST - obtidos de uma malha retangular de 70 x 210 m, com 15 linhas e 43 colunas, espaçadas em 5 m entre linhas e colunas, totalizando 645 pontos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 observam-se as medidas estatísticas das variáveis pHps, CEes e PST referentes às profundidades 0 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm, respectivamente. Observa-se, também, que os valores das médias e medianas da variável pHps são aproximadamente iguais em todas as profundidades estudadas, enquanto para a CEes e PST verificam-se elevadas diferenças entre essas medidas. A proximidade desses valores para o pHps é um indicativo de possíveis ajustes dos dados desta variável à distribuição normal. A aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) a 1% de probabilidade (Costa Neto, 1997) confirmou esta hipótese, indicando que os dados de pHps podem ser considerados provenientes de uma população com distribuição normal. A análise conjunta dos valores das médias e medianas, coeficientes de assimetria e curtose e o uso do teste KS, evidenciam a não normalidade dos dados de CEes e PST nas profundidades analisadas.

Tabela 1. Medidas estatísticas das variáveis pH da pasta saturada (pHps), condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e percentagem do sódio trocável (PST) referentes às profundidades 0-20; 20-40 e 40-60 cm de solo do Projeto Capoeira

Medida Estatística	pHps	CEes (dS m <sup>-1</sup> a 25 °C)	PST
Profundidade (0-20 cm)			
Média	6,33	2,71	4,28
Mediana	6,40	0,54	1,15
Coef. de variação (CV)	8,25	173,15	172,61
Coef. de assimetria	1,45	2,76	2,67
Coef. de curtose	10,68	8,98	7,11
Amplitude total (At)	4,32	27,98	34,81
D (KS)*	0,13**	0,31	0,31
Profundidade (20-40 cm)			
Média	6,46	2,96	4,96
Mediana	6,40	0,55	1,49
Coef. de variação (CV)	10,34	155,20	169,68
Coef. de assimetria	1,25	2,27	2,37
Coef. de curtose	4,40	5,18	5,27
Amplitude total (At)	4,57	22,98	42,86
D (KS)*	0,07**	0,27	0,34
Profundidade (40-60 cm)			
Média	6,58	3,28	6,82
Mediana	6,45	1,08	1,72
Coef. de variação (CV)	10,90	135,84	157,95
Coef. de assimetria	1,07	1,92	1,91
Coef. de curtose	2,08	3,86	2,70
Amplitude total (At)	4,16	23,29	45,95
D (KS)*	0,11**	0,23	0,35

\*D (KS) = máx [F(X) - G(X)], em que F(X) = P(X ≤ x) e G(X) são as frequências relativas acumuladas dos valores observados. Valor crítico do teste KS para n = 120 e α = 1%: d = 0,1486 (Costa Neto, 1997)

\*\* Distribuição normal pelo teste de KS a nível de 1% de probabilidade

Com base na classificação de Warrick & Nielsen (1980) verifica-se baixa variação (CV de 8,25 a 10,91%) para o pHps, mas elevada para a CEes (CV entre 135,85 e 173,15%) e PST (CV de 157,95 a 172,61%) em todas as profundidades estudadas (Tabela 1) atribuindo caráter heterogêneo ao solo da área, o que é próprio de solos aluvionais, concordando com Oliveira (1998). Esta heterogeneidade pode ser atribuída aos processos de formação inerentes a esses solos, que ocorre pela acumulação e distribuição desuniformes de sucessivos depósitos de materiais oriundos de outros lugares, proporcionados pela posição topográfica que ocupam, além do manejo a que são submetidos, entre outros. A baixa variação observada para o pHps talvez se deva à reposição de cargas hidrogeniônicas fornecidas pela matéria orgânica, propiciando certa estabilidade do pHps no solo estudado. Observa-se, ainda, na Tabela 1, que a menor variação evidenciada pela amplitude total (At) é da variável pHps. Em ordem crescente de valores, a amplitude total de variação observada em todas as profundidades é a seguinte: pH < CEes < PST.

Para fins de análise geoestatística, a área foi dividida em duas sub-áreas: afetada por salinidade (A) e normal (N). As Figuras 1, 2 e 3 e a Tabela 2 representam os semivariogramas experimentais das variáveis analisadas e os modelos ajustados para os casos que apresentaram estrutura de dependência espacial.

Na análise de semivariogramas, o efeito pepita (Co) representa a descontinuidade do semivariograma atribuída a erros de amostragens ou variações locais, não explicados pela variabilidade dos dados para distâncias amostradas.

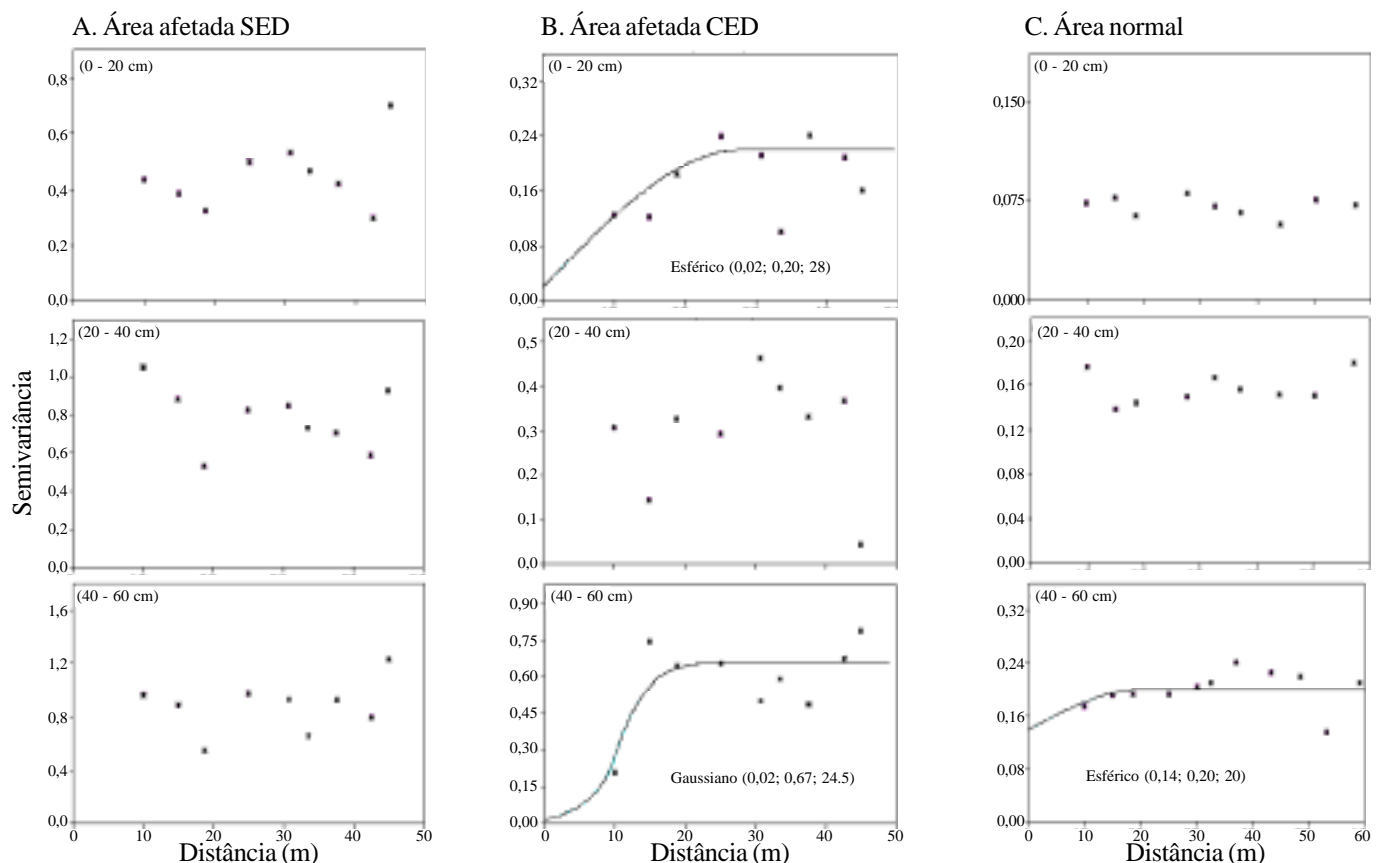


Figura 1. Semivariogramas experimentais e modelos ajustados para o pHps nas profundidades 0 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm: (A) área afetada sem eliminação de dados discrepantes (SED); (B) área afetada com eliminação de dados discrepantes (CED) e (C) área normal

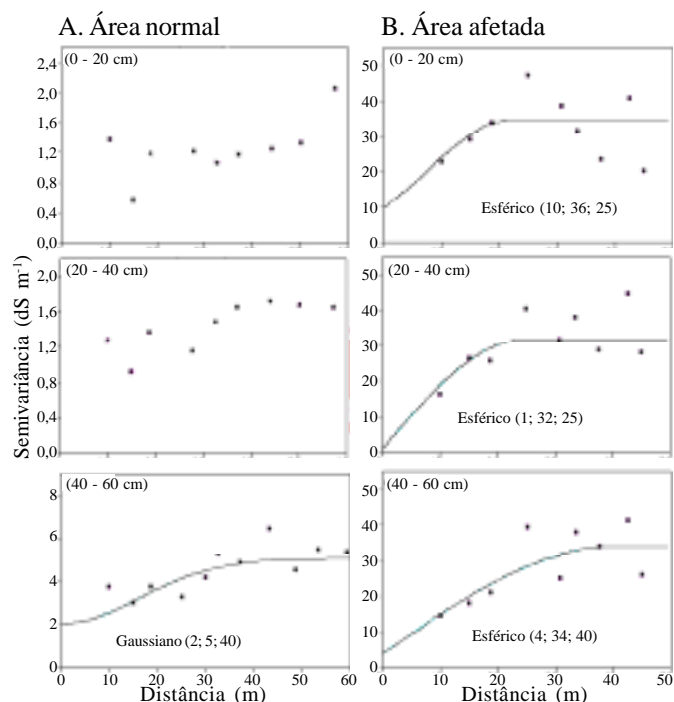


Figura 2. Semivariogramas experimentais e modelos ajustados da variável CEes para as áreas normal (A) e afetada (B) nas camadas 0 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm

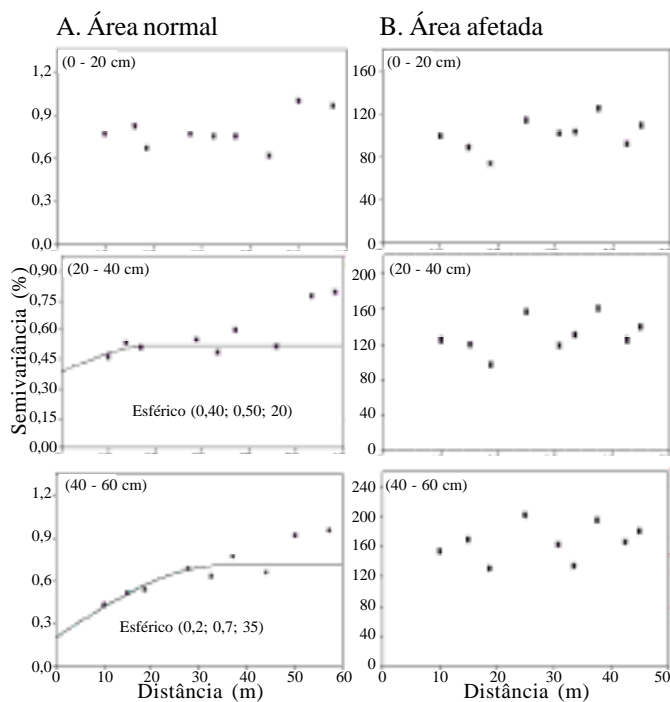


Figura 3. Semivariogramas experimentais e modelos ajustados da variável PST para as áreas normal (A) e afetada (B) nas camadas 0 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros do modelo teórico ajustado aos semivariogramas experimentais e a relação efeito pepita/patamar (expressa em porcentagem) para o pHps (sem e com a eliminação de dados discrepantes); CEes e PST, para as sub-áreas afetada e normal, nas camadas 0 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm

Variável	Área	Profundidade (cm)	Parâmetros				Modelo
			Co	Co+C1	a (m)	Co/(Co+C1) x 100	
pHps (SED)*	Afetada	0 - 20	-	-	-	-	SE
	Afetada	20 - 40	-	-	-	-	SE
	Afetada	40 - 60	-	-	-	-	SE
pHps (CED)**	Afetada	0 - 20	0,02	0,20	28,00	10,00	Esférico
	Afetada	20 - 40	-	-	-	-	SE
	Afetada	40 - 60	0,02	0,67	24,50	3,00	Gaussiano
pHps	Normal	0 - 20	-	-	-	-	SE
	Normal	20 - 40	-	-	-	-	SE
	Normal	40 - 60	0,14	0,20	20,00	70,00	Esférico
CEes	Afetada	0 - 20	10,00	36,00	25,00	27,80	Esférico
	Afetada	20 - 40	1,00	32,00	25,00	3,12	Esférico
	Afetada	40 - 60	4,00	34,00	40,00	11,80	Esférico
CEes	Normal	0 - 20	-	-	-	-	SE
	Normal	20 - 40	-	-	-	-	SE
	Normal	40 - 60	2,00	5,00	40,00	40,00	Gaussiano
PST	Afetada	0 - 20	-	-	-	-	SE
	Afetada	20 - 40	0,40	0,50	20,00	80,00	Esférico
	Afetada	40 - 60	0,20	0,70	35,00	28,60	Esférico
PST	Normal	0 - 20	-	-	-	-	SE
	Normal	20 - 40	-	-	-	-	SE
	Normal	40 - 60	-	-	-	-	SE

SE - sem estrutura espacial; \* SED - sem eliminação de dados discrepantes; \*\* CED - com eliminação de dados discrepantes

A classificação proposta por Cambardella et al. (1994) que consideram o efeito pepita como uma porcentagem do patamar, permite comparar o grau de dependência espacial de variáveis estudadas. Segundo esta classificação, semivariogramas com efeito pepita < 25%, entre 25 e 75% e > 75%, são considerados de forte, moderada e fraca dependência espacial, respectivamente. Na Tabela 2 observa-se

que o pHps, após a eliminação de dados discrepantes, apresenta forte dependência espacial nas camadas 0 - 20 e 40 - 60 cm na sub-área afetada e que, na sub-área normal, verifica-se moderada dependência espacial apenas na camada 40 - 60 cm; nos demais casos, esta variável não apresenta estrutura de dependência espacial, o que concorda, em parte, com Carvalho (1996).

Para a CEes na sub-área normal apenas na camada 40 - 60 cm, constata-se moderada dependência espacial, enquanto as camadas 0 - 20 e 20 - 40 cm não apresentam estrutura de dependência; na sub-área afetada esta variável apresenta moderada dependência espacial na camada 0 - 20 cm e forte dependência nas camadas 20 - 40 e 40 - 60 cm, respectivamente (Figura 2 e Tabela 2). Para a PST, devido ao elevado efeito pepita para a camada 20 - 40 cm na sub-área normal, observa-se fraca dependência espacial, enquanto na profundidade 40 - 60 cm a dependência espacial apresenta-se moderada; nos demais casos constata-se, através da Tabela 2, que esta variável não apresenta estrutura de dependência espacial.

O alcance (a) estabelece o limite de dependência espacial entre as amostras, isto é, para distâncias iguais ou menores que o alcance, pode-se dizer que os valores vizinhos de uma variável estão espacialmente correlacionados e podem ser utilizados para estimar valores em qualquer ponto entre eles (Reichardt, 1985). O patamar ( $Co+C1$ ) é atingido quando a variância espacial dos dados ( $C1$ ) se torna constante com o aumento da distância entre as amostras. Na Tabela 2 observa-se que os valores de alcance obtidos para as variáveis estudadas variaram de 20 a 40 m, respectivamente.

Os solos afetados por sais são classificados em função dos valores do pHps, CEes e PST (Raij, 1991). Neste contexto e para fins de caracterização da salinidade na área estudada, foram tomados como base os valores medidos dessas variáveis e a classificação de solos apresentada por Richards (1954), seguindo-se metodologia adotada por Coelho & Ferreyra (1986). Foram confeccionados mapas de isolinhas da combinação da CEes e PST utilizando-se o processo de interpolação inverso do quadrado da distância, uma vez que não é possível utilizar a krigagem na interpolação dos dados que não apresentam estrutura de dependência espacial. Pela Figura 4 pode-se comprovar o aumento dos problemas de salinidade com a profundidade no lado esquerdo da área, o que é evidenciado pela escala de tonalidades apresentada. Verifica-se que cerca de 24, 27 e 33% da área estudada estão afetados por sais, nas profundidades de 0 - 20, 20 - 40 e 40 - 60 cm, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Coelho & Ferreyra (1986) em solo aluvial no Perímetro Irrigado de Morada Nova, CE.

Por conseguinte, a área estudada foi dividida em duas sub-áreas: uma afetada pela salinidade AF atingindo cerca de 35% da área, e outra normal (N), conforme Figura 4 tendo-se em vista o manejo do solo. Quanto à salinidade, supõe-se que não há restrição para o plantio de diversas culturas na sub-área N. Para a sub-área AF, sugerem-se estudos de variáveis físico-hídricas do solo (condutividade hidráulica, altura do lençol freático, classe textural, porosidade drenável) que permitam a adoção de critérios visando à construção de drenos subterrâneos, coletores e interceptores (Millar, 1988) de modo que o excesso de água proveniente da chuva ou irrigação possa ser removido; depois, pode-se fazer a aplicação de corretivos adequados, tomando-se como base os valores da PST e CTC (Cruciani, 1987) seguida da recuperação da área, mediante lavagem do excesso de sais solúveis. Culturas tolerantes à salinidade (por exemplo: arroz, algodão e algaroba) podem ser cultivadas no local. As lâminas de irrigação devem ser aplicadas de modo a manter um balanço favorável de sais no solo e evitar a elevação do lençol freático.

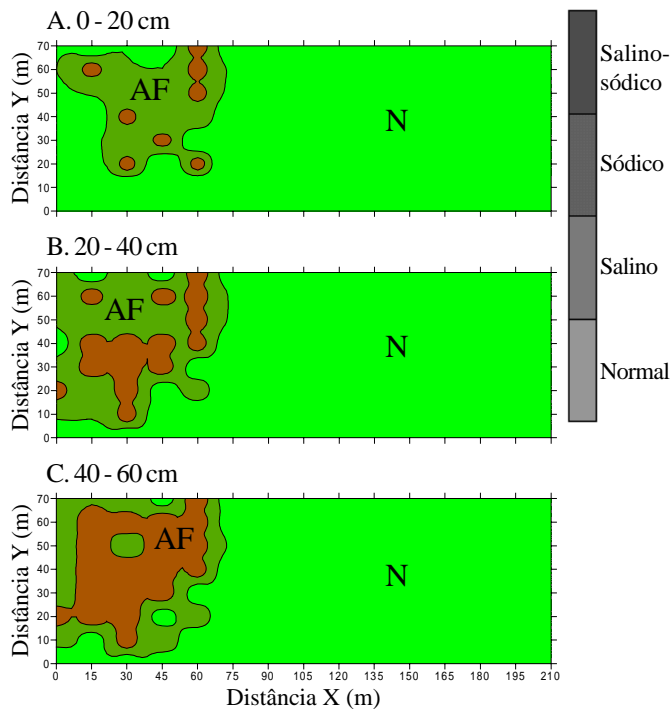


Figura 4. Mapas de classes de solo salinizado para as amostragens de 0 - 20 cm (A), 20 - 40 cm (B) e 40 - 60 cm (C) evidenciando as sub-áreas afetadas pela salinidade (AF) e normal (N)

Como forma de se impedir o aumento do problema de sais, a sub-área afetada deve ser isolada da normal, através da construção de diques (Pizarro, 1978; Medeiros & Gheyi, 1997). Na realização de pesquisas, procedimentos diferenciados devem ser adotados levando-se em consideração a subdivisão da área e sua variabilidade espacial.

## CONCLUSÕES

1. Das variáveis estudadas, apenas o pHps apresentou distribuição normal, em todas as profundidades estudadas. Foi observada baixa variabilidade para o pH (CV de 8,25 a 10,91%) e elevada para a CEes (CV entre 135,85 e 173,15%) e PST (CV de 157,95 a 172,61%).
2. Aos semivariogramas experimentais que apresentaram estrutura de dependência espacial de dados, foram ajustados modelos esférico e gaussiano, com alcances variando de 20 a 40m. Com o exame dos semivariogramas foi detectada de fraca a forte dependência espacial.
3. Os mapas de isolinhas obtidos da combinação das CEes e PST mostraram que os problemas de salinidade e sodicidade aumentaram com a profundidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, J.A.; FIORIN, J.E.; REINERT, D.J.; MUTTI, L.S.M.; SILVA, E.P. da. Variabilidade espacial do solo e produção do milho. Revista Brasileira de Ciência do solo, Campinas, v.20, n.1, p.151-157, 1996.
- BECKETTI, P.H.T.; WEBSTER, R. Soil variability: A review. Soils and Fertilizers, Ferns, v.34, p.1-15, 1971.

- BRASIL/SUDENE. I. Levantamento exploratório – Reconhecimento dos solos da Paraíba. II. Interpretação para uso agrícola dos solos da Paraíba. Convênio de mapeamento de solos. Rio de Janeiro: MA/EPE/USAID/BRASIL. Série Pedológica n. 8, 683p. 1972. Boletim Técnico, 15.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEM, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPA, A.E. Field scale variability of soil properties in central Iowa soil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.58, p.1501-1511, 1994.
- CARVALHO, O.S. Variabilidad espacial y temporal de la materia organica en un typic xerofluvent sometido a distintas sucesiones del cultivo. Madrid, Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Agronomia. Universidad Politécnica de Madrid. 1996. 146p. Tese Doutorado.
- COELHO, M.A.; FERREYRA, F.F. Characterization of salt-affected soil in the semi-arid region of Northeastern Brazil. *Turrialba*, São José, v.36, n.2, p.171-178, 1986.
- COSTA NETO, P.L.O. Estatística. 15ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997. 264p.
- CRUCIANI, D.E. A drenagem na agricultura. 4ed. São Paulo: Nobel, 1987. 337p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo, 1997. 212p.
- FAO/UNESCO – Irrigation, drainage and salinity. An international sourcebook. Paris. HUTCHINSON/FAO/UNESCO, 1973. 510p.
- GUERRA, P.A.G. Geoestatística operacional. Brasília: Ministério das Minas e Energia, Departamento de Produção Mineral, 1988. 145p.
- HOAGLIN, D.C.; MOSTELLER, F.; TYKEY, J.W. Análisis exploratória de datos: Técnicas robustas, un guia. Lisboa: Salamandra, 1983. 446p.
- MEDEIROS, J.F. de; GHEYI, H.R. Manejo do sistema solo-água-planta em solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.M. (ed.) Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 239-288.
- MILLAR, A. A drenagem de terras agrícolas: Bases agronômicas. São Paulo: Editerra Ltda., 1988. 306p.
- OLIVEIRA, J.J. de. Variabilidade de características químicas de um solo salino-sódico. Campina Grande: Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba. 1998. 101p. Dissertação Mestrado.
- OLIVEIRA, M. de. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.M. (ed.) Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p.1-37.
- PARAÍBA, GOVERNO DO ESTADO - Superintendência de Obras do Plano de Desenvolvimento do Estado. Projeto de Irrigação Capoeira: Estudo de viabilidade (Tomo I - Diagnóstico), 1989. 53p.
- PIZARRO, F. Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos. Madrid: Agrícola Española, 1978. 528p.
- RAIJ, B.V. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1991. 343p.
- REICHARDT, K. Variabilidade espacial e temporal de solos. In: Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. 4ed. Campinas: Fundação Cargill, 391 - 416p. 1985.
- RICHARDS, L.A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington, D.C.: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. United States Department of Agriculture Handbook, 60
- WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (ed.) Applications of soil physics. New York: Academic Press, 1980. p.319-344.