

Análise da vulnerabilidade de um solo agrícola, irrigado com águas poluídas

Analyze the vulnerability of an agricultural soil, irrigated with polluted water

Benjamim C. Lima Junior¹; Aaron de S. Alves²; Arsênio P. de Melo Júnior³; Maria S. S. de Farias⁴; Vera L. A. de Lima⁵.

Resumo: O reúso planejado de água de qualidade inferior contribui para uma gestão melhor dos recursos hídricos, favorecendo a produção agrícola em locais onde este fator de produção é escasso. No semiárido brasileiro a utilização de água de qualidade inferior em sistemas produtivos irrigados é em muitas situações, a única maneira de garantir a produção agrícola. Este trabalho objetivou identificar os impactos salinos em um solo agrícola cultivado com bananicultura irrigada com águas poluídas. Foram avaliados os parâmetros hidrodinâmico do solo condutividade hidráulica (K_0), e porosidade drenável (μ), e os parâmetros de classificação salina do solo (pH_{es} , CE_{es} e PST). Foram realizadas análises exploratórias através de métodos estatísticos descritiva dos parâmetros hidrodinâmicos e modelagem geoestatística dos parâmetros de classificação salina. Observou no estudo o solo da área experimental encontra-se degradado por processo de salinização e sodicidade, ação provocada principalmente pela irrigação com água de qualidade inferior e deficiência na drenagem natural do solo.

Palavras chaves: Salinidade, sodicidade, reúso de água

Abstract: The planned reuse of lower quality water contributes to better management of water resources, promoting agricultural production in areas where this factor of production is scarce. In the Brazilian semiarid region using lower quality water systems productive irrigated is in many cases the only way to ensure agricultural production. This study aimed to identify the impacts saline in an agricultural soil cultivated with banana plantations irrigated with polluted water. We evaluated the hydrodynamic parameters of the soil hydraulic conductivity (K_0), and drainable porosity (μ), and the parameters for classification saline soil (pH_{es} , CE_{es} and PST). Exploratory analyzes were performed using descriptive statistical methods of hydrodynamic parameters and geostatistical modeling of classification parameters saline. Observed in the study soil of the experimental area is degraded by salinization process and sodicity, action mainly caused by irrigation with water of lower quality and deficiency in natural drainage of the soil.

Keywords: Salinity, sodicity, water reuse

INTRODUÇÃO

O uso de água de qualidade inferior promove quase sempre quando conduzido sem planejamento, a deterioração das propriedades físicas e químicas do solo, limitando o potencial produtivo das culturas. Nas regiões áridas e semiáridas a salinização do solo constitui um sério problema, limitando a produção agrícola e reduzindo a produtividade das culturas.

O manejo inadequado da irrigação, a qualidade da água e as condições de drenagem insuficiente, contribuem para a aceleração do processo de salinização do solo. Portanto, a prática de irrigação deve ser usada de forma racional uma vez que as condições de clima do Nordeste e os elevados teores de sais nas águas de irrigação têm causado salinização dos solos (FIGUEIRÊDO et al., 2009).

A salinização do solo pode causar vários efeitos negativos, dentre os quais se destacam: aumento da densidade aparente, redução da infiltração de água pelo excesso de íons sódicos e elevação do potencial osmótico, reduzindo, assim, a disponibilidade de água para as plantas (Amaral Júnior, et al., 2012). Como gestão dos sistemas agrícolas, a implantação de sistemas de drenagem superficial e subterrânea permite controlar os níveis de salinidade nos perfis dos solos.

A identificação dos solos com problemas de drenagem se baseia em uma série de observações e estudos da área incluindo a observação de características visuais de campo e a realização de diversas análises, tanto por métodos de laboratório como por métodos de campo, buscando-se obter resposta para um manejo melhor da irrigação.

A variabilidade dos parâmetros de salinidade no solo poderá ser realizada de modo a permitir a

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 30/10/2013; aprovado em 07/03/2014

¹Eng. Agrícola (CEULP/ULBRA), Mestrando em Eng. Agrícola (UFMG), Campina Grande, PB. Email: benjamim-junior@bol.com.br

²Eng. Agrônomo (UFPB), Doutorando em Eng. Agrícola (UFMG), Campina Grande, PB. Email: aaron.agro@bol.com.br

³Licenciado em Ciências Agrícola (UFRRJ) - Doutorando em Eng. Agrícola (UFMG), Campina Grande, PB. Email: arseniopessoa@bol.com.br

⁴Eng. Agrícola (UFPB) Dr.^a em Eng. Agrícola, Professora UFG/CTRN/UAEAg. Email: sally_farias@yahoo.com.br

⁵Eng. Agrícola (UFPB) Dr.^a em Eng. Agrícola, Professora UFG/CTRN/UAEAg. Email: antuneslima@gmail.com

identificação de áreas impactadas, tornando possível o planejamento da recuperação e definindo as estratégias de manejo. A descrição quantitativa da variação espacial no solo através da modelagem geoestatística, possibilita a estimativa não tendenciosa e de variância mínima de valores da propriedade em locais não amostrados, permitindo a construção de mapas de valores e também a identificação de esquemas de amostragem eficientes (QUEIROZ et al., 2010).

A determinação da necessidade de drenagem do solo cultivado com bananeira irrigada com água poluída proporcionará o manejo adequado água-solo, possibilitando menos danos ambientais. Neste contexto o presente trabalho teve, como objetivo, realizar estudos de campo que identifiquem a degradação do solo cultivado com bananeira 'Pacovan' irrigada com água poluída.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de janeiro a dezembro de 2012, na Fazenda Ponta da Serra no município de Queimadas, PB, à margem do Rio Bodocongó à jusante da estação de tratamento de esgoto (ETE) da cidade Campina Grande, PB. As coordenadas geográficas do local são: 07° 22' 27,49361" de latitude Sul e 35° 59' 51,77968" de longitude Oeste. A área experimental é cultivada com bananicultura irrigada em extensão de aproximadamente 0,5 ha, o suprimento hídrico no período de escassez de precipitação é assegurado pelo Riacho Bodocongó. Segundo a classificação textural, o solo da área é predominante "Franco-arenoso". O local está situado em uma região de transição climática, segundo classificação de Köppen (1948), é do tipo 'As' e 'Bsh', sofrendo influência de ambos. A temperatura média anual é aproximadamente 25°C, com máximas em torno de 34°C e mínimas de 18°C (SILVA e ALMEIDA, 2011).

O município de Queimadas está localizado na Mesorregião Agreste Paraibano, na Microrregião de Campina Grande, inserido, maiormente na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja; nos Patamares Compridos e Baixas Vertentes com relevo suave ondulado, ocorrem os Planossolos mal drenados com fertilidade natural média e problemas de sais (MASCARENHAS, 2005).

Para avaliação do nível de salinidade do solo, na área de estudo foram locados 32 pontos em malha regular (11,0 x 20,0 m), posicionados nas linhas de plantio, e localizados espacialmente por coordenada cartesiana (x; y) em metros, as amostragens foram realizadas nos meses de fevereiro e novembro, período chuvoso e período de escassez de chuva, respectivamente, sendo as amostras coletadas na camada 0,4m, com auxílio de trado manual tipo holandês.

Para determinar a condutividade hidráulica, a área experimental foi subdividida em seis subáreas de

aproximadamente 833,3 m³. Em cada subárea foi instalado um ponto de observação, posicionado entre as linhas de cultivo, totalizando seis poços de monitoramento, variando de 0,50 e 1,50 m de profundidade, sendo esta limitada pela estrutura do solo; A determinação da condutividade hidráulica seguiu a metodologia apresentada por Cruciani (1986), o método utilizado foi o inverso de Auger-Hole, que consistiu em abrir um orifício no solo de certa profundidade, enchê-lo de água e medir a velocidade de rebaixamento do nível.

Os dados foram ponderados por meio da estatística descritiva, baseando-se nas seguintes medidas: média, mediana, desvio padrão (s), coeficiente de variação (%), coeficiente de curtose (K), assimetria (Cs), e geoestatística para avaliar a dependência temporal e espacial dos parâmetros de classificação química de solos afetados por sais, realizados através de semivariogramas, para tal utilizou o software SPRING versão 5.2.2. Após a validação do modelo melhor ajustado, é realizada a edição dos parâmetros em mapas de contorno e isolinhas, mediante krigagem, utilizando o programa SURFER.

Os parâmetros avaliados foram o pH do extrato de saturada (pH_{es}), a condutividade elétrica do extrato saturado (CE_{es}) e a porcentagem de sódio trocável (PST), seguindo as metodologias de análises de solo da EMBRAPA (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Estatística descritiva dos parâmetros de classificação salina do solo

No estudo, foi observado que as medidas estatísticas das variáveis pH_{es}, CE_{es} e PST referentes aos períodos chuvoso e escassez de chuva, verificam uma distribuição aproximadamente simétrica em torno da média, visto que a média e mediana são bem próximo. Observando conjuntamente os valores da média, mediana, coeficiente de assimetria (Cs) e coeficiente de curtose (K), há uma distribuição ligeiramente assimétrica. A análise desses valores é um indicativo de ajuste dos dados das variáveis à distribuição normal (Tabela 1). Com base na classificação de Warrick & Nielsen (1980), verifica-se baixa variação (CV de 5,5 e 3,1%) para o pH_{es}, média variação para CE_{es} (CV de 53,0 e 13,3%) e baixa e média variação de PST (CV de 21,3 e 12,0%), concordando com valores encontrados por Sousa et al. (2000) e Costa (2008).

Analisando os valores médios dos parâmetros de classificação química dos solos afetados por sais, observa-se acréscimo no período de escassez de chuva, o que pode ser uma indicação da utilização de água de qualidade inferior na irrigação e deficiência de drenagem natural, promovendo o acumula de sais solúveis e contaminantes no solo (Tabela 1).

Tabela 1: medidas estatísticas dos parâmetros de classificação química do solo.

Medida estatística	Período chuvoso			Período escassez de chuva		
	pH _m	CE _m (dS m ⁻¹)	PST	pH _m	CE _m (dS m ⁻¹)	PST
Média	7,10	1,94	14,80	7,51	2,13	17,03
Mediana	7,14	1,90	15,16	7,50	2,10	17,29
Desvio Padrão (s)	0,40	1,03	3,15	0,23	0,28	1,97
CV (%)	5,5	53,0	21,3	3,1	13,3	12,0
Coef. Assimetria (Cs)	-0,10	0,36	-1,20	0,06	0,74	-0,12
Coef. Curtose (K)	0,243	0,173	0,212	0,323	0,223	0,296

Qualidade do solo: atributos hidrodinâmicos

Na Tabela 2, observa que as medidas estatísticas da Condutividade Hidráulica (K₀), verificam uma distribuição assimétrica, com valores de média e mediana dispersos. Observando a conjuntamente curtose e assimetria, em uma distribuição normal deve-se obter valores 3 e 0, respectivamente. Observando estas medidas, também obtiveram valores, os quais sugerem a

distribuição não normal; Já a Porosidade Drenável (μ), verificou uma distribuição simétrica, com valores de média e mediana próximos. A curtose e assimetria tende a uma distribuição normal, com valores de 1,90 e 0,02, respectivamente. Com base na classificação de Warrick & Nielsen (1980), os parâmetros hidrodinâmicos (K₀ e μ) obtiveram CV= 63,0% e 20,65%, classificação alto e médio, respectivamente.

Tabela 2: Medidas estatísticas dos parâmetros físicos do solo condutividade hidráulica (K₀) e porosidade drenável (μ)

Medida estatística	K (cm h ⁻¹)	μ (%)
Média	0,25	29,43
Mediana	0,17	30,92
Desvio Padrão (s)	0,15	5,55
CV (%)	63,0	20,65
Curtose (Cr)	1,81	1,90
Assimetria (Cs)	0,73	0,02

A partir dos resultados apresentados na Tabela 2, observa-se que na área experimental a condutividade hidráulica (K₀), determinada em campo, variou de 0,1 a 0,51 cm h⁻¹, com média de 0,25 cm h⁻¹, enquadrando como Lenta. Quanto à porosidade drenável (μ) estimada a partir dos parâmetros físicos do solo, observa-se que ocorreu uma variação de 22,17 a 38,23% nos diferentes pontos amostrais cujo valor médio obtido foi de 29,43% conferindo, ao solo do local, uma classificação textural do tipo Franco-arenoso.

De acordo com a classificação textural da área de estudo, foram encontradas várias classes, porem com predomínio de solo Franco-Arenoso e segundo a classificação proposta por Richard (1954), mais de 50% dos pontos amostrais apresentaram como sódicos, portanto, o solo encontra-se em processo de degradação

por sais, avaliações coerentes com os valores hidrodinâmicos determinados neste estudo (Figura 1). De acordo com Bernardo (2009), solos que apresentam valores de K₀ < 0,125 cm h⁻¹, são enquadrados como: Muito lenta K₀; valores entre 0,125 a 0,5 cm h⁻¹, Lenta; valores entre 2,0 a 6,25 cm h⁻¹, Moderada; e valores de K₀ > 25,0 cm h⁻¹, Muito rápido. Segundo Dias et al. (2003) a degradação do solo por sodicidade promove redução da permeabilidade, o que pode justificar a lenta condutividade hidráulica nos pontos avaliados. Ferreira (2010) destaca que tanto a dispersão quanto a expansão das argilas afetam a porosidade do solo e, conseqüentemente, sua condutividade hidráulica em decorrência da concentração iônica da água de irrigação.

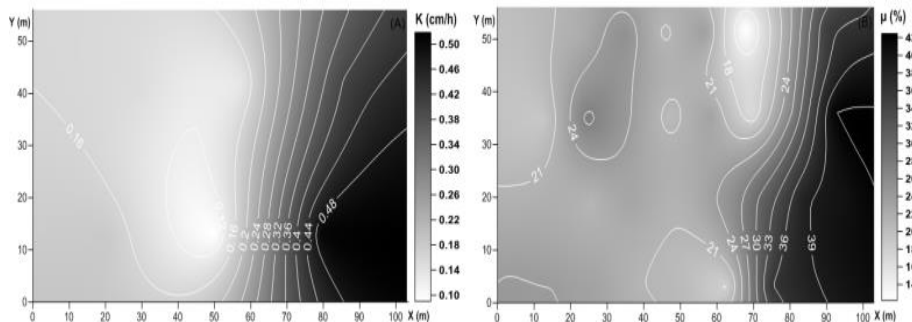


Figura 1: Mapa de contorno e isolinhas dos parâmetros hidrodinâmicos do solo condutividade hidráulica (K₀) (a) e porosidade drenável (μ) (b)

Análise da variabilidade espacial e temporal dos parâmetros de classificação salina do solo

A classificação do grau da dependência espacial foi feita com base na razão entre o efeito pepita e o patamar (C/C_0+C_1), sendo considerada fraca superior a 75%, moderada entre 25% e 75%, e forte inferior a 25%, conforme Cambardella et al. (1994). O patamar (C_0+C_1) é atingido quando a variância espacial dos dados (C_1) se torna constante com o aumento da distância entre as amostras (SOUZA, 2000).

Neste trabalho o Critério de Informação de Akaike (AIC) atribui para qual modelo o ajuste é mais preciso, a partir do menor valor observado (Akaike, 1974). No período chuvoso o modelo de ajuste com menor valor de informação de akaike para os parâmetros pH foi o modelo “Esférico” e para os parâmetros CE_{es} e PST foi o modelo “Gaussiano”, já para o período de escassez de chuva o modelo de ajuste com menor valor de informação de akaike para os parâmetros pH, CE_{es} e PST, foram o “Esférico”, “Gaussiano” e “Exponencial”, respectivamente (Tabela 3).

Observa-se que o alcance obtido no período chuvoso para os parâmetros estudados foram pH= 26,41 m, CE_{es} = 85,18 m e PST= 243,51 m. No Período de escassez de chuva os valores de alcance obtidos foram pH= 34,34 m, CE_{es} = 21,59 m e PST= 552,84 m (Tabela

3). Segundo SANTOS et al, (2012) o alcance da dependência espacial é um parâmetro importante no semivariograma, define a distância máxima até onde o valor de uma variável possui relação de dependência espacial com seus vizinhos.

O grau de dependência (GD) no período chuvoso apresentou os seguintes valores pH= 43,93, CE_{es} = 69,56 e PST= 90,98, e para o período de escassez de chuva pH= 61,11, CE_{es} = 69,56 m e PST= 90,98 m (Tabela 3), caracterizando moderada dependência espacial para pH, CE_{es} , e fraca dependência espacial para PST, nos distintos períodos, conforme classificação apresentada por Cambardella et al. (1994).

Os parâmetros avaliados apresentaram o mesmo enquadramento no grau de dependência espacial nos diferentes períodos estudados. De acordo com Zucoloto et al. (2011) comprovada a dependência espacial dos atributos estudados, utiliza-se o método de krigagem ordinária para a interpolação dos valores dos atributos. Segundo Cambardella et al. (1994), os atributos que apresentaram forte dependência espacial são mais influenciados por propriedades intrínsecas do solo, como textura e mineralogia, por outro lado, os que apresentaram fraca dependência são mais influenciados por fatores externos, tais como: qualidade da água de irrigação, preparo do solo, ou seja, pelo manejo da água e solo.

Tabela 3: Estimativas dos parâmetros do modelo teórico ajustado aos semivariogramas experimentais e a relação efeito pepita/patamar.

Parâmetros	Período chuvoso			Período de escassez de chuva		
	pH _m	CE _{es}	PST	pH _m	CE _{es}	PST
Akaike (AIC)	-42,75	-66,37	-24,15	-43,75	-51,63	-40,16
Efeito Pepita (C ₀)	0,047	0,585	5,75	0,022	0,033	3,223
Contribuição (C ₀ +C ₁)	0,107	0,841	6,32	0,036	0,055	3,301
Alcance (a)	26,41	85,18	243,51	34,34	21,59	552,84
GD= (C ₀ /C ₀ +C ₁)*100	43,93	69,56	90,98	61,11	60	97,64
Modelo	Esférico	Gaussiano	Gaussiano	Esférico	Gaussiano	Exponencial

Na Figura 2, observam-se os modelos ajustados para os casos em que foram apresentadas dependência espacial. No período chuvoso os parâmetros pH e CE_{es} , apresenta moderada dependência espacial, a PST devido ao elevada efeito pepita apresentou fraca dependência espacial. Em estudo realizado por Santos et al. (2012), a variabilidade espacial dos parâmetros que caracterizam a salinidade do solo, permite identificar as áreas impactadas por salinidade e sodicidade.

As amostragens de solo nos distintos períodos avaliados, evidência a degradação do solo pelo processo

de salinidade e solodicidade, ocasionados pelas condições imperfeitas de drenagem natural e uso de águas poluídas na irrigação, agravados pelas condições climáticas da região. Leão (2009) em estudo da variabilidade espacial da salinidade do solo, no perímetro irrigado Engenho Arcoverde em Condado-PB, destaca que o conhecimento da variação espacial de atributos de solo pode contribuir para o manejo adequado, objetivando ao máximo rendimento da cultura.

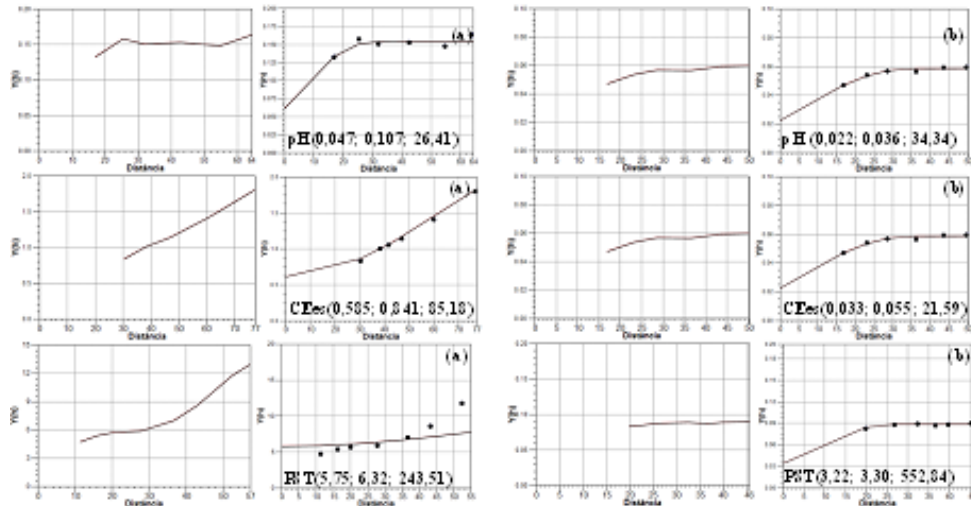


Figura 2: Semivariograma experimental e modelos ajustados do parâmetro de classificação química do solo, (a) período chuvoso, (b) período de escassez de chuva.

Interpolação por krigagem

Analisando os mapas de contorno e isolinhas dos pontos amostrais da área de estudo observa-se que os problemas de salinidade e sodicidade, aumentaram ao longo do tempo (Figura 3). O exposto fica mais bem apresentado pela escala de valores dos parâmetros estudados, no período chuvoso os valores máximos, correlacionam com os valores mínimos do período de escassez de precipitação, indicando um aumento nos processo de salinização e sodicidade no solo, ocasionados pelo uso de água de qualidade inferior na irrigação e deficiência na drenagem natural, justificando a necessidade da implantação de sistema drenagem artificial, com intuito do manejo adequado da água e solo.

Observa-se que o valores de pH_{es} variou de 6,94 a 7,30, durante o período chuvoso, apresentando classificado como neutro. Para o período de escassez de chuva ocorreu uma variação de 7,30 a 7,70, tendendo para um solo alcalino (Figura 3). Segundo Santos et al. (2010) a alcalinidade de solo salinizados é mais frequente em solos salino-sódico e sódicos. De acordo com Queiroz et al. (2010) o pH do solo é geralmente influenciado pela

composição e natureza dos cátions trocáveis, concentração de sais solúveis e a presença ou ausência de gesso e carbonatos de cálcio e magnésio.

Avaliando temporalmente a condutividade elétrica do extrato de saturação (CE_{es}), observa aumentou de salinidade no solo, processo decorrente provavelmente, da deposição de sais através das águas de irrigação e/ou da evaporação da água do solo no período de escassez (Figura 3). Mendes et al. (2008) em estudo da variabilidade temporal fertilidade, salinidade e sodicidade em solos irrigados no município de Congo, PB, destaca a importância do manejo adequado da irrigação como prática no controle da salinidade do solo.

Observa-se que os valores da PST no período de escassez aumentaram em relação ao período chuvoso (Figura 3). Em estudo de solos com problemas de sais é importante conhecer a porcentagem de sódio trocável (PST). Segundo Mendes et al. (2008) o aumento da sodicidade é preocupante, uma vez que o excesso de sódio trocável nos solos pode influenciar suas propriedades químicas e físico-hídricas.

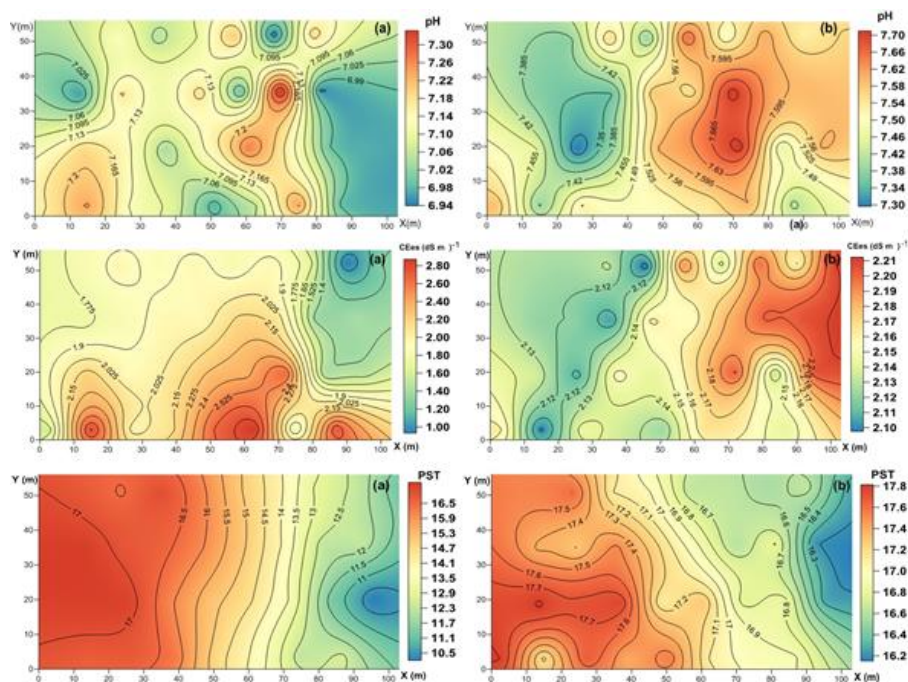


Figura 3: Superfície por Krigagem dos parâmetros de classificação química do solo, (a) período chuvoso, (b) período de escassez de chuva.

CONCLUSÕES

1. Os solos da região de estudo são naturalmente mal drenados, com fertilidade média e problemas de sais, enquanto o manejo agrícola adotado na área de estudo, favoreceu os impactos ambientais negativos ao solo; assim, para a prática de agricultura irrigada com água do Riacho Bodocongó na área de estudo, faz-se presente a implantação de sistema de drenagem, como manejo adequado da água e solo.

2. A modelagem geoestatística dos parâmetros pH, CE_{es} e PST mostrou-se adequado na identificação da vulnerabilidade do sistema de cultivo de bananeira irrigada com água do Riacho Bodocongó. Observa-se a partir dos mapas de contorno e isolinhas que o uso constante da irrigação com água poluída, pode ocasionar o acúmulo de sais na rizosfera, reduzir o potencial produtivo da cultura e promover a degradação do solo pela adição de sais solúveis.

Recomendações:

1. Estudos complementares dos parâmetros físicos e hidrodinâmicos do solo (classe textural, condutividade hidráulica, e porosidade drenável), a fim de permitir a adoção de práticas de drenagem com manejo adequado da água e solo.

2. O solo da área de estudo carece de práticas agrícolas com a finalidade de promover a recuperação do solo, ocasionadas pelo processo de degradação por salinidade e sodicidade, como o uso de agentes químicos

(gesso agrícola), aplicação de lâmina de lixiviação e/ou técnicas de drenagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL JÚNIOR, V. P. do; BARRETO, H. B. F.; MIRANDA, N. de O.; MEDEIROS, J. F. de; LIMA, A. S.: Parâmetros da equação de Van Genuchten e índices de solo sob lâminas crescentes de irrigação com água salina. *ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v.8, n.4, p 60-65, out – dez, 2012.

AKAIKE, H.: **A New Look at Statistical Model Identification.** *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19 (6): 716-723, Dec. 1974.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação.** 8. ed. Atualizada e ampliada, Viçosa-MG: UFV, 2009. 625 pg.

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.

COSTA, E. L. DA; COELHO, E. F.; SIMÃO, F. R.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, P. M.: Irrigação da bananeira. **Informe Agropecuário**,

- Belo Horizonte, vol. 29. n° 245, pg. 38-58, jul/ago de 2008
- CRUCIANI, D. E.: **A drenagem na agricultura**. São Paulo-SP, Nobel, 1986. 337 pg.
- DIAS, N. da S.; GHEYI, H. R.; DUARTE, S. N.: **Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais**. Serie Didática n° 013. Piracicaba: ESALQ/USP/LER. 2003. pg. 118.
- 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. 212 pg.
- FERREIRA, P. A. et.al.: Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas. In: GHEYI, H. R., DIAS, N. S., LACERDA, C. F.; **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicações**. Fortaleza, INCT Sal, 2010. pg. 21-41.
- FIGUEIRÊDO, V. B.; MEDEIROS, J. F. DE; ZOCOLER, J. L.; SOBRINHO, J. E.: Evapotranspiração da cultura da melancia irrigada com água de diferentes salinidades. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, vol.29, n° 2, pg.231-240, abr/jun de 2009.
- LEÃO, A. B.; CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. DE B.; GUERRA, H. O. C.; ANDRADE, A. R. S. DE: Variabilidade espacial da salinidade do solo no perímetro irrigado engenheiro Arcoverde, Condado, PB. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, vol. 6, n° 3, pg. 404-421, set/dez de 2009.
- MASCARENHAS, J. DE C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. DE; MORAIS, FRANKLIN DE; MENDES, V. A.; MIRANDA, J. L. F. DE.: Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Queimadas, estado da Paraíba**. Recife-PE, 2005: CPRM/PRODEEM.
- MENDES, J. S.; CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.: Variabilidade temporal da fertilidade, salinidade e sodicidade de solos irrigados no município de Congo, PB. **Revista Brasileira de Ciência Agrária**. Recife, vol. 3, n°1, pg.13-19, 2008.
- QUEIROZ, J. E. et al.: Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: GHEYI, H. R., DIAS, N. S., LACERDA, C. F.; **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicações**. Fortaleza, INCT Sal, 2010. pg. 63-81.
- RICHARDS, L. A. (ed): **Diagnosis and Improvement of saline and alkali soils**. Washington D. C.: United States Salinity Laboratory Staff. 166 pg., USDA. Agriculture Handbook n° 60, Issued February 1954.
- SANTOS, K. S. et al.: Variabilidade espacial de atributos físicos em solos de vale aluvial no semiárido de Pernambuco. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.16 n° 8. Campina Grande-PB. Agosto de 2012.
- SILVA, J. L. A. e ALMEIDA, J. A. C.: Reflexões Arqueológicas: estudo dos sítios arqueológicos do município de Queimadas-PB. TARAIRIÚ – **Revista do Laboratório de Arqueologia e Paleontologia da UEPB**. Campina Grande, Ano II – Vol.1, n° 02, Março de 2011.
- SOUZA, L. C. DE; QUEIROZ, J. E.; GHEYI, H. R.: Variabilidade espacial da salinidade de um solo aluvial no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.35-40, 2000.
- WARRICK, A. W & NIELSEN, D. R.: Spatial variability of soil physical properties in the field In: **Hillel, D. Applications of soil physics**. New York: Academic. pg. 319-344, 1980.
- ZUCOLOTO, M.; LIMA, J. S. DE S.; COELHO, R. I.: Correlação e variabilidade espacial de atributos químicos do solo e produção de bananeira 'Prata-Anã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, Volume Especial, E. 479-484, Outubro de 2011.