



Associação  
Brasileira de  
Irrigação e  
Drenagem



IV INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING  
XXVI CONIRD - CONGRESSO  
NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM  
III SBS - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SALINIDADE

## DESEMPENHO DE EQUAÇÕES DE LAVAGEM PARA RECUPERAÇÃO DE SOLO SALINIZADO EM SISTEMA DE LIXIVIAÇÃO INTERMITENTE

J. L. de A. Silva<sup>1</sup>, S. N. Duarte<sup>2</sup>, D. D. da Silva<sup>3</sup>, F. A. de Oliveira<sup>4</sup>

**RESUMO:** O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho de equações empíricas para recuperação de solo salinizado, utilizando sistema de lixiviação intermitente, para o caso de lâminas de lavagem de sais fertilizantes. O experimento foi conduzido em lisímetros tubulares, localizados nas dependências da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Piracicaba – SP. O estudo consistiu em três etapas: 1) Salinização dos solos armazenados em lisímetros tubulares; 2) Recuperação dos solos salinizados; e 3) Medição das concentrações finais dos sais nos solos após o procedimento de dessalinização e comparação dessas com as previstas pelas fórmulas empíricas de “Volobuyev, Cordeiro, Jury, Hoffman e Reeve”, em cinco níveis iniciais de salinidade no solo ( $S_1=2,0$ ;  $S_2=4,0$ ;  $S_3=6,0$ ;  $S_4=8,0$  e  $S_5=10,0$  dS m<sup>-1</sup>). O delineamento experimental adotado para o experimento foi o de blocos ao acaso, com 6 repetições. Dentre as equações avaliadas, a que apresentou melhor performance na recuperação do solo salinizado foi a de Volobuyev, fornecendo respostas mais coerentes com os resultados obtidos experimentalmente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Salinização, Manejo da irrigação, Fertirrigação.

## PERFORMANCE OF WASH EQUATIONS FOR RECOVERY OF SALINIZED SOIL IN INTERMITTENT LIVING SYSTEM

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate the performance of empirical equations for the recovery of salinized soil, using an intermittent leaching system, for the case of washing leaves of fertilizing salts. The experiment was conducted in tubular lysimeters, located in the dependencies of the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ / USP, Piracicaba - SP. The study consisted of three steps: 1) Salinization of soils stored in tubular lysimeters; 2) Recovery of salinized soils; And 3) Measurement of the final

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutorando, Universidade Federal de Viçosa/UFV, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/PPGEA, Viçosa – MG, Brasil, jose.leoncio@ufv.br

<sup>2</sup> Doutor, Professor, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ESALQ-USP, Piracicaba - SP, Brasil

<sup>3</sup> Doutor, Professor, Universidade Federal de Viçosa, PPGEA, Viçosa - MG, Brasil

<sup>4</sup> Doutor, Professor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró - RN, Brasil

concentrations of the salts in the soils after the desalination procedure and comparison of those with the empirical formulas of Volobuyev, Cordeiro, Jury, Hoffman and Reeve at five initial levels of soil salinity ( $S_1 = 2,0$ ;  $S_2 = 4,0$ ;  $S_3 = 6,0$ ;  $S_4 = 8,0$  and  $S_5 = 10,0$  dS  $m^{-1}$ ). The experimental design was randomized blocks with 6 replicates. Among the evaluated equations, the one that presented the best performance in the salinized soil recovery was that of Volobuyev, providing more coherent answers with the results obtained experimentally.

**KEYWORDS:** Salinization, Irrigation management, Fertigation.

## INTRODUÇÃO

Em regiões nas quais a irrigação é intensiva, a fertirrigação é uma prática muito utilizada como alternativa para a adubação convencional visando ao aumento da produtividade das culturas. A técnica combina o suprimento da demanda hídrica da cultura com a aplicação de nutrientes via água de irrigação, deixando os nutrientes na forma solúvel e, portanto, mais rapidamente disponíveis. Entretanto, a aplicação excessiva de adubos, via fertirrigação, pode elevar o risco de salinização dos solos, especialmente pela aplicação indiscriminada de fertilizantes (RESENDE et al., 2014).

Segundo a FAO, as perdas anuais de culturas causadas por eventos extremos, decorrentes da perda de água, erosão e salinização são estimadas em 0,3% da produção. Se o problema continuar em ritmo acelerado, uma redução total de mais de 10% poderá acontecer até 2050 (FAO, 2015).

O aumento da salinidade do solo geralmente está relacionado ao uso excessivo de fertilizantes aplicados via água de irrigação ou ao uso de água de irrigação oriunda de fontes salinas. Em regiões semiáridas, com o intuito de minimizar esses problemas, os produtores têm utilizado a prática de lixiviar os sais rotineiramente para camadas mais profundas do solo.

O volume de água necessário para a lavagem de recuperação de um perfil de solo é calculado em função da salinidade inicial do solo, do nível final desejado, do tipo e da profundidade do solo a recuperar, do método de aplicação da água de irrigação e da concentração de sais da água de lavagem (DIAS, 2003).

Diante das dúvidas ainda existentes em relação ao controle da salinidade e ao manejo do solo, e considerando, ainda, que atualmente existem diversos modelos e fórmulas para o cálculo da lâmina de lavagem, resultando em uma grande variação na quantidade de água recomendada,

pretendeu-se estudar neste trabalho a recuperação de solos salinizados por excesso de fertilizantes em equações de lixiviação no sistema intermitente.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área em campo aberto, pertencente ao Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Piracicaba – SP, situado nas coordenadas geográficas de 22°42’ de latitude sul e 47°37’ de longitude oeste e com altitude de 540 m, em lisímetros tubulares de concreto, impermeabilizados em seu interior e com superfície superior protegida com plásticos, com 1,2 m de altura e 0,5 m de diâmetro, totalizando 0,20 m<sup>2</sup> de área superficial e 240 litros de volume útil.

O estudo consistiu em três etapas: 1) Salinização dos solos armazenados nos Lisímetros; 2) Recuperação dos solos salinizados; e 3) Medição das concentrações dos sais nos solos após o procedimento de dessalinização, considerando sistemas de recuperação intermitente, e comparação dessas concentrações com as calculadas pelas fórmulas empíricas.

Para encontrar a relação entre a condutividade elétrica da solução (CEs) para a salinização e os totais de sais a serem aplicados, foram dissolvidas proporções desejadas de sais, tomando inicialmente como referência a equação proposta por Richards (1954), eq. (01).

$$C = 640. CE_s \quad (01)$$

Em que:

C – concentração de sais fertilizantes, mg L<sup>-1</sup>;

CEs – condutividade elétrica da solução, dS m<sup>-1</sup>.

Com base na eq. (01) foram preparadas diferentes concentrações, que corresponderam a uma salinidade chamada de “salinidade teórica”, para então se determinar a condutividade elétrica real das soluções utilizando condutivímetro de bancada. Foi feita uma curva correlacionando a concentração da solução de fertilizantes com a condutividade elétrica dessas soluções, por meio de um diagrama de dispersão representado na Figura 01.

A proporção entre os nutrientes das soluções adotadas para a salinização foi baseada na solução nutritiva de Hogland, descrita por Furlani (1999) (Tabela 1).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com 6 repetições. Os tratamentos foram obtidos pela combinação do sistema de recuperação intermitente com cinco

níveis de salinidade do extrato de saturação do solo (S1=2,0; S2=4,0; S3=6,0; S4=8,0 e S5=10,0 dS m<sup>-1</sup>).

Na área experimental, foram utilizados 30 lisímetros posicionados em 2 linhas de 15 lisímetros, de forma que cada um desses recipientes representou uma parcela experimental.

O sistema de drenagem dos lisímetros tubulares foi constituído de orifícios, localizados próximos à base de cada lisímetro, para facilitar a drenagem e evitar o carreamento de solo, foi utilizado como material filtrante uma manta sintética (bidim OP – 20) sobre uma camada de 0,10 m de brita lavada nº 1.

Para se obter os cinco níveis de salinidade propostos, os solos tiveram seus valores de condutividade elétrica no extrato de saturação elevados aos seguintes níveis: (S1=2,0; S2=4,0; S3=6,0; S4=8,0 e S5=10,0 dS m<sup>-1</sup>), por meio da adição de soluções salinas nutritivas, dissolvidas em água da rede de abastecimento da ESALQ. A quantidade do sal que foi utilizado no preparo de cada solução foi calculada com base na curva de salinização artificial (Figura 1) obtida no experimento prévio.

A composição da solução utilizada para a salinização foi a mesma adotada na curva de salinização prévia, (Tabela 1).

Ao término das aplicações, os níveis de condutividade elétrica na solução do solo foram aferidos por meio da análise das soluções extraídas do solo 48 horas após a salinização. Feito isso, as colunas foram cobertas com plástico polietileno, para evitar evaporação, permanecendo assim até o solo atingir umidade próxima à da capacidade de campo.

Foram realizadas coletas de solo nos lisímetros para fins de análises físico-hídricas, sendo analisadas com base na metodologia descrita pela Embrapa (2009), (Tabela 2).

O processo de recuperação dos solos salinizados consistiu na aplicação de lâminas de água para a lixiviação dos sais de fertilizantes e redução da condutividade elétrica, baseando-se em recomendação empírica da dinâmica dos solutos preconiza que, para o cálculo expedito da lâmina de lavagem de recuperação de solos salinos, deve-se considerar a aplicação de dois volumes de poros (TAVARES FILHO et al. 2011). Em um primeiro passo foi aplicada uma lâmina inicial para elevar o solo dos lisímetro à capacidade de campo e, só a partir de então, foram aplicadas as lâminas de lavagem de recuperação. No sistema, foi aplicado um volume de 176 L de água por lisímetro, sendo que para simular o sistema intermitente esse volume foi fracionado em duas aplicações, com um intervalo de seis dias entre as aplicações.

As alterações nas características químicas do solo, em resposta à aplicação das lâminas de lavagem, foram avaliadas por meio de medições da condutividade elétrica e da concentração dos íons remanescentes na solução do solo de cada lisímetro. Para isto, a solução do solo foi

obtida com o uso de extratores e, posteriormente, a concentração foi corrigida para unidade de saturação.

Com esse objetivo, foram instalados três extratores de cápsula cerâmica no solo de cada um dos lisímetros. As cápsulas foram posicionadas em três profundidades no perfil do solo (20, 40 e 60 cm).

Em laboratório foi determinada a condutividade elétrica de cada amostra e a concentração dos principais íons. Os valores da condutividade elétrica e da concentração dos íons, determinados a partir da solução extraída pelas cápsulas porosas, foram corrigidos para a unidade de saturação empregando a eq. (02):

$$C_{CORRIGIDA} = \frac{C_{CP} \cdot U_{CP}}{U_S} \quad (02)$$

Em que:

$C_{CORRIGIDA}$  – condutividade elétrica ou concentração de íons no extrato de saturação, estimada a partir dos valores determinados na solução do solo,  $dS\ m^{-1}$  ou  $mmol\ L^{-1}$ ;

$C_{CP}$  – condutividade elétrica ou concentração de íons na solução do solo, obtida com extrator de cápsula porosa,  $dS\ m^{-1}$  ou  $mmol\ L^{-1}$ ;

$U_{CP}$  – umidade do solo durante aplicação de tensão na cápsula dos extratores,  $g\ g^{-1}$ ;

$U_S$  – umidade de saturação do solo (pasta de saturação)  $g\ g^{-1}$ .

Terminados os ensaios no experimento de campo, foram utilizadas cinco equações empíricas encontradas na literatura: Volobuyev, segundo Palácios (1969); Cordeiro (2001); Jury et al. (1979); Hoffman (1980) e Reeve et al. (1957) para estimar a CE da solução do solo após a aplicação das lâminas de lavagem.

É importante observar que algumas equações apresentam os resultados em condutividade elétrica enquanto outras apresentam em concentração de íons. Neste caso, os resultados em CE foram convertidos em concentração utilizando-se uma correlação entre C e CE obtida na fase inicial do experimento.

$$CF_f = CE_i \cdot 10^{-\left(\frac{L}{\alpha}\right)} \quad (03)$$

Em que:

$CE_f$  – condutividade elétrica final no extrato de saturação,  $dS\ m^{-1}$ ;

$CE_i$  – condutividade elétrica inicial no extrato de saturação,  $dS\ m^{-1}$ ;

L – lâmina de água a ser aplicada no solo para a lixiviação dos sais, mm;

$\alpha$  – coeficiente que depende do conteúdo de cloreto e da textura do solo.

$$CE_f = CE_i \cdot 10^{-\left(\frac{L}{2,025 \cdot (P) \cdot (CE_i - CE_r)}\right)} \quad (04)$$

Em que:

p – profundidade do solo a ser recuperado, cm;

CE<sub>r</sub> – condutividade elétrica da água de lavagem, dS cm<sup>-1</sup>.

$$C = 0,8 \cdot C_o \cdot \theta \cdot \left(\frac{D_s}{D_e}\right) \quad (05)$$

Em que:

C – concentração de sais na solução do solo depois da recuperação, mg L<sup>-1</sup>;

C<sub>o</sub> – concentração de sais na solução do solo antes da recuperação, mg L<sup>-1</sup>;

θ – umidade volumétrica do solo, cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>;

D<sub>s</sub> – profundidade do solo que se deseja recuperar, cm;

D<sub>e</sub> – lâmina de água a ser aplicada no solo para a lavagem dos sais, cm.

$$C = C_o \cdot K \cdot \left(\frac{D_s}{D_e}\right) \quad (06)$$

Em que:

K – constante que varia com o tipo de solo e o método de aplicação de água.

$$CEf = \frac{\left(\frac{La}{Ls} - 0,15\right) \cdot CEi}{5} \quad (07)$$

Em que:

La – lâmina de água a ser lixiviada, cm;

Ls – espessura de solo a ser recuperado, cm.

Como forma de avaliação no desempenho das equações foram utilizados o erro absoluto médio (MAE); a raiz do erro quadrático médio (RMSE); o teste t pareado ao nível de 5% de significância; o índice de concordância de Willmot (d), o índice de eficiência de Nash-Sutcliffe (E<sub>NS</sub>), a correlação linear de Pearson e o índice de desempenho de Camargo & Sentelhas (CAMARGO & SENTELHAS, 1998).

Os dados avaliados foram também analisados realizando-se o teste de média de Tukey em 5 e 1% de probabilidade quando houve significância. As análises dos dados foram realizadas na linguagem e ambiente R (R DEVELOPEDMENT CORE TEAM, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentados os valores de condutividade elétrica, medidos na solução do solo coletada pelos extratores de cápsula porosa, e simulados pelas equações estudadas, ao longo da reta 1:1, assim como a equação de regressão, para as cinco equações de lavagem, no sistema de recuperação intermitente.

Observa-se na Figura 2 valores de  $R^2_a=0,9281$  para A- Volubuyev; 0,9081 para C- Jury; 0,9481 para D - Hoffman; 0,9088 para E - Reeve e de 0,0817 para B - Cordeiro, entre os valores de condutividade elétrica medidos no extrato de saturação e os valores calculados pelas diferentes equações.

Esses valores elevados do coeficiente de determinação encontrados na pesquisa comprovam que o uso apenas deste coeficiente não é um bom indicativo para avaliar o ajuste entre dados medidos e simulados, pois, mesmo estando muito fora da reta 1:1 em alguns casos, os valores de  $R^2_a$  foram muito altos. Pesquisas de Legates e Davis (1997) comprovam que o uso inadequado de métodos baseados em índices de correlação (como o coeficiente de determinação,  $R^2$ ) para quantificar o desempenho de modelo não se constituem num bom parâmetro para avaliação.

De acordo com a Figura 2A, que utiliza a equação de recuperação de Volobuyev, a estimativa da condutividade elétrica se aproxima daquela obtida com os valores medidos, sendo que a linha de tendência quase sobrepõe a linha 1:1. Esses resultados mostram que a equação de Volubuyev é capaz de estimar a lavagem com boa precisão, indicando que o método apresenta confiabilidade para a estimativa de CE no sistema de recuperação intermitente. Por outro lado, os valores estimados nas Figuras 2B, 2C, 2D e 2E tiveram performance inferiores. As Figuras 2B, 2C e 2E correspondem às equações de Cordeiro; Jury e Reeve, respectivamente, que apresentaram maiores superestimativas de valores de condutividade elétrica para esse método de recuperação; já os valores encontrados pela equação de Hoffman subestimaram os valores medidos de condutividade elétrica do extrato.

Em geral, as equações utilizadas tenderam a superestimar os valores medidos, principalmente para os valores mais elevados, sendo a equação de cordeiro a que apresentou as maiores discrepâncias. Esse comportamento, possivelmente, deve-se ao fato de que essa equação tem uma grande sensibilidade aos níveis iniciais de salinidade do solo.

Para a correlação linear de Pearson, somente a equação de Cordeiro não apresentou significância, sendo as demais significativas para ao nível de significância de 5%. Este fato de

igualdade ocorre na correlação de Pearson, pois, o agrupamento dos valores de CE estimados em relação aos medidos tende a melhorar as estimativas da CE. Os métodos em estudo apresentaram elevados valores exceto para os encontrados por Cordeiro, para o coeficiente de Willmott, sendo os valores obtidos por Volobuyev os que proporcionaram valor deste índice mais próximo de 1, ou seja, valores que mais se aproximam da concordância perfeita. Volobuyev também apresentou melhor índice de desempenho segundo Camargo e Sentelhas assim como menores valores de MAE e RMSE, comprovando ser a melhor equação para o sistema de recuperação intermitente, (Tabela 5).

Para os valores de  $E_{NS}$  a equação que teve melhor performance com valor mais próximo de 1 foi a equação de Volobuyev (0,527) e Reeve (0,681); para as outras equações esse indicador demonstrou valores negativos, demonstrando-se uma menor precisão para avaliação, (tabela 5). O  $E_{NS}$  é um indicador amplamente utilizado em vários estudos de avaliação de modelos e equações; na Hidrologia é muito utilizado devido à flexibilidade de ser aplicado a vários tipos de modelos e equações matemáticas (Gupta e Kling, 2011, McCuen et al., 2006). O  $E_{NS}$  é mais adequado para avaliar modelo de ajuste do que o coeficiente de determinação,  $R^2$ , porque  $R^2$  é insensível às diferenças aditivas e proporcionais entre simulações de modelos e observações. O  $NSE = 1$  indica um ajuste perfeito, enquanto um  $NSE < 0$  indica que a média dos valores observados é o melhor predito do que o valor próprio modelo. Gupta e Kling (2011) declararam que valores  $NSE$  negativos geralmente não devem ocorrer a menos que haja erros graves nos dados de entrada ou de saída e ajuste nas equações.

Os resultados encontrados nessa pesquisa são diferentes dos valores obtidos por Franco (2013). O qual trabalhando com as equações de Volobuev; Cordeiro; Jury; Hoffman e Reeve, com o mesmo solo em dois níveis de salinidade, sugeriu que a melhor equação seria a de Cordeiro para o cálculo da lâmina de lixiviação de sais em solos salinizados.

Evidencia-se, assim, que os resultados obtidos pelas equações de recuperação possivelmente dependem de fatores físico-químicos relacionados aos solos, da composição química da água de lavagem ou de fatores inerentes à própria metodologia utilizada, e que a ausência dessas informações impede a obtenção de resultados consistentes sob condições variadas de experimentos.

## CONCLUSÕES

Tecnicamente, é possível o uso de lavagem de recuperação de solos salinizados com fertilizantes, como estratégia de manejo da irrigação, sendo essa bastante satisfatória; e

Dentre as equações de lixiviação avaliadas, a que apresentou melhor performance na recuperação do solo salinizado em sistema intermitente foi a de Volobuyev, fornecendo respostas mais coerentes com os resultados obtidos experimentalmente.

## REFERÊNCIAS

- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial do estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- CORDEIRO, G. G. Salinidade em agricultura irrigada (conceitos básicos e práticos). Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2001. 38p.
- DIAS, N. S. Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais. DIAS, N. da SILVA; GHEYI, H. R.; DUARTE, S. N. Piracicaba: ESALQ/USP, 2003. 118p.
- EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa Informação Tecnológica. 2. ed. revista e ampliada. 2009. 167p.
- FAO and ITPS. 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy. 650p.
- FRANCO, E. M. Eficiências de equações empíricas utilizadas para a determinar a lamina de lixiviação de sais e modelagem da distribuição do sódio no solo. 2013. 54p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – ESALQ/USP, Piracicaba, 2013.
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: IAC, 1999. 52p. (Boletim técnico, 180).
- GUPTA, H.V., Kling, H., 2011. Ontypical range, sensitivity, and normalization of Mean Squared Error and Nash-Sutcliffe Efficiency type metrics. *Water Resour. Res.* 47, W10601. <http://dx.doi.org/10.1029/2011WR010962>.
- HOFFMAN, G. J. Alleviating salinity stress. In: ARKIN, G.F.; TAYLOR, H.M. (Ed.). *Modifying the cRoot environment to Reduce Crops stress*. St. Joseph, MI: American society of Agricultural Engineers, 1980. chap.9 p. 305-343.
- JURY, W. A.; JARRELL, W.M.; DEVITT, D. Reclamation of saline-sodic soils by leaching. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 43, p. 1100-1106, 1979.

LEGATES, D. R., DAVIS, R. E., 1997. The continuing search for an anthropogenic climate change signal: Limitations of correlation-based approaches. *Geophysical Research Letters*, vol. 24, n. 18, p. 2319-2322, 1997.

MCCUEN, R. H.; KNIGHT, Z.; CUTTER, A.G. Evaluation of the Nash–Sutcliffe Efficiency Index. *J. Hydrol. Eng.* 11, 597–602, 2006.

PALÁCIOS, O. V.; ACEVES, E. N. Instructivo para el muestreo registro de datos e interpretación de calidad del agua para Riego agrícola. Chapingo: Colegio de postgraduados, Escuela Nacional de agricultura, 1969. 498p. (Rama de Riego y Drenaje, 15).

R DEVELOPMENT CORE TEAM R: language and environment of statistical computing. Vienna, 2013.

REEVE, R. C. The relation of salinity to irrigation and drainage requirements. *Int. Comm. Irrig. Drainage Third Congr. Q.* 10, 1957. p.175-187.

RESENDE, R. S. et al. Distribuição espacial e lixiviação natural de sais em solos do Perímetro Irrigado Califórnia, em Sergipe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, p. 46-52, 2014.

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Department of Agriculture, 1954. 160p. (Agriculture Handbook, 60).

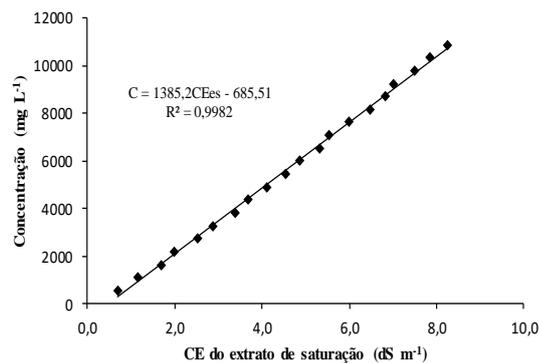
TAVARES FILHO, A. N.; BARROS, M. F. C.; ROLIM, M. M.; SILVA, E. F. F. Incorporação de gesso para correção da salinidade e sodicidade de solos salino-sódicos, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina grande – PB, v.16, n.3, p.247–252, 2012.

## ANEXO

**Tabela 01.** Concentração de nutrientes da solução nutritiva cujas proporções foram utilizadas para a salinização

Macronutrientes (mg L <sup>-1</sup> )						Micronutrientes (mg L <sup>-1</sup> )					
N	P	K	Ca	Mg	SO	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
200	31	293	100	24	32	0,2	0,03	3,4	1,1	0,05	0,2

Fonte: Hogland, segundo Furlani (1999)

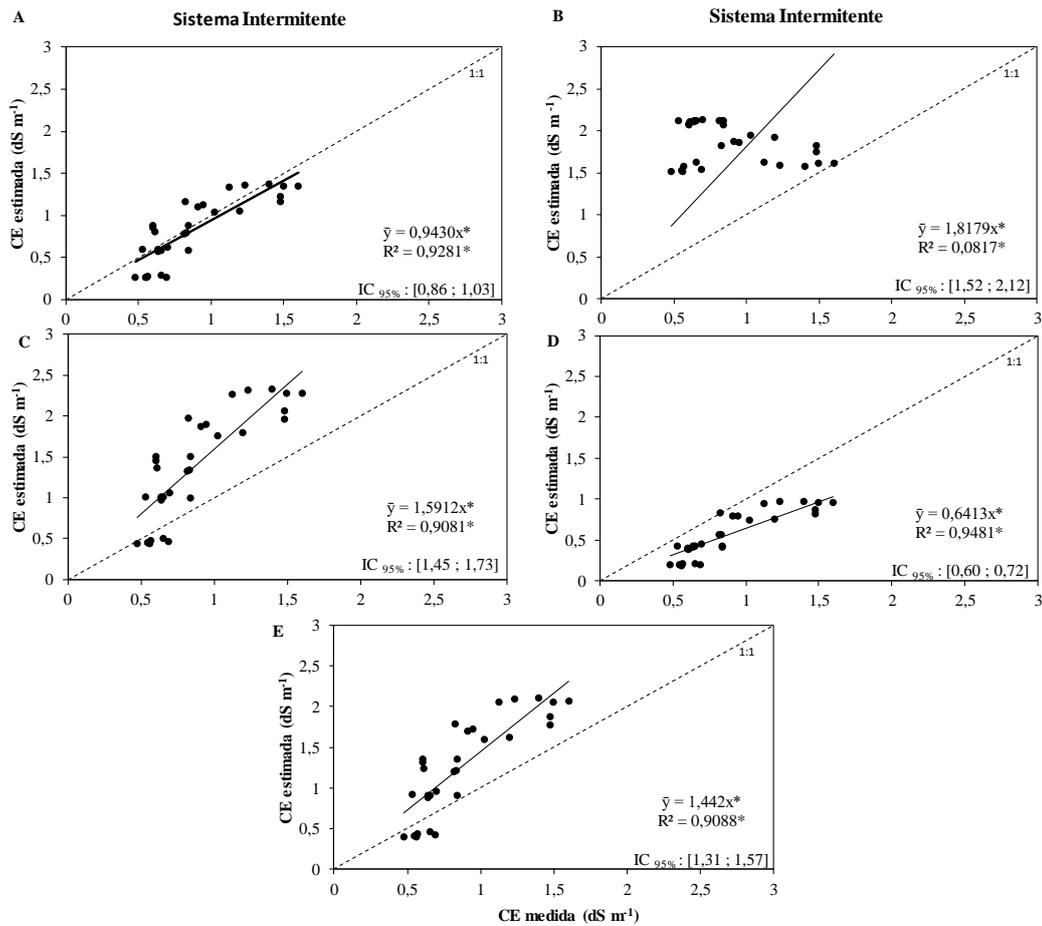


**Figura 01.** Concentração da solução de fertilizantes aplicada para se obter a CE desejada na pasta de saturação do solo salinizado utilizado no experimento principal

**Tabela 02.** Caracterização físico-hídrica do solo utilizado no experimento

CC	PMP	AD	D <sub>s</sub>	D <sub>p</sub>	MP	PT	Granulometria			Classe Textural
							Areia	Silte	Argila	
—cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> —			- g cm <sup>-3</sup> -			% —————			Franco	
0,23	0,09	0,15	1,30	2,64	27	50	73	8	19	Arenoso

CC e PMP – Umidades determinadas nas tensões de 6,0 e 1500 kPa, respectivamente umidade na capacidade campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP), água disponível (AD), densidade do solo (D<sub>s</sub>), densidade das partículas do solo (D<sub>p</sub>), macroporosidade (MP) e porosidade total do solo (PT)



\* Significativamente > 1 em nível de 5% de Probabilidade, pelo teste “t”

**Figura 02.** Relação entre os valores de condutividade elétrica do extrato de saturação estimados com as equações, e os valores medidos a partir da condutividade elétrica da solução do solo obtida com extratores de cápsula porosa, para recuperação intermitente (A - Volubuyev; B – Cordeiro; C – Jury; D – Hoffman e E – Reeve

**Tabela 03.** Valores de correlação linear de Pearson (r), índice de concordância de Willmott (d), índice de desempenho de Camargo Sentelhas (c), erro absoluto médio (MAE), erro quadrático médio (RMSE) e coeficiente de eficiência de Nash Sutcliffe (E<sub>NS</sub>) obtidos nas comparações entre os valores de CE estimados e medidos no sistema de recuperação intermitente

Equações	Teste t	r	d	c	MAE	RMSE	E <sub>NS</sub>
Volobuev	1,280	0,832	0,900	0,857	0,182	0,201	0,527
Cordeiro	11,440	ns	0,282	0,621	0,975	1,078	-9,516
Jury	7,001	0,832	0,649	0,810	0,570	0,659	-2,936
Hoffman	10,989	0,878	0,716	0,819	0,327	0,364	-0,197
Reeve	6,008	0,832	0,719	0,828	0,455	1,493	0,681