



TROCAS GASOSAS E POTENCIAL HÍDRICO DA CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS

R. M. de Lira¹, E. F. F. e Silva², M. S. Barros³, L. C. Gordin⁴, L. Willadino⁵, R. F. Barbosa⁶

RESUMO: Em Pernambuco a produção da cana-de-açúcar está bastante concentrada em áreas litorâneas. Nestas áreas, devido à intrusão da água do mar, as águas utilizadas para irrigação podem apresentar altos teores de sais e causar sérios problemas no solo e na planta, assim como alterações em sua fisiologia. Estas alterações estão relacionadas à tolerância da cultura à salinidade e a qualidade da água de irrigação aplicada, pois, cada planta responde diferentemente ao mesmo nível salino em que é submetida. Assim sendo, objetivou com o presente trabalho avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre a fisiologia da cana-de-açúcar irrigada com cinco níveis de salinidade (0,5; 2,0; 3,5; 5,0 e 6,5 dS m⁻¹) em quatro repetições com delineamento inteiramente casualizado em lisímetros de drenagem. Os níveis de salinidade foram atingidos por meio da adição de NaCl e CaCl₂ a água de abastecimento local. Utilizou-se a variedade de cana RB867515. Aos 60 dias após o plantio(DAP) às plântulas passaram a receber os tratamentos salinos com frequência de rega diária por gotejamento, correspondendo a evapotranspiração da cultura, estimadas por método climático. Aos 140, 229 e 320 DAP realizou-se leituras de condutância estomática, transpiração e fotossíntese na folha +3 das plantas e aos 137, 243e 318 DAP realizou-se análise do potencial de água na folha. Observou-se redução linear em função do aumento da salinidade da água de irrigação em todas as variáveis e épocas analisadas, sendo estas reduções mais expressivas na primeira avaliação (140 e 137 DAP), à exceção da fotossíntese que proporcionou maior redução linear na última coleta de dados (320 DAP). O aumento da salinidade da água de irrigação influenciou negativamente as trocas gasosas e o potencial hídrico nas folhas de cana-de-açúcar.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum* spp., salinidade, irrigação

GAS EXCHANGES AND WATER POTENTIAL OF SUGAR CANE IRRIGATED WITH SALT WATERS

¹ Doutora em Engenharia Agrícola, DEAGRI-UFRPE. Recife – Pernambuco. E-mail: raquelelira@gmail.com

² Professor associado, DEAGRI-UFRPE. Recife – Pernambuco. E-mail: effsilva@uol.com.br

³ Acadêmico em Agronomia, UFRPE. Recife – Pernambuco. E-mail: marconebarros@gmail.com

⁴ Mestrando, DEAGRI-UFRPE. Recife – Pernambuco. E-mail: leandrocandidateg@hotmail.com

⁵ Professora associada, UFRPE. Recife – Pernambuco. E-mail: willadino.lilia@gmail.com

⁶ Agrônomo, UFRPE. Recife – Pernambuco. E-mail: xtrodriego@ig.com.br

ABSTRACT: In Pernambuco the production of sugar cane is very concentrated in coastal areas. In these areas, due to the intrusion of sea water, the waters used for irrigation can present high levels of salts and cause serious soil and plant problems, as well as changes in their physiology. These changes are related to the tolerance of the crop to the salinity and the quality of irrigation water applied, since each plant responds differently to the same saline level in which it is submitted. The objective of this study was to evaluate the effects of irrigation water salinity on irrigated sugar cane physiology with five salinity levels (0.5, 2.0, 3.5, 5.0 and 6,5dS m⁻¹) and four replicates with a completely randomized design in drainage lysimeters. The salinity levels were reached by addition of NaCl and CaCl₂ to the local water supply. The sugar cane variety RB867515 was used. At 60 days after planting (DAP) the seedlings began to receive saline treatments with frequency of daily drip irrigation, corresponding to evapotranspiration of the crop, estimated by climatic method. At 140, 229 and 320 DAP readings of stomatal conductance, transpiration and photosynthesis were performed on the +3 leaf of the plants and at 137, 243 and 318 DAP, water leaf potential analysis. A linear reduction was observed as a function of the irrigation water salinity increase in all analyzed variables and epochs, and these reductions were more significant in the first evaluation (140 and 137 DAP), except for the photosynthesis that provided the greatest linear reduction in the last data collection (320 DAP). The increase in salinity of irrigation water negatively influenced gas exchange and water potential in sugarcane leaves.

KEYWORDS: *Saccharum* spp., salinity, irrigation

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (CONAB, 2017), e em Pernambuco grande parte da produção está concentrada no litoral. Nestas áreas, devido à intrusão da água do mar, as águas utilizadas para irrigação podem apresentar altos teores de sais e causar sérios problemas no solo e na planta, assim como alterações em sua fisiologia. Segundo Silva et al. (2010a) os efeitos da salinidade sobre as plantas incluem restrição na assimilação do CO₂ e queda no teor de clorofila.

De acordo com Mortele et al. (2006), altas concentrações de sais no solo é um fator de estresse principalmente para espécies sensíveis a salinidade, devido a redução do potencial osmótico do solo que promove a retenção da água e dificulta a absorção hídrica pelas raízes das

plantas. Na cana-de-açúcar que é uma glicófita, nas fases iniciais a cultura chega a reduzir sua evapotranspiração em até 20% (Santana et al., 2007; Munir & Aftab, 2009).

O estresse hídrico que pode ser advindo da salinidade (Mortelet et al. 2006), afeta o desenvolvimento da arquitetura do dossel vegetativo da cana, o qual é fundamental na produtividade, uma vez que o dossel intercepta a radiação solar que, por sua vez, atua nos processos de fotossíntese e transpiração da cultura (Smit & Singels, 2006). Desta maneira, a abertura estomática regula a saída de vapor de água da planta (transpiração) e, ao mesmo tempo, a entrada de CO₂ para a fotossíntese, sendo que esta última decresce para níveis próximos de zero em potenciais hídricos que induzem o fecho estomático (Taiz & Zieger, 2009). Os mesmos autores afirmam que a cana-de-açúcar é uma espécie C₄, sendo uma das características dessas plantas a maior eficiência na abertura e fechamento dos estômatos, em condições de algum estresse.

Os valores de potencial de água na folha são muito importantes para se compreender a relação hídrica na própria planta e entre esta e o meio exterior (solo e atmosfera) (Correia, 2014). Taiz & Zeiger (2009) afirmam que o potencial hídrico fornece um índice relativo do estresse hídrico ao qual a planta está submetida, sendo identificadas diversas alterações fisiológicas, nas quais o processo mais afetado é o crescimento celular, seguido da fotossíntese.

Alguns estudos sobre trocas gasosas em cana-de-açúcar com salinidade ou estresse hídrico propriamente dito têm comprovado alterações na fisiologia das plantas (Nogueira et al. 2008; Machado et al. 2009; Silva 2010b, Andrade et al. 2015). Diante do exposto, objetivou com o presente trabalho avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre as trocas gasosas e o potencial hídrico da cana-de-açúcar irrigada com cinco níveis de salinidade.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Estação de agricultura irrigada Prof. Ronaldo Freire de Moura, localizada no Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Campus Recife, localizada a 8° 01' 05" de latitude Sul e 34° 56' 48" de longitude Oeste, e altitude de 6,5 m de acordo com o sistema SAD 69 (South American Datum).

A área experimental era composta por 40 lisímetros de drenagem, porém, neste estudo utilizou-se apenas 20. Todos os lisímetros apresentavam capacidade de 1.000 L, diâmetro externo na borda superior 1,38 m e altura externa de 0,745 m, equidistantes a 1,20 m, nas duas direções, e as caixas assentadas a 0,65 m de profundidade, ficando uma borda de 0,10 m acima

da superfície do solo para evitar a entrada de água de chuva ou irrigação, proveniente do escoamento superficial.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 4 repetições totalizando as 20 parcelas experimentais. Os níveis de salinidade utilizados foram: T1 = 0,5; T2 = 2,0; T3 = 3,5; T4 = 5,0 e T5 = 6,5 dS m⁻¹, sendo estes atingidos através da adição de NaCl e CaCl₂ a água de abastecimento local da UFRPE (CE = 0,5 dS m⁻¹). Para a testemunha (T1) utilizou-se apenas a água de abastecimento local sem a adição de sais. Utilizou-se a variedade de cana-de-açúcar RB867515, sendo os rebolos provenientes da Estação experimental de cana-de-açúcar do Carpina (EECAC-UFRPE), no qual, realizou-se o plantio de seis rebolos de duas gemas em cada lisímetro.

No estágio inicial do experimento foram realizadas irrigações com água de abastecimento local sendo aplicados quatro milímetros a cada dois dias nos lisímetros, de modo a assegurar a brotação e estabelecimento das plantas. Aos 60 dias após o plantio (DAP) iniciou-se a aplicação dos tratamentos, sendo a irrigação realizada diariamente com base na evapotranspiração da cultura (ET_c), calculada através da multiplicação da evapotranspiração de referência (ET_o) pelo coeficiente de cultivo (k_c). A ET_o foi obtida de acordo com os dados climáticos de uma estação meteorológica automática (Campbell Scientific, CR1000/CFM100/OS100) situada na área, que fornecia o resultado utilizando a equação de PenmanMonteith. O k_c utilizado foi um valor admissional correspondente a fase fenológica em que a planta se encontrava, de acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO. Nos dias em que a precipitação era igual ou superior a ET_c, não houve irrigação. Utilizou-se sistema de irrigação por gotejamento, com quatro emissores autocompensantes por lisímetro, espaçados 0,30 m com vazão média aferida em campo de 4,2 L h⁻¹ por emissor.

Aos 140, 229 e 320 DAP avaliou-se as trocas gasosas: condutância estomática, fotossíntese e transpiração utilizando o analisador de gás infravermelho (IRGA LI-6200). E aos 137, 243 e 318 DAP realizou-se a análise do potencial de água na folha utilizando a câmara de Scholander. As análises foram realizadas em uma folha por lisímetro, fisiologicamente madura e não sombreada, na folha +3 de acordo com a numeração proposta por Kuijper (DILLEWIJN, 1952), sendo as trocas gasosas realizada entre as 11 e 13 horas, horário de brilho de sol intenso e elevada demanda evapotranspirométrica, em dia típico sem nebulosidade, para evitar instabilidades causadas por variações rápidas da radiação solar, já o potencial de água na folha foi realizado as 03 horas da madrugada, momento em que a planta está em equilíbrio com o ambiente inserida.

Os dados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F ($p < 0,05$ e $< 0,01$) e regressão, utilizando-se o programa estatístico sisvar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando as trocas gasosas em termos de condutância estomática, fotossíntese e transpiração nas folhas da cana-de-açúcar, observou-se através da análise de variância que houve efeito significativo da salinidade da água de irrigação ao nível de 1% de probabilidade aos 140, 229 e 320 DAP.

Nas Figuras 1, 2 e 3 pode-se verificar as regressões realizadas para as variáveis de trocas gasosas, nas quais se observa redução linear em função do aumento da salinidade da água de irrigação, sendo constatado que as menores atividades ocorreram nas plantas submetidas ao tratamento mais salino. De acordo com Bezerra et al. (2003) o estresse osmótico, associado ao acúmulo total de sais no solo, reduz a disponibilidade de água para os vegetais e pode, conseqüentemente, afetar as trocas gasosas e o crescimento das plantas.

Em termos de condutância estomática (gs) verifica-se que os estômatos das folhas irrigadas apenas com água de abastecimento ($T1 = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$) estavam mais abertos do que os demais tratamentos. Apesar da cana-de-açúcar ser uma espécie C4, ou seja, apresentar uma maior eficiência na abertura e fechamento dos estômatos em condições de estresse em comparação com plantas do metabolismo C3, observou-se que para os três períodos estudados (140, 229 e 320 DAP) as plantas do experimento estavam sob estresse salino intenso proporcionando menores valores de condutância estomática a medida em que aumentava o nível salino (Figura 1). De acordo com Inman-Bamberet al. (2005), a redução da condutância estomática é uma estratégia da planta para evitar a desidratação das folhas.

A transpiração (E) apresentou decréscimos em torno de 10% em função do aumento da salinidade da água nas três datas de análise (Figura 2). Gonçalves et al., (2010) retrata uma tendência similar entre a condutância estomática (gs) e a transpiração (E), tendo em vista que ocorre diminuição do fluxo de vapor d'água para a atmosfera e conseqüentemente da transpiração à medida em que se fecham os estômatos. Machado et al. (2009) estudando déficit hídrico em cana-de-açúcar, em diferentes fases fenológicas também verificou que a redução de (gs) também causou decréscimo na (E), isto nos genótipos estudados (IACSP 94-2094 e IACSP 96-2042).

A taxa fotossintética (assim como as demais variáveis) apresentou redução em função do aumento dos níveis salinos, apresentando médias que variaram de 17,8 no tratamento (T1) até

em torno de $6 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ m}^{-1}$ para o maior nível salino (T5) aos 140 DAP. Aos 229 DAP observa-se que os resultados encontrados estão próximos um dos outros comparados com a primeira análise, já aos 320 DAP percebe-se uma maior queda na fotossíntese das folhas (Figura 3). Observou-se redução de 11, 13 e 16% aos 140, 229 e 320 DAP respectivamente em função do aumento da salinidade da água. Andrade et al. (2015) observaram decréscimos de 9,28% aos 139 dias após a brotação (DAB) em cana-de-açúcar irrigada com água de $4,6 \text{ dS m}^{-1}$ quando comparada com água de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$.

O estresse salino prejudica a fotossíntese por aumentar a resistência à difusão de CO_2 por meio de estômatos e mesófilo foliar, além de alterações no metabolismo fotossintético (Epstein & Bloom, 2006; Munns & Tester, 2008). Em estudo de trocas gasosas em cana-de-açúcar, Gonçalves et al. (2010) observaram decréscimo da taxa de fotossíntese líquida, entre as épocas de avaliação em função dos dias de exposição ao estresse hídrico como ocorreu no presente trabalho com o incremento da salinidade.

Para o potencial de água na folha observou-se que a salinidade da água promoveu efeito significativo em todas as datas analisadas. A análise de regressão indicou um decréscimo linear com o aumento da salinidade da água de irrigação, sendo observado que seu ponto mais baixo ocorreu nas plantas submetidas ao tratamento mais salino $T5 = 6,5 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 4). Isto ocorreu provavelmente devido às plantas submetidas ao estresse salino possuírem maior dificuldade de absorção de água devido à diminuição do potencial osmótico, juntamente com o potencial mátrico, em que, as raízes das plantas têm que vencer as resistências de absorção de água no solo de maneira que as plantas terão que desprender energia extra para equilibrar tais potenciais e consequentemente absorver água, mesmo em um solo aparentemente úmido (Munns & Tester, 2008).

Foram encontradas reduções percentuais calculadas como a razão entre os coeficientes angular e linear (a/b) em função do aumento da salinidade da água em dS m^{-1} de 66,30; 35,75; e 40,77%, para os 137, 243 e 318 DAP, respectivamente (Figura 4).

CONCLUSÕES

A salinidade da água de irrigação influenciou negativamente as trocas gasosas analisadas (condutância estomática, transpiração e fotossíntese) nas folhas de cana-de-açúcar após serem irrigadas com águas salobras. O potencial hídrico das folhas de cana-de-açúcar diminuiu com o aumento da salinidade da água de irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, E. M. G.; LAIME, E. M. O.; FERNANDES, P. D.; LIMA, V. L. A.; SOUTO FILHO, L. T.; SUASSUNA, J. F. Trocas gasosas da cana-de-açúcar sob irrigação com águas salinizadas no segundo ciclo de cultivo. In: III INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 3093, 2015, Fortaleza. Anais eletrônicos... Fortaleza: INCTsal, 2015. Disponível em: <http://www.bibliotekevirtual.org/simposios/III-INOVAGRI-2015/03.09.2015/a333.pdf>. Acesso em 20 Mar. 2017.
- BEZERRA, M. A.; OLIVEIRA, R. A.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fotossíntese de plantas de cajueiro-anão precoce submetidas ao estresse salino. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*, v.47, p. 149-152, 2003.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Brasília, Primeiro levantamento, 2017. 62p.
- CORREIA, S. Potencial hídrico. *Revista de ciência elementar*, v.2, n.1, p.1-2, 2014.
- DILLEWIJN, C. VAN. Botany of sugarcane. Waltham: Chronica Botânica, 1952. 433p.
- Epstein, E.; Bloom, A. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.
- GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V. ENDRES, L.; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.4, p. 378–386, 2010.
- INMAN-BAMBER, N. G.; BONNETT, G.D.; SMITH, D.M.; THORBURN, P.J. Sugar canephysiology: integrating from cell to crop to advance sugarcane production. *Field CropsResearch*, v.92, p.115-117, 2005.
- MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V.; MARCHIORI, PAULO E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, MARCOS G. A. Respostas biométricas e fisiológicas ao deficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. *Pesquisa agropecuária*, v.44, n.12, p.1575-1582, 2009.

MORTELE, L. M.; Lopes, P. C.; Braccini, A. L.; Scapim, C. A. germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. *Revista Brasileira de Sementes*, v.28, n.3, p.169-176, 2006.

MUNNS, R.; TESTER M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, p.651-681, 2008.

MUNIR, N.; AFTA B, F. The role of polyethylene glycol (PEG) pretreatment in improving sugarcane salt (NaCl) tolerance. *Turkishjournalofbotany*, v.33, n.6, p. 407-415, 2009.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; GRACIANO, E. S. A.; PACHECO, C. M.; LIMA, D. R. M.; ALBUQUERQUE M. B.; SIMÕES NETO D. E. Uso de ferramentas fisiológicas e bioquímicas para estudo da tolerância à salinidade em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) na fase inicial de crescimento. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 9, Maceió. Anais... Maceió: STAB, 2008. 2008. (CD-ROM).

SANTANA, M. J; CARVALHO, J. A; SOUZA, K. J; SOUZA, A. M. J; VASCONCELOS, C. L; ANDRADE, L. A. B. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) em solos com diferentes níveis texturais. *Ciência e Agrotecnologia*. v.31, n.5, p.1470-1476, 2007.

SILVA, E. N; RIBEIRO, R.V.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Comparative effects of salinity and water stress on fotosynthesis, water relation sand growthof *Jatro phacurcas* plants. *Journal of Arid Environments*, v.74, n. 10, p. 1130-1137, 2010a.

SILVA, P. B. Aspectos fisiológicos de seis genótipos de cana-de- açúcar submetidos a estresse hídrico. Rio Largo, 2010b. 89p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal e Produção de Plantas) – Universidade Federal de Alagoas, UFAL.

SMIT, M.A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. *Field Crops Research*, v.98, n.2, p.91-97, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

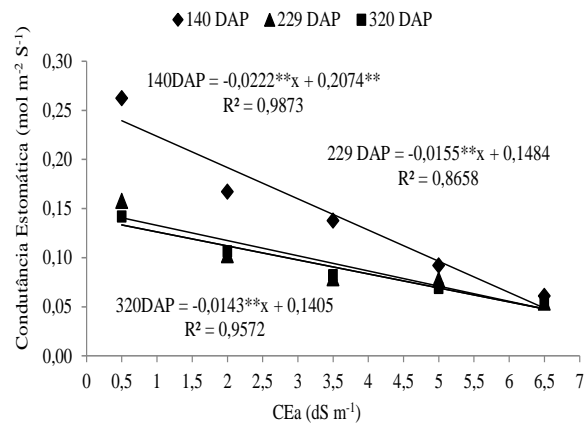


Figura 1. Condutância estomática em cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de salinidade aos 140, 229 e 320 dias após o plantio

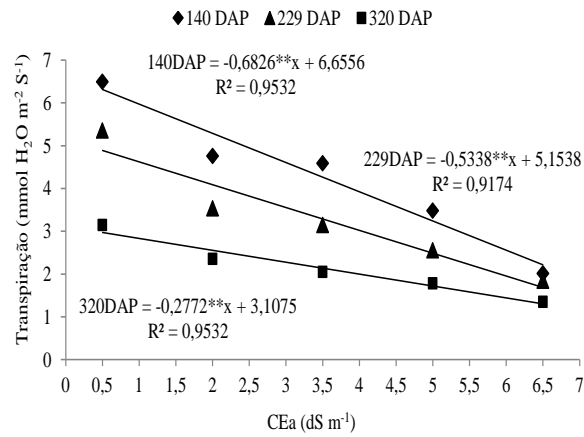


Figura 2. Taxa transpiratória em cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de salinidade aos 140, 229 e 320 dias após o plantio

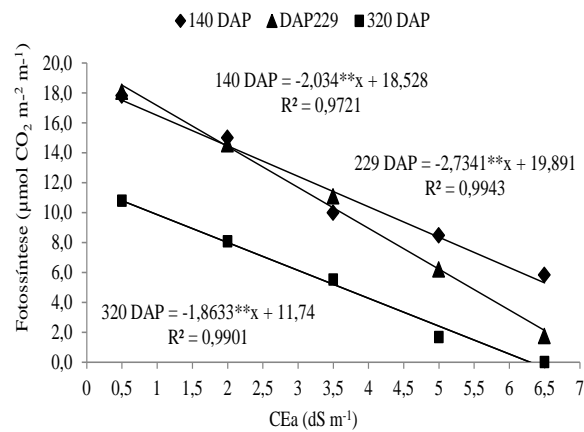


Figura 3. Taxa fotossintética em cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de salinidade aos 140, 229 e 320 dias após o plantio

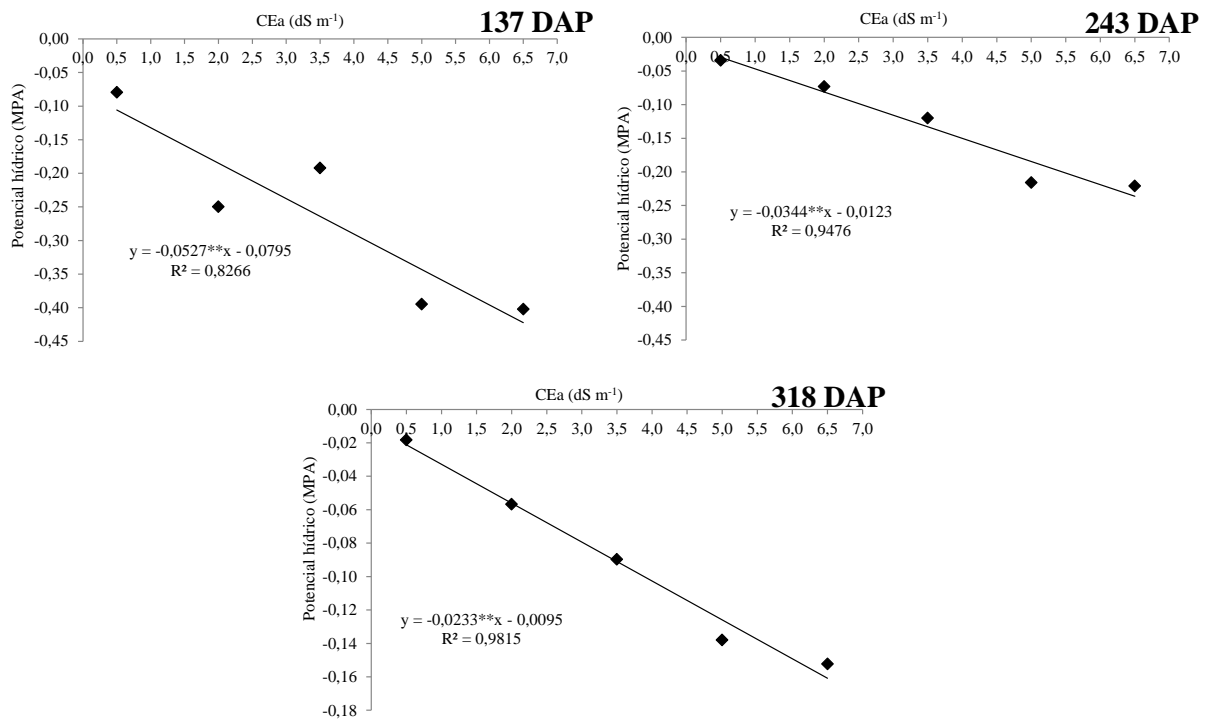


Figura 4. Análise de regressão aplicado ao potencial hídrico da cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação aos 137, 243 e 318 dias após o plantio.