

## CONCENTRAÇÃO DE CÁTIOS LIXIVIADOS EM SOLO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA À IRRIGAÇÃO SALINA E FRAÇÕES DE LIXIVIAÇÃO<sup>1</sup>

R. M. de Lira<sup>2</sup>, L. C. Gordin<sup>3</sup>, E. F. F. e Silva<sup>4</sup>, G. F. da Silva<sup>5</sup>, D. C. Dantas<sup>6</sup>,  
J. E. F. de Morais<sup>7</sup>

**RESUMO:** O presente trabalho objetivou avaliar a concentração de cátions no lixiviado do solo cultivado com cana-de-açúcar irrigada com águas salobras. Realizou-se experimento em lisímetros de drenagem na Universidade Federal Rural de Pernambuco, no campus do Recife. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2 com 4 repetições, sendo cinco níveis de salinidade da água de irrigação: T1=0,5; T2=2,0; T3=3,5; T4=5,0 e T5=6,5 dS m<sup>-1</sup>, obtidos com a adição de NaCl e CaCl<sub>2</sub> à água de abastecimento local, significando o tratamento T1 a testemunha, ou seja, sem adição de sais na água de abastecimento, e duas frações de lixiviação correspondente a: L1=100 e L2=120% da evapotranspiração da cultura ETc. Diariamente foi monitorada a condutividade elétrica do material lixiviado e aos 129, 214, 286 e 324 dias após o plantio (DAP), coletou-se uma alíquota da água drenada para análise da concentração de Na, K, Ca e Mg. Foi observado que a partir dos 94 DAP, todos os tratamentos com fração de lixiviação L2 apresentaram menor condutividade elétrica da água drenada, exceto para o T3=3,5 dS m<sup>-1</sup>. Em todos os cátions analisados foi encontrada uma maior concentração no lixiviado quando se utilizou a fração L1=100% da ETc. O uso da fração de lixiviação L2 proporcionou maior dissolução dos sais podendo ter ocasionado maior absorção dos cátions essenciais pela cultura. O sódio foi o cátion quantitativamente mais lixiviado em todas as datas de coletas.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Saccharum* spp., salinidade, íons solúveis

<sup>1</sup> PARTE DA TESE DE DOUTORADO DA PRIMEIRA AUTORA

<sup>2</sup> Doutora em Engenharia Agrícola, DEAGRI-UFRPE. Recife – Pernambuco. E-mail: raquelelira@gmail.com

<sup>3</sup> Mestrando, DEAGRI-UFRPE. CEP: 52171-900, Recife/PE. Fone: 33206279, E-mail: leandrocardidog@hotmail.com

<sup>4</sup> Professor associado, DEAGRI-UFRPE. Recife – Pernambuco. E-mail: effsilva@uol.com.br

<sup>5</sup> Professor Adjunto, UFRPE. Recife – Pernambuco. E-mail: agrogefe@yahoo.com.br

<sup>6</sup> Pós doutorando, UFRPE. Recife – Pernambuco. E-mail: d1cdantas@hotmail.com

<sup>7</sup> Doutorando, UFRPE. Recife – Pernambuco. E-mail: joseedson50@hotmail.com

## CONCENTRATION OF LEACHED CATIONS IN SOIL CULTIVATED WITH SUGAR CANE SUBMITTED TO SALINE IRRIGATION AND LEACHING FRACTIONS

**ABSTRACT:** The present work aimed to evaluate the concentration of cations in the leachate of the soil cultivated with sugarcane irrigated with brackish water. An experiment was carried out in drainage lysimeters at the Federal Rural University of Pernambuco, on the Recife campus. A completely randomized design was used in a 5x2 factorial scheme with four replications, with five irrigation water salinity levels: T1 = 0.5; T2 = 2.0; T3 = 3.5; T4 = 5.0 and T5 = 6.5 dS m<sup>-1</sup>, obtained with the addition of NaCl and CaCl<sub>2</sub> to the local supply water, the T1 treatment being the control, that is, without addition of salts in the supply water, and two leaching fractions corresponding: L1 = 100 and L2 = 120% of the evapotranspiration of the ET<sub>c</sub> crop. Daily, the electric conductivity of the leached material was monitored and at 129, 214, 286 and 324 days after planting (DAP), an aliquot of the drained water was collected to analyze the concentration of Na, K, Ca and Mg. It was observed that from 94 DAP, all treatments with L2 leaching fraction presented lower electrical conductivity of drained water, except for T3 = 3.5 dS m<sup>-1</sup>. In all analyzed cations a higher concentration was found in the leachate when used the L1 fraction = 100% of ET<sub>c</sub>. The use of the leaching fraction L2 provided greater dissolution of the salts and may have caused a higher uptake of the essential cations by the culture. Sodium was the most quantitatively leached cation at all collection dates.

**KEYWORDS:** *Saccharum* spp., salinity, Soluble ions

### INTRODUÇÃO

A salinização em áreas cultivadas é um fenômeno crescente em todo o mundo, isto é favorecido através da irrigação, no qual, normalmente há uma incorporação de sais ao perfil do solo, devido a toda água conter íons solúveis mesmo que em pequenas quantidades. No entanto, se não existir uma drenagem adequada e ocorrer irrigação constante, os íons se depositam na zona radicular das plantas ou na superfície do terreno, decorrente do processo de evaporação da água.

O excesso de sais nas terras agricultáveis podem trazer sérios prejuízos às propriedades físicas e químicas do solo e provocar redução generalizada no crescimento das plantas (Cavalcante et al., 2010). Quando a irrigação é efetuada com águas de altas concentrações

salinas estes danos podem ser maiores, tanto para o solo quanto para as culturas. Assim sendo, ao se utilizar este tipo de água na irrigação, o uso de frações de lixiviação pode contribuir para reduzir o acúmulo salino no perfil (Sharma&Rao, 1998; Ayers&Westcot, 1999; Beltrán, 1999) e também favorecer uma maior absorção dos nutrientes pela cultura. A fração de lixiviação consiste numa lâmina de água que atravessa e percola a zona radicular da planta (Ayers&Westcot, 1999) promovendo o arraste dos sais para longe das raízes. Desta maneira almeja-se que quanto maior for esta fração, maior será a lixiviação de íons.

De acordo com Silva et al. (2011) os principais sais dissolvidos na água de irrigação são os cátions: sódio, cálcio e magnésio, sendo o potássio em proporções mais baixas. No entanto, cada elemento apresenta diferentes reações no sistema solo-planta-atmosfera, no qual, é totalmente dependente do ambiente onde se está inserido.

Neste sentido, é bastante importantes e conhecer se estes elementos estão sendo removidos e ou retidos pelo solo, e absorvidos pelas plantas. Contudo, objetivou com o presente trabalho avaliar a concentração de cátions lixiviados em solo cultivado com cana-de-açúcar submetida à irrigação salina e frações de lixiviação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação lisimétrica 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 com capacidade de 1.000 L cada, diâmetro externo na borda superior 1,38m 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.

Os tratamentos consistiram da combinação de cinco condutividades elétricas da água (CEa): T1 = 0,5; T2 = 2,0; T3 = 3,5; T4 = 5,0 e T5 = 6,5 dS m<sup>-1</sup> e duas frações de lixiviação (0 e 0,17) correspondendo a L1=100 e L2=120% da evapotranspiração da cultura (ETc), respectivamente. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições, totalizando as 40 parcelas experimentais.

Os níveis de salinidade foram estabelecidos por meio de adição de NaCl e CaCl<sub>2</sub> na proporção molar de 1:1 (Ca:Na), respectivamente, à água de abastecimento local da UFRPE (CE = 0,5 dS m<sup>-1</sup>). 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 RB86 7515, 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.

Os tratamentos começaram a serem aplicados aos 60 dias após o plantio (DAP) com irrigação realizada diariamente via clima, baseada na ETc. Nos dias em que a precipitação era igual ou superior a ETc, 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<sup>-1</sup> por emissor.

Diariamente, coletou-se uma alíquota da água drenada para monitoramento da concentração de sais no lixiviado dos lisímetros que drenavam, através da medição da condutividade elétrica da água com condutivímetro de bancada. Só existiu drenagem em todos os lisímetros quando ocorria precipitação acima da ETc. Aos 129, 214, 286 e 324 DAP analisou-se os cátions: cálcio, magnésio, potássio e sódio no lixiviado segundo metodologia da EMBRAPA (2011). Os dados dos cátions foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F ( $p < 0,05$ ) e regressão para níveis de salinidade, já quando houve significância apenas entre as lâminas de irrigação a comparação ocorreu mediante teste de médias pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), utilizando-se o programa estatístico sisvar.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral verificou-se que a condutividade elétrica do material lixiviado em dias em que ocorreu drenagem em todos os lisímetros decorrentes de chuvas do dia anterior, apresentou até os 94 DAP valores próximos um dos outros (inferior à 3 dS m<sup>-1</sup>). A partir deste período começou a ser notadas diferenças na condutividade elétrica nos dias seguintes decorrente dos diferentes tratamentos (Figura 1). Isto ocorreu por causa da frequência de irrigação, no qual, estava sendo aplicado os tratamentos diariamente com as diferentes CEa que estava proporcionando um acúmulo dos sais no solo e a partir de então observou-se um período mais seco, apresentando diferença entre os tratamentos na água drenada.

A partir dos 94 DAP, a maioria dos tratamentos com fração de lixiviação L2=120% da ETc, apresentaram menor condutividade elétrica da água drenada, isto ocorreu devido ao fato de se aplicar uma lâmina de irrigação maior, o que promoveu uma maior dissolução de sais,

além de favorecer uma maior absorção de nutrientes pela planta, resultando em menor condutividade elétrica.

Também, a aplicação da lâmina L1 não proporcionava drenagem diariamente e os sais ficavam acumulados no solo e só eram lixiviados quando ocorria precipitação ocasionando desta maneira uma maior CEa lixiviada. Ferreira et al. (2006), trabalhando com beterraba irrigada com água salobra de 1, 2, 3 e 4 dS m<sup>-1</sup> e aplicando frações de lixiviação equivalente a 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 e 1,25 do volume de poros do solo, também observaram incrementos da salinidade no lixiviado com o decréscimo das lâminas de lixiviação. Smanhotto et al. (2009) estudando a aplicação de diferentes taxas de água residuária da suinocultura quanto a concentração de sais no lixiviado, em cultivo de soja, nas doses de 0, 100, 200 e 300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> observaram que os maiores teores de sais no lixiviado foram encontrados nas menores lâminas aplicadas, o que comprova o efeito de diluição dos sais favorecendo uma maior absorção de nutrientes pela planta.

Observou-se ainda em termos de condutividade elétrica da água drenada que em alguns períodos de análise a salinidade decresceu, isto devido as chuvas intensas ocorridas. Verificou-se também que a maior condutividade ocorreu por volta dos 156 DAP, período em que foi atingido uma CEa de aproximadamente 14 dS m<sup>-1</sup> pelo nível mais salino e onde aplicou-se a lâmina de irrigação correspondente a ETc (T5L1) (Figura 1).

Em relação à concentração de sais Na, K, Ca e Mg na água drenada foi verificado efeito isolado dos fatores salinidade da água de irrigação e frações de lixiviação, não sendo evidenciado interação entre os mesmos em nenhuma época ou elemento avaliado. Também foi constatado que na última análise aos 324 DAP não ocorreu efeito significativo de nenhum fator em nenhum cátion, a exceção do sódio que apresentou efeito isolado da salinidade da água de irrigação (Tabela 1).

Para todos os cátions verificou-se que, na medida em que se aumentava a salinidade da água de irrigação, os mesmos foram mais lixiviados com incrementos de acordo com a equação de regressão apresentada para cada elemento e data conforme consta a Figura 2. Observa-se que para todos os íons analisados aos 214 DAP houve maior lixiviação dos sais, provavelmente devido a se tratar de um período mais seco, então mais irrigação com água salinizada era realizada e provavelmente as plantas tinham uma maior dificuldade de absorção de nutrientes.

Verificou-se, de maneira geral que, para todos os elementos houve um comportamento semelhante em termos de fração de lixiviação, no qual, apresentaram uma maior concentração do elemento no lixiviado na fração de lixiviação L1, exceto para o íon sódio na primeira análise aos 129 DAP que apresentou uma maior concentração na fração de lixiviação L2 (Tabela 2),

sendo encontrado um valor médio de  $24,3404 \text{ mmolc L}^{-1}$ , fato que pode ter ocorrido devido ao arraste dos sais para as camadas mais profundas e a não absorção deste elemento pelas plantas, devido a concentração bastante elevada na solução do solo. Martinez et al. (2010) afirmam que quando se aplica uma irrigação com níveis acima do tolerado pela cultura e com água a mais que a necessidade da planta (fração de lixiviação) ocorre um deslocamento miscível dos solutos através da difusão, dispersão e fluxo de massa, no qual transporta os solutos para áreas mais profundas da zona radicular.

Quantitativamente o elemento mais lixiviado foi o sódio, fato devido ao mesmo ser bastante móvel no solo e se encontrar em maior quantidade na água de irrigação. Em se tratando dos elementos essenciais analisados, percebe-se também que o cálcio foi o que apresentou maiores perdas, isto devido ao mesmo participar na composição química da água utilizada na irrigação numa concentração maior à medida que se aumentava a CEa. Benites et al. (2009) afirmam que comparando os três elementos essenciais os quais, foram avaliados nesta pesquisa no lixiviado (Cálcio, magnésio e potássio), a maior mobilidade é do íon  $\text{K}^+$ , seguido do  $\text{Mg}^{2+}$  e o menos móvel é o  $\text{Ca}^{2+}$ , porém, Ishiguro et al. (1992) já afirmavam que quanto maior a concentração do nutriente na solução do solo, maior é a chance dele ser perdido por lixiviação. O movimento do potássio ocorre preferencialmente por difusão e em menor proporção por fluxo de massa (Oliveira et al., 2004), enquanto o movimento de cálcio e magnésio ocorre preferencialmente por fluxo de massa (Malavolta, 2006). Além disso, o potássio se apresenta em maior concentração na planta, em comparação com o cálcio e magnésio. Mengel e Kirkby (2001) afirmam que, embora a concentração de cálcio na solução do solo seja dez vezes maior que a do potássio, sua absorção será usualmente menor que a de potássio pela planta.

## CONCLUSÕES

- O uso da fração de lixiviação L2 proporcionou maior dissolução dos sais podendo ter ocasionado maior absorção dos cátions essenciais pela cultura;
- A salinidade da água de irrigação proporcionou um incremento nos cátions lixiviados;
- O sódio foi o cátion quantitativamente mais lixiviado em todas as datas de coletas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Tradução de H.R. Gheyi, J.F. de Medeiros e F.A.V. Damasceno. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29 revisado).

BELTRÁN, J. M. Irrigation with saline water: benefits and environmental impact. *Agricultural Water management*, v.40, p.183-194, 1999.

BENITES, V.M.; CARVALHO, M.C.; RESENDE, A.V.; POLIDORO, J.C.; BERNARDI, A.C.C.; OLIVEIRA, F.A. O potássio, o cálcio e o magnésio na agricultura Brasileira. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. Distrito Federal, 2009. Cap.16, p. 100-130.

CAVALCANTE, L. F.; CORDEIRO, J. C.; NASCIMENTO, J. A. M; CAVALCANTE, I. H. L.; DIAS, T. J. Fontes e níveis da salinidade da água na formação demudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, suplemento 1, p.1281- 1290, 2010.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos.2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2011, 212p.

FERREIRA, P. A.; MOURA, R. F.; SANTOS, D. B.; FONTES, P. C. R.; MELO, R. F. Efeitos da lixiviação e salinidade da água sobre um solo salinizado cultivado com beterraba. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.10, n.3, p.570–578, 2006.

ISHIGURO, M.; SONG, K. C.; YUITA, K. Ion transport in an Allophanic Andisol under the influence of variable charge. *Soil Science Society of America Journal*, v.56, n.6, p. 1789–1793, 1992.

MALAVOLTA, E. Manual de Nutrição Mineral de Plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MARTINEZ, M.A.; SILVA, J.B.G.; PEREIRA, D.R. Modelagem do movimento de sais no solo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCT Sal, 2010. Cap.7, p.93-113.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition.5 ed. Dordrecht: KluwerAcademic, 2001.

OLIVEIRA, R. H.; ROSOLEM, C. A.; TRIGUEIRO, R. M. Importância do fluxo de massa e difusão no suprimento de potássio ao algodoeiro como variável de água e potássio no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, n.3, p. 439–445, 2004.

SHARMA, D. P.; RAO, K. V. G. K. Strategy for longterm use of saline drainagewater for irrigation in semi-aridregions. *Soil&TillageResearch*, v.48, p.287-295, 1998.

SMANHOTTO, A; PRIOR, M.; DIETER, J.; SONCELAR, R.; DAL BOSCO, T.C.; TESSARO, D. Lixiviação de sais em lisímetros de drenagem submetidos a aplicação de água residuária da suinocultura. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS,1, Florianópolis. **Anais...**, SBERA, 2009. 2009. (CD-ROM).

SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, A. C. Qualidade de água na irrigação. *ACSA-Agropecuária científica no semiárido*, v.07, n 03, p. 01 – 15, 2011.

**Tabela 1.** Análise de variância dos cátions lixiviados em função dos níveis de salinidade da água de irrigação e frações de lixiviação

Fonte	GL	Ca <sub>129DAP</sub>	Ca <sub>214DAP</sub>	Ca <sub>286DAP</sub>	Ca <sub>324DAP</sub>	Mg <sub>129DAP</sub>	Mg <sub>214DAP</sub>	Mg <sub>286DAP</sub>	Mg <sub>324DAP</sub>
Varição		----- (Pr>F) -----							
CEa (S)	4	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,8849 <sup>ns</sup>	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,5520 <sup>ns</sup>
Fração(L)	1	0,0000**	0,0001**	0,0017**	0,3757 <sup>ns</sup>	0,0122**	0,0013	0,0000**	0,4597 <sup>ns</sup>
S x L	4	0,2217	0,9164 <sup>ns</sup>	0,0549 <sup>ns</sup>	0,2273 <sup>ns</sup>	0,3362 <sup>ns</sup>	0,7707 <sup>ns</sup>	0,1553 <sup>ns</sup>	0,6814 <sup>ns</sup>
CV (%)		4,81	16,94	14,88	30,65	20,96	11,94	11,51	42,19

Fonte	GL	K <sub>129DAP</sub>	K <sub>214DAP</sub>	K <sub>286DAP</sub>	K <sub>324DAP</sub>	Na <sub>129DAP</sub>	Na <sub>214DAP</sub>	Na <sub>286DAP</sub>	Na <sub>324DAP</sub>
Varição		----- (Pr>F) -----							
CEa (S)	4	0,000**	0,0000**	0,0000**	0,1337 <sup>ns</sup>	0,0000**	0,0000**	0,0000**	0,003**
Fração(L)	1	0,000**	0,0000**	0,0000**	0,3741 <sup>ns</sup>	0,0141*	0,0000**	0,0000**	0,078 <sup>ns</sup>
S x L	4	0,0785 <sup>ns</sup>	0,1140 <sup>ns</sup>	0,1574 <sup>ns</sup>	0,8391 <sup>ns</sup>	0,8903 <sup>ns</sup>	0,0946 <sup>ns</sup>	0,0890 <sup>ns*</sup>	0,353 <sup>ns</sup>
CV (%)		21,20	17,21	9,29	73,17	12,93	15,94	14,49	34,47

**Tabela 2.** Comparação de médias nos cátions lixiviados considerando o fator fração de lixiviação

Fonte	Ca <sub>129DAP</sub>	Ca <sub>214DAP</sub>	Ca <sub>286DAP</sub>	Ca <sub>324DAP</sub>	Mg <sub>129DAP</sub>	Mg <sub>214DAP</sub>	Mg <sub>286DAP</sub>	Mg <sub>324DAP</sub>
Varição	----- mmolc L <sup>-1</sup> -----							
L1	18,4982a	36,2052a	28,304a	4,0207a	4,1704a	7,9738a	6,1820a	0,9211a
L2	16,6362b	32,8613b	26,840b	3,5813a	3,4929b	6,9747b	5,0450b	0,8236a
DMS	0,5456	1,5467	0,8687	0,9978	0,5186	0,5762	0,4174	0,2658

Fonte	K <sub>129DAP</sub>	K <sub>214DAP</sub>	K <sub>286DAP</sub>	K <sub>324DAP</sub>	Na <sub>129DAP</sub>	Na <sub>214DAP</sub>	Na <sub>286DAP</sub>	Na <sub>324DAP</sub>
Varição	----- mmolc L <sup>-1</sup> -----							
L1	0,0618a	0,0800a	0,0517a	0,0443a	22,8809b	71,1536a	57,1128a	4,4544a
L2	0,0288b	0,0585b	0,0435b	0,0365a	24,3404a	61,3004b	52,6583b	3,4400a
DMS	13,17	0,0077	0,0028	0,0167	1,3722	2,5418	1,5917	1,1336

DMS – Diferença mínima significativa

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade



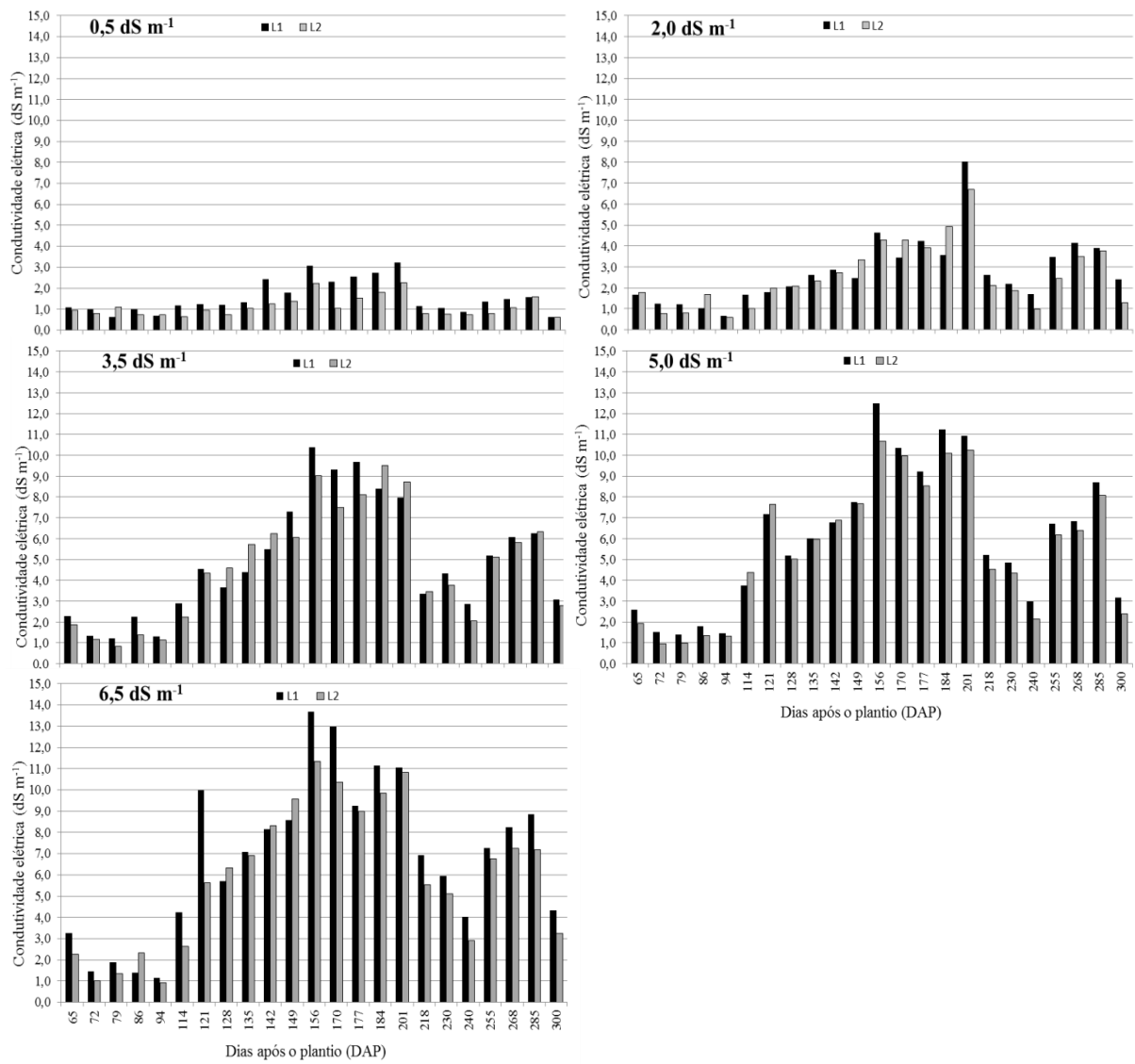
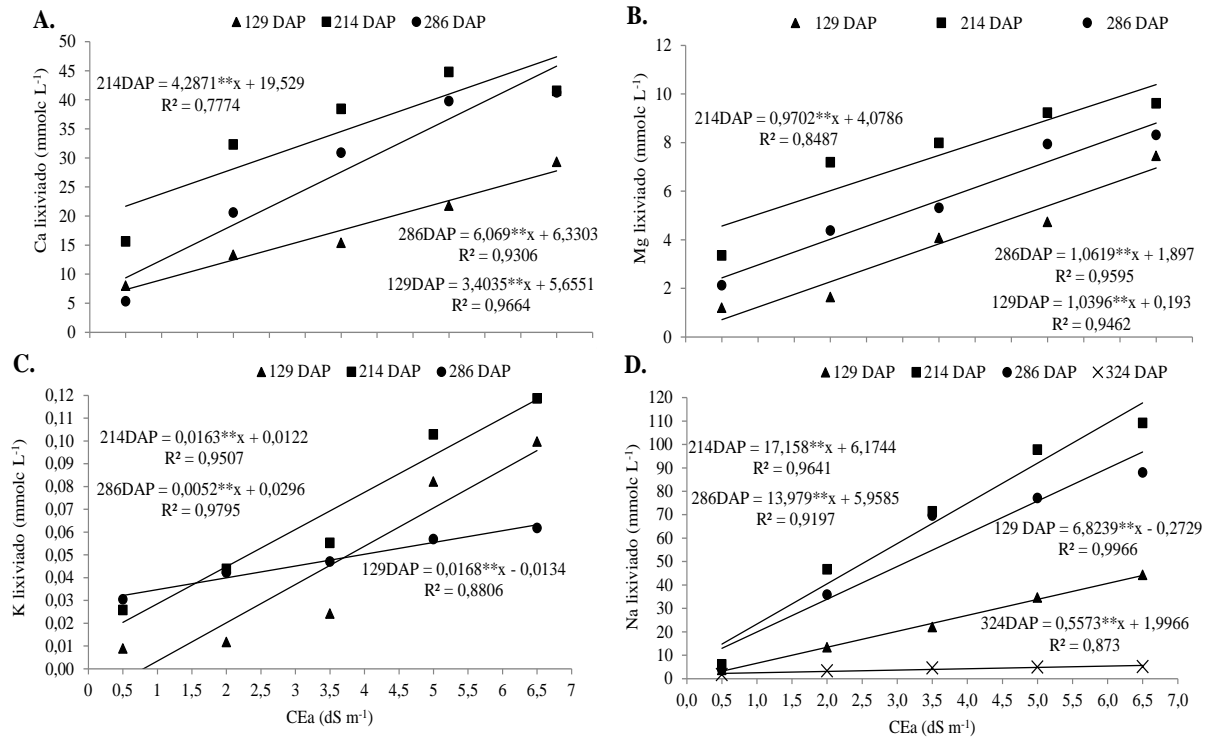


Figura 1. Condutividade elétrica da água drenada nos lisímetros



**Figura 2.** Concentração de cálcio (A), magnésio (B), potássio (C) e sódio (D) lixiviados na água drenada dos lisímetros