

## MORFOFISIOLOGIA DO CRESCIMENTO INICIAL DE CAFEIROS SOB SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

**IDELFONSO LEANDRO BEZERRA<sup>1</sup>; LUCAS DA SILVA SANTOS<sup>1</sup>; VALÉRIA LOPES DE OLIVEIRA<sup>2</sup>; FRED MELO TOLEDO<sup>3</sup>; EMANOEL PEREIRA SAMPAIO<sup>4</sup> E DAVID BRAGA DE CASTRO<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Professor do Departamento Acadêmico de Agronomia, Fundação Universidade Federal de Rondônia – Campus Rolim de Moura, Avenida Norte Sul, 3.700, Nova Morada, 76.940-000, Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, e-mail: idelfonsobezerra@unir.br; lucas.santos@unir.br.

<sup>2</sup>Mestranda em Química Tecnológica e Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso, Avenida Vereador Juliano da Costa Marques, S/N, Bela Vista, 78050-560, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil, e-mail: valeriaagroengenhira@gmail.com.

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Empresa Maxxima Consultorias Eireli, Rua Zelino Agostinho Lorenzetti, 127w, Campos de Júlio, Mato Grosso, Brasil, e-mail: frj31.fm@gmail.com.

<sup>4</sup>Estudantes de Iniciação Científica do Curso Bacharelado em Agronomia, Fundação Universidade Federal de Rondônia – Campus Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, e-mail: emanuelsampaio22@gmail.com; david.braga.ifroagro2013@gmail.com.

### 1 RESUMO

A intensidade do estresse salino na planta depende da tolerância, que é variável entre espécies e entre genótipos da mesma espécie. Objetivou-se neste trabalho, avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre o crescimento vegetativo inicial, trocas gasosas, extravasamento de eletrólitos e estado hídrico de clones de café canéfora. O experimento foi conduzido em ambiente protegido usando o delineamento experimental em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x2, com quatro repetições, sendo cinco condutividades elétricas da água de irrigação (CEa): 0,08; 0,88; 1,68; 2,48 e 3,28 dS m<sup>-1</sup> e dois clones: C08 e C25. Houve efeito da interação entre salinidade e clones apenas para área foliar aos 60 dias após o transplante (DAT). A CEa acima de 0,08 dS m<sup>-1</sup> provocou redução na condutância estomática, concentração interna de CO<sub>2</sub>, transpiração, taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, número de folhas, altura de planta, diâmetro de caule, área foliar, fitomassa fresca e seca da parte aérea, seca da raiz e relação raiz/parte aérea aos 60 DAT, e no teor relativo de água nos tecidos foliares e dano na membrana celular aos 30 e 60 DAT. Houve efeito significativo dos clones apenas para altura de plantas aos 30 e 60 DAT.

**Palavras-chaves:** *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner, estresse salino, trocas gasosas, desenvolvimento de plântulas.

**BEZERRA, I. L.; SANTOS, L. S.; OLIVEIRA, V. L.; TOLEDO, F. M.; SAMPAIO, E. P.; CASTRO, D. B**  
**MORPHOPHYSIOLOGY OF THE INITIAL GROWTH OF COFFEE UNDER IRRIGATION WATER SALINITY**

## 2 ABSTRACT

The intensity of salt stress on the plant depends on tolerance, which varies between species and between genotypes of the same species. This work aimed to evaluate the effects of irrigation water salinity on the initial vegetative growth, gas exchange, electrolyte leakage, and water status of coffee canephora clones. The experiment was carried out in a greenhouse using a randomized block experimental design, in a 5x2 factorial scheme, with four replications, with five electrical conductivities of the irrigation water (ECw): 0.08; 0.88; 1.68; 2.48, and 3.28 dS m<sup>-1</sup> and two clones: C08 and C25. There was an interaction effect between salinity and clones only for leaf area at 60 days after transplanting (DAT). The ECw above 0.08 dS m<sup>-1</sup> reduced stomatal conductance, internal CO<sub>2</sub> concentration, transpiration, CO<sub>2</sub> assimilation rate, number of leaves, plant height, stem diameter, leaf area, fresh and dry biomass aerial part, root dryness, and root/shoot ratio at 60 DAT, and in relative water content in leaf tissues and cell membrane damage at 30 and 60 DAT. There was a significant effect of clones only for plant height at 30 and 60 DAT.

**Keywords:** *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner, salt stress, gas exchange, seedling development

## 3 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o estado de Rondônia vem se concretizando como o segundo maior produtor de *Coffea canephora*, cuja produção em 2019 foi de 2,39 milhões de sacas beneficiadas e uma produtividade média de 36,85 sacas ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2019). Esse aumento de produtividade é resultado do uso de clones em detrimento às lavouras seminais, melhor pacote tecnológico; como as podas, irrigação, adubação e o uso crescente da fertirrigação (DUBBERSTEIN *et al.*, 2017).

Entre os vários processos fisiológicos afetados pela salinidade, pode-se destacar a absorção de água pelas plantas e as trocas gasosas, visto que o estresse salino provoca alterações morfológicas, tais como: desequilíbrio nutricional, redução na condutância estomática, na taxa fotossintética e na transpiração, que ocorrem provavelmente em resposta ao fechamento parcial estomático, mediado por hormônios, alterações fotoquímicas e pelo metabolismo do carbono (CHAVES; FLEXAS; PINHEIRO, 2009); esse estresse

causa redução do potencial osmótico. Supõe-se que esse comportamento pode reduzir o crescimento das plantas pela menor absorção de CO<sub>2</sub> da atmosfera e, por conseguinte, redução da fotossíntese (PRAXEDES *et al.*, 2010).

Diante do problema da presença de sais nas águas de irrigação, o que vem a ocasionar aumento da concentração de sais no solo, deve-se procurar alternativas ao cultivo, a exemplo do uso de genótipos que sejam tolerantes à salinidade, já que, segundo Fernandes *et al.* (2011), a tolerância à salinidade é variável entre espécies, entre genótipos e entre fases de desenvolvimento da planta.

No cultivo sob salinidade do solo ou da água de irrigação as plantas têm seu crescimento prejudicado pela redução da absorção de água e nutrientes, em função da redução do potencial osmótico e hídrico causado pelo aumento na concentração de sais dissolvidos na solução do solo (NOBRE *et al.*, 2013). Esse aumento também promove efeito específico dos íons (Na, B e Cl) que causam distúrbios funcionais e injúrias principalmente nas

folhas, afetando assim, o metabolismo das plantas.

Em relação à tolerância do cafeeiro canéfora à salinidade, há poucas informações encontradas na literatura para os robustas amazônicos. Os trabalhos realizados indicam que na variedade arábica, o crescimento inicial das plantas é prejudicado pela salinidade da água a partir de  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$  e que as plantas dessa espécie não sobrevivem em condições de salinidades entre  $1,5$  e  $6,0 \text{ dS m}^{-1}$  (FIGUEIRÊDO; FARIA; SILVA, 2006; KARASAWA *et al.*, 2003). Com isso, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação sobre o crescimento inicial, trocas gasosas, extravasamento de eletrólitos e estado hídrico de clones de café canéfora.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido com cafeeiro canéfora (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner), em casa de vegetação, no Campo Experimental da Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), *Campus* Rolim de Moura, RO, localizada a  $11^{\circ} 43'$  de latitude S e  $61^{\circ} 46'$  de longitude W, a uma altitude média de 277 m. O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é caracterizado como Aw, Tropical Chuvoso. A temperatura média anual é de  $26^{\circ}\text{C}$  e a precipitação média anual entre 1.400 e 2.500 mm.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com tratamentos arranjados em esquema fatorial  $5 \times 2$ , com quatro repetições, com uma planta por repetição. Os tratamentos resultaram da combinação de cinco níveis de salinidade da água de irrigação (CEa): 0,08; 0,88; 1,68; 2,48 e  $3,28 \text{ dS m}^{-1}$  e dois clones de café: 08 e 25. Ambos os clones apresentavam porte médio, maturação intermediária e alto vigor vegetativo. Na

região da Zona da Mata rondoniense, o clone 08 é conhecido por “caroçudo” em razão do tamanho de seus frutos e o clone 25 por “folhudo” em razão do tamanho de suas folhas.

O solo coletado na área experimental da UNIR para o preenchimento dos vasos plásticos com  $15 \text{ dm}^3$  de solo, foi classificado como Latossolo vermelho amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013), cujas características químicas foram obtidas pela metodologia proposta por Teixeira *et al.* (2017), sendo elas: pH = 5,4, condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) =  $0,65 \text{ dS m}^{-1}$ , P e Na = 5,1 e  $0,0 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente, matéria orgânica =  $43,0 \text{ g kg}^{-1}$ , e K, Ca e Mg = 80, 3,0 e  $0,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , respectivamente.

Os níveis de CEa foram obtidos pela dissolução de NaCl em água do sistema de abastecimento local (CEa =  $0,08 \text{ dS m}^{-1}$ ) e a quantidade (Q) foi determinada com base na Equação 1, contida em Rhoades; Kandiah; Mashali (2000):

$$Q (\text{mg L}^{-1}) = 640 \times \text{CEa} (\text{dS m}^{-1}) \quad (1)$$

Em que, CEa representa o valor desejado de condutividade elétrica da água.

A adubação fosfatada na forma de superfosfato simples correspondeu a  $300 \text{ mg de P}_2\text{O}_5 \text{ dm}^{-3}$  de solo, aplicada em fundação no dia do transplantio. Já a adubação nitrogenada e a potássica foram fornecidas com ureia ( $100 \text{ mg dm}^{-3}$  de solo) e cloreto de potássio ( $150 \text{ mg de K}_2\text{O dm}^{-3}$  de solo), respectivamente; foram parceladas em duas aplicações iguais, uma no transplantio, e aos 30 dias após o transplantio (DAT), seguindo a recomendação de Novais; Neves; Barros (1991) para vasos em cultivo protegido.

As mudas no momento do transplantio estavam com 90 dias e apresentavam seis pares de folhas, altura média de 20 cm e diâmetro caulinar de 4,5

mm, e foram obtidas do enraizamento de estacas de ramos ortotrópicos. Efetuado o transplantio, as mudas foram mantidas no solo com teor de umidade próximo ao da capacidade de campo por 28 dias, utilizando-se água de abastecimento com condutividade elétrica (CE) de 0,08 dS m<sup>-1</sup> (tratamento controle).

A aplicação dos tratamentos teve início após esse período, sendo as irrigações com águas salinizadas realizadas conforme os respectivos tratamentos, e com base na necessidade hídrica da planta, determinada pela diferença entre o volume aplicado e o drenado na irrigação anterior, estimados pelo processo de lisimetria de drenagem, mantendo-se sempre a umidade do solo próxima à capacidade de campo. As irrigações foram realizadas diariamente no final da tarde. O volume de água aplicado na irrigação a partir dos 40 DAT foi ajustado de forma a proporcionar no solo uma fração de lixiviação de 15% como manejo para evitar acúmulo de sais no solo.

Aos 30 e 60 DAT foram feitas as medições de trocas gasosas foliares (condutância estomática – *g<sub>s</sub>*, concentração interna de CO<sub>2</sub> – *C<sub>i</sub>*, transpiração – *E* e taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> – *A*), utilizando um analisador de gases infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro+, da ADC. Todas as medidas foram realizadas em folhas totalmente expandidas (terceira folha do ápice). As leituras foram realizadas entre 08:00 e 10:00 h, utilizando-se uma fonte de radiação artificial com intensidade de 1.200 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, sob condições de temperatura e concentração de CO<sub>2</sub> ambientes.

O teor relativo de água das folhas (TRAF) mensurado aos 30 e 60 DAT foi obtido por meio da Equação 2, conforme Maia *et al.* (2007):

$$\text{TRAF} = \frac{\text{MMF} - \text{MMS}}{\text{MT} - \text{MMS}} * 100 \quad (2)$$

Em que, MMF representa a massa de matéria fresca (g), MT é a massa túrgida (g) e MMS é a da massa matéria seca (g).

O peso túrgido dos discos foliares (5,93 cm<sup>2</sup> de área) foi obtido por hidratação durante 24 h, seguida por pesagem, depois que foi removido o excesso de água da superfície dos tecidos; já o peso seco dos discos foi obtido após a secagem do material em estufa de ar forçado, a 65 °C, até peso constante.

Nas folhas foi avaliado, aos 30 e 60 DAT, o extravasamento de eletrólitos (EE) na membrana celular. Em cada folha foram retirados 10 discos foliares de 5,93 cm<sup>2</sup> de área, em seguida, os discos foliares foram lavados com água destilada para retirada de outros eletrólitos aderidos aos folíolos, e posteriormente eles foram acondicionados em béqueres, com 30 mL de água destilada, que foram fechados hermeticamente com papel alumínio. Os béqueres foram mantidos à temperatura de 25 °C por 6 h, após esse período, a condutividade elétrica inicial (CEi) foi medida. Posteriormente, os béqueres foram conduzidos à estufa com ventilação forçada de ar e submetidos à temperatura de 85 °C por 2 h, após esse período, foi procedida novamente à leitura da condutividade elétrica final (CEf). Dessa forma, o extravasamento de eletrólitos na membrana celular foi obtido de acordo com a Equação 3, proposta por Scotti-Campos *et al.* (2013):

$$\text{EE} = \frac{\text{CEi}}{\text{CEf}} * 100 \quad (3)$$

Em que, CEi e CEf representam a condutividade elétrica inicial e final (dS m<sup>-1</sup>), respectivamente.

As análises de crescimento vegetativo das plântulas, aos 30 e 60 DAT, foram realizadas por meio da determinação da altura de planta – AP (cm), medida com uso de uma régua graduada pela distância entre o solo e o ápice da planta, do diâmetro do caule – DC (mm), medido com paquímetro digital de precisão a dois centímetros da superfície do solo e pela contagem do número de folhas – NF,

considerando-se apenas as que estavam com limbo foliar totalmente expandido. A área foliar – AF (cm<sup>2</sup>) foi determinada por meio de um método (não destrutivo para cafeeiro) de acordo com a Equação 4, proposta por Barros *et al.* (1973):

$$y \text{ (cm}^2\text{)} = 0,667 \cdot X \quad (4)$$

Em que,  $y$  é AF e  $X$  é a área do retângulo circunscrito à folha, correspondente ao produto do maior comprimento pela maior largura da folha, obtido em uma folha de cada par de folhas, utilizando-se uma régua graduada.

Aos 60 DAT, as plantas foram coletadas separando-se a parte aérea das raízes e acondicionadas em estufa de circulação de ar, a 65 °C, até massa constante, em seguida, determinou-se a fitomassa fresca – FFPA (g), seca da parte aérea – FSPA (g), e das raízes – FSR (g) em balança de precisão; a fitomassa seca total – FST (g) correspondeu à soma da FSPA e FSR, respectivamente.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F em níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade e, nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática para os níveis de salinidade da água. Os clones foram analisados por meio do teste de médias, Tukey ( $p < 0,05$ ), utilizando-se o *software* estatístico Sisvar (FERREIRA, 2019).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme o resumo da análise de variância (Tabela 1) constata-se que a salinidade (S) afetou significativamente a condutância estomática –  $g_s$ , a concentração interna de CO<sub>2</sub> –  $C_i$ , a transpiração –  $E$  e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> –  $A$  apenas aos 60 DAT. Não houve efeito significativo para os clones e para a interação entre os níveis de salinidade da água *versus* clones em nenhuma das variáveis estudadas aos 30 e 60 DAT.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância (ANOVA) para condutância estomática ( $g_s$ ), concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ), transpiração ( $E$ ) e taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> ( $A$ ) em clones de café canéfora sob irrigação com água de salinidades diferentes aos 30 e 60 dias após o transplântio (DAT). Rolim de Moura, RO.

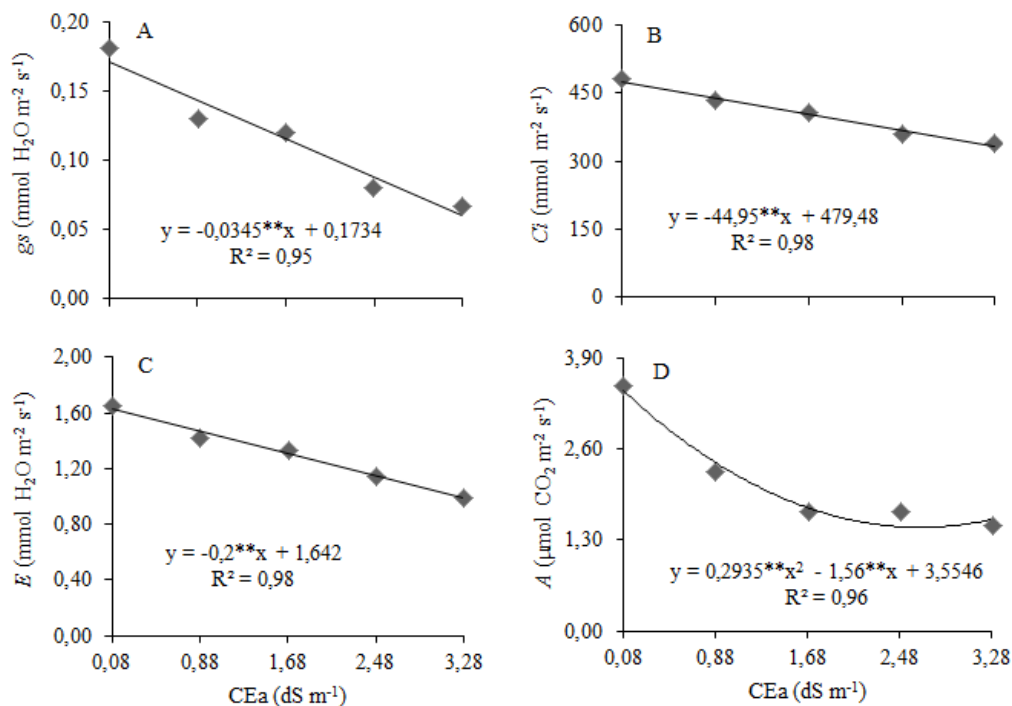
| F.V     | Quadrado médio                 |                    |                       |                         |                     |                    |                    |                     |
|---------|--------------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|         | $g_s$                          |                    | $C_i$                 |                         | $E$                 |                    | $A$                |                     |
|         | Dias após o transplântio – DAT |                    |                       |                         |                     |                    |                    |                     |
|         | 30 <sup>1</sup>                | 60 <sup>1</sup>    | 30                    | 60                      | 30                  | 60 <sup>1</sup>    | 30 <sup>2</sup>    | 60 <sup>2</sup>     |
| S       | 0,02 <sup>ns</sup>             | 0,01 <sup>**</sup> | 940,90 <sup>ns</sup>  | 26214,00 <sup>**</sup>  | 19,11 <sup>ns</sup> | 0,52 <sup>*</sup>  | 0,29 <sup>ns</sup> | 5,33 <sup>**</sup>  |
| R.L     | 0,10 <sup>ns</sup>             | 0,06 <sup>**</sup> | 3699,20 <sup>ns</sup> | 103392,20 <sup>**</sup> | 70,87 <sup>ns</sup> | 2,06 <sup>**</sup> | 1,16 <sup>ns</sup> | 16,72 <sup>**</sup> |
| R.Q     | 0,00 <sup>ns</sup>             | 0,00 <sup>ns</sup> | 57,14 <sup>ns</sup>   | 464,10 <sup>ns</sup>    | 5,53 <sup>ns</sup>  | 0,00 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup> | 3,96 <sup>**</sup>  |
| C       | 0,00 <sup>ns</sup>             | 0,00 <sup>ns</sup> | 129,60 <sup>ns</sup>  | 48,40 <sup>ns</sup>     | 50,17 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,11 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup>  |
| S x C   | 0,01 <sup>ns</sup>             | 0,00 <sup>ns</sup> | 1162,85 <sup>ns</sup> | 5668,60 <sup>ns</sup>   | 28,71 <sup>ns</sup> | 0,13 <sup>ns</sup> | 1,22 <sup>ns</sup> | 0,88 <sup>ns</sup>  |
| Resíduo | 0,01                           | 0,00               | 590,90                | 2858,70                 | 22,68               | 0,16               | 0,57               | 0,62                |
| CV(%)   | 28,76                          | 27,30              | 5,08                  | 13,23                   | 16,05               | 15,97              | 20,44              | 16,89               |

\*\* e \* significativo à probabilidade de 0,01 e 0,05, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F; F.V – fonte de variação; S – salinidade; R.L – regressão linear; R.Q – regressão quadrática; C – clone; CV – coeficiente de variação; <sup>1,2</sup>análise estatística realizada após transformação dos dados em  $\sqrt{x}$  e  $\sqrt{x+0,5}$ , respectivamente.

A condutância estomática ( $g_s$ ) diminuiu linearmente com o aumento da salinidade da água de irrigação, com redução de 19,89% por incremento unitário da CEa, e redução de 64,69% ( $0,1104 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) nas plantas quando irrigadas com água de  $3,28 \text{ dS m}^{-1}$  em relação às plantas irrigadas com água de

$0,08 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 1A). Essa redução na  $g_s$  pode ser decorrente do efeito osmótico associado ao acúmulo de sais no solo, e da redução da condutividade hidráulica do sistema radicular em função do aumento da suberização e lignificação dos tecidos vasculares das raízes de plantas sob estresse salino (NEVES *et al.*, 2009).

**Figura 1.** Condutância estomática –  $g_s$  (A), concentração interna de  $\text{CO}_2$  –  $C_i$  (B), transpiração –  $E$  (C) e taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  –  $A$  (D) aos 60 dias após o transplante (DAT) em clones de café canéfora cultivados sob diferentes condutividades elétrica da água de irrigação (CEa).



A salinidade acarreta maior dificuldade da planta em absorver água do solo, o que, conseqüentemente, tende a reduzir a perda de água, com a diminuição da condutância estomática (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Neste estudo, a utilização de água salina, independentemente dos clones, reduziu a  $g_s$  devido à redução do potencial osmótico da solução do solo e, conseqüentemente, do potencial hídrico, além do aumento da concentração de sais no solo suficiente para provocar toxidez por íons específicos ( $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ), o que acarretou

na diminuição da condutância estomática (LEITE *et al.*, 2017).

Assim como já constatado para a  $g_s$ , a salinidade da água de irrigação interferiu negativamente na concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) dos clones de cafeeiro canéfora (Figura 1B) com efeito linear, com uma diminuição de 9,37% por aumento unitário da CEa na  $C_i$ . Constata-se ainda, que as plantas quando irrigadas com água de maior nível salino ( $3,28 \text{ dS m}^{-1}$ ), tiveram uma redução de 30,22% ( $143,84 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) na  $C_i$  em relação às plantas irrigadas com água com CEa de  $0,08 \text{ dS m}^{-1}$ . Esse

decréscimo relativo na  $C_i$  pode ser atribuído às menores condutâncias estomáticas, uma resposta comum das plantas ao estresse salino (PRAXEDES *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2011).

Constata-se a partir dos estudos de regressão referente à transpiração ( $E$ ) das plantas de cafeeiros (Figura 1C), que o aumento da salinidade da água de irrigação proporcionou comportamento linear decrescente, com decréscimo na ordem de 12,18% por aumento unitário da CEa, proporcionando uma redução de 39,36% ( $0,640 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) na  $E$  das plantas irrigadas com água de CEa de  $3,28 \text{ dS m}^{-1}$  em relação às irrigadas com CEa igual a  $0,08 \text{ dS m}^{-1}$ . A redução da  $E$  é uma estratégia que a planta adota em resposta à perda de água, uma vez que a absorção é prejudicada pelo acúmulo de sais no solo (MUNNS, 2002; NEVES *et al.*, 2009). Outrossim, a diminuição na transpiração deve ter sido provocada, em parte, pelos efeitos tóxicos dos sais absorvidos pelas plantas, pela baixa capacidade de ajustamento osmótico da cultura e pela redução do potencial total da água provocado pelo aumento da concentração salina (LACERDA *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2011).

A taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ) nas plantas de cafeeiro canéfora diminuiu (Figura 1D) com os níveis salinos da água

de irrigação, sendo o máximo valor encontrado nas plantas quando essas foram irrigadas com água de CEa de  $0,08 \text{ dS m}^{-1}$  ( $3,43 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e o mínimo ( $1,59 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) nas que foram irrigadas com água de CEa de  $3,28 \text{ dS m}^{-1}$ . Silva *et al.* (2013) afirmam que plantas fecham os estômatos para reduzir perdas de água por transpiração, resultando em menor taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$ , constituindo numa das principais causas do reduzido crescimento das espécies submetidas ao estresse salino. Contudo, Kurban *et al.* (1999) relatam que, as reduções nas taxas fotossintéticas das plantas ocasionadas pelo estresse salino podem estar mais relacionadas com os danos no aparelho fotossintético e, ou no sistema enzimático de fixação do  $\text{CO}_2$ , causadas mais propriamente pela toxidez iônica sobre o metabolismo do que pelas limitações estomáticas.

Com base na análise de variância (Tabela 2), verifica-se que os níveis salinos da água de irrigação ( $S$ ) afetaram significativamente o teor relativo de água das folhas (TRAF) e o extravasamento de eletrólitos (EE) ao nível de 0,01 de probabilidade e para TRAF (60 DAT), ao nível de 0,05 de probabilidade. Para os clones ( $C$ ) e a interação entre salinidade e clones ( $S \times C$ ), não houve efeito significativo sobre nenhuma das variáveis estudadas.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância (ANOVA) para o teor relativo de água das folhas (TRAF) e o extravasamento de eletrólitos (EE) em clones de café canéfora irrigados com águas salinas aos 30 e 60 dias após o transplântio (DAT). Rolim de Moura, RO.

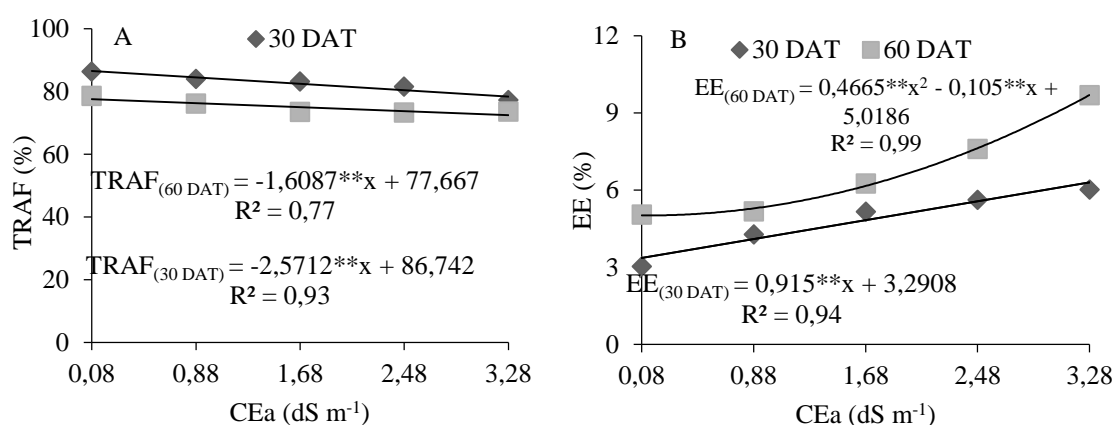
| Fonte de variação | Quadrado médio       |                      |                     |                      |
|-------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
|                   | TRAF – DAT           |                      | EE – DAT            |                      |
|                   | 30                   | 60                   | 30 <sup>1</sup>     | 60                   |
| S                 | 90,90 <sup>**</sup>  | 42,52 <sup>*</sup>   | 11,39 <sup>**</sup> | 29,87 <sup>**</sup>  |
| Reg. Lin.         | 338,49 <sup>**</sup> | 132,38 <sup>**</sup> | 37,46 <sup>**</sup> | 109,41 <sup>**</sup> |
| Reg. Quad.        | 12,58 <sup>ns</sup>  | 34,99 <sup>ns</sup>  | 3,86 <sup>ns</sup>  | 9,90 <sup>**</sup>   |
| Clones (C)        | 0,07 <sup>ns</sup>   | 0,23 <sup>ns</sup>   | 3,86 <sup>ns</sup>  | 0,33 <sup>ns</sup>   |
| S x C             | 16,16 <sup>ns</sup>  | 20,86 <sup>ns</sup>  | 1,13 <sup>ns</sup>  | 0,15 <sup>ns</sup>   |
| Bloco             | 26,52 <sup>ns</sup>  | 25,40 <sup>ns</sup>  | 3,05 <sup>ns</sup>  | 3,18 <sup>*</sup>    |
| Resíduo           | 10,99                | 18,03                | 2,18                | 0,76                 |
| CV(%)             | 4,02                 | 5,66                 | 15,28               | 12,93                |

<sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup> significativo à probabilidade de 0,01 e 0,05, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F; CV – coeficiente de variação; S – Salinidade; <sup>1</sup>análise estatística realizada após transformação dos dados em  $\sqrt{x}$ .

O teor relativo de água das folhas (TRAF) diminuiu com o aumento da salinidade da água de irrigação, com decréscimos relativos de 2,96% (30 DAT) e 2,07% (60 DAT) por aumento unitário da CEa, ou seja, as plantas irrigadas com água de CEa de 3,28 dS m<sup>-1</sup> sofreram redução no TRAF de 9,50 e 6,64%, respectivamente, em relação às irrigadas com água de 0,08

dS m<sup>-1</sup> (Figura 2A). Esses resultados podem estar associados à redução dos teores de água nas plantas submetidas a elevados níveis de sais no solo e pode ser explicado a partir do baixo consumo de água que apresentam tais plantas, pois o aumento da salinidade diminui o consumo hídrico vegetal (SILVA *et al.*, 2011).

**Figura 2.** Teor relativo de água das folhas - TRAF (A) e extravasamento de eletrólitos - EE (B) em clones de café canéfora em função da salinidade da água de irrigação – CEa aos 30 e 60 dias após o transplântio (DAT).



O aumento da salinidade da água de irrigação promoveu acréscimo linear no extravasamento de eletrólitos – EE (Figura 2B) de 27,80% por incremento unitário de

CEa aos 30 DAT. Conforme a equação de regressão, as plantas submetidas à irrigação com CEa de 3,28 dS m<sup>-1</sup> tiveram acréscimo de 87,04% no EE em comparação com às



que estavam sob CEa de 0,08 dS m<sup>-1</sup>. Aos 60 DAT, verificou-se resposta quadrática (Figura 2B), com valor máximo estimado de 9,69%, obtido quando se aplicou o nível de salinidade de 3,28 dS m<sup>-1</sup>. Esse incremento pode estar relacionado a efeitos iônicos, uma vez que o aumento da concentração de sais na água pode alterar o equilíbrio nutricional, incluindo a disponibilidade de Ca (FERRAZ *et al.*, 2015; SALAZAR *et al.*, 2017), elemento que é essencial para a formação da parede celular, gerando assim um aumento na porcentagem de vazamento de eletrólitos com o aumento da salinidade.

O fator salinidade da água de irrigação afetou ( $p < 0,01$ ) negativamente o crescimento das plantas em número de folhas (NF), altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF) aos 30 e 60 DAT (Tabela 3). Houve efeito significativo da interação entre a salinidade da água de irrigação e clones de cafeeiro canéfora apenas para AF aos 60 DAT. As plantas do C25, aos 30 e 60 DAT, apresentaram maiores alturas (38,59 e 42,77 cm, respectivamente) do que as do C08 (36,10 e 39,70 cm, respectivamente) diferindo estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 3.** Quadrados médios para número de folhas (NF), altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e área foliar (AF) em plantas de cultivares do cafeeiro canéfora sob irrigação com água de salinidades diferentes, aos 30 e 60 dias após o transplante (DAT). Rolim de Moura, RO.

| F.V            | Quadrados médios    |                      |                     |                     |                    |                    |                            |                    |
|----------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
|                | NF                  |                      | AP                  |                     | DC                 |                    | AF                         |                    |
|                | 30                  | 60                   | 30 <sup>1</sup>     | 60                  | 30                 | 60                 | 30                         | 60                 |
| S              | 342,35**            | 1264,72**            | 101,52**            | 153,45**            | 7,01**             | 10,80**            | 0,10**                     | 0,34**             |
| R.L            | 127,01**            | 4805,00**            | 366,80**            | 512,57**            | 27,06**            | 41,96**            | 0,37**                     | 1,22**             |
| R.Q            | 73,93 <sup>ns</sup> | 217,20 <sup>ns</sup> | 40,56 <sup>ns</sup> | 73,12*              | 0,55 <sup>ns</sup> | 0,33 <sup>ns</sup> | 0,04*                      | 0,11**             |
| C              | 70,22 <sup>ns</sup> | 133,22 <sup>ns</sup> | 62,25*              | 94,15*              | 0,12 <sup>ns</sup> | 0,08 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup>         | 0,01 <sup>ns</sup> |
| SxC            | 26,10 <sup>ns</sup> | 364,72 <sup>ns</sup> | 12,72 <sup>ns</sup> | 20,05 <sup>ns</sup> | 0,10 <sup>ns</sup> | 1,10 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup>         | 0,06**             |
| R              | 25,06               | 146,67               | 13,91               | 15,70               | 0,24               | 1,13               | 0,01                       | 0,016              |
| CV             | 12,49               | 19,28                | 9,99                | 9,61                | 7,10               | 10,22              | 11,64                      | 18,45              |
| C              | Médias              |                      |                     |                     |                    |                    |                            |                    |
|                | ----- n° -----      |                      | ----- cm -----      |                     | ----- mm -----     |                    | ----- m <sup>2</sup> ----- |                    |
| C <sub>1</sub> | 41,40 a             | 61,00 a              | 36,10 a             | 39,70 a             | 6,95 a             | 10,35 a            | 0,46 a                     | 0,6 a              |
| C <sub>2</sub> | 38,75 a             | 64,65 a              | 38,59 b             | 42,77 b             | 6,84 a             | 10,45 a            | 0,46 a                     | 0,7 a              |
| dms            | 3,24                | 7,85                 | 2,42                | 2,57                | 0,31               | 0,69               | 0,06                       | 0,08               |

\*\* e \* significativo à probabilidade de 0,01 e 0,05, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F; F.V – fonte da variação; S – Salinidade; R.L – regressão linear; R.Q – regressão quadrática; C – clone; R – resíduo; CV(%) – coeficiente de variação; C<sub>1</sub> – clone 08; C<sub>2</sub> – clone 25; <sup>1</sup>análise estatística realizada após transformação dos dados em  $\sqrt{x}$ ; médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

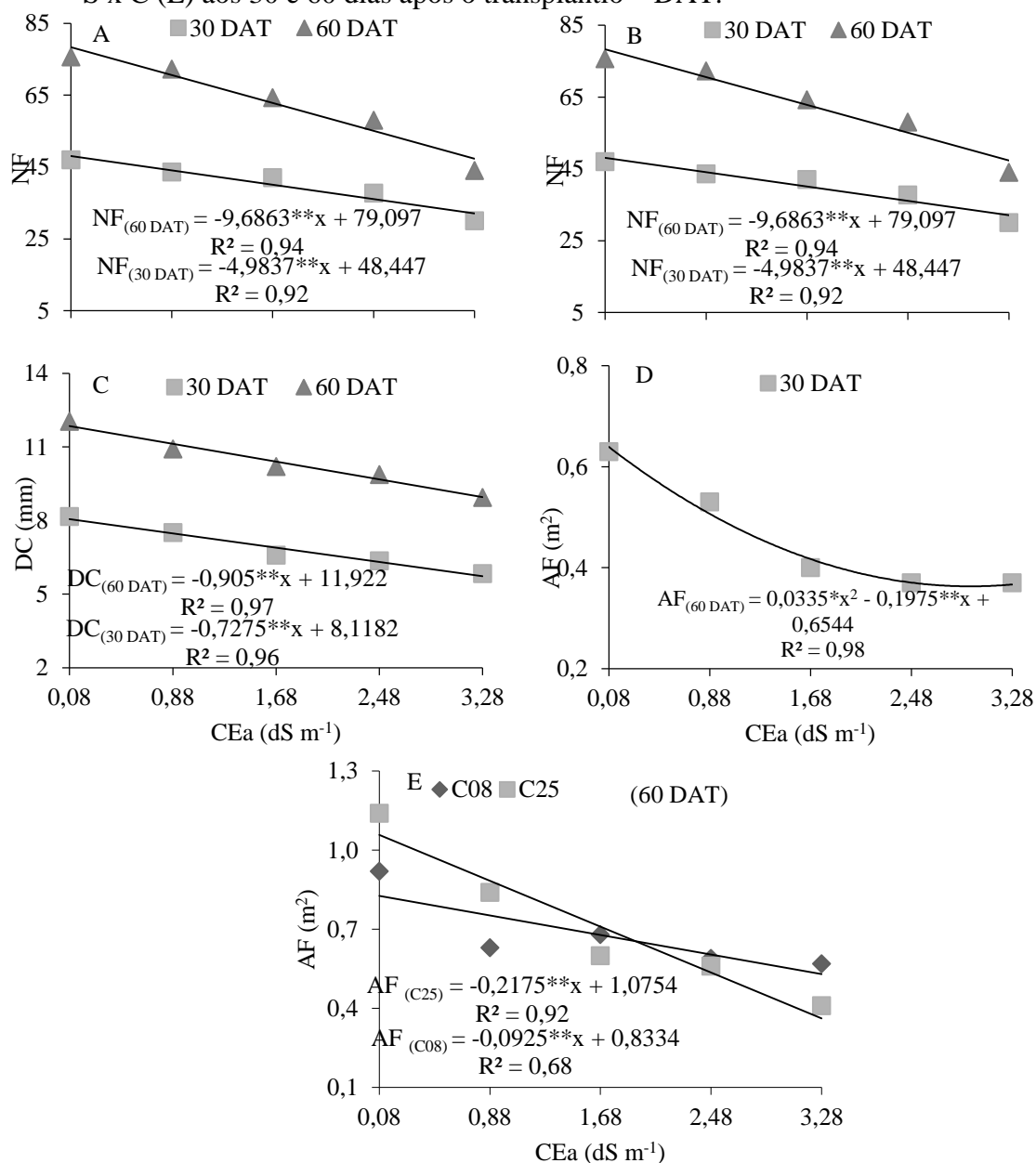
Pela Figura 3, verifica-se aos 30 e 60 DAT que, à medida que aumentaram os níveis de CEa, menores foram os valores para o NF, AP e DC, ocorrendo decréscimo relativo de 10,28 e 12,24%; 6,37 e 6,79%; 8,96 e 7,59%, respectivamente, por incremento unitário da CEa, ou seja, reduções no NF de 33,19% (15,95 folhas) e

39,57% (30,99 folhas), AP de 20,50% (8,53 cm) e 21,86% (10,12 cm) e DC de 28,88% (2,33 mm) e 24,43% (2,90 mm), respectivamente, nas plantas irrigadas com água de 3,28 dS m<sup>-1</sup> em relação às plantas irrigadas com água de 0,08 dS m<sup>-1</sup>. Quando submetidas às condições de estresse salino, é comum ocorrerem alterações

morfológicas e anatômicas nas plantas, que refletem na redução da transpiração como alternativa para manter a taxa de absorção

de água salina baixa, outra estratégia de adaptação é a redução do número de folhas (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

**Figura 3.** Número de folhas – NF (A), altura de planta – AP (B), diâmetro do caule – DC (C) e área foliar – AF (D) de plantas de cafeeiros canéfora, clones 08 e 25, em função da salinidade da água de irrigação – CEa e da interação entre salinidade x clones – S x C (E) aos 30 e 60 dias após o transplantio – DAT.



Essa considerável redução na AP pode ser explicada pela forma de adaptação das plantas a condições de salinidade, em que as plantas promovem a diminuição do gasto de energia e por consequência disso,

elas têm seu crescimento influenciado negativamente (LIU; JIANG, 2015). De acordo com Andrade Júnior *et al.* (2011), a salinidade afeta a absorção de água e o crescimento das plantas devido à redução

no potencial hídrico da solução externa por meio do efeito osmótico dos sais  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  introduzidos. O efeito osmótico e específico desses íons retarda a expansão e a divisão celular, promovendo reflexos negativos na taxa fotossintética, prejudicando os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas (GOMES *et al.*, 2011; NUNES *et al.*, 2012), o que, por conseguinte, também provoca redução no DC.

A AF também decresceu com o aumento da CEa, aos 30 DAS, cujos resultados se ajustaram satisfatoriamente à equação quadrática (Figura 3D). O modelo obtido nos permite afirmar que o maior valor da AF ( $0,63 \text{ m}^2$ ) seria atingido com a CEa de  $0,08 \text{ dS m}^{-1}$ . Segundo Travassos *et al.* (2012), esse decréscimo da AF está relacionado com o acúmulo de sais no solo, com elevados níveis de concentração de NaCl, o que influencia negativamente a absorção de água pelas plantas, que é um fator determinante para os processos fotossintéticos e metabólicos das mesmas, causando consequentemente a redução da AF.

Verifica-se que o aumento da salinidade da água aos 60 DAT inibiu linearmente a AF das plantas em cada clone (Figura 3E), observando-se que os dados apresentaram melhor ajuste às equações

lineares e decrescentes, porém, apesar de apresentarem a mesma tendência, a redução da AF em função do aumento da salinidade da água de irrigação foi maior no clone C25. Os decréscimos da AF por incremento unitário de CEa dos clones submetidos ao estresse salino foram de 11,09 e 20,22% para o C08 e C25, respectivamente. Esse resultado pode ser decorrente dos mecanismos de adaptação ao estresse salino das plantas, em que, por exemplo, as mesmas reduzem sua superfície transpirante. Assim, a redução da área foliar nessas condições é relevante para a manutenção de um alto potencial hídrico na planta (NOBRE *et al.* 2014).

Constata-se pelos resultados da análise de variância apresentados na Tabela 4, que os níveis salinos da água de irrigação (S) afetaram significativamente a fitomassa fresca (FFPA) e seca da parte aérea (FSPA), de raiz (FSR), a total (FST) e a relação raiz/parte aérea (RPA) ao nível de significância de 0,01 de probabilidade. Contudo, o fator clone (C) e a interação entre os fatores (S x C) não influenciou significativamente nenhuma variável analisada, indicando que os clones tiveram comportamento semelhante nos diferentes níveis de salinidade de água testados.

**Tabela 4.** Quadrados médios para fitomassa fresca (FFPA) e seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca da raiz (FSR), seca total (FST) e relação raiz/parte aérea (RPA) em cafeeiros canéfora irrigados com águas salinas aos 60 dias após o transplântio – DAT. Rolim de Moura, RO.

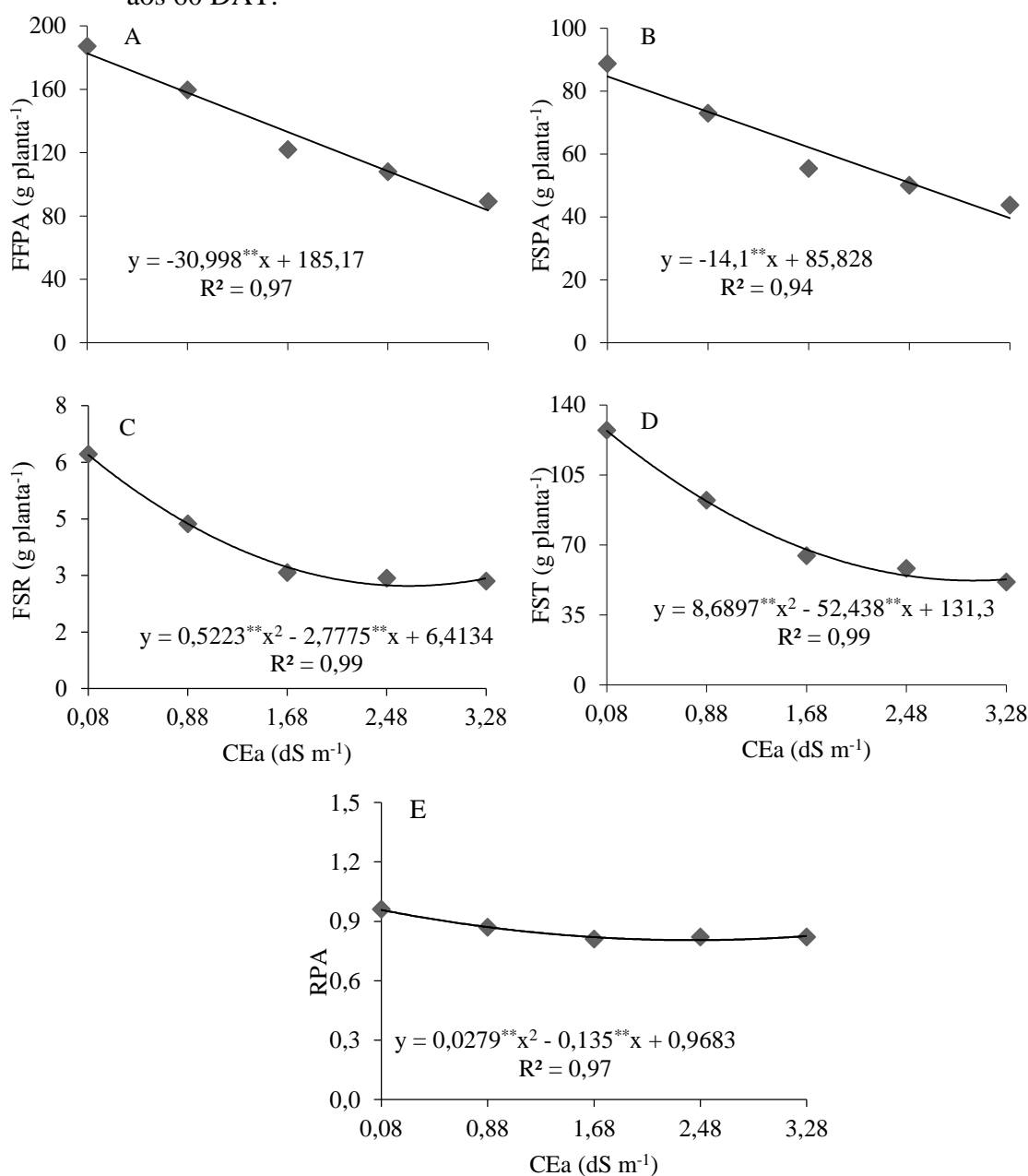
| Fonte de variação | Quadrados médios     |                      |                    |                      |                    |
|-------------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|                   | FFPA                 | FSPA                 | FSR <sup>1</sup>   | FST                  | RPA <sup>1</sup>   |
| Salinidade (S)    | 12662,01**           | 2704,40**            | 16,65**            | 7829,35**            | 0,03**             |
| Reg. Linear       | 49192,28**           | 10178,16**           | 53,65**            | 27647,79**           | 0,08**             |
| Reg. Quadr.       | 988,77 <sup>ns</sup> | 554,28 <sup>ns</sup> | 12,46**            | 3465,66**            | 0,03**             |
| Clones (C)        | 29,61 <sup>ns</sup>  | 1,17 <sup>ns</sup>   | 0,66 <sup>ns</sup> | 60,63 <sup>ns</sup>  | 0,00 <sup>ns</sup> |
| NS x C            | 903,97 <sup>ns</sup> | 128,23 <sup>ns</sup> | 0,06 <sup>ns</sup> | 124,78 <sup>ns</sup> | 0,00 <sup>ns</sup> |
| Resíduo           | 1016,94              | 192,75               | 0,49               | 282,29               | 0,00               |
| CV(%)             | 23,96                | 22,34                | 17,99              | 21,31                | 6,18               |

\*\* significativo à probabilidade de 0,01 pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F; CV – coeficiente de variação; <sup>1</sup>análise estatística realizada após transformação dos dados em  $\sqrt{x+0,5}$ .

O aumento da salinidade da água de irrigação diminuiu linearmente a FFPA e a FSPA (Figura 4A e B) em 16,74 e 16,42%, respectivamente, por aumento unitário de condutividade elétrica da água de irrigação; esse resultado indica um decréscimo na ordem de 99,19 g (54,29%) na FFPA e 45,12 g (53,27%) na FSPA entre as plantas irrigadas com água de 0,08 e 3,28 dS m<sup>-1</sup>.

As plantas sob condições de estresse salino, com intuito de ajustar-se osmoticamente, desprende determinada quantidade de energia para acumulação de açúcares, ácidos orgânicos e íons no vacúolo, energia esta que em condições normais poderia ser convertida na produção de fitomassa (SANTOS *et al.*, 2012).

**Figura 4.** Fitomassa fresca da parte aérea – FFPA (A), fitomassas seca da parte aérea – FSPA (B), de raiz – FSR (C), total – FST (D) e relação raiz/parte aérea – RPA (E) de cafeeiros canéfora em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa aos 60 DAT.



A redução da fitomassa a partir de níveis de CEa superiores a  $0,08 \text{ dS m}^{-1}$  está intimamente ligada aos efeitos da concentração de sais solúveis, que é um fator limitante ao desenvolvimento da maioria das culturas, deduzindo-se que esse comportamento pode ser entendido como um possível mecanismo de ajustamento da planta para diminuir os efeitos da salinidade, isto porque as plantas podem sofrer modificações morfológicas ou fisiológicas como redução na biomassa quando submetidas ao estresse salino (CENTENO *et al.*, 2014).

Ao analisar a fitomassa seca de raiz (FSR) e seca total (FST), constata-se (Figura 4C e D) comportamento quadrático dos dados, sendo que quando as plantas foram irrigadas com CEa de  $0,08 \text{ dS m}^{-1}$ , houve maior acúmulo de FSR (6,19 g), sendo o menor valor (2,92 g) obtido para as plantas irrigadas com água apresentando  $3,28 \text{ dS m}^{-1}$  de condutividade elétrica. Avaliando-se o comportamento da variável FSR em função do incremento salino das águas, nota-se ainda, redução de 52,82% (3,27 g) entre o maior (CEa =  $3,28 \text{ dS m}^{-1}$ ) e o menor (CEa =  $0,08 \text{ dS m}^{-1}$ ) nível de salinidade da água de irrigação, podendo-se inferir que o aumento da salinidade da água de irrigação afeta diretamente no acúmulo de fitomassa seca de plantas de cafeeiro canéfora. Para a FST, o maior valor foi de (127,16 g), foi obtido para as plantas irrigadas com CEa igual a  $0,08 \text{ dS m}^{-1}$ . Segundo Oliveira *et al.* (2015) e Sá *et al.* (2018), o excesso de sais no solo provoca uma redução na disponibilidade de água para as plantas e isso faz com que as mesmas tendam a gastar mais energia para a absorção, tendo como consequência, uma menor capacidade de acumular reservas, tal fato pode ser observado nesta pesquisa por meio dos resultados obtidos para a FST, que reduziu nos cafeeiros sob irrigação com níveis de CEa superiores a  $0,08 \text{ dS m}^{-1}$ .

A relação raiz/parte aérea (RPA) indica o nível de contribuição das reservas

armazenadas no sistema radicular no favorecimento do crescimento da parte aérea. A partir dos resultados obtidos no presente estudo, observa-se conforme a equação de regressão (Figura 4E), que a RPA do cafeeiro diminuiu até o maior nível de CEa estudado ( $3,28 \text{ dS m}^{-1}$ ), para o qual foi obtido o mínimo valor para essa variável ( $0,825 \text{ g g}^{-1}$ ). A partir de estimativas realizadas pela equação de regressão, verifica-se também que o valor máximo para a RPA foi encontrado nas plantas irrigadas com CEa de  $0,08 \text{ dS m}^{-1}$  ( $0,957 \text{ g g}^{-1}$ ). Segundo Sá *et al.* (2013), essa resposta está relacionada à maior redução do crescimento radicular em relação a parte aérea, visando reduzir a absorção de sais do meio, principalmente em ambientes com níveis salinos mais elevados, fato confirmado neste trabalho, haja vista as acentuadas reduções no acúmulo de fitomassa seca de raiz (Figura 4C).

## 6 CONCLUSÕES

A salinidade da água de irrigação quando maior que  $0,08 \text{ dS m}^{-1}$ , diminui a condutância estomática, a concentração interna de  $\text{CO}_2$ , a transpiração e a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  nas plantas de cafeeiro canéfora com 60 dias após o transplantio e no teor relativo de água nos tecidos foliares e no extravasamento de eletrólitos, aos 30 e 60 dias após o transplantio.

A irrigação com água de salinidade superior a  $0,08 \text{ dS m}^{-1}$  reduz o crescimento inicial em número de folhas, altura de planta, diâmetro do caule, área foliar e acúmulo de fitomassa fresca e seca dos clones 08 e 25 de cafeeiro canéfora.

Considerando-se a análise da altura de planta aos 30 e 60 dias após o transplantio, o clone 25 é mais tolerante à salinidade da água de irrigação do que o clone 08. Ressaltando-se que aos 60 dias após o transplantio, o clone 08 foi menos

afetado em sua área foliar do que o clone 25.

## 7 REFERÊNCIAS

- ANDRADE JÚNIOR, W. P.; PEREIRA, F. H. F.; FERNANDES, O. B.; QUEIROGA, R. C. F.; QUEIROGA, F. M. Efeito do nitrato de potássio na redução do estresse salino no meloeiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 110-119, 2011.
- BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGA-FILHO, L. J. Determinação de área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. 'Bourbon Amarelo'). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, n. 107, p. 44-52, 1973.
- CENTENO, C. R. M.; SANTOS, J. B.; XAVIER, D. A.; AZEVEDO, C. A. V.; GHEYI, H. R. Componentes de produção do girassol Embrapa 122-V2000 sob salinidade da água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. suplemento, p. 39-45, 2014.
- CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, London, v. 103, n. 4, p. 551-560, 2009.
- CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos**, Brasília, DF, v. 5, n. 4, 48p, dezembro 2019. Safra 2018/2019. Quarto Levantamento. Disponível em: [http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/conso rcio/levantamento/conab\\_safra2019\\_n4.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/conso rcio/levantamento/conab_safra2019_n4.pdf) Acesso em: 8 mar. 2021.
- DUBBERSTEIN, D.; PARTELLI, F. L.; SCHMIDT, R.; DIAS, J. R. M. Matéria seca em frutos, folhas e ramos plagiotrópicos de cafeeiros cultivados na Amazônia Acidental. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 74-81, 2017.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.
- FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; GHEYI, H. R.; SOARES FILHO, W. S.; MELO, A. S.; CARNEIRO, P. T. Crescimento de híbridos e variedades porta-enxerto de citros sob salinidade. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 259-267, 2011.
- FERRAZ, R. L. S.; MAGALHÃES, I. D.; BELTÃO, N. E. M.; MELO, A. S.; BRITO NETO, J. F.; ROCHA, M. S. Photosynthetic pigments, cell extrusion and relative leaf water content of the castor bean under silicon and salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 9, p. 841-848, 2015.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- FIGUEIRÊDO, V. B.; FARIA M. A.; SILVA, E. L. Crescimento inicial do cafeeiro irrigado com água salina e salinização do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 50-57, 2006.
- GOMES, K. R.; AMORIM, A. V.; FERREIRA, F. J.; FILHO, F. L. A.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E. Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 365-370, 2011.

- KARASAWA, S.; MIRANDA, J. H.; KARASAWA, M. M. G.; EGUCHI, E. S. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigadas com água salina. **Engenharia Rural**, Jaboticabal, v. 14, n. 1, p. 1-12, 2003.
- KURBAN, H.; SANEOKA, H.; NEHIRA, K.; ADILLA, R.; PREMACHANDRA, G. S.; FUJITA, K. Effect of salinity on growth, photosynthesis and mineral composition in leguminous plant *Alhagi pseudoalhagi* (Bieb.). **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 45, n. 4, p. 851-862. 1999.
- LACERDA, C. F.; MORAIS, M. M. M.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M. A. Interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 3, p. 258-263, 2006.
- LEITE, J. V. Q.; FERNANDES, P. D.; OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R.; SANTOS, D. P.; SANTOS, C. S. Efeito do estresse salino e da composição iônica da água de irrigação sobre variáveis morfofisiológicas do feijão-caupi. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 6, p. 1825-1833, 2017.
- LIU, M.; JIANG, Y. Genotypic variation in growth and metabolic responses of perennial ryegrass exposed to short-term waterlogging and submergence stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 95, s/n, p. 57-64, 2015.
- MAIA, P. S. P.; OLIVEIRA NETO, C. F.; CASTRO, D. S.; FREITAS, J. M. N.; LOBATO, A. K. S.; COSTA, R. C. L. Conteúdo relativo de água, teor de prolina e carboidratos solúveis totais em folhas de duas cultivares de milho submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. S2, p. 918-920, 2007.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 25, s/n, p. 239-250, 2002.
- NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Trocas gasosas e teores de minerais no feijão de corda irrigado com água salina em diferentes estádios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, supl, p. 873-881, 2009.
- NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, S. S.; SILVA, A. O.; LOURENÇO, G. S. Crescimento e produção da mamoneira cultivada sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de nitrogênio. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 961-974, 2013.
- NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, A. O. Crescimento, consume e eficiência do uso da água pela mamoneira sob estresse salino e nitrogênio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 148-158, 2014.
- NOVAIS, R. F.; NEVES J. C. L.; BARROS N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília, DF: Embrapa; SEA, 1991. p. 189-253.
- NUNES, J. C.; CAVALCANTE, L. F.; LIMA NETO, A. J.; REBEQUI, A. M.; DINIZ, B. L. M. T.; GHEYI, H. R. Comportamento de mudas de nim à salinidade da água em solo não salino com biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 11, p. 1152-1158, 2012.

- OLIVEIRA, F. A.; ALVES, R. C.; BEZERRA, F. M. S.; LIMA, L. A. Interação entre salinidade e bioestimulante no crescimento inicial de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 3, p. 204-210, 2015.
- OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; SOUZA, A. A. T.; FERREIRA, J. A.; SOUZA, M. S. Interação entre salinidade e bioestimulante na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 465-471, 2013.
- OLIVEIRA, W. J.; LEITE, J. V. Q.; FERNANDES, P. D.; SOUZA, E. R.; SANTOS, D. P.; SANTOS, C. S. Efeito do estresse salino e da composição iônica da água de irrigação sobre variáveis morfofisiológicas do feijão-caupi. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 6, p. 1825-1833, 2017.
- PRAXEDES, S. C.; LACERDA, C. F.; DAMATTA, F. M.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Salt tolerance is associated with differences in ion accumulation, biomass allocation and photosynthesis in cowpea cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Braunschweig, v. 196, n. 3, p. 193-204, 2010.
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117 p. (Irrigação e Drenagem, 48).
- SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1047-1054, 2013.
- SÁ, F. V. S.; MESQUITA, E. F.; MELO, U. A.; PAIVA, E. P.; BERTINO, A. M. P.; MOREIRA, R. C. L. Crescimento e biomassa em plantas de sorgo sacarino irrigados com água salina sob adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 2, p. 2561-2569, 2018.
- SALAZAR, A. H.; SILVA, D. F. P.; CEBALLOS-AGUIRRE, N.; OCAMPO, J.; BRUCKNER, C. H. Proline and ions accumulation in four *Passiflora species* under water-saline stress. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 8, n.4, p. 570-580, 2017.
- SANTOS, B.; FERREIRA, P. A.; OLIVEIRA, F. G.; BATISTA, R. O.; COSTA, A. C.; CANO, M. A. O. Produção e parâmetros fisiológicos do amendoim em função do estresse salino. **Revista Idesia**, Arica, v. 30, n. 2, p. 69-74, 2012.
- SCOTTI-CAMPOS, P.; PHAM-THI, A.-T.; SEMEDO, J. N.; PAIS, I. P.; RAMALHO, J. C.; MATOS, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, Abu Dhabi, v. 25, n. 12, p. 1002-1013, 2013.
- SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; NEVES, A. L. R.; SILVA, G. L.; SOUSA, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 383-389, 2011.
- SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G.; SOUSA, C. H.C.; FERREIRA, F. J. Irrigação com



águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão-de-corda. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 2 p. 304-317, 2013.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.

TRAVASSOS, K. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; BARROS, H. M. M.; DIAS, N. S.; UYEDA, C. A.; SILVA, F. V. Crescimento e desenvolvimento de variedades de girassol irrigado com água salina. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 324-339, 2012.