



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

CRESCIMENTO DO CAFEIRO CONILON IRRIGADO COM ÁGUA SALINA¹

Aline Azevedo Nazário²; Giovanni de Oliveira Garcia³; Ivo Zution Gonçalves⁴;
João Carlos Madalão⁵; Glaucio Luciano Araujo⁶

RESUMO

Objetivando avaliar crescimento inicial do cafeeiro conilon variedade Robusta Capixaba decorrente da irrigação com água salina foi conduzido um experimento em casa de vegetação, no delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 5X5 com cinco tratamentos (um irrigado com água doce e quatro com água salina nas concentrações de 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 dS m⁻¹), cinco períodos de avaliação (0, 60, 120, 180 e 240 dias após o plantio) com quatro repetições. Os efeitos da irrigação com água salina sobre o crescimento inicial do cafeeiro foi feita por meio de uma análise de crescimento. Com os resultados obtidos a irrigação com água salina, em comparação com a água doce, dentro dos períodos de avaliação, reduziu a matéria seca da parte aérea, das raízes e total, além da taxa de crescimento relativo e a relação parte aérea/raiz seguido do aumento da razão de área foliar e área foliar total. Por outro lado o aumento da salinidade do solo, decorrente da irrigação com água salina, reduziu a matéria seca da parte aérea, das raízes e total, a área foliar total a partir dos 180 dias após o plantio, seguido da redução da razão de área foliar e da relação parte aérea/raiz a partir dos 60 dias após o plantio.

Palavras-chaves: estresse salino; irrigação; *Coffea canephora*

GROWTH CONILON COFFEE IRRIGATED WITH SALINE WATER

ABSTRACT

In order to evaluate the initial growth of the Robusta variety Conilon Capixaba under irrigation with saline water was an experiment in a greenhouse in a completely randomized in a factorial 5x5 with five treatments (one irrigated with fresh water and saline water with four concentrations of 1.0, 2.0, 3.0 and 4.0 dS m⁻¹), five evaluation periods (0, 60, 120, 180 and 240 days after planting) with four replications. The effects of irrigation with saline water on the initial growth of the coffee was made through an analysis of growth. With these results the irrigation with saline water compared with fresh water, within a period of evaluation, reduced the dry matter of shoots, roots and all, beyond the relative growth rate and the ratio shoot / root followed increasing the ratio of leaf area and leaf area. On the other hand the increase in soil salinity resulting from irrigation with saline water reduced the dry matter of shoots, roots and all, the total leaf area from 180 days after planting, followed by reduction in leaf area ratio and the ratio shoot / root after 60 days after planting.

Keywords: salt stress; irrigation; *Coffea canephora*

Trabalho recebido em 05/05/2010 e aceito para publicação em 09/09/2010.

¹Trabalho desenvolvido no Programa Institucional de Iniciação Científica da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES e com apoio do CNPq/Petrobrás

²Mestranda em Produção Vegetal, CCA-UFES, CEP 29500-000, Fone (28) 3552-8929, Alegre, ES, e-mail: aline.a.n@hotmail.com

³Eng. Agrônomo, D.S., Prof. do Depto. de Engenharia Rural, CCAUFES, Alegre, ES, giovanni@cca.ufes.br

⁴Mestrando em Produção Vegetal, CCAUFES, Alegre, ES, ivo_ufes@yahoo.com.br

⁵Mestrando em Produção Vegetal, CCAUFES, Alegre, ES, joacarlosagr@hotmail.com

⁶Acadêmico de agronomia, Depto. de Engenharia Rural, CCAUFES, Alegre, ES, glaucio_araujo@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

No cultivo do cafeeiro em áreas marginais torna-se necessário o uso da técnica da irrigação para assegurar a produção e garantir a rentabilidade da atividade. Na prática da irrigação o correto manejo da água é de fundamental importância, pois qualquer que seja a fonte, a água de irrigação contém sais e esses podem se acumular no solo atingindo valores que afeta o desenvolvimento das culturas. Atualmente, as áreas salinizadas vêm sendo exploradas com sucesso, graças à utilização de espécies tolerantes à salinidade e à adoção de práticas adequadas de manejo de solo-água-plantas (FAGERIA, 1989).

O grau com que o estresse salino influencia o crescimento é dependente de muitos fatores, ou seja, da cultivar, do tipo de salinidade, da intensidade e duração do estresse salino, da luminosidade, da umidade do solo e do ar e do estágio de desenvolvimento da planta (CRAMER *et al.*, 1994).

A diferença se deve à maior capacidade de adaptação osmótica de algumas espécies, as quais absorvem água em um nível compatível com o nível celular, mesmo em condições de alta salinidade. Essa capacidade de adaptação permite a seleção de genótipos mais tolerantes e capazes de produzir a

rendimentos economicamente aceitáveis, mesmo quando não se consegue manter a salinidade do solo abaixo do nível de tolerância da maioria das plantas (MARCUM, 2001).

Se os efeitos relacionados ao potencial osmótico e aqueles inerentes aos íons específicos, em decorrência da absorção de sais, excedem o nível de tolerância da planta, ocorrem distúrbios funcionais e injúrias. A fotossíntese fica limitada, não devido somente ao fechamento estomático, mas, também, pelo efeito dos íons sobre os cloroplastos, em particular sobre o transporte eletrônico (FLORES, 1990).

Um excesso de Na^+ e, sobretudo, de Cl no protoplasma ocasionam distúrbios em relação ao balanço iônico (K^+ e Ca^{+2} em relação ao Na^+), bem como os efeitos sobre as atividades de certas enzimas e membranas. Como consequência, pouca energia é produzida por meio da fosforilação, afetando a assimilação do nitrogênio e provocando a acumulação de diaminas, como putrescina, a cadaverina e de poliaminas (TAIZ & ZEIGER, 2004). A respiração, especialmente nas raízes, pode tanto decrescer quanto aumentar pela ação dos sais. Isso significa que o sistema de enzimas da glicólise e do ácido tricarbóxico é mais sensível que aqueles sistemas enzimáticos de rotas metabólicas alternativas (LARCHER, 2000).

O desbotamento dos pigmentos foliares está diretamente relacionado à degradação do conteúdo de clorofila, em função do efeito da salinidade. Ibarra & Maiti (1995) observaram que elevadas concentrações de NaCl pode aumentar a degradação de clorofilas via atividade clorofilase, ou diminuir a sua síntese, em virtude da competição por nitrogênio com outros compostos, como prolina.

Os processos de crescimento são particularmente sensíveis ao efeito dos sais, de forma que a taxa de crescimento e a produção de biomassa são bons critérios para avaliação do grau de estresse, bem como a capacidade da planta em tolerar o estresse salino (LARCHER, 2000).

Vários conceitos e técnicas de análise de crescimento são encontrados na literatura, para o estudo dos efeitos ambientais sobre o crescimento das plantas. Dessa forma, a interferência do ambiente sobre a produção das culturas pode ser evidenciada pelas alterações no crescimento dos vegetais. A análise de crescimento é um meio prático e preciso para se avaliar o crescimento e inferir sobre a contribuição de diferentes processos fisiológicos no comportamento vegetal (BENINCASA, 2003).

Devido à falta de conhecimento específico, aliada à expansão da cafeicultura irrigada e fertirrigada, este trabalho teve como objetivo avaliar o

crescimento inicial do cafeeiro conilon Var. Robusta Capixaba irrigado com água salina.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em vasos com capacidade de 15 litros, preenchidos com solo retirado do perfil natural de um Argissolo Vermelho Escuro onde foi cultivada a variedade de cafeeiro Conilon Robusta Capixaba, em casa de vegetação no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, com coordenadas geográficas de 20° 45' S, 41° 29' W e altitude de 150 m.

A caracterização química e físico-química do solo (Tabela 1) foi feita no laboratório de Física e Fertilidade de Solo do Departamento Produção Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo. As análises químicas constituir-se-ão na determinação dos teores de P disponível, K, Ca, Mg, Na, Al trocável, H+Al e matéria orgânica, bem como a saturação de bases, CTC efetiva e pH. Na análise física dos solos, foram efetuadas as determinações de: massa específica, pelo método da proveta; partículas, pelo método do balão volumétrico; análise granulométrica, pelo método da pipeta; e equivalente de umidade, pelo método da centrífuga (EMBRAPA, 1997).

Tabela 1. Valores médios das características físico-químicas do substrato utilizado no preenchimento das vasos.

Características	Valor
Areia (%)	0,26
Silte (%)	0,34
Argila (%)	0,40
pH	5,70
Fósforo (mg dm ⁻³)	6,25
Potássio (mg dm ⁻³)	35,00
Cálcio (cmol _c dm ⁻³)	1,8
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	2,0
Magnésio (cmol _c dm ⁻³)	0,9
Sódio (mg dm ⁻³)	32,0
Alumínio (cmol _c dm ⁻³)	0,00
CTC total (cmol _c dm ⁻³)	4,9
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	2,9
Saturação por bases (cmol _c dm ⁻³)	2,9
Relação cálcio/magnésio	2,0

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos (aplicação de uma lâmina de irrigação com água salina de condutividade elétrica de 1,00; 2,00; 3,00 e 4,00 dS.m⁻¹ e uma lâmina de irrigação com água não salina), com três repetições. A água foi preparada em reservatórios mediante a adição de NaCl e CaCl₂ em quantidades necessárias para se obter uma condutividade elétrica, conforme descrito acima, com uma relação iônica em peso equivalente de 3Na:2Ca, relação esta predominante nas águas salinas utilizadas na irrigação no nordeste, conforme citado por Medeiros (1992).

A lâmina de irrigação foi calculada em função da evapotranspiração real da cultura (ETr) sendo a reposição para cada vaso foi feita a partir da quantidade de

água evapotranspirada diariamente em cada tratamento, para isso, foram instalados, em três vasos interligados a drenos de coleta de água de percolação, possibilitando a equação do balanço de água no solo:

$$ET = I - D \quad (01), \text{ em que } ET \text{ é a}$$

evapotranspiração diária (mm); I a quantidade de água aplicada (mm), e, D a quantidade de água drenada (mm).

Os dados de temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar incidente (Figura 1) foram coletados numa estação meteorológica, localizada dentro da casa de vegetação. Os valores da ETr foram corrigidos, pontualmente, em cada vaso por meio do balanço de água do solo com base numa frequência de irrigação de três dias para cada tratamento.

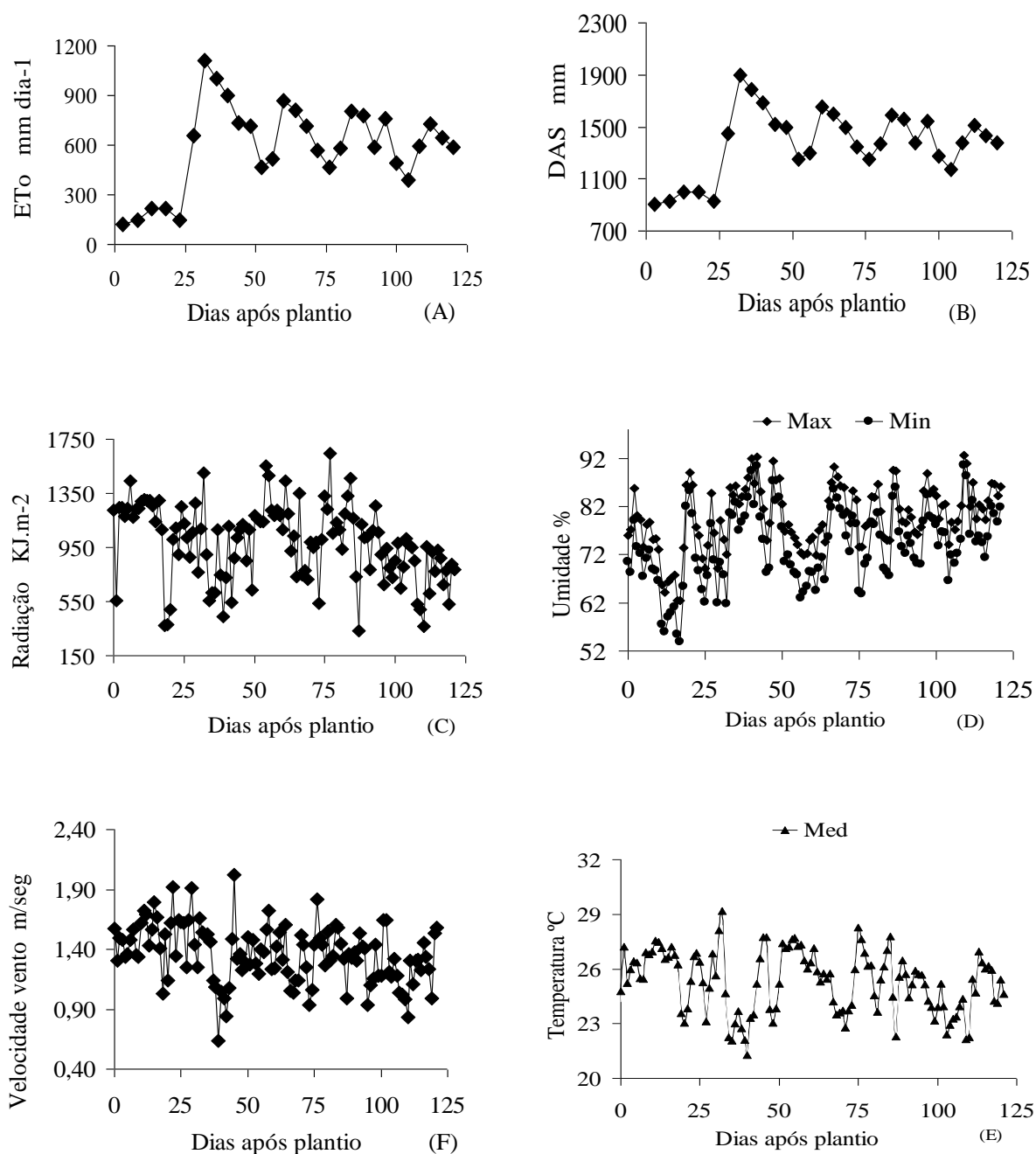


Figura 1. Evapotranspiração de referência (A), Disponibilidade de água nos solos (B), radiação solar (C), umidade relativa média (D), velocidade do vento (E) e temperatura média (F), obtidas dentro da casa de vegetação durante o período experimental.

Para a determinação dos efeitos da salinidade da água de irrigação nas plantas do cafeeiro Conilon Var. Robusta Capixaba foi realizada uma análise de crescimento aos 0 (zero), 60, 120, 180 e

240 dias após o plantio. A análise de crescimento constituiu na determinação da matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSRA); matéria seca total (MST); taxa de crescimento relativo (TCR); área

foliar total (AFT); razão de área foliar (RAF) e relação parte aérea/raiz (RPAR) conforme metodologia descrita por Benincassa (2003).

A taxa de crescimento relativo (TCR), a razão de área foliar (RAF) e a relação parte aérea/raiz (RPAR) foram calculadas empregando as equações:

$$TCR = \frac{(\ln MS_f - \ln MS_i)}{t(gg^{-1}dia^{-1})} \quad (1)$$

$$RAF = \frac{AF}{MS_f(cm^2g)} \quad (2)$$

$$RPAR = \frac{MSPA}{MSR} RPAR \quad (3),$$

em que MS_i é matéria seca total inicial; MS_f é a matéria seca total final e t é o intervalo de tempo entre as amostragens (dias).

A área foliar foi determinada em amostras na forma de discos de área conhecida. A área foliar é igual à relação entre o peso total das folhas pelo peso dos discos secos multiplicada pela área dos discos (cm^2).

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão. Os

modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste “t” e adotando-se α de até 5%, no coeficiente de determinação (r^2) e no fenômeno em estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de matéria seca total, da parte aérea e das raízes

Os resultados da análise estatística para as características MSPA, MSRA e MST apontaram que a interação dos fatores estudados no experimento (Qualidade da água \times Períodos de Avaliação) foi não significativa, ou seja, os fatores estudados atuam de forma independente. Nesse sentido observa-se nas Figuras 2A, B e C que a MSPA, MSRA e MST, respectivamente, aumentaram seus valores ao longo do período de avaliação, dentro de cada tratamento aplicado. Por outro lado na Tabela 2 encontram-se as equações ajustadas relacionando a MSPA, MSRA e a MTS em função dos períodos de avaliação.

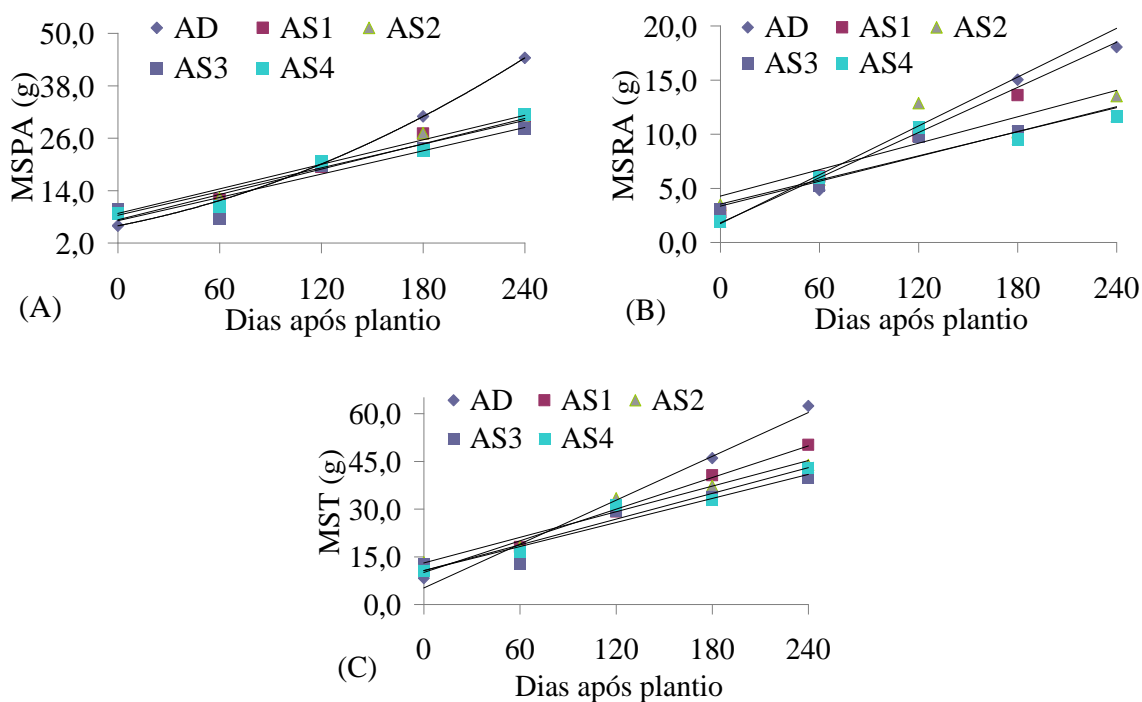


Figura 2 - Curvas de respostas do MSPA (A), MSRA (B), MST (C), determinados em função dos dias após plantio(DAP), em experimento dentro de casa de vegetação.

O acúmulo de matéria seca é consequência do próprio crescimento da planta, mas referindo aos períodos de avaliação, o tratamento com água doce (AD), em comparação aos demais tratamentos, apresentou maiores ganhos de MSPA, MSRA e MST (Figuras 2A, B e C, respectivamente). Por outro lado, os demais tratamentos apresentaram ganho de matéria seca mais homogênea entre si.

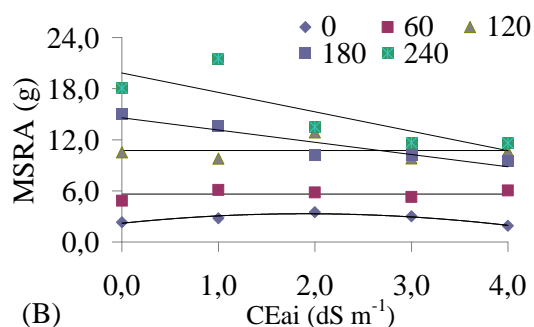
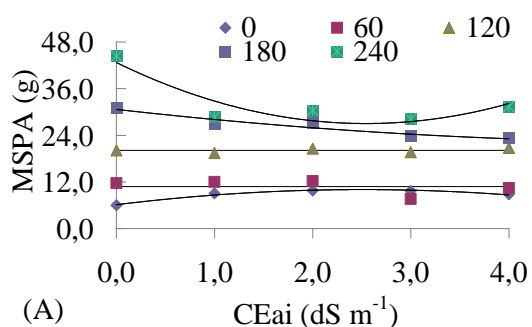
Observa-se na Figuras 3(A, B e C, respectivamente) que a salinidade afetou

negativamente a MSPA, MSRA e a MST do cafeeiro Conilon Var. Robusta Capixaba, reduzindo seus valores com o aumento da salinidade da água de irrigação. Por sua vez, na Tabela 3 encontram-se as equações ajustadas relacionando a MSPA, MSRA e a MTS em função da salinidade da água de irrigação aplicada.

Tabela 2 – Equações ajustadas relacionando-se os valores de MSPA, MSRA, MST determinados em função dos dias após plantio (DAP), em experimento dentro de casa de vegetação

Parâmetro analisado	Tratamento	Equações	R ²
MSPA	AD	$\hat{y} = 5,9494 + 0,0752 ** \text{DAP} + 0,0003 ** \text{DAP}^2$	0,9999
	AS1	$\hat{y} = 8,3579 + 0,0904 ** \text{DAP}$	0,9623
	AS2	$\hat{y} = 8,7872 + 0,0935 ** \text{DAP}$	0,9721
	AS3	$\hat{y} = 7,1194 + 0,0888 ** \text{DAP}$	0,8927
	AS4	$\hat{y} = 7,3166 + 0,0966 ** \text{DAP}$	0,9551
MSRA	AD	$\hat{y} = 1,8193 + 0,0694 ** \text{DAP}$	0,9863
	AS1	$\hat{y} = 1,7522 + 0,0751 ** \text{DAP}$	0,9622
	AS2	$\hat{y} = 4,2802 + 0,0407 ** \text{DAP}$	0,7732
	AS3	$\hat{y} = 3,5421 + 0,0371 ** \text{DAP}$	0,9229
	AS4	$\hat{y} = 3,3542 + 0,3824 ** \text{DAP}$	0,8291
MST	AD	$\hat{y} = 5,2189 + 0,2297 ** \text{DAP}$	0,9871
	AS1	$\hat{y} = 10,1102 + 0,1655 ** \text{DAP}$	0,9929
	AS2	$\hat{y} = 13,0,74 + 0,1342 ** \text{DAP}$	0,9563
	AS3	$\hat{y} = 10,6615 + 0,1259 ** \text{DAP}$	0,9229
	AS4	$\hat{y} = 10,6708 + 0,1348 ** \text{DAP}$	0,9553

** - significativo a 1% de probabilidade.



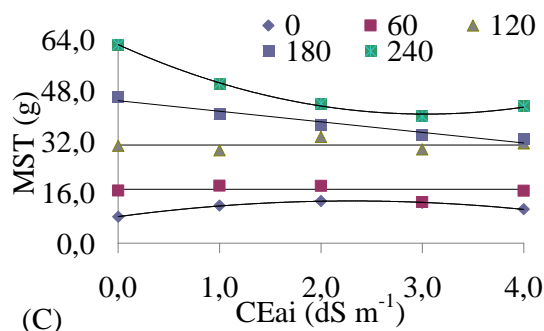


Figura 3. Curvas de respostas do MSPA (A), MSRA (B), MST (C) determinados em função dos níveis de salinidade da água de irrigação (CEai), em experimento dentro de casa de vegetação

Tabela 3. Equações ajustadas relacionando-se os valores de MSPA, MSRA, MST determinados em função dos níveis de salinidade da água de irrigação (CEai), em experimento dentro de casa de vegetação

Parâmetro analisado	Avaliação (Dias)	Equações	R ²
MSPA	0	$\hat{y} = 6,1443 + 3,1081 \frac{**}{2} CEai - 0,6196 \frac{**}{2} CEai$	0,9717
	60	$\hat{y} = \bar{y} = 10,78 \pm 1,91$	
	120	$\hat{y} = \bar{y} = 20,09 \pm 0,56$	
	180	$\hat{y} = 30,1951 - 1,1887 \frac{**}{2} CEai$	0,9053
	240	$\hat{y} = 42,7494 - 12,3581 \frac{**}{2} CEai + 2,4292 \frac{*}{2} CEai^2$	0,8441
MSRA	0	$\hat{y} = 2,1996 + 1,1738 \frac{**}{2} CEai - 0,3087 \frac{**}{2} CEai$	0,9121
	60	$\hat{y} = \bar{y} = 5,61 \pm 0,53$	
	120	$\hat{y} = \bar{y} = 10,72 \pm 1,25$	
	180	$\hat{y} = 14,5858 - 1,4354 \frac{**}{2} CEai$	0,8631
	240	$\hat{y} = 19,8305 - 2,2773 \frac{*}{2} CEai$	0,7761
MST	0	$\hat{y} = 8,3441 + 4,2818 \frac{**}{2} CEai - 0,9283 \frac{**}{2} CEai$	0,9964
	60	$\hat{y} = \bar{y} = 16,39 \pm 2,11$	
	120	$\hat{y} = \bar{y} = 30,81 \pm 1,69$	
	180	$\hat{y} = 44,7807 - 3,3224 \frac{**}{2} CEai$	0,9555
	240	$\hat{y} = 62,4557 - 0,0014 \frac{**}{2} CEai - 2,3672 \frac{**}{2} CEai^2$	0,9963

** - significativo a 1% de probabilidade.

Observado o comportamento da MSPA, MSRA e MST, respectivamente, nas Figuras 3A, B e C e também as equações ajustadas às estas características na Tabela 3, nota-se que o efeito da salinidade aos 60 e 120 dias foi significativo, porém seus valores estiveram sempre em torno da média. Isso demonstrou que o efeito do estresse salino foi evidente aos 180 e 240 dias após o plantio, onde houve reduções dos valores das características estudadas com o aumento dos níveis de salinidade na água de irrigação.

No solo, em condições normais, a quantidade de cátions adsorvidos na micela está em equilíbrio com a fração, que permanece na solução. Com o aumento da salinidade do solo, os cátions anteriormente adsorvidos (Ca^{+2} , Mg^{+2} , etc) podem ser substituídos por outros cátions, introduzidos na solução do solo, em especial o Na^+ . Esta substituição ocorre de forma linear em condições de baixa salinidade da solução do solo, reduzindo, exponencialmente, em concentrações mais elevadas. Dessa forma, a inibição do crescimento das plantas ocasionada pelo estresse salino progressivo pode estar relacionada ao desvio de energia em decorrência do aumento dos níveis de salinidade do solo. Portanto, a redução nos valores da MSPA, MSRA e MST a partir dos 180 dias após o plantio pode ser o

reflexo do custo metabólico de energia associada a uma tentativa de adaptação à salinidade.

Em adição a este trabalho, Karasawa et al. (2003a, b e c) avaliando parâmetros de crescimento inicial até 163 dias em mudas de cafeeiro, testaram níveis de condutividade elétrica de 0,6 a 1,5 dS m^{-1} e concluíram que o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular foram comprometidos significativamente. Do mesmo modo, Figueiredo et al. (2006) verificaram que a salinidade da água de irrigação a partir de 1,2 dS m^{-1} influenciou negativamente o crescimento inicial do cafeeiro arábica cultivar Catuaí reduzindo o ganho de matéria seca das raízes e da parte aérea.

Taxa de crescimento relativo, área foliar total, razão área foliar e relação parte aérea/raiz

O resultado da análise estatística para as características taxa de crescimento relativo (TCR) área foliar total (AFT) razão de área foliar (RAF) e relação parte aérea raiz (RPAR) apontaram que a interação dos fatores estudados no experimento (Qualidade da água × Períodos de Avaliação) foi não significativa e dessa forma os mesmos atuaram de forma independente. Nesse sentido observa-se nas Figuras 4A e D, respectivamente, que a TCR e RPAR

apresentaram relação quadrática diminuindo seus valores ao longo dos períodos de avaliação. No entanto nota-se que a AFT (Figura 4B) aumentou seus valores linearmente, dentro de cada tratamento aplicado. Por outro lado a irrigação com AD aumentou os valores da RAF (Figura 4C) e a irrigação com a AS2,

3 e 4 diminuíram os valores da RAF somente até os 120 DAP, enquanto que a AS1 não alterou os valores da RAF. Na Tabela 4 encontram-se as equações ajustadas relacionando a TCR, AFT, RAF e RPAR em função dos períodos de avaliação

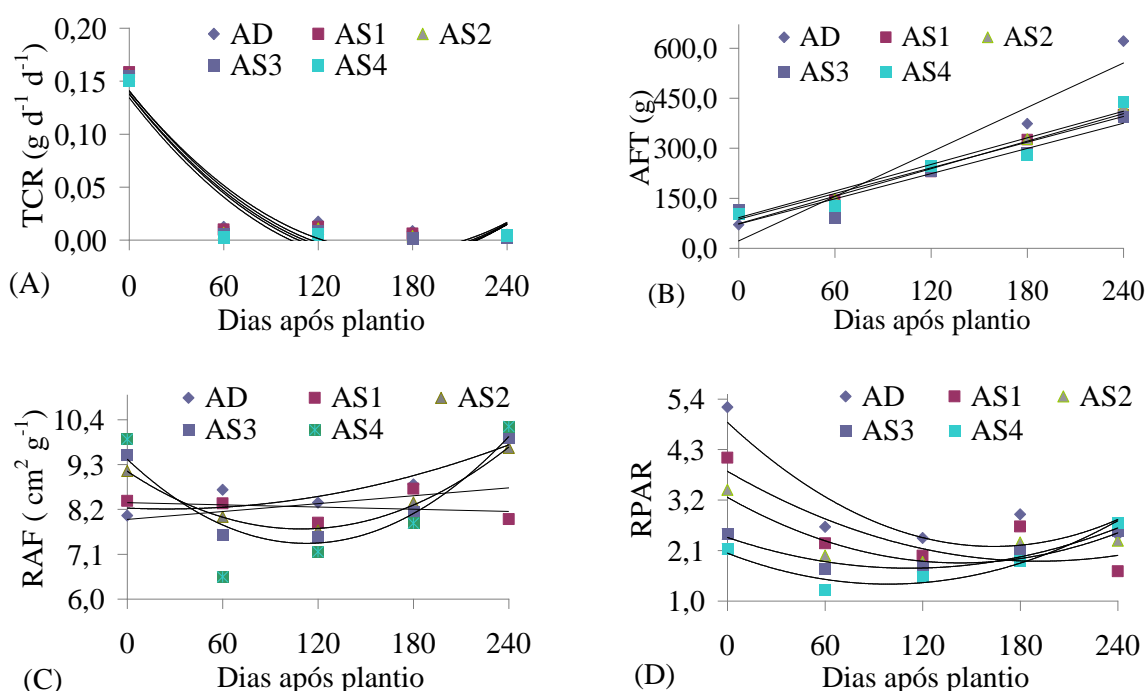


Figura 4. Curvas de respostas de TCR (A), AFT (B), RAF(C) e RPAR (D) determinados em função dos dias após plantio (DAP), em experimento dentro de casa de vegetação.

A diminuição da TCR (Figura 4A) ao longo dos períodos de avaliação retrata a redução do impulso do crescimento das plantas na fase inicial de desenvolvimento do cafeeiro. De acordo com Cushman (2001), à medida que a concentração salina do solo aumenta acima de um limite tolerável, a TCR da maioria das espécies vegetais diminui progressivamente.

A irrigação com AD em comparação com a AS1, 2, 3 e 4, proporcionou maiores valores da AFT (Figura 4B) ao longo dos períodos de avaliação, retratando dessa forma que a plantas irrigadas com AD obtiveram expansão foliar maior que as irrigadas com AS. Do mesmo modo, Figueiredo *et al.* (2006) verificaram que a área foliar do cafeeiro arábica cultivar Catuaí foi a característica mais

influenciada negativamente pelos níveis de salinidade da água de irrigação. Os mesmos autores observaram que inicialmente a taxa de crescimento da área foliar foi baixa até o 78

DAP, cujo comportamento foi quase que linear até o 145 DAP retornando, posteriormente, a uma taxa de crescimento menor.

Tabela 4. Equações ajustadas relacionando-se os valores de TCR, AFT, RAF e RPAR determinados em função dos dias após plantio(DAP), em experimento dentro de casa de vegetação

Parâmetro analisado	Tratamento	Equações	R ²
TCR	AD	$\hat{y} = 0,1403 - 0,0017 * \text{DAP} + 0,0005 * \text{DAP}^2$	0,8521
	AS1	$\hat{y} = 0,1411 - 0,0018 * \text{DAP} + 0,0005 * \text{DAP}^2$	0,8575
	AS2	$\hat{y} = 0,1521 - 0,0008 * \text{DAP} + 0,0002 * \text{DAP}^2$	0,7305
	AS3	$\hat{y} = 0,0779 - 0,0024 * \text{DAP} + 0,0001 * \text{DAP}^2$	0,8340
	AS4	$\hat{y} = 0,0111 - 0,0004 * \text{DAP} + 0,0001 * \text{DAP}^2$	0,8574
AFT	AD	$\hat{y} = 22,4446 + 2,2215 ** \text{DAP}$	0,9384
	AS1	$\hat{y} = 87,6079 + 1,2818 ** \text{DAP}$	0,9834
	AS2	$\hat{y} = 91,9697 + 1,3301 ** \text{DAP}$	0,9782
	AS3	$\hat{y} = 72,7551 + 1,2592 ** \text{DAP}$	0,9104
	AS4	$\hat{y} = 73,9644 + 1,3734 ** \text{DAP}$	0,9326
RAF	AD	$\hat{y} = 7,9877 + 0,0065 * \text{DAP}$	0,7441
	AS1	$\hat{y} = \bar{y} = 8,25 \pm 0,96$	-
	AS2	$\hat{y} = 9,1352 - 0,0258 ** \text{DAP} + 0,0003 ** \text{DAP}^2$	0,9975
	AS3	$\hat{y} = 9,4277 - 0,0365 ** \text{DAP} + 0,0001 ** \text{DAP}^2$	0,9818
	AS4	$\hat{y} = 9,6065 - 0,0517 ** \text{DAP} + 0,0002 ** \text{DAP}^2$	0,9091
RPAR	AD	$\hat{y} = 4,8914 - 0,0329 * \text{DAP} + 0,0001 * \text{DAP}^2$	0,8078
	AS1	$\hat{y} = 3,8281 - 0,0204 * \text{DAP} + 0,0005 * \text{DAP}^2$	0,7082
	AS2	$\hat{y} = 3,2601 - 0,0199 * \text{DAP} + 0,0004 * \text{DAP}^2$	0,8162
	AS3	$\hat{y} = 2,3868 - 0,0119 * \text{DAP} + 0,0005 ** \text{DAP}^2$	0,9163
	AS4	$\hat{y} = 2,0441 - 0,0136 * \text{DAP} + 0,0006 * \text{DAP}^2$	0,9346

* e ** - significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

O decréscimo dos valores da RAF (Figura 4C) até os 120 DAP dentro dos tratamentos com AS2, 3 e 4 representa uma diminuição da taxa de transpiração das plantas, por outro lado, com o aumento dos valores da RAF nesses mesmos tratamentos, a partir do período de avaliação observado, significa um aumento da taxa de transpiração aumentando. Assim, a demanda de água e a concentração de íons salinos na parte aérea das plantas.

O decréscimo da RPAR (Figura 4D) ao longo dos períodos de avaliação demonstra que o estresse salino foi mais evidente nas raízes das plantas. No entanto a irrigação com AD em comparação com a AS1, 2, 3 e 4, proporcionou maiores valores da RPAR, retratando dessa forma que o efeito foi menos expressivo na plantas irrigadas com AD e maior naquelas irrigadas com AS.

Observa-se nas Figuras 5(A, B, C e D, respectivamente) que a irrigação com água salina afetou significativamente a TCR, AFT, RAF e RPAR do cafeeiro Conilon Var. Robusta Capixaba. Por sua vez, na Tabela 5 encontram-se as equações ajustadas relacionando a TCR, AFT, RAF

e RPAR em função da salinidade da água de irrigação aplicada.

Na Figura 5A observa-se que somente na primeira (zero DAP) e na terceira avaliação (120 DAP) houve redução no impulso de crescimento (TCR), sendo que nos demais períodos de avaliação os valores permaneceram em torno da média (Tabela 5). No entanto, comparativamente, observa-se que a partir da segunda avaliação (60 DAP) a TCR reduziu seus valores decorrentes da irrigação com a água salina.

Uma das explicações mais aceitas para a inibição do crescimento pelo estresse salino é o desvio de energia do crescimento para a manutenção, isto é, a redução na matéria seca das plantas pode refletir o custo metabólico de energia, associado à adaptação a salinidade e redução no ganho de carbono (RICHARDSON & MCCREE, 1985). Aí, pode-se incluir a regulação do transporte e distribuição iônica em vários órgãos e dentro das células, a síntese de solutos orgânicos para a osmorregulação, ou proteção de macromoléculas, e a manutenção da integridade das membranas.

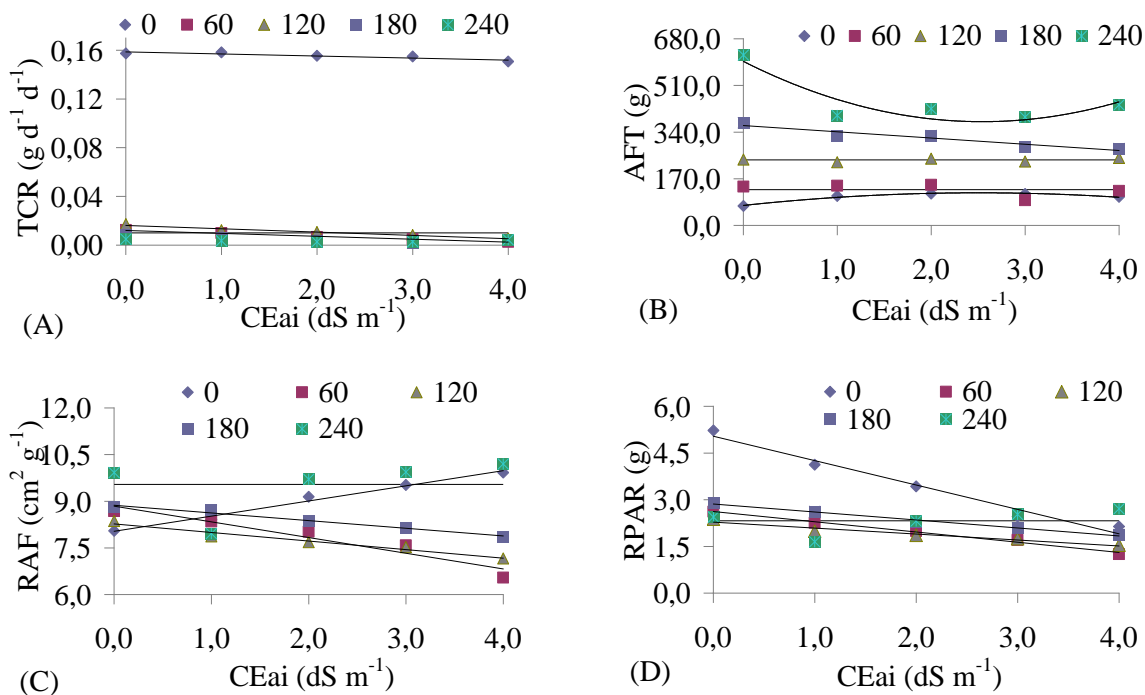


Figura 5. Curvas de respostas da TCR (A), AFT (B), RAF(C) e RPAR (D) determinados em função dos níveis de salinidade da água de irrigação (CEai), em experimento dentro de casa de vegetação.

Tabela 5. Equações ajustadas relacionando-se os valores de TCR , AFT, RAF e RPAR determinados em função dos níveis de salinidade da água de irrigação (CEai), em experimento dentro de casa de vegetação.

Parâmetro analisado	Avaliação (Dias)	Equações	R ²
TCR	0	$\hat{y} = 0,1586 - 0,0017 ** CEai$	0,8188
	60	$\hat{y} = \bar{y} = 5,61 \pm 0,53$	-
	120	$\hat{y} = 0,1162 - 0,0027 ** CEai$	0,9662
	180	$\hat{y} = \bar{y} = 0,46 \pm 0,05$	-
	240	$\hat{y} = \bar{y} = 0,01 \pm 0,01$	-
AFT	0	$\hat{y} = 72,7139 + 36,7818 ** CEai - 7,333** CEai^2$	0,9717
	60	$\hat{y} = \bar{y} = 129,89 \pm 23,06$	0,9834
	120	$\hat{y} = \bar{y} = 238,12 \pm 6,68$	0,9782
	180	$\hat{y} = 363,7951 - 22,7349 ** CEai$	0,9053
	240	$\hat{y} = 597,8931 + 173,8391* CEai + 33,9758 *CEai^2$	0,8440

continua

Parâmetro analisado	Avaliação (Dias)	Equações	R ²
RAF	0	$\hat{y} = 8,0338 + 0,4866 ** \text{CEai}$	0,9852
	60	$\hat{y} = 0,0121 - 0,0024 ** \text{CEai}$	0,9899
	120	$\hat{y} = 8,2701 - 0,2754** \text{CEai}$	0,9602
	180	$\hat{y} = 8,8721 - 0,2472** \text{CEai}$	0,9814
	240	$\hat{y} = \bar{y} = 9,54 \pm 0,90$	
RPAR	0	$\hat{y} = 5,0408 - 0,7837 ** \text{CEai}$	0,9748
	60	$\hat{y} = 2,6206 - 0,3288 ** \text{CEai}$	0,9903
	120	$\hat{y} = 2,2822 - 0,1919** \text{CEai}$	0,9399
	180	$\hat{y} = 2,8618 - 0,2561** \text{CEai}$	0,9878
	240	$\hat{y} = \bar{y} = 2,32 \pm 0,40$	

** - significativo a 1% de probabilidade.

Estudos têm demonstrado que, sob condições de estresse salino, a TCR é uma característica, fortemente, influenciada pela redução do potencial osmótico no tecido vegetal. Akita & Cabuslay (1990) reportaram este efeito em cultivares de arroz submetidos a estresses salinos de 8,0 e 15,0 dS m⁻¹ de condutividade elétrica. Azevedo Neto *et al.* (1996) verificaram correlações negativas significativas entre a TCR de plântulas milho cultivadas sob níveis crescentes de salinidade em solução nutritiva.

A irrigação com água salina reduziu os valores da AFT (Figura 4B) aos 180 e 240 DAP, no entanto aos 60 e 120 DAP os valores da AFT permaneceram em torno da média (Tabela 5). Em consequência da redução da AFT, ocorreu diminuição na

área de captação de energia luminosa, bem como na fixação de CO₂ por unidade de área. Tais reduções da AF demonstram que a atividade fotossintética foi afetada com o aumento da salinidade do solo, reduzindo conseqüentemente a produção de matéria seca (Figuras 3A, B e C, respectivamente).

A redução da AFT deve-se ao estresse osmótico seguido do estresse hídrico, os quais são decorrentes do estresse salino, tendo como efeito imediato à diminuição do conteúdo de água da planta, proveniente da diminuição do potencial osmótico, devido à elevada concentração iônica, ocasionada principalmente pelo sódio e cloro. O decréscimo do volume celular resulta em uma menor pressão de turgor e na subsequente concentração de solutos nas

células tornando a membrana celular mais espessa e comprimida. Por ser a redução de turgor o efeito biofísico significativo mais precoce do estresse hídrico, as atividades dependentes do turgor, como a expansão foliar e o alongamento de raízes, são mais sensíveis ao déficit hídrico Taiz & Zeiger (2004).

Figueiredo *et al.* (2006) verificam que a área foliar do cafeeiro arábica cultivar Catuaí reduziu linearmente a partir dos 78 DAP. Do mesmo modo, Azevedo Neto e Tabosa (2000) verificaram em genótipos de milho que a AF decresceu com o aumento do estresse salino. Numa solução nutritiva de $12,0 \text{ dS m}^{-1}$ as plantas de milho tiveram sua AF reduzida em 73% quando comparadas com as cultivadas em solução não salina. Resultados semelhantes foram obtidos por e Alberico & Cramer (1993); Hasaneen *et al.* (1994); Willadino *et al.* (1994) e Saneoka *et al.* (1995).

A Figura 5C apresenta os valores de RAF, no qual estes diminuíram linearmente aos 60, 120 e 180 DAP em função da água de irrigação. Por outro lado, aos 240 DAP os valores da RAF permaneceram em torno da média (Tabela 5). Pelas mesmas razões descritas para RAF na Figura 4C a redução de seus valores decorrente da irrigação com água salina, especialmente aos 60, 120 e 180 DAP, representa uma diminuição da taxa de transpiração que pode estar relacionada

a diminuição da AFT verificada somente aos 180 e 240 DAP (Figura 5B). Dessa forma a RAF mostrou ser mais influenciada pelo estresse salino do que a AFT.

O decréscimo da RPAR (Figura 5D) mostra que o estresse salino decorrente da irrigação com água salina foi mais evidente nas raízes das plantas do que na parte aérea. Entretanto, em termos relativos, verificam-se somente aos 240 DAP que seus valores permaneceram em torno da média (Tabela 5).

Este efeito mais significativo no crescimento das raízes das plantas ao longo do período de avaliação pode ser explicado como um mecanismo de menor custo energético para osmorregulação, o qual pode ser conseguido por meio da acumulação e da compartimentação de solutos inorgânicos no vacúolo e solutos orgânicos no citoplasma celular na parte aérea das plantas. Dessa forma ocorre um ajustamento osmótico e uma perda de turgor mais lenta na parte aérea quando comparadas com as raízes, conseqüentemente, o crescimento radicular foi mais sensível que o crescimento da parte aérea a redução do potencial osmótico no solo.

Em adição a este trabalho Karasawa *et al.* (2003a, 2003b e 2003c) verificaram que a elevada salinidade da água influencia negativamente no desenvolvimento

radicular de mudas do cafeeiro arábica. Do mesmo modo, Figueiredo *et al.* (2006) e Faria *et al.* (2009) observaram que a salinidade decorrentes da irrigação com água salina e da fertirrigação com uréia e cloreto de potássio, respectivamente, afetaram o sistema radicular de plantas do cafeeiro arábica, reduzindo os valores da RPAR.

4 CONCLUSÃO

A irrigação com água salina em comparação com a água doce dentro dos períodos avaliados proporcionou, no cafeeiro conilon Variedade Robusta Capixaba, menores valores de MSPA, MSR, MST, TCR e RPAR, seguido de maiores valores de RAF e AFT;

O aumento da salinidade do solo decorrente da irrigação com água salina reduziu a MSPA, MSR, MST e AFT das plantas do cafeeiro conilon cultivar Robusta capixaba a partir dos 180 DAP, seguido da redução da RAF e RPAR a partir dos 60 DAP;

Dentre as variáveis avaliadas, a RAF e a RPAR foram às melhores indicadoras do efeito do estresse salino sobre as plantas do cafeeiro conilon cultivar Robusta Capixaba.

5. AGRADECIMENTO

Ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

6. REFERÊNCIAS

- AKITA, S.; CABUSLAY, G.S. Physiological basis of differential response to salinity in rice cultivars. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.123, p.277-294, 1990.
- ALBERICO, G.J., CRAMER, G.R.. Is the salt tolerance of maize related to sodium exclusion I. Preliminary screening of seven cultivars. **Journal Plant Nutrition**, New York, v.16, p.2289-2303, 1993.
- AZEVEDO NETO, A.D. *et al.* Efeito do estresse salino sobre cultivares de milho: I. Produção e alocação de fitomassa. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DA CIÊNCIA DO SOLO, 21, 1996, Águas de Lindóia. **Resumos... Águas de Lindóia: SBCS**, 1996b. CD-ROM.
- AZEVEDO NETO, A.D.; TABOSA, J.N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II Análise do crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.159-164, 2000.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003.
- CRAMER, G.R.; ALBERICO, G.J.; SCHMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. **Australian Journal of Plant Physiologic**. v.21, p.675-692. 1994.
- CUSHMAN, J.C. Osmoregulation in plants: implications for agriculture. **American Zoologist**, New York, v.41, n.4, p.758-769, 2001.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. Rev.atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p. EMBRAPA-CNPS. Documento, 1

- FAGERIA, N.K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília:EMBRAPA/DPU, 1989.
- FARIA *et al.* Efeito de parcelamento da fertirrigação com N e K e salinidade do solo no crescimento inicial de cultivares de cafeeiro. **Irriga**, Botucatu, SP, v. 14, n. 2, p. 145-157, 2009
- FIGUEIREDO, 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, PB, v.10, n. 1, p. 50-57, 2006.
- FLORES, H.E. Polyamines and plant stress. In: LASCHER, R.G.; CUMMING, J.R. Stress responses in plants: adaptation and acclimation mechanisms. **New York :Wiley**, 1990. p.217-239.
- KARASAWA, S. *et al.* Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arábica* L.) irrigados com água salina. **Revista de Engenharia Rural, Jaboticabal**. V. único, p. 1-12, 2003 a.
- KARASAWA, S. *et al.* Desenvolvimento aéreo da muda do *Coffea arábica* L. submetido à irrigação com água salina. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA Café. 2003b. p. 121.
- KARASAWA, S. *et al.* Resposta da muda do *Coffea arábica* L. submetido à irrigação com água salina. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA Café. 2003c. p. 148.
- HASANEEN, M.N.A.; *et al.* Growth, carbohydrates and associated invertase and amylase activities in castor bean and maize as affected by metribuzin and NaCl. **Biologia Plantarum**, Prague, v.36, p.451-459, 1994.
- IBARRA, M.; MAITI, R.K. Biochemical mechanism in Glossy Sorghum lines for resistance to salinity stress. **Journal Plant Physiology**, Melbourne, v.26, p.515-519, 1995.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000. 531p.
- MARCUM, K.B. Salinity tolerance of 35 bentgrass cultivars. **Hortscience**, Alexandria, v.36, n.2, p.374-376, 2001.
- MEDEIROS, J.F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo gat, nos estados do RN, PB e CE**. 1992. 137p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) UFPB. Campina Grande, 1992.
- RICHARDSON, S.G.; McCREE, K.J. Carbon balance and water relations of sorghum exposed to salt and water stress. **Plant Physiology**, Rockville, v.79, p.1015-1020, 1985.
- SANEOKA, H. *et al.* Salt tolerance of glycinebetaine-deficient and-containing maize lines. **Plant Physiology**, Rockville, v.107, p.631-638, 1995.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- WILLADINO, L. *et al.* Obtenção de uma linhagem de milho tolerante ao estresse salino mediante a cultura de anteras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, p.1313-1318, 1994.