

## DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) IRRIGADAS COM ÁGUA SALINA

KARASAWA, S.<sup>1</sup>; EGUCHI, E.S.<sup>2</sup>; MIRANDA, J.H.<sup>3</sup>; DUARTE, S.N.<sup>4</sup>; KARASAWA, M. M. G.<sup>5</sup>

**RESUMO:** Nas últimas décadas, a salinidade tem se tornado um dos principais fatores limitantes à expansão das fronteiras agrícolas, especialmente em regiões que apresentam baixa qualidade na água de irrigação. Nesse contexto, os efeitos da irrigação do cafeeiro com água salina são pouco conhecidos. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da irrigação com água salina em mudas de cafeeiro, submetidas à irrigação com diferentes concentrações salinas (0,0, 0,3, 0,9, 1,2 e 1,5 dS m<sup>-1</sup>). Mediram-se as variáveis área foliar, altura de planta, acúmulo de matéria seca da parte aérea e radicular, potencial da água na folha, conteúdo relativo de água e atividade da redutase do nitrato. De forma geral, todas as variáveis decresceram com o aumento da condutividade elétrica, exceto a relação entre a matéria seca da parte aérea e a do sistema radicular. Os resultados indicam que as mudas de cafeeiro são sensíveis à salinidade e que a inibição do crescimento se tornou mais evidente quando as mudas foram irrigadas com água salina com condutividade elétrica maior ou igual a 0.9 dS m<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica*, crescimento, estresse salino, irrigação, salinidade.

## DEVELOPMENT OF COFFEE SEEDLINGS (*Coffea arabica* L.) IRRIGATED WITH SALINE WATER

**SUMMARY:** In the last decades, salinity has become one of the most important constrains to expansion of crop production to new areas, specially in areas with low quality water. Little information about the effects of the irrigation with saline water on coffee is available. Therefore, the objective of this study was to evaluate its effects in coffee seedlings, submitted to irrigation with different salt concentrations (0.0, 0.3, 0.9, 1.2 and 1.5 dS m<sup>-1</sup>). The measured variables were leaf area, plant height, shoot and root dry matter, shoot:root dry matter relation, leaf water potential, relative water content and nitrate reductase activity traits. In a broad sense, all variables decreased as salinity stress increased, except shoot:root dry matter relation. The results suggested that coffee plants at seedling stage were sensitive to salinity and growth inhibition became more evident when seedlings were irrigated with 0.9 dS m<sup>-1</sup> saline water or higher.

**Key words:** *Coffea arabica*, growth, salt stress, irrigation, salinity.

<sup>1</sup> Doutorando do Programa de Pós-graduação em Física do Ambiente Agrícola da ESALQ/USP. Caixa Postal 09. Av. Pádua Dias, 11. CEP: 13418-900. Piracicaba (SP). E-mail: skarasaw@esalq.usp.br. Bolsista do CNPq/CT Hidro - Brasil

<sup>2</sup> Professor Substituto da UEMAT

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP

<sup>4</sup> Professor do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP

<sup>5</sup> Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas do Departamento de Genética da ESALQ/USP

Recebido pela Comissão Editorial em: 27.06.03

Aprovado pela Comissão Editorial em: 25.09.03

## INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e o segundo maior consumidor de café do mundo (FNP 2002), e possui uma área irrigada de 830.000 hectares (Brasil, 2000). Devido à grande extensão da área plantada, atualmente a cafeicultura está avançando para áreas de clima semi-árido. Nelas, a ocorrência de água com elevada salinidade é muito freqüente. Segundo Doorenbos & Pruitt (1977), quando a qualidade da água da região é salina, há a necessidade de uma técnica adequada de manejo, caso contrário, a salinidade tornará o local improdutivo. Com efeito, o uso inadequado de água salina pode levar à salinização progressiva do solo agriculturável, tornando-o impróprio para a exploração agrícola, nas regiões áridas e semi-áridas do mundo (McKersie & Leshem, 1994). Outro fator que pode elevar a salinidade do solo é o uso descontrolado da fertirrigação, por meio da irrigação localizada.

Antigamente, a água de boa qualidade encontrava-se em abundância, mas hoje, esse recurso está se tornando cada vez mais escasso, o que exige dos usuários uma maior atenção com relação ao seu manejo. Por outro lado, o avanço do parque cafeeiro para a região Nordeste, considerada região semi-árida, tornou necessário o manejo da salinidade no solo, incrementada via água de irrigação, para, assim, manter a cultura no nível satisfatório de retorno econômico. Matiello (1999) observou que, mesmo jovens, as plantas toleram bem a salinidade e que é possível conviver com problemas de uso de águas salinas na irrigação, por gotejamento, do cafeeiro, desde que a água não seja excessivamente salina, até  $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ , e que, em determinados períodos do ano, a região apresenta uma boa distribuição das chuvas. Por outro lado, Karasawa et al. (2000) observaram, em um experimento montado em casa de

vegetação, que, irrigando-se com água salina diferenciada de 1,5 a  $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ , nenhuma planta sobreviveu aos tratamentos aplicados.

Seja pela escassez de chuva, seja pela redução dos custos de produção, através do uso de fertirrigação, a cafeicultura irrigada é uma realidade evidente, que assegura a produção e garante a rentabilidade da cultura. Entretanto, poucas são as informações a respeito da relação entre essa cultura e a salinidade. Assim, com o objetivo de elucidar melhor o assunto, montou-se um experimento em ambiente protegido e simularam-se as condições de viveiro comercial, para observar os parâmetros morfológicos e fisiológicos na muda do cafeeiro submetido à irrigação com diferentes níveis de salinidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, em vasos, com volume de  $500 \text{ cm}^3$ , dispostos em um ambiente protegido com cobertura e paredes de lona plástica, no qual a ventilação era promovida por meio da porta de entrada e da parte superior, no espaço das treliças da fachada e do fundo, fechada por uma tela de malha fina. Utilizou-se, para o enchimento dos vasos, um material de solo classificado como Latossolo Vermelho distroférico textura muito argilosa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999), ao qual foram adicionados matéria orgânica (esterco de curral), cloreto de potássio e superfosfato simples. Usou-se o substrato padrão, preconizado por Guimarães et al. (1989). O plantio de mudas da cultivar Acaia Cerrado MG-1474, no estádio de palito, ocorreu no dia 13 de outubro de 2000, colocando-se 1 palito por vaso. Durante as primeiras semanas, as irrigações foram realizadas com água normal

(torneira), para favorecer o pegamento. A distribuição das mudas foi feita de acordo com delineamento de blocos casualizados, com 5 tratamentos e 5 blocos, sendo cada parcela composta por 4 vasos. Foram colocados mais 4 blocos adicionais para realizar as avaliações destrutivas. Os tratamentos foram: água de torneira (testemunha); 0,3; 0,9; 1,2 e 1,5 dS m<sup>-1</sup>, em que a água com diferentes níveis de concentração de sais foi composta com a adição de cloreto de sódio (PA). Inicialmente, preparou-se uma solução concentrada de cloreto do sódio em água destilada (125g/500mL); depois, preparou-se a solução para a irrigação, adicionando-se a solução concentrada à água destilada e monitorando-se a condutividade elétrica até que esta atingisse o valor desejado. A condutividade elétrica da água de torneira foi medida periodicamente, apresentando um valor de 0,01 dS m<sup>-1</sup>. Os dados de condutividade elétrica foram corrigidos para a temperatura-padrão de 25°C e expressos em dS m<sup>-1</sup>.

As plantas foram mantidas em solo com umidade próxima à da capacidade de campo, com base no peso médio de 10 vasos. As mudas foram conduzidas em um ambiente de aproximadamente 50% de luminosidade, proporcionado através da tela sombrite. Foram realizadas 3 avaliações, sendo a primeira no 73<sup>o</sup> dia de tratamento com água salina (06/02/01), quando as plantas atingiram o porte de transplantio para o campo. Após 30 dias, realizou-se a segunda avaliação (no 103<sup>o</sup> dia). A última avaliação foi realizada em 06/06/01 (no 163<sup>o</sup> dia). As lâminas de água aplicadas (acumuladas) até a primeira, a segunda e a última avaliação foram 181,36; 230,18 e 339,47 mm, respectivamente. As temperaturas média máxima e mínima registradas no local do experimento foram: novembro: 41,4°C e 19,1°C; dezembro: 40,9°C e 20,1°C; janeiro: 42,5°C e 20,0°C; fevereiro: 43,9°C e 20,0°C; março: 41,3°C e 17,0°C; abril: 41,3°C e 17,0°C e maio: 35,4°C e 13,9 °C.

Para medir a altura das plantas, utilizou-se uma régua graduada. Nos blocos adicionais, foram feitas as demais avaliações que requereram a destruição das plantas e a avaliação da condutividade elétrica do substrato.

Mediu-se o potencial da água nas folhas maduras antes da incidência da radiação solar, utilizando-se uma câmara de pressão (Model 3005, Soil Moisture Equipment Corporation, Santa Bárbara, CA USA) (Kaufmann, 1968).

Utilizou-se a metodologia descrita por Cairo et al. (1994), para medir a atividade do redutase do nitrato "in vivo", usando-se 500mg de massa fresca de folha madura, fragmentada em pedaços de 2mm x 2mm, coletada aproximadamente 2,5 horas após o nascer do sol. O material fragmentado foi imerso, por 2 minutos, na mistura contendo 100mmol L<sup>-1</sup> de tampão fosfato de potássio pH 7,5; 100mmol L<sup>-1</sup> KNO<sub>3</sub> e de n-propanol 5%. Em seguida, a mistura com os fragmentos foi incubada por 60 minutos, a uma temperatura de 35 °C. Para estimar a atividade da redutase do nitrato, retirou-se uma alíquota de 500µL do material incubado e adicionado a 1 mL de solução de (1:1) de sulfanilamida 1% de HCl 2,4 mol L<sup>-1</sup> : N-1-naphtyl-ethylenediamine 0,02% contendo 1,5 mL de água destilada. A absorvância foi determinada a 540 nm e a redutase do nitrato foi expressa em µmol NO<sub>2</sub><sup>-</sup> h<sup>-1</sup>g<sup>-1</sup> de matéria fresca.

Utilizou-se a metodologia descrita por Richards (1954), preparando-se uma pasta com água destilada e solo seco à sombra e peneirado. Dessa pasta, após repouso de 24 horas, extraiu-se a solução por meio de uma bomba de vácuo a uma tensão de 80 kPa. A condutividade elétrica do extrato foi, então, medida com um condutivímetro (modelo CA-150, Marconi).

O conteúdo relativo de água (CRA) da folha foi determinado de acordo com o método de Slavik (1974).

Discos de folhas de 0,8 cm<sup>2</sup> foram retirados e imediatamente imersos em água destilada, até atingir peso constante. Depois, esses discos foram levados para a estufa, até a completa desidratação. O CRA foi determinado por meio da Equação 1:

$$CRA = \frac{D_F - D_S}{D_T - D_S} * 100 \quad (1)$$

em que:

CRA – conteúdo relativa de água, %;

D<sub>F</sub> – disco de folha fresco, g;

D<sub>S</sub> – disco de folha seco, g;

D<sub>T</sub> – disco de folha túrgido, g.

Determinou-se a relação entre o peso seco da parte aérea e o radicular, por meio da Equação 2:

$$RAR = \frac{PSA}{PSR} \quad (2)$$

em que:

RAR – relação entre o peso seco da parte aérea e o radicular, adimensional;

PSA – peso seco da parte aérea, g;

PSR – peso seco radicular, g.

O peso seco da parte aérea foi obtido pelo método da secagem em estufa, quando a mesma chegou a peso constante. A raiz foi lavada para limpeza e retirada do solo e, posteriormente, levada à estufa para desidratar, até atingir peso constante.

Os dados foram submetidos ao teste F, para a análise de variância, e as médias foram comparadas, usando-se o teste de Tukey.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A irrigação com água salina nas mudas de cafeeiro provocou um estresse salino, o qual pode ser associado diretamente ao estresse hídrico, devido à falta de água, além de provocar agravos decorrentes do sódio, tóxico para as plantas. Todas as variáveis avaliadas nas plantas reduziram-se com o acréscimo da salinidade na água de irrigação, com exceção da relação entre o peso seco aéreo e o radicular (RAR). Nas Tabelas 1 e 2, estão apresentados os resumos das análises de variância de todas as características avaliadas.

**Tabela 1** - Valores do quadrado médio da análise de variância dos efeitos decorrentes da adição de sal na água de irrigação, para as variáveis área foliar (AF), altura da planta (Alt), peso seco aéreo (PSA) e peso seco radicular (PSR).

F.V.	GL	AF	Alt	PSA	PSR
Tempos	2	364,40**	318,38**	291,61**	143,45**
Trat.	4	37,43**	29,10**	10,12**	18,84**
Tempos. x Trat.	8	7,94**	1,56 <sup>ns</sup>	2,61*	1,19 <sup>ns</sup>
Resíduo	3	0,67 <sup>ns</sup>	1,55 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	1,33*
CV%		6,85	4,31	11,70	14,45

\*,\*\* e <sup>ns</sup> são significativos à p<0,05, p<0,01 e não significativo respectivamente. CV: coeficiente de variação.

**Tabela 2** - Valores do quadrado médio da análise de variância dos efeitos decorrentes da adição de sal na água de irrigação, para as variáveis condutividade elétrica do extrato do substrato (CEs), atividade da redutase do nitrato (RNA), potencial da água na folha (PAF), conteúdo relativo de água na folha (CRA) e relação entre o peso seco aéreo e o radicular (RAR).

F.V.	GL	CEs	RNA	PAF	CRA	RAR
Tempo.	2	37,24**	504,90**	150,35**	4,48*	9,40**
Trat.	4	142,60**	85,51**	47,86**	33,03**	5,20**
Tempo. x Trat.	8	8,57**	19,22**	7,32**	6,35**	1,48 <sup>ns</sup>
Resíduo	3	0,66 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	1,74 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	2,38 <sup>ns</sup>
CV%		4,29	16,53	7,78	1,63	13,83

\*,\*\* e <sup>ns</sup> são significativos à  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  e não significativo respectivamente. CV: coeficiente de variação.

À medida que se elevou a condutividade da água de irrigação, todos os tratamentos apresentaram efeitos negativos, ou seja, causaram decréscimo nas variáveis avaliadas, no nível de 1% de probabilidade pelo teste F. A época de avaliação também apresentou tendência significativa, no nível de 1% de probabilidade pelo teste F, sendo tal tendência crescente para as variáveis de avaliação do desenvolvimento vegetativo, e alternada para as demais variáveis, com exceção da variável conteúdo relativo de água na folha, que foi significativo apenas em 5% de probabilidade (Tabelas 1 e 2).

A interação entre a época da avaliação e os tratamentos, na maioria dos casos, apresentou-se significativa no nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, com exceção do peso seco aéreo, significativo em 5%. As variáveis altura, peso seco radicular e relação PSA/PSR não apresentaram interação significativa entre a época da avaliação e os tratamentos.

O maior coeficiente de variação foi obtido para a atividade da redutase do nitrato (16,5%), seguido do peso seco radicular, sendo o conteúdo relativo de água o menor (1,6%), seguido da condutividade elétrica do extrato do substrato, conforme apresentado nas Tabelas 1 e 2.

As variáveis altura da planta e área foliar foram

afetadas de forma mais evidente e tais informações estão apresentadas na Figura 1.

Na Figura 1, pode ser observado que, na primeira avaliação de altura das mudas, os tratamentos 0,3 dS m<sup>-1</sup> e 0,9 dS m<sup>-1</sup> apresentaram um decréscimo muito pequeno de 3,7% (14,72cm) e 4,1% (14,49cm), em relação à testemunha (15,06 cm), respectivamente. Já para o tratamento com maior salinidade (1,5 dS m<sup>-1</sup>), houve decréscimo de 11% em relação à testemunha. A mesma tendência foi observada nas outras duas avaliações, porém o tratamento 1,5 dS m<sup>-1</sup> causou reduções de 16,7% e 17,0% na segunda e na terceira avaliação, respectivamente, quando comparado com a testemunha de cada tratamento.

O acúmulo de sal no substrato e a conseqüente redução do potencial osmótico pode afetar negativamente o crescimento das plantas e também causar um desenvolvimento foliar reduzido. Se comparada com a variável altura, a área foliar apresentou um decréscimo maior, percentualmente, quando ambas foram referenciadas em relação à testemunha. Tal diferença foi maior na última avaliação, na qual o tratamento 1,5 dS m<sup>-1</sup> reduziu-se 35,4% em relação à testemunha. Nessa mesma época, o decréscimo da área foliar para os tratamentos

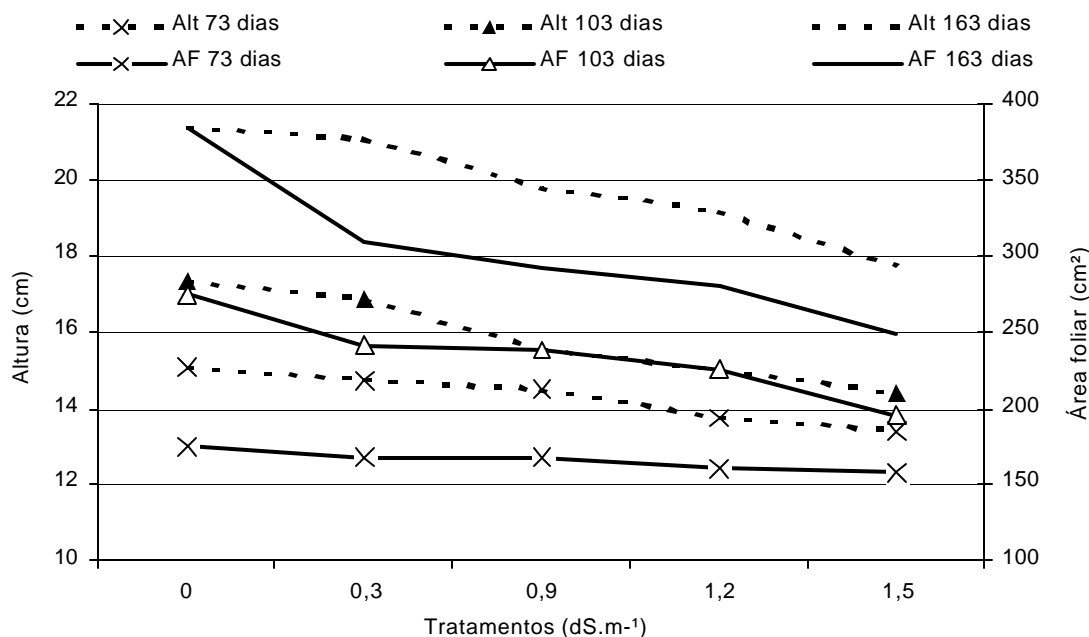
0,3 dS m<sup>-1</sup> e 0,9 dS m<sup>-1</sup>, em relação à testemunha, foi de 19,6 e 24,0%, respectivamente. Segundo McKersie e Leshem (1994), uma das primeiras respostas de plantas que sofrem estresse salino é a redução da taxa de crescimento da folha, e essa elevada redução foi observada para concentrações maiores que 0,9 dS m<sup>-1</sup>.

O decréscimo da taxa de expansão da área foliar, observado entre a segunda e a terceira avaliações, pode ser devido à redução de temperatura ambiente. Da Matta et al. (1999) observaram que a área foliar do cafeeiro apresenta uma correlação direta com a temperatura, havendo um desenvolvimento reduzido sob baixas temperaturas. No presente experimento ocorreram temperaturas de até 7°C entre a segunda e terceira avaliações, com provável interferência negativa no crescimento.

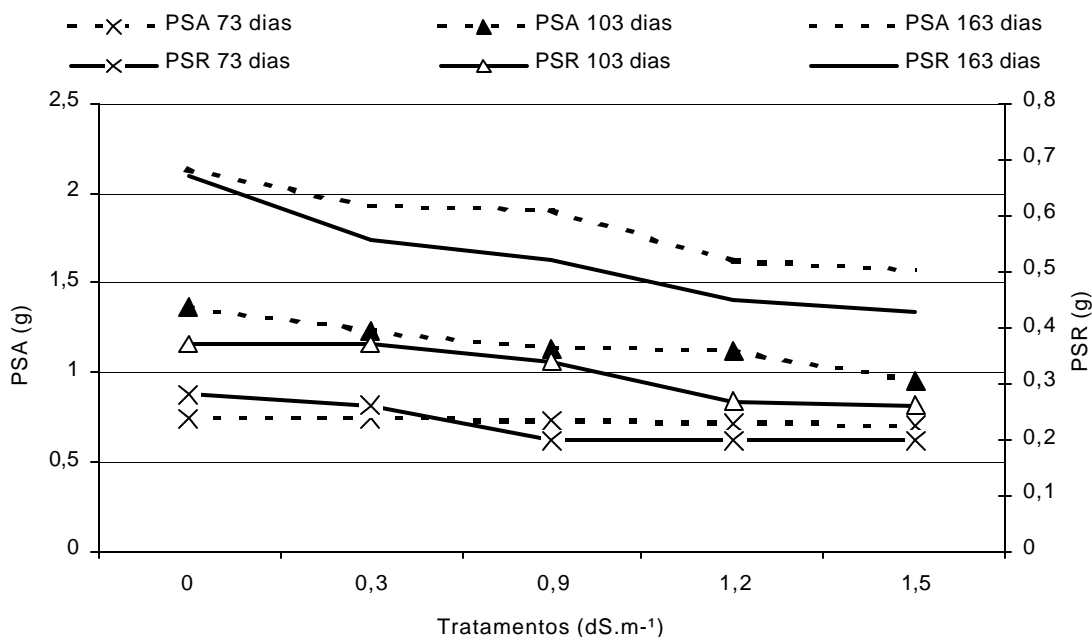
As variáveis peso seco aéreo e radicular são informações importantes quanto à qualidade da muda do cafeeiro e estão apresentadas na Figura 2.

O decréscimo de PSA foi observado nas três avaliações, possivelmente devido ao estresse salino, sendo essa redução mais acentuada na segunda e na terceira avaliação. Para o experimento, tal redução chegou a aproximadamente 30% (0,95g e 1,57g para a segunda e a terceira avaliação, respectivamente), quando comparado com o controle, que foi de 1,37g e 2,14g, respectivamente (Figura 2).

Em valores relativos à testemunha, o maior decréscimo foi observado na segunda e na terceira avaliação, para os tratamentos 0,9 dS m<sup>-1</sup> e 1,2 dS m<sup>-1</sup> respectivamente (17,5 e 24,3%, respectivamente). Essa redução no peso seco aéreo da muda do cafeeiro pode ser devida ao acúmulo de sais no substrato no decorrer do tempo. Pouco se sabe sobre os efeitos da salinidade no cafeeiro. Silveira et al. (2001), estudando o feijão caupi, observaram que a salinidade também interferiu negativamente no peso seco da parte aérea.



**Figura 1** - Efeito dos tratamentos com irrigação de água salina sobre a altura (Alt) e a área foliar (AF) em mudas de cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Acaia Cerrado MG 1474.



**Figura 2** - Resposta das mudas de cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Acaia Cerrado MG 1474 no peso seco aéreo (PSA) e no peso seco radicular (PSR), em função da condutividade elétrica da água de irrigação.

Foi observado que o PSR foi mais afetado pelo estresse salino que o PSA. Geralmente, o peso seco da parte aérea é mais afetado que o radicular, provocando um mecanismo de inibição de crescimento. Mas, no caso deste experimento, a raiz foi mais afetada, possivelmente pela toxicidade do sódio. Nas três avaliações foi observado que a redução do PSR do tratamento 1,5 dS m<sup>-1</sup> foi maior que 30% em relação à testemunha.

Tal redução foi mais acentuada na primeira avaliação, (37,5%), apresentando uma resposta diferente da parte aérea, que foi a menor delas, ficando com apenas 5,3%. Para as demais épocas de avaliação, a queda do peso seco foi semelhante, tanto na parte aérea como na radicular. Um fato interessante observado foi que, para a parte radicular, não houve diferença entre os tratamentos de 1,2 dS m<sup>-1</sup> e 1,5 dS m<sup>-1</sup> na água de irrigação, havendo a mesma redução no peso seco radicular.

Os valores individuais, as médias de cada tratamento e as épocas de avaliação, para a razão entre

o peso seco da parte aérea e o radicular, estão apresentados na Tabela 3.

A relação entre o peso seco aéreo e o radicular (PSA/PSR) foi a única variável que aumentou com o acréscimo da salinidade de água de irrigação. Tal fato deve-se à maior interferência da salinidade no sistema radicular do que na parte aérea, ou seja, a queda do peso seco radicular também foi maior, em função do aumento da salinidade. Observando a Tabela 2, os tratamentos testemunha e 0,3 dS m<sup>-1</sup> não apresentaram diferenças e o maior aumento foi no tratamento 1,2 dS m<sup>-1</sup>, possivelmente porque não houve diferença no peso radicular entre os tratamentos 1,2 dS m<sup>-1</sup> e 1,5 dS m<sup>-1</sup>, enquanto, para o peso seco da parte aérea, continuou havendo redução do tratamento 1,2 dS m<sup>-1</sup> para o tratamento de 1,5 dS m<sup>-1</sup>. Para a época de avaliação, observou-se que, no 103<sup>o</sup> dia, houve diferença significativa no nível de 5% de probabilidade.

A condutividade elétrica do extrato do substrato

saturado é uma variável que reflete a salinidade deste, proveniente da água de irrigação utilizada. Essa variável indica se o substrato é agriculturável ou não, podendo também interferir diretamente na atividade da redutase do nitrato. Na Figura 3, estão apresentadas as respostas da atividade da redutase do nitrato e da condutividade elétrica do extrato do substrato, em função da irrigação com água salina.

Todos os tratamentos apresentaram uma condutividade maior na última avaliação, com exceção do tratamento controle, no qual se usou água de torneira, que foi menor na última avaliação. O tratamento 0,3 dS m<sup>-1</sup> foi o que apresentou menor incremento entre eles, e os maiores incrementos foram observados para os tratamentos 1,2 dS m<sup>-1</sup> e 1,5 dS m<sup>-1</sup> (9% e 19%, respectivamente).

A semelhança da condutividade elétrica dos tratamentos 1,2 dS m<sup>-1</sup> e 1,5 dS m<sup>-1</sup> pode explicar a diferença não significativa entre o PSR dos tratamentos 1,2 dS m<sup>-1</sup> e 1,5 dS m<sup>-1</sup>, verificados anteriormente.

No tratamento testemunha, a elevada condutividade elétrica inicial pode ser atribuída à presença de fertilizante aplicado na ocasião do preparo do substrato, principalmente à presença de KCl. Com o desenvolvimento das plântulas, estes foram sendo absorvidos e, conseqüentemente, houve a redução da condutividade elétrica, com o tempo.

Entre a 1ª e a 2ª avaliação, não houve evolução da

salinidade dentro de cada tratamento, provavelmente devido ao pequeno período de tratamento (30 dias). A terceira avaliação apresentou diferença significativa em relação à segunda, pois o período entre a 2ª e a 3ª avaliações foi de 60 dias.

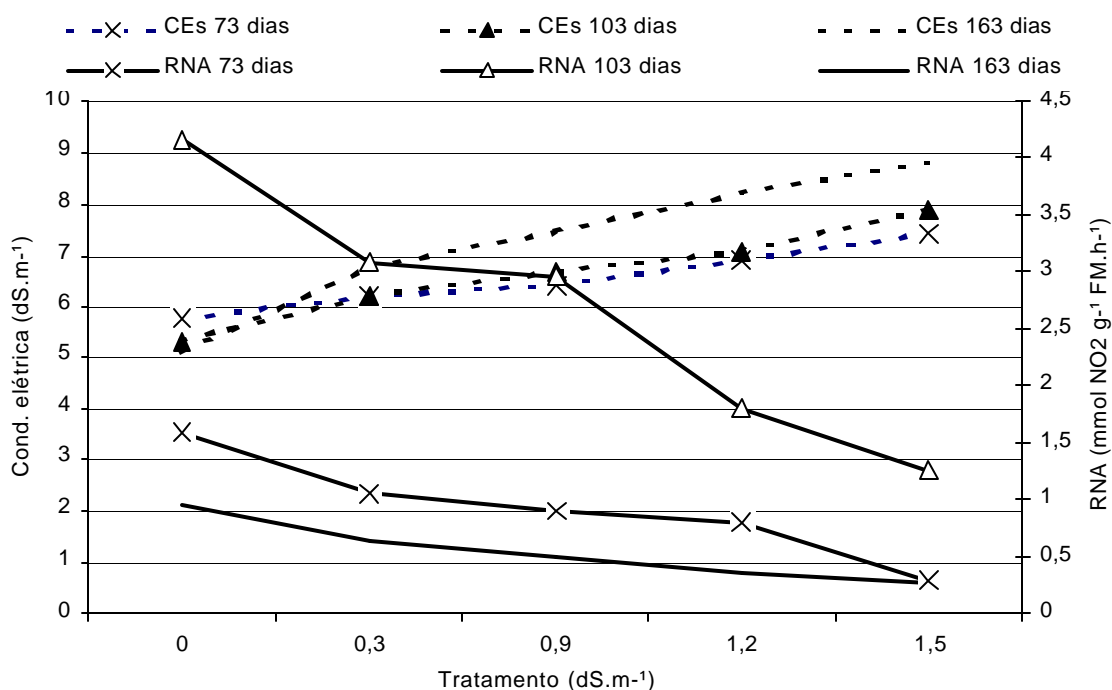
Todos os tratamentos receberam a mesma quantidade de água tratada, porém mesmo no 163º dia de condução, eles não apresentaram a mesma ordem de grandeza da condutividade elétrica do extrato de saturação, quando comparada com a condutividade elétrica da água de irrigação. A ordem dos tratamentos era de 0; 0,3; 0,9; 1,2; e 1,5 dS m<sup>-1</sup>. (0, x, 3x, 4x e 5x respectivamente) e a condutividade do substrato foi de 6,75; 7,46; 8,21 e 8,82, o que corresponde a x; 1,1x; 1,2x e 1,3x, respectivamente, sem contar com a testemunha. A maior condutividade foi observada no tratamento 1,5 dS m<sup>-1</sup> e isso explica a possível redução de todas as variáveis até aqui avaliadas.

A atividade da redutase do nitrato foi bastante acentuada na primeira avaliação, reduzindo-se para mais de 80% no tratamento 1,5 dS m<sup>-1</sup>, em relação à testemunha, no 73º dia de irrigação com água salina. Para a segunda e a terceira avaliação, essa queda foi menos acentuada no tratamento 1,5 dS m<sup>-1</sup>, ficando aproximadamente 70% em relação à testemunha. Os valores elevados da RNA na 1ª e, principalmente, na 2ª avaliação coincidem com o período de elevada

**Tabela 3** - Efeito da irrigação com água salina na relação entre o peso seco aéreo e o radicular na muda de cafeeiro *Coffea arabica* L. nos 73º, 103º e 163º dias de tratamentos.

Dias de trat.	Relação peso seco da parte aérea e da radicular (PSA/PSR) (g g <sup>-1</sup> )					Média
	Condutividade elétrica da água (dS m <sup>-1</sup> )					
	0,0	0,3	0,9	1,2	1,5	
73	2.38	2.75	2.91	3.67	3.65	3.07 B
103	3.73	3.30	3.36	4.16	3.73	3.65 A
163	3.49	3.44	3.68	3.74	3.75	3.62 A
Média	3.20 b	3.16 b	3.31 ab	3.85 a	3.71 ab	



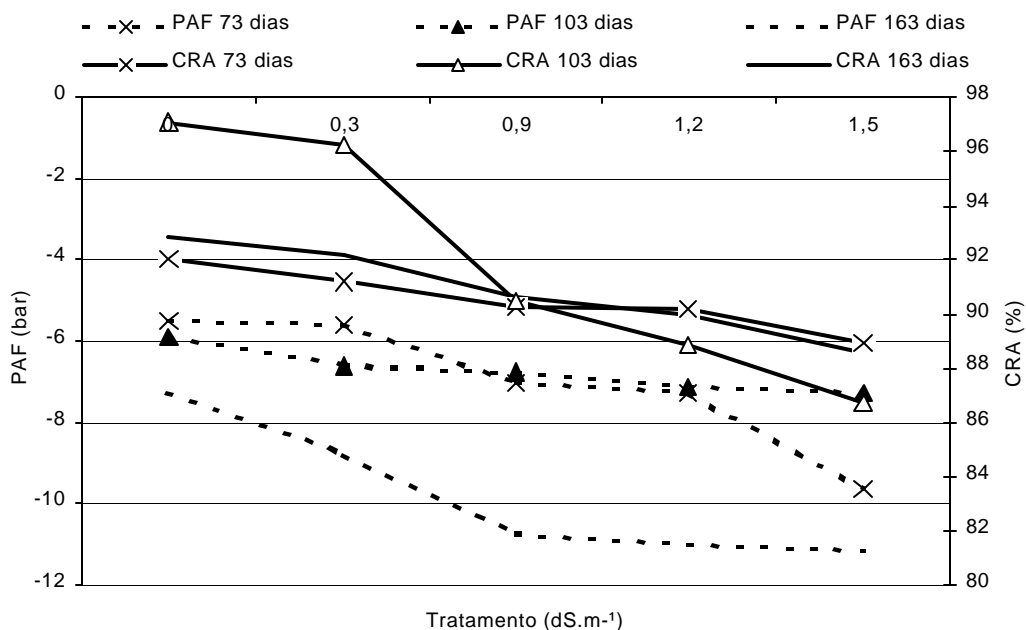


**Figura 3** - Efeito dos tratamentos de irrigação com água salina sobre a atividade da redutase do nitrato (RNA) em mudas de cafeeiro *Coffea arabica* L. cv. Acaia Cerrado MG 1474 e na condutividade elétrica do extrato do substrato (CEs) nos 73<sup>o</sup>, 103<sup>o</sup> e 163<sup>o</sup> dias.

temperatura do ar e, conseqüentemente, de alta transpiração. A alta demanda atmosférica exige uma irrigação mais intensa e, conseqüentemente, uma maior absorção de água e de nutrientes, provocando a elevação do NO<sub>3</sub> nas folhas. Da Matta et al. (1999), Amaral et al. (2001) e Abd-El Baki et al. (2000) comentam que o elevado valor de RNA pode ser função do fluxo de nitrato. Contudo, para o presente trabalho, a maior influência deve ser devido à temperatura, pois, na última avaliação, houve uma queda no RNA, ocorrendo simultaneamente uma queda de temperatura muito acentuada, registrando-se 7°C por alguns dias, quando a temperatura da média mínima foi de 3,0°C a menos que o período de abril.

Na Figura 4, estão apresentados os efeitos dos tratamentos das variáveis potencial de água e conteúdo relativo de água na folha.

Observando-se a Figura 4, nota-se que a redução da PAF e do CRA no tratamento 1,5 dS m<sup>-1</sup>, em relação à testemunha, variou de 23,3 a 75,0% e de 3,4 a 10,7%, respectivamente, nas três avaliações. O PAF mais negativo foi registrado no tratamento 1,5 dS m<sup>-1</sup> da última avaliação, confirmando a pequena tolerância das mudas ao excesso do sal. Esse valor coincide com a menor atividade do RNO<sub>3</sub> no item anterior (0,28 μmol NO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> FM h<sup>-1</sup> PAF). A redução da absorção da água, ocasionada pelo sal, reduziu a turgescência das folhas, como indicado pelos baixos PAF e CRA, e estes podem induzir a paralisação do crescimento, da biossíntese proteica e a redução da atividade da redutase do nitrato (Magalhães 1979). Silveira et al. (1999) afirmam que o maior efeito do estresse salino está na sensibilidade para a assimilação do nitrogênio e na inibição do crescimento da planta.



**Figura 4** - Efeito dos tratamentos com irrigação de água salina sobre o potencial da água na folha (PAF) e sobre o conteúdo relativo de água na folha (CRA) em mudas de café *Coffea arabica* L. cv. Acaia Cerrado MG 1474 nos 73<sup>o</sup>, 103<sup>o</sup> e 163<sup>o</sup> dias.

No presente experimento, a redução da atividade da redutase do nitrato foi causada pelo estresse salino, o qual pode ser decorrente do efeito salino em quantidade de proteína da redutase do nitrato e da relação degradação/inativação (Plaut, 1974). Contudo o menor crescimento das mudas do café, nos tratamentos com maior salinidade, pode ser associado à diminuição da atividade da redutase do nitrato pela enzima-chave no metabolismo do nitrogênio (Silveira et al., 2001).

É sabido que as plantas possuem tolerância diferente ao estresse salino, dependendo do estágio de crescimento. Provavelmente, as mudas de café são mais sensíveis à salinidade que o café adulto. Em cereais, a sensibilidade ao estresse salino é maior na germinação e nos estágios iniciais de crescimento do que nos estágios finais, conforme observado por Mass et al. (1983), em milho, Mass et al. (1986), em sorgo e Mass e Poss (1989), em trigo.

## CONCLUSÕES

O café pode ser considerado sensível à salinidade no estágio de formação de mudas. A redução da quantidade de água disponível afetou a RNA e provavelmente, essa seja uma das causas das menores taxas de crescimento, como apresentado pela altura, área foliar, PSA, PSR. Essas mesmas variáveis, juntamente com os processos fisiológicos, interferem na sensibilidade, causando, por exemplo, a redução da fotossíntese pelo fechamento estomático, o que resulta na diminuição de crescimento das plantas, devido aos agravos decorrentes da salinização.

As mudas de café irrigadas com água salina apresentaram uma disfunção no metabolismo e no desenvolvimento, e, assim, provavelmente, aumentará o tempo necessário para a formação da muda, levando a um prejuízo econômico.

Todas as variáveis avaliadas, tanto morfológicas quanto fisiológicas, apresentaram importantes mudanças, como efeito do aumento do estresse salino.

A sensibilidade à salinidade tornou-se mais evidente quando as mudas foram irrigadas com água de condutividade elétrica maior do que ou igual a 0,9 dS m<sup>-1</sup>.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Nelson Delú Filho, pela informação de como avaliar a redutase do nitrato, bem como do conteúdo relativo de água na planta. Aos Laboratórios de Qualidade de Água e Irrigação e Drenagem da Universidade Federal de Lavras e ao Laboratório de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Sinceros agradecimentos às pessoas do Professor Quirijn de Jong van Lier, do MSc. Rafael Vasconcelos Ribeiro e do Dr. Carlos D. Giaveno, pelas valiosas sugestões e pelas contribuições recebidas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL BAKI, G.K.; SIEFRITZ, F.; MAN, H.M.; WEINER, H.; KALDENHOFF, R.; KAISER, W.M. Nitrate reductase in *Zea mays* L. under salinity. **Plant Cell Environment**, v.23, p.515-521, 2000.
- AMARAL, J.A.T.; DA MATTA, F.M.; RENA, A.B. Effects of fruiting on the growth of Arabica coffee trees as related to carbohydrate and nitrogen status and to nitrate reductase activity. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.13, p.66-74. 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Estimativa de safra cafeeira 2000/2001**. Brasília: EMBRAPA, 2000. 3p.
- CAIRO, P.A.R.; OLIVEIRA, L.E.M.; DELÚ FILHO, N. Determinação das condições ótimas para o ensaio "in vivo" da redutase de nitrato em algumas espécies arbóreas. **Revista Árvore**, v.18, p87-95. 1994.
- DA MATTA, F.M.; AMARAL, J.A.T.; RENA, A.B. Growth periodicity in trees of *Coffea arabica* L. in relation to nitrogen supply and nitrate reductase activity. **Field Crops Research**, v.60, p.223-229. 1999.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179p. (Irrigation and Drainage Papers, 24).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2002**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2002. 536p.
- GUIMARÃES, P.T.G.; CARVALHO, M.M.; MENDES, A.N.G.; BARTHOLO, G.F. Produção de mudas de café: coeficientes técnicos da fase de viveiro. **Informe Agropecuário**, v.14, p.5-10, 1989.
- KARASAWA, S.; SILVA, R.A. da; MIRANDA, J.H. de; DUARTE, S.N. Comportamento de mudas de café submetidas à irrigação com diferentes níveis de salinidade. (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., Fortaleza, 2000. **Anais**. Fortaleza: SBEA, 2000.
- KAUFMANN, M.R. Evaluation of the pressure chamber method for measurement of water stress in citrus. **Proceedings American Society for Horticultural Science**. v.93, p.186-198, 1968.
- MAGALHÃES, A.C.N. Fotossíntese. In: FERRI, M.G. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 1979. p.117-180.

- MASS, E.V.; POSS, J.A. Salt sensitivity of wheat at various growth stages. **Irrigation Science**. v.10, p.29-40, 1989.
- MASS, E.V.; POSS, J.A.; HOFFMAN, G.J. Salinity sensitivity of sorghum at three growth stages. **Irrigation Science**. v.7, p.1-11, 1986.
- MASS, E.V.; HOFFMAN, G.J.; CHABA, G.D.; POSS, J.A.; SHANNON, M.C. Salt sensitivity of corn at various growth stages. **Irrigation Science**. v.4, p.45-57, 1983.
- MATIELLO, J.B. Evolução da salinidade e comportamento do cafeeiro em área irrigada por gotejamento em Brejões-BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIRA, 25., Franca, 1999. **Anais**. Franca: 1999. p.185.
- McKERSIE, B.D.; LESHEM, Y.Y. Salt stress. In: MCKERSIE B.D., LESHEM Y.Y. (Ed.). **Stress and stress coping in cultivated plants**. Dordrecht: Kluwer Academic. 1994. p.55-78.
- PLAUT, Z. Nitrate reductase activity of wheat seedlings during exposure to and recovery from water stress and salinity. **Plant Physiology**. v.30, p.212-217, 1974.
- RICHARDS, L.A.; **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: USDA, 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).
- SILVEIRA, J.A.G.; CARDOSO, B.B.; MELO, A.R.B.; VIÉGAS, R.A. Salt-induced decrease in nitrate uptake and assimilation in cowpea plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. v.11, p.77-82, 1999.
- SILVEIRA, J.A.G.; MELO, A.R.B.; VIÉGAS, R.A.; OLIVEIRA, J.T.A. Salinity-induced effects on nitrogen assimilation related to growth in cowpea plants. **Environmental and Experimental Botany**. v.46, p.171-179, 2001.
- SLAVÍK, B. **Methods of studying plant water relations**. Berlim: Springer Verlag, 1974. 449p.