

CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE MUDAS DE *Eucalyptus* spp SUBMETIDAS A ESTRESSE SALINO

PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF *Eucalyptus* spp SEEDLINGS SUBMITTED TO SALINE STRESS

Andrea Vita Reis Mendonça¹ José Geraldo de Araújo Carneiro²
Teresa Aparecida Soares de Freitas³ Deborah Guerra Barroso⁴

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar como o aumento da concentração de cloreto de sódio (NaCl) influencia o rendimento quântico potencial do fotossistema II (Fv/Fm), índice da intensidade da cor verde nas folhas (valor SPAD), área foliar, biomassa seca foliar e concentração de potássio (K) e sódio (Na) nas folhas de mudas de espécies de *Eucalyptus*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vasos de 11,5 L, preenchidos com areia e irrigados com solução salinizada, em Campos dos Goytacazes, RJ. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial com quatro espécies (*Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus robusta*) e cinco níveis de salinidade (1,4; 2,50; 4,50; 6,45 e 8,33 dS m⁻¹), com cinco repetições. Até o nível máximo de salinidade aplicado, as mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis* e *Eucalyptus robusta* responderam positivamente com relação às características valor SPAD, rendimento quântico potencial do fotossistema II, biomassa seca foliar e área foliar. Essas avaliações sugerem tolerância dessas espécies às condições de salinidade impostas. Mudas de *Eucalyptus pellita* mostraram sensibilidade ao estresse salino. As reduções da biomassa seca e área foliar podem estar relacionadas a estratégias de resistência das plantas ao estresse salino.

Palavras-chave: salinidade; fluorescência.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of increasing sodium chloride (NaCl) concentrations on quantum potential efficiency of the photosystem II (Fv/Fm), index of the intensity of the green color in leaves (SPAD value), dry leaf biomass, leaf area and potassium (K) and sodium (Na) concentrations in *Eucalyptus* seedlings leaves. The experiment was carried out in a green house, using 11.5 L pots filled with sand and irrigated with nutrient solution, in Campos dos Goytacazes (RJ). The experiment was set up according to a completely randomized factorial design, with four species (*Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus pellita* and *Eucalyptus robusta*) and five saline levels (1.41; 2.50; 4.50; 6.45 and 8.33 dS m⁻¹), with five replicates. Up to the maximum applied saline level, seedlings of *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis* and *Eucalyptus robusta* showed positive responses regarding SPAD values and quantum potential efficiency of the photosystem II, dry leaf biomass and leaf area. These evaluations suggest tolerance of these species to saline conditions. Seedlings of *Eucalyptus pellita* showed sensitivity to saline stress. The reductions of dry leaf biomass and leaf area may be related to seedling resistance to saline conditions.

Keywords: saline conditions; chlorophyll fluorescence.

1. Engenheira Florestal, Dr^a, Professora da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, CEP 44380-000, Cruz das Almas (BA). avrmendonca@hotmail.com
2. Engenheiro Florestal, Ph.D, Pesquisador Associado da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Laboratório de Fitotecnia, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes (RJ). carneiro@uenf.br
3. Engenheira Agrônoma, Dr^a, Professora da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, CEP 44380-000, Cruz das Almas (BA). tas_freitas@hotmail.com
4. Engenheira Agrônoma, Dr^a, Professora da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Laboratório de Fitotecnia, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes (RJ). deborah@uenf.br

Recebido para publicação em 11/08/2008 e aceito em 12/04/2010.

INTRODUÇÃO

O sucesso da utilização de espécies vegetais para produção de produtos madeireiros e não madeireiros ou para plantios de recuperação de áreas degradadas em solos salinos, depende da tolerância das mesmas à salinidade. Características, diretamente relacionadas à fotossíntese, fluorescência da clorofila e teor de clorofila têm sido utilizadas para identificar diferenças em respostas fisiológicas de espécies ou cultivares sob estresse salino por diversos autores (JAMIL et al., 2007; JIANG et al., 2006; LEE et al., 2004; LU et al., 2003; LU et al., 2002; WANG et al., 2002; MISRA et al., 2001; RAWAT e BANERJEE, 1998). Os índices relacionados à fluorescência da clorofila fornecem uma indicação da capacidade fotossintética da planta, o que é uma informação importante em estudos de estresse. De acordo com Ball et al. (1994), o funcionamento do fotossistema II (PSII) é uma característica sensível para identificar estresse em plantas. Os fatores de estresse também estão relacionados à degradação da clorofila (HENDRY e PRICE, 1993), segundo Jamil et al. (2007), quando plantas crescem sob condições de salinidade, sua atividade fotossintética diminui levando a um crescimento reduzido, menor área foliar e menor conteúdo de clorofila. Considerando que o teor de clorofila é uma característica fortemente correlacionada com valor SPAD (índice da intensidade da cor verde), é que a determinação desse valor é um procedimento rápido e não destrutivo, ele tem potencial para ser utilizado como indicador de estresse.

Algumas espécies do gênero *Eucalyptus* têm sido consideradas tolerantes à salinidade. Estudos realizados por Su et al. (2005) e Marcar (1993) comprovam a tolerância de *Eucalyptus camaldulensis* à salinidade. O *Eucalyptus tereticornis* também tem sido apontado como tolerante (TOMAR et al., 2003 e MARCAR, 1993) e mostrou-se eficiente em melhorar as condições físicas e químicas de um solo sódico na Índia (MISHRA et al., 2003).

Em relação a mudas de *Eucalyptus robusta* na literatura não há um consenso com relação ao seu grau de tolerância à salinidade. Sun e Dickinson (1993) consideram essa espécie altamente tolerante, Marcar (1993), como moderadamente tolerante, e Greenwood et al. (1994) de baixa tolerância. Para mudas de *Eucalyptus pellita* há pouca informação quanto ao seu grau de tolerância ao estresse salino, mas Sun e Dickinson (1993) verificam que essa

espécie se mostrou moderadamente tolerante à salinidade.

Embora, estudos tenham evidenciado a tolerância à salinidade de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus robusta* e *Eucalyptus pellita*, poucos estudos avaliaram respostas fisiológicas dessas espécies a diferentes níveis de salinidade e fases de vida da planta. A resistência a fatores de estresse, a exemplo da salinidade, deve ser avaliada nas diferentes fases de vida da planta, uma vez que plantas tolerantes, a determinado fator de estresse, na fase adulta, não são necessariamente tolerantes na fase de muda.

Este trabalho objetivou avaliar o efeito da salinidade sobre características fisiológicas: rendimento quântico potencial do fotossistema II, índice da intensidade da cor verde nas folhas (valor SPAD), área foliar e biomassa seca foliar de quatro espécies de *Eucalyptus*, na fase de mudas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de maio a novembro de 2004, em casa de vegetação da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), localizada no município de Campos dos Goytacazes, RJ.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial com quatro espécies (*Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus robusta*) e cinco níveis de salinidade (1,41; 2,50; 4,50; 6,45 e 8,33 dS m⁻¹), com cinco repetições. Cada repetição foi composta por uma muda.

As mudas foram produzidas via sementes em tubetes de 50 cm³, preenchidos com substrato Plantimax®, enriquecidos com osmocote 14-14-14 (6 g kg⁻¹).

As mudas foram transplantadas para vasos com capacidade de 11,5 L, preenchidos com areia de rio (substrato). Antes do transplante, os vasos com substrato foram lavados com 100 L de água corrente, fornecida pela empresa de tratamento de água da localidade e, subsequentemente, com 10 L de água desmineralizada. Após secagem do substrato, as mudas foram transplantadas dos tubetes para os vasos. No momento do transplante, foi adicionado 1,8 L de solução nutritiva a cada vaso (BOLLES JONES, 1954), quantidade suficiente para atingir, aproximadamente, 60% da capacidade de campo. Para estimar a capacidade de campo cinco amostras

do substrato foram secas em estufa à 105°C, até peso constante. Em seguida quantificou-se o volume de água necessário para saturar as mostras. Durante a condução do experimento foi realizada irrigação diária, às 8, 12 e 17 horas, com água desmineralizada, mantendo, aproximadamente, 60% da capacidade de campo. Para monitorar a capacidade de campo, um vaso de cada tratamento era pesado, verificando, assim, a quantidade de água necessária para irrigação.

À solução nutritiva foi adicionado NaCl, em diferentes quantidades para obtenção de distintos níveis de salinidade (Tabela 1).

A medida da fluorescência da clorofila *a* foi feita na primeira folha expandida do terceiro ramo partindo do ápice das plantas realizada por meio de fluorímetro portátil (MINIPAM, EffeLtrich, Germany). Os discos foliares foram protegidos da luz, por meio de pinças de adaptação ao escuro, durante 30 minutos, antes da leitura. Após a adaptação ao escuro, foram medidos os valores de fluorescência inicial (F_0) e máxima (F_m) e com essas variáveis foi obtido o rendimento quântico potencial do fotossistema II (F_v/F_m), em que F_v é a fluorescência variável ($F_v = F_m - F_0$). Essa avaliação foi realizada aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias após a aplicação dos tratamentos.

O valor SPAD foi mensurado na primeira folha expandida do terceiro ramo partindo do ápice das plantas, por meio do medidor portátil de clorofila, SPAD-502, sendo obtido um valor médio proveniente da medição de três pontos na folha. Essa avaliação foi realizada aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias após a aplicação dos tratamentos.

Aos 75 dias, as plantas foram retiradas dos vasos, a parte aérea da planta foi separada em folhas e caule. A área foliar foi mensurada com um planímetro eletrônico de bancada (LI-3000, LI-COR

Inc.) e posteriormente, as folhas foram secas por 48 h a 72°C. O teor de Na e K nas folhas foi determinado (MALAVOLTA et al., 1997; JONES JÚNIOR et al., 1991).

Os dados foram submetidos à análise de variância ($\alpha = 0,05$), posteriormente ao teste Tukey de médias (tratamentos de natureza qualitativa) e regressão seqüencial (tratamentos de natureza quantitativa).

Para a característica SPAD, avaliada no tempo, foi realizada uma análise de variância para parcelas divididas no tempo, considerando que o tempo foi um tratamento não passível de aleatorização (BANZATTO e KRONKA, 1992).

Para a característica F_v/F_m também se realizou, a princípio, análise de variância para parcelas divididas no tempo. Entretanto, ao proceder os testes de normalidade e homocedasticidade, detectou-se não normalidade de resíduos e heterocedasticidade. Mesmo utilizando técnicas de transformação de dados, conforme Snedecor e Cochran (1989) os pressupostos não foram atendidos. A opção foi realizar uma análise para cada período de avaliação, garantindo assim o atendimento dos pressupostos da análise de variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os períodos de 15 e 30 dias não houve efeito significativo da salinidade sobre o F_v/F_m para nenhuma das espécies testadas. Já aos 45 dias (Figura 1) e 60 dias (Figura 2) houve efeito significativo da salinidade sobre F_v/F_m para o *Eucalyptus tereticornis* e *Eucalyptus robusta*.

Observou-se um efeito quadrático para

TABELA 1: Volume de NaCl, na concentração de 2 Molar, necessário para promover os níveis de salinidade estudadas.

TABLE 1: Volume of NaCl, in the concentration of 2 Molar, necessary to promote the salinity levels studied.

Condutividade elétrica (dS m^{-1})	ml de NaCl (2 M) por L de solução
1,41	0
2,50	5
4,50	15
6,45	25
8,33	35

mudas de *Eucalyptus tereticornis* e *Eucalyptus robusta* aos 45 dias, havendo redução do Fv/Fm até a condutividade elétrica de 5,45 dS m⁻¹ e 4,18 dS m⁻¹ respectivamente. Após atingir os pontos de mínimo, constatou-se aumento de Fv/Fm com a elevação do nível de salinidade (Figura 1).

Para o período de 60 dias, o efeito foi linear para essas duas espécies, com aumento de Fv/Fm, em resposta ao aumento da salinidade (Figura 2).

Geralmente em plantas submetidas a estresse salino, observa-se redução no rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm), conforme observado em plantas de *Paspalum vaginatum* (LEE et al., 2004) e *Brassica juncea* (MISRA et al., 2001). Também é esperado que a salinidade reduza o teor de clorofila nos tecidos fotossintetizantes, em virtude da

degradação desse pigmento. Segundo Svitsev et al. (1973) esse efeito pode estar relacionado ao aumento da atividade da clorofilase, enzima envolvida na remoção da calda fitol durante a degradação da clorofila. Entretanto, não foi verificada neste estudo redução no rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) e do valor SPAD, exceto para mudas de *Eucalyptus pellita* que, ao contrário das demais espécies apresenta redução do valor SPAD, partindo de 6,6 dS m⁻¹ de condutividade elétrica (Figura 4).

No período de 75 dias, apenas as mudas de *Eucalyptus tereticornis* responderam ao tratamento salino, sendo detectado um aumento de Fv/Fm com a elevação da condutividade elétrica da solução aplicada (Figura 3).

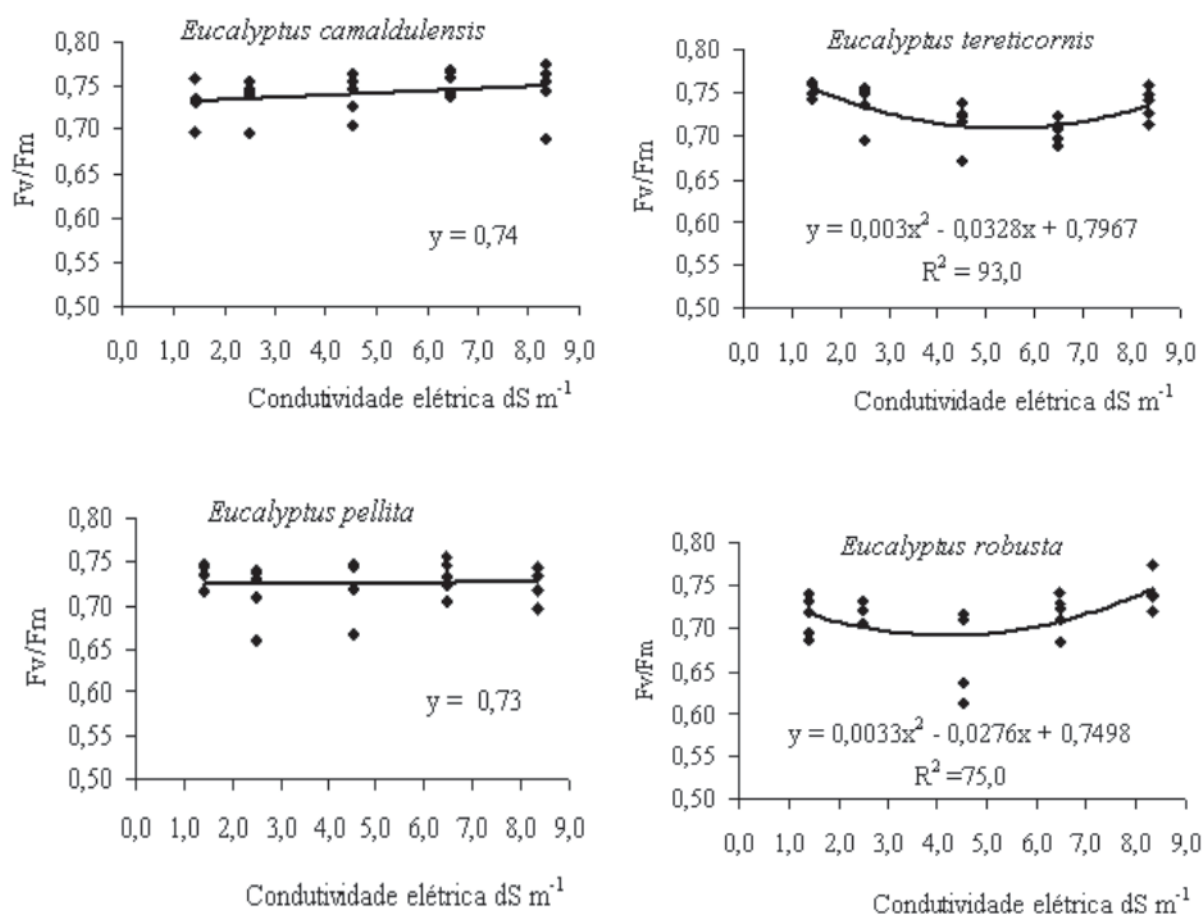


FIGURA 1: Rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) de mudas de eucalipto, 45 dias após o transplântio para vasos de 11,5 L, preenchidos com areia lavada e irrigados com solução de NaCl (CV% = 3,5).

FIGURE 1: Quantum yield of photosystem II (Fv/Fm) of *Eucalyptus* seedlings, 45 days after transplantation to 11.5 L containers, filled with washed sand and irrigated with NaCl solution (CV% = 3.5).

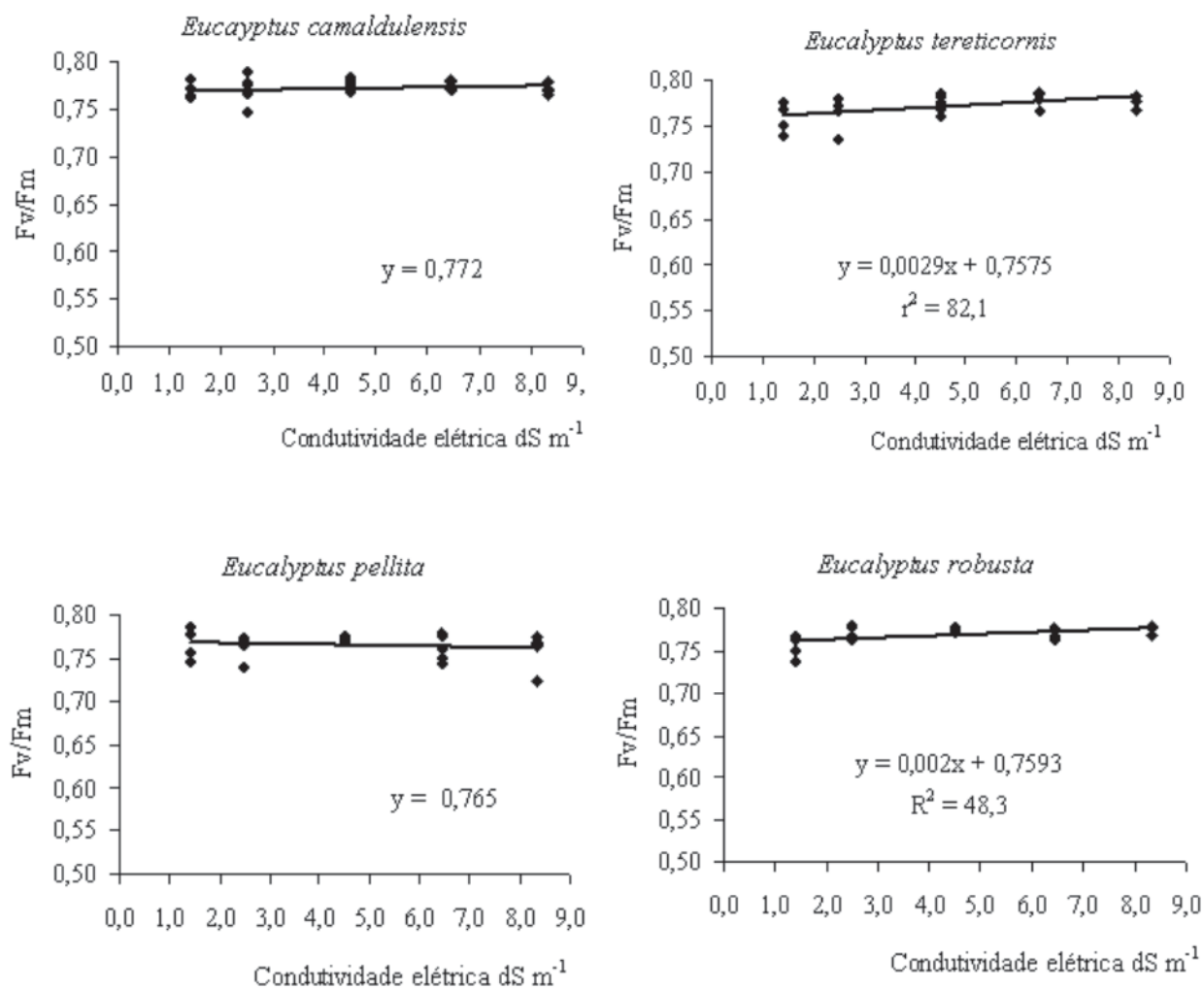


FIGURA 2: Rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) das mudas de eucalipto, 60 dias após o transplântio para vasos de 11,5 L, preenchidos com areia lavada e irrigados com solução de NaCl (CV% = 1,5).

FIGURE 2: Quantum yield of photosystem II (Fv/Fm) of *Eucalyptus* seedlings, 60 days after transplantation to 11.5 L containers, filled with washed sand and irrigated with NaCl solution (CV% = 1.5).

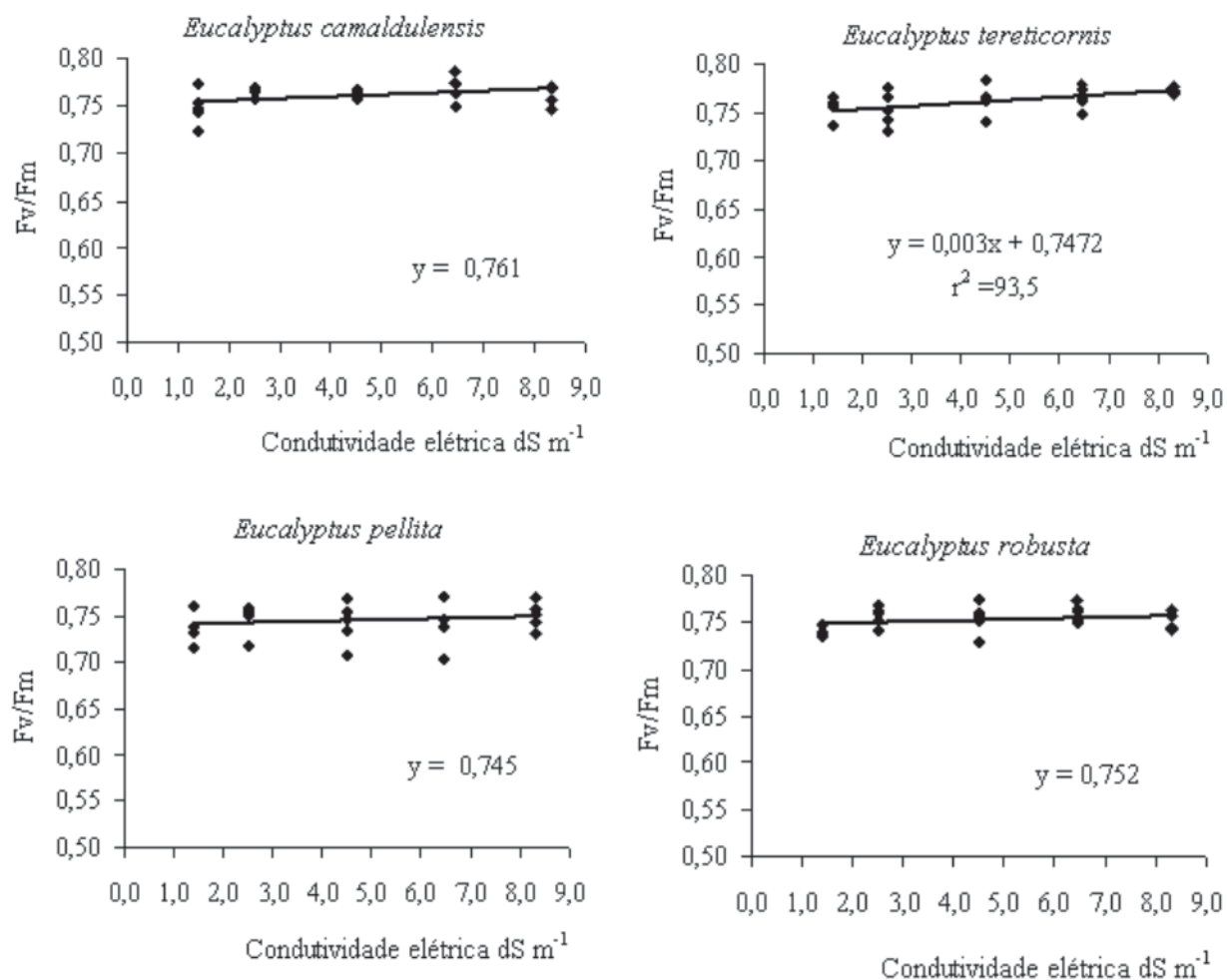


FIGURA 3: Rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) das mudas de eucalipto, 75 dias após o transplântio para vasos de 11,5 L, preenchidos com areia lavada e irrigados com solução de NaCl (CV% = 1,95).

FIGURE 3: Quantum yield of photosystem II (Fv/Fm) of *Eucalyptus* seedlings, 75 days after transplantation to 11.5 L containers, filled with washed sand and irrigated with NaCl solution (CV% = 1.95).

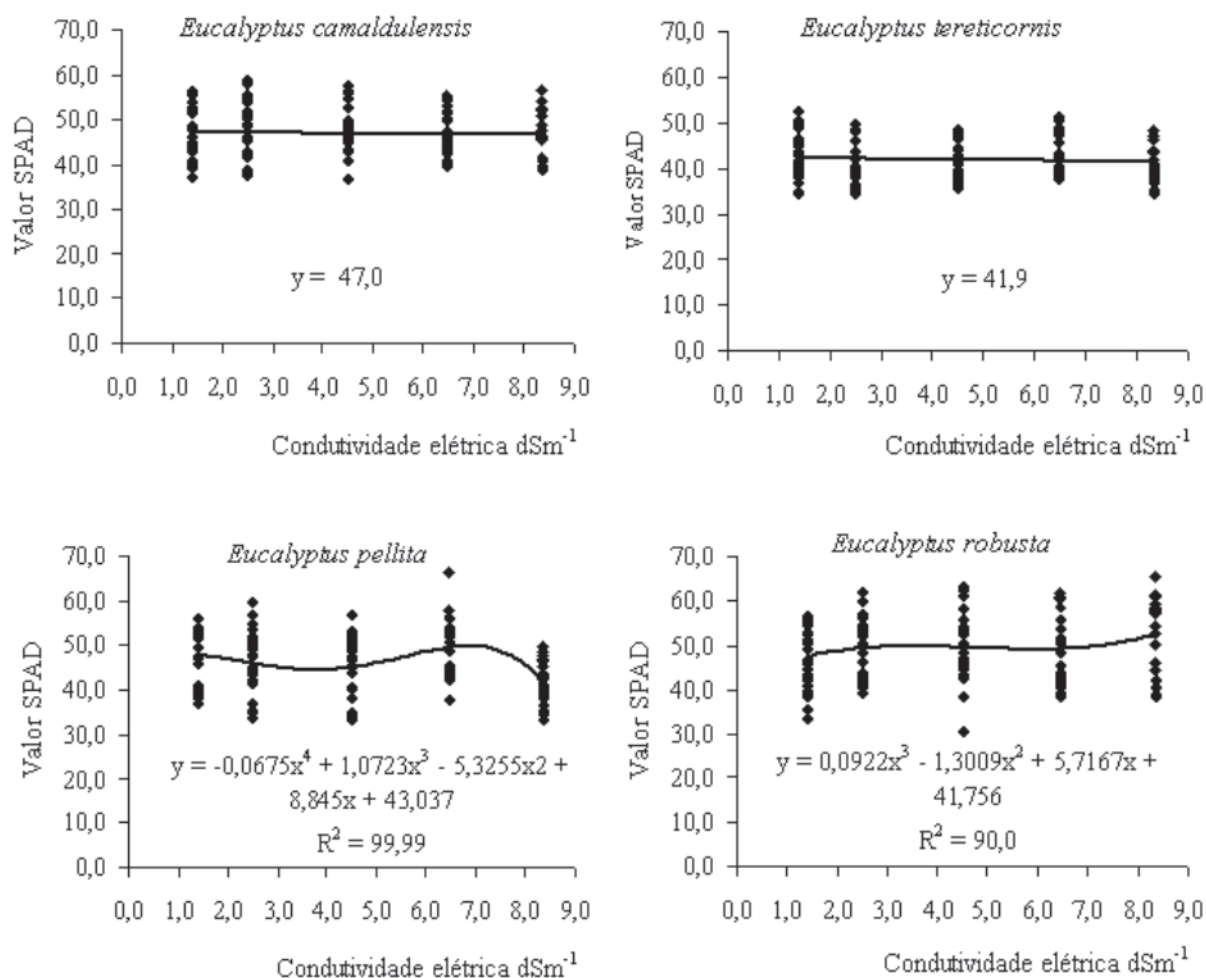


FIGURA 4: Valor SPAD das mudas de eucalipto, em função condutividade elétrica, independente do período de avaliação.

FIGURE 4: SPAD value of the *Eucalyptus* seedlings, in function of electric conductivity, independent of the evaluation period.

O aumento da salinização não afetou o valor SPAD das mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus tereticornis*, enquanto as de *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus robusta* apresentaram relações lineares de quarto e terceiro grau respectivamente (Figura 4). As mudas de *Eucalyptus robusta* tiveram aumento do valor SPAD estimulado partindo da condutividade elétrica de 5,9 dS m⁻¹. O valor SPAD do *Eucalyptus pellita* apresentou um ponto de máximo na condutividade elétrica de 6,6 dS m⁻¹ tanto acima como abaixo dessa condutividade, o valor SPAD tendeu a ser reduzido.

Semelhantemente ao observado para mudas de *Eucalyptus pellita*, a redução do teor de clorofila, mediante o aumento da concentração de NaCl, foi

relatado para mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e de *Dalbergia sissoo*, partindo da condutividade elétrica de 5 dS m⁻¹ (RAWAT e BANERJEE, 1998) e para mudas de *Sesbania rostrata* e *Phaseolus vulgaris*, na concentração de NaCl a partir de 50mM (JUNGKLANG et al., 2003).

As mudas de *Eucalyptus camaldulensis* mantiveram a eficiência quântica do fotossistema II e o valor SPAD inalterado com a elevação da concentração de sal. Os valores SPAD também se mantiveram inalterados em *Eucalyptus tereticornis*, mas a eficiência quântica do fotossistema II apresentou tendência de aumento com o aumento da salinidade, especialmente nas duas últimas avaliações, aos 60 e 75 dias. Para as mudas de

Eucalyptus robusta a eficiência quântica do fotossistema II e o valor SPAD também responderam positivamente ao aumento do nível de salinidade (Figuras 1, 2, 3 e 4). Os resultados nos quais a eficiência quântica do fotossistema II manteve-se inalterada com o aumento da salinidade são compatíveis com os de outros estudos, com diferentes espécies e níveis de salinidade. Nestes, o índice Fv/Fm também não foi alterado mediante o aumento da concentração de sal para mudas de *Sueda salsa* (LU et al., 2002), *Sesbania rostrata* (JUNGKLANG et al., 2003) e de *Gossypium hirsutum* L. (BRUGNOLI e BJORKMAN, 1992 e BRUGNOLI e LAUTERI, 1991).

O menor valor da característica valor SPAD, em todas as concentrações de NaCl testadas e em todos os períodos de avaliação, foi observado para mudas de *Eucalyptus tereticornis*, em relação às demais espécies (Tabela 2 e 3).

Wang et al. (2002), ao trabalhar com *Pennisetum purpureum* e seis níveis de concentração de sal na solução de irrigação (1,5; 5; 10; 15; 20 e 25

dS.m⁻¹) mostraram valores decrescentes da característica valor SPAD até 15 dS m⁻¹ de condutividade elétrica. Constataram, partindo desse ponto, elevação do valor SPAD com o aumento da concentração de sal na solução, semelhante ao comportamento das mudas de *Eucalyptus robusta* avaliadas neste estudo. Tais resultados podem estar associados a um estímulo do aumento do teor de clorofila em resposta à salinidade, tal suposição carece de investigação para sua fundamentação.

Constatou-se redução da razão K/Na com a elevação do nível de salinidade nas folhas das mudas das quatro espécies em estudo (Figura 5). Para as quatro espécies estudadas, houve redução do teor de K e aumento do teor de Na em resposta ao aumento da concentração de NaCl, havendo redução na razão K/Na. Esse comportamento geralmente é encontrado, independentemente da espécie (JUNCKLANG et al., 2003 e FERREIRA et al., 2001). Isso se deve ao fato do Na ser competidor do K, pois o mecanismo de absorção desses elementos é semelhante (WATAB et al., 1991).

TABELA 2: Valor SPAD para as mudas de eucalipto e para os níveis avaliados de salinidade.
TABLE 2: SPAD value for the *Eucalyptus* seedlings and of the salinity levels evaluated.

Espécie	Condutividade elétrica dS m ⁻¹				
	1,41	2,5	4,5	6,45	8,33
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	46,4 a	47,6 ab	47,6 ab	47,9 a	45,4 b
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	42,7 b	41,2 c	42,4 c	42,9 b	40,5 c
<i>Eucalyptus pellita</i>	47,7 a	46,0 b	45,0 bc	49,5 a	42,1 c
<i>Eucalyptus robusta</i>	47,2 a	50,0 a	48,8 a	49,7 a	52,3 a
CV%	9,38				

Médias na coluna, seguidas por letras iguais, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

TABELA 3: Valor SPAD para as mudas de eucalipto nos diferentes períodos de avaliação.
TABLE 3: SPAD value of the *Eucalyptus* seedlings in the different periods evaluated.

Espécie	Dias após o transplantio				
	15	30	45	60	75
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	46,6 b	49,8 b	50,7 b	43,8 A	44,1 a
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	41,5 c	45,7 c	45,9 c	38,1 C	38,3 b
<i>Eucalyptus pellita</i>	46,5 b	51,4 b	51,9 b	40,6 B	39,9 b
<i>Eucalyptus robusta</i>	51,6 a	55,1 a	55,1 a	42,3 Ab	43,4 a
CV%	9,38				

Médias na coluna, seguidas por letras iguais, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Conforme se pode observar na Figura 5 e na Tabela 4, o *Eucalyptus pellita* apresenta a menor razão K/Na o que pode estar relacionada a menor resistência dessa espécie à salinidade, uma vez que uns dos mecanismos das plantas halotolerantes é a restrição da entrada do Na na raiz e ou do transporte para as folhas (O'LEARY, 1995).

O aumento da concentração de Na em detrimento da concentração de K pode resultar em aumento do potencial de soluto no vacúolo que gera maior turgescência e, conseqüentemente, maior expansão foliar. Nas mudas de *Eucalyptus pellita* ocorreu uma substituição mais intensa do K pelo Na (Figura 5), o que pode ter promovido maior expansão foliar nos maiores níveis de salinidade. Milford et al. (1977) também observaram um aumento na área foliar em plantas de beterraba com o aumento da

proporção de substituição do K pelo Na. Segundo Marschner (1995), a maior taxa de crescimento foliar proporcionado pela maior substituição do K pelo Na não pode ser atribuído à maior eficiência fotoquímica e, sim, ao menor potencial osmótico proporcionado pelo K.

Com relação ao efeito da salinidade, as mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* responderam ao aumento da condutividade elétrica, as outras não foram influenciadas por esse fator. As de *Eucalyptus camaldulensis* apresentaram redução linear da área foliar em resposta ao aumento da concentração de NaCl. A área foliar das mudas de *Eucalyptus pellita* apresentaram um comportamento cúbico, com máxima e mínima área foliar nas condutividades elétricas de 2,45 e 6,42 dS m⁻¹ respectivamente (Figura 6). Evidenciando que

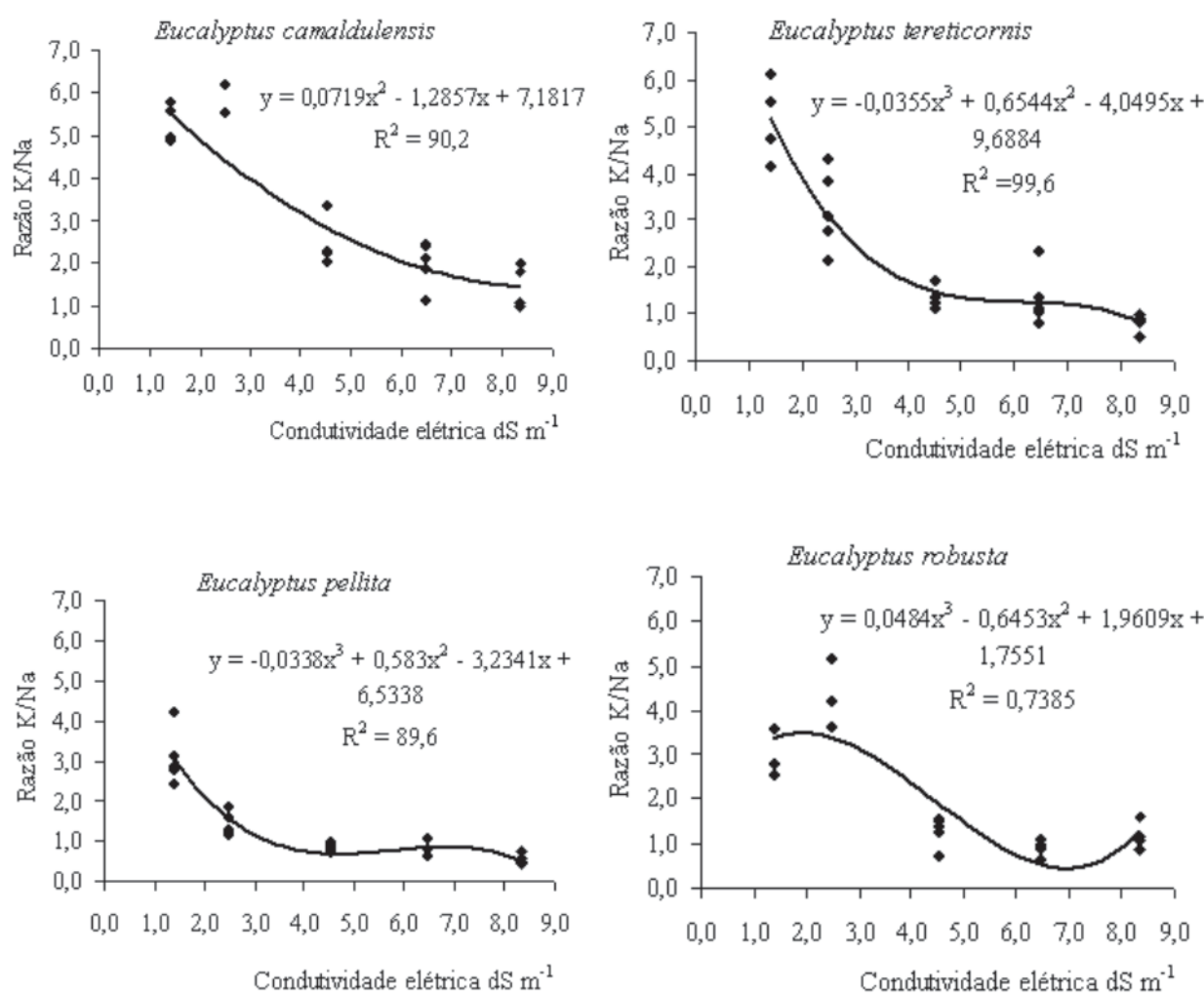


FIGURA 5: Razão K/Na nas folhas das mudas de eucalipto 75 dias após o transplântio para vasos de 11,5 L, preenchidos com areia lavada e irrigados com solução de NaCl (CV% = 24,1)..

FIGURE 5: K/Na ratio in the leaves of *Eucalyptus* seedlings, 75 days after transplantation to 11.5 L containers, filled with washed sand and irrigated with NaCl solution (CV% = 24.1).

TABELA 4: Razão K/Na nas folhas das espécies em estudo.

TABLE 4: K/Na ratio in the leaves of the studied species.

Espécie	Condutividade elétrica dSm ⁻¹				
	1,41	2,5	4,5	6,45	8,33
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	5,2 a	5,9 a	2,4 a	2,0 a	1,5 a
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	5,1 a	3,2 b	1,3 b	1,3 ab	0,8 a
<i>Eucalyptus pellita</i>	3,1 b	1,4 c	0,8 b	0,8 b	0,5 b
<i>Eucalyptus robusta</i>	3,0 b	4,3 b	1,3 b	0,9 b	1,2 a
Tukey (5%)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Em que: Médias na coluna, seguidas por letras iguais, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

as espécies respondem de maneira diferenciada ao estresse salino, as mudas de *Eucalyptus camaldulensis* apresentaram decréscimo de área foliar, com a elevação do nível de salinidade. Tendência semelhante foi observada em mudas de *Annona muricata* (CAVALCANTE et al., 2001), *Bactris gasipaes* (FERNANDES et al., 2003) e de *Salvadora oleoides* (RAMOLIYA e PANDEY, 2002).

A redução da área foliar pode ser considerada

negativa, por diminuir a área de interceptação de luz e, conseqüentemente, prejudicar a fotossíntese. Entretanto, uma menor área foliar pode implicar em menor transpiração, o que aumenta a eficiência no uso da água e, em condições salinas, minimiza o acúmulo de sais na planta e o aumento da concentração de sais na rizosfera. Portanto, a redução da área foliar pode contribuir para o melhor desempenho da planta em ambiente salino.

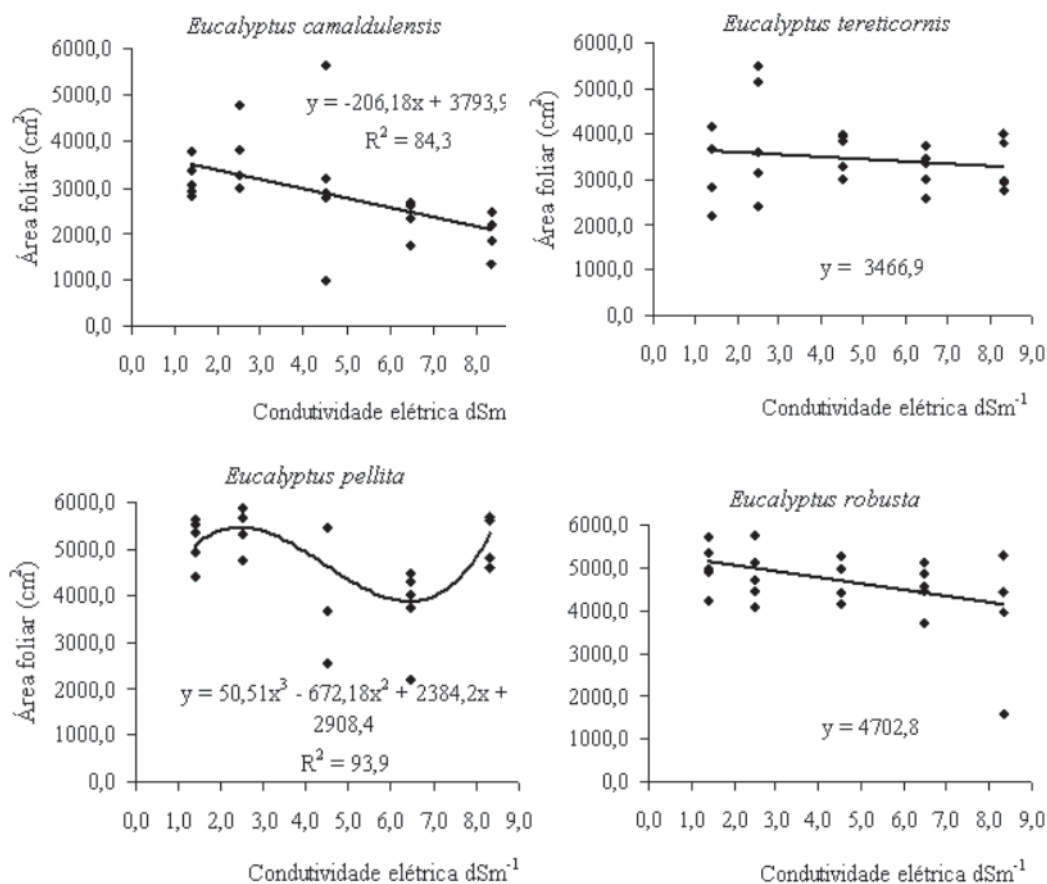


FIGURA 6: Área foliar por planta (cm²) das mudas de eucalipto, 75 dias após o transplântio para vasos de 11,5 L, preenchidos com areia lavada e irrigados com solução de NaCl (CV% = 22,34).

FIGURE 6: Leaf area per plant (cm²) of the eucalyptus seedlings, 75 days after transplantation to 11.5 L containers, filled with washed sand and irrigated with NaCl solution (CV% = 22.34).

A biomassa seca foliar média foi significativamente maior para as mudas de *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus robusta*, independentemente do nível de condutividade elétrica. As de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus robusta* apresentaram uma redução linear da biomassa seca foliar com o aumento do nível de salinidade, enquanto que as mudas de *Eucalyptus tereticornis* e o *Eucalyptus pellita* apresentaram uma relação quadrática (Figura 7).

As mudas de *Eucalyptus tereticornis* apresentaram valores crescentes de biomassa seca foliar até atingir um máximo de 4,03 dS m⁻¹ mas, partindo desse ponto, constataram decréscimo dos valores. Nas mudas de *Eucalyptus pellita*, ao contrário, houve redução de biomassa seca foliar até 5,97 dSm⁻¹, e partindo desse ponto de mínimo, observaram-se valores crescentes.

O aumento da biomassa seca foliar propiciada pelo aumento da salinidade, observada nas mudas de *Eucalyptus pellita*, a partir de 5,97 dS m⁻¹ de condutividade elétrica, pode estar relacionado ao acúmulo de sacarose na folha. Corroborando os

resultados observados pela espécie citada, Poljakoff-Mayber e Lerner (1994) apresentam exemplos em que se observaram, em diferentes culturas, decréscimos da exportação de fotoassimilados das folhas para outros órgãos da planta, em resposta ao estresse salino, resultando no acúmulo de amido nas folhas, o que pode causar decréscimo na fotossíntese.

O aumento da concentração de sal não afetou a área foliar das mudas de *Eucalyptus tereticornis* e *Eucalyptus robusta*, mas causou redução desta característica para as de *Eucalyptus camaldulensis*. Constatou-se que o aumento da salinidade proporcionou redução da biomassa seca foliar das mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis* e *Eucalyptus robusta*. Mudas de *Eucalyptus pellita*, ao contrário das outras espécies estudadas, apresentaram tendência de aumento de área foliar e biomassa foliar em resposta ao aumento da concentração de NaCl. É importante ressaltar que o nível de salinidade em que se inicia a redução do valor SPAD coincide, aproximadamente, com o nível onde aumenta a área foliar. Isso pode ser uma evidência de que, ao aumentar a área foliar, o teor de

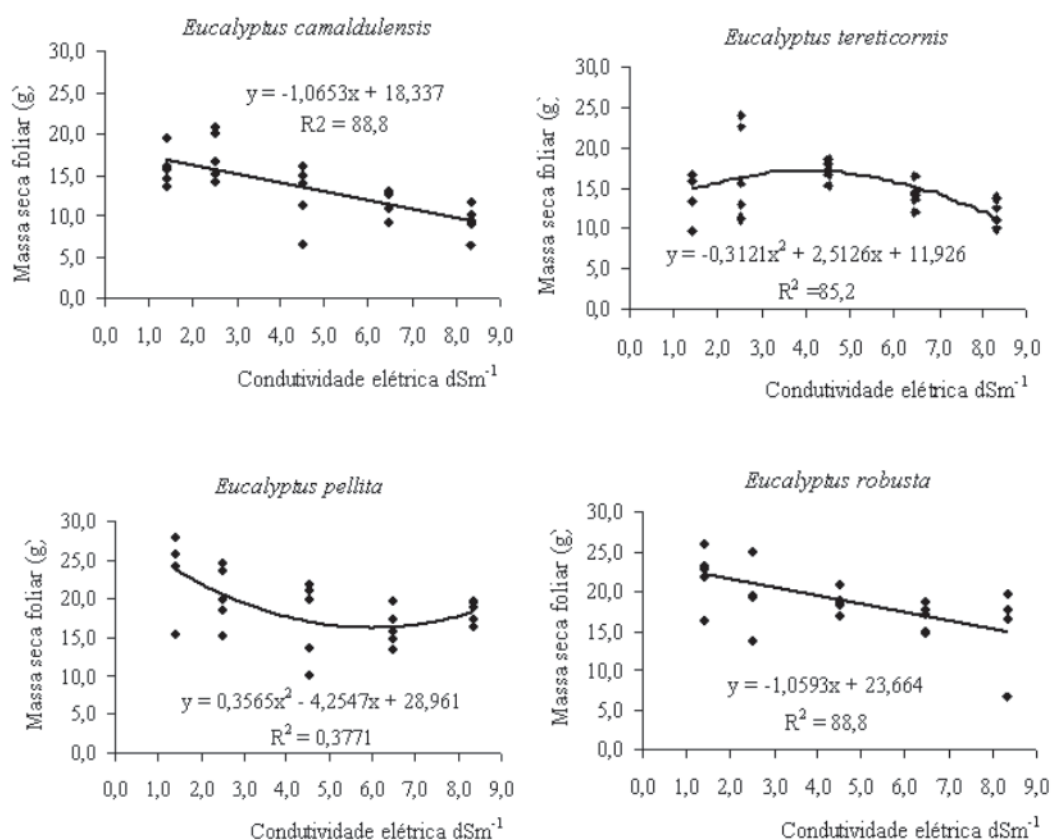


FIGURA 7: Biomassa seca foliar (g) das mudas de eucalipto, 75 dias após o transplântio para vasos de 11,5 L, preenchidos com areia lavada e irrigados com solução de NaCl (CV% = 21,06).

FIGURE 7: Dry leaf area biomass (g) of the *Eucalyptus* seedlings, 75 days after transplantation to 11.5 L containers, filled with washed sand and irrigated with NaCl solution (CV% = 21.06).

clorofila por cm² de folha diminui.

Esses resultados levaram a supor que, em condições de elevada salinidade, a maior área e biomassa seca foliar estão relacionadas ao menor rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) e menor concentração de clorofila nas folhas.

CONCLUSÕES

Até o nível máximo de salinidade aplicado, 8,33 dS m⁻¹ de condutividade elétrica, as mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis* e *Eucalyptus robusta* responderam positivamente com relação as características valor SPAD e rendimento quântico potencial do fotossistema II, o que pode ser um indicativo de tolerância destas espécies à salinidade.

As reduções da biomassa seca e área foliar estão relacionadas a estratégias de resistência das plantas ao estresse salino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALL, M. C. et al. Applications of chlorophyll fluorescence to forest ecology. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 22, p. 311-319, 1994.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 247p.
- BOLLES JONES, E.W. Nutrition of *Hevea brasiliensis* I. Experimental methods. **Journal Rubber Research Institute of Malaysia**, v. 14, p. 183, 1954.
- BRUGNOLI, E.; BJORKMAN, O. Growth of cotton under continuous salinity stress: influence on allocation pattern, stomatal and non stomatal components of photosynthesis and dissipation of excess light energy. **Planta**, v. 187, n. 3, p. 335-347, 1992.
- BRUGNOLI, E.; LAUTERI, M. Effect of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity and carbon isotope discrimination of salt tolerant (*Gossypium hirsutum* L.) and salt sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C3 non halophytes. **Plant physiology**, v. 95, n. 2, p. 628-635, 1991.
- CAVALCANTE, L. F. et al. Desenvolvimento inicial da gravioleira sob fontes e níveis de salinidade da água. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 455-459, 2001.
- FERNANDES, A. R. et al. Crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H. B. K) sob diferentes níveis de salinidade. **Ciência Agrotécnica**, v. 27, n. 2, p. 278-284, 2003.
- FERREIRA, R. G. et al. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v. 36, n.1, p. 79-88, 2001.
- GREENWOOD, E. A. N. et al. The influence of ground water levels and salinity on a multi specied tree plantation in the 500mm rainfall region of south western Australia. **Agricultural Water Management**, v. 25, n. 2, p. 185-200, 1994.
- HENDRY G. A. F.; PRICE, A. H. Stress indicators: chlorophyll and carotenoids. In: HENDRY G. A. F.; GRIME, J. P. (Eds.), **Methods in Comparative Plant Ecology**. Chapman & Hall, London, 1993. p. 148-152.
- JAMIL, M. et al. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. **Scientia Agricola**. v. 64, n. 2, p. 111-118, 2007.
- JIANG, Q. et al. Gas exchange chlorophyll fluorescence parameters and carbon isotope discrimination of 14 barley genetic lines in response to salinity. **Field Crops Research**, v. 96, n. 2-3, p.269-278, 2006.
- JONES JÚNIOR., J. B. et al. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide**. Athens: Micro – Macro Publishing, 1991. 213 p.
- JUNGKLANG, J. et al. Differences in physiological responses to NaCl between salt-tolerant *Sesbania rostrata* Brem. & Oberm. and non- tolerant *Phaseolus vulgaris* L. **Weed Biology and Management**, v. 3, n. 1, p. 21–27, 2003.
- LEE, G. et al. Photosynthetic response to salinity stress of halophytic seashore paspalum ecotypes. **Plant Science**, v. 166, n. 6, p. 1417-1425, 2004.
- LU, C. et al. Does salt stress lead to increased susceptibility of photosystem II to photoinhibition and changes in photosynthetic pigment. Composition in halophyt *Sueda salsa* grown outdoors? **Plant Science**, v. 163, n. 5, p. 1063-1068, 2002.
- LU, C. et al. Photosystems II photochemistry and photosynthetic pigment composition in salt-adapted halophyte *Artemisia anethifolia* grown under outdoor conditions. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 160, n. 2, p. 403-408, 2003.
- MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas, Princípio e Aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MARCAR, N. E. Waterlogging modifies growth, water use and ion concentration in seedlings of salt treated *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E.*

- robusta* and *E. globulus*. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 20, p. 1-13, 1993.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- MILFORD, G. F. J. et al. Effects of sodium chloride on water status and growth of sugar beet. **Journal of Experimental Botany**, v. 28, p. 1380-1388, 1977.
- MISHRA, A. et al. Improvement in physical and chemical properties of sodic soil by 3, 6 and 9 years old plantations of *Eucalyptus tereticornis*: Biorejuvenation of sodic soil. **Forest Ecology and Management**, v. 184, n. 1-3, p. 115-124, 2003.
- MISRA, A. et al. Utilization of fast chlorophyll a fluorescence technique in assessing the salt/ion sensitivity of Mung Bean and Brassica seedling. **Journal of Plant Physiology**, v. 158, n. 9, p. 1173-1181, 2001.
- O'LEARY, J. W. Adaptive components of tolerance. In: PESSARAKLI, M. (ed.) **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 577-585.
- POLJAKOFF-MAYBER, A.; LERNER, H. R. Plants in saline environment. In: PESSARAKLI, M. (Ed.) **Handbook of plant and crop stress**. New York: Marcel Deckker, 1994 p. 65-96.
- RAMOLIYA P. J.; PANDEY A. N. Effect of increasing salt concentration on emergence, growth and survival of seedlings of *Salvadora oleoides* (Salvadoraceae) **Journal of Arid Environments**, v. 51, n. 1, p. 121-132, 2002.
- RAWAT, J. S.; BANERJEE, S. P. The influence of salinity on growth biomass production and photosynthesis of *Eucalyptus camaldulensis*. Dehnh and *Dalbergia sissoo* Roxb seedlins. **Plant and Soil**, v. 205, n. 2, p. 163-169, 1998.
- SNEDECOR, W., G., COCHRAN, W. G. **Statistical methods**. 8th ed. Iowa: Iowa State University Press, 1989. 502 p.
- SU, N. et al. Simulating water and salt movement in tile drained fields irrigated with saline water under a Serial Biological Concentration Management Scenario. **Agricultural Water Management**, v. 78, n. 3, p. 165-180, 2005.
- SUN, D.; DICKINSON, G. Response to salt stress of 16 *Eucalyptus* species, *Grevillea robusta*, *Lophosternon confertus* and *Pinus caribaea*. **Forest Ecology and Management**, v. 60, n. 1-2, p. 1-14, 1993.
- SVITSEV, M. V. et al. Effect of salinization and herbicides on chlorophyllase activity in tomato leaves. **Fiziologiya Rastenii.**, v. 20, p. 62-65, 1973.
- TOMAR, O. S. et al. Performance of 31 tree species and soil conditions in plantation established with saline irrigation. **Forest Ecology and Management**, v. 177, n. 1-3, p. 333-346, 2003.
- WANG, D. et al. Biophysical properties and biomass production of elephant grass under saline conditions. **Journal of Arid Environment**, v. 52, n. 4, p. 447-456, 2002.
- WATAB, A. A. et al. Enhanced net K⁺ uptake capacity of NaCl-adapted cells. **Plant Physiology**, Rockville, v. 95, n. 4, p. 1265-1269, 1991.