

**REABILITAÇÃO DE CAVAS DE EXTRAÇÃO DE ARGILA E TOLERÂNCIA DE
ESPÉCIES FLORESTAIS À SALINIDADE**

ANDREA VITA REIS MENDONÇA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO-UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
MARÇO-2006**

**REABILITAÇÃO DE CAVAS DE EXTRAÇÃO DE ARGILA E TOLERÂNCIA DE
ESPÉCIES FLORESTAIS À SALINIDADE**

ANDREA VITA REIS MENDONÇA

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em produção vegetal.

Orientador: Prof. José Geraldo de Araújo Carneiro

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO-UENF**

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

MARÇO-2006

AGRADECIMENTOS

A Deus...

Aos meus pais pela oportunidade de existir e pelo apoio em todas as fases de minha vida, inclusive a acadêmica.

Ao Josival pelo companheirismo e dedicação.

Aos meus filhos.

À minha irmã pela amizade e apoio.

Aos amigos Teresa, Anderson e Marcos pela sincera amizade e pela ajuda braçal e intelectual na realização deste trabalho.

Aos colegas de trabalho Gleícia, Romano, Ernando, Erneida, Nadia, Kelly, Marcela, Marcelo, Danieli, entre outros tantos que contribuíram com a realização deste trabalho.

A Patrícia pelo exemplo de solidariedade e por tudo que fez por mim.

Ao Armando...Armandão... pela contribuição no desenvolvimento do trabalho e pelos agradáveis momentos transcorridos nos trabalhos de campo.

Aos técnicos de laboratório Acácio e Kátia pelo valioso auxílio.

Aos funcionários de campo, que trabalharam debaixo de chuva com bom humor e alegria.

Aos motoristas pela valiosa ajuda e amizade.

Aos professores.

À Deborah pela dedicação, por tudo que me ensinou, pela amizade e pelo apoio em um momento muito difícil da minha vida.

Ao professor José Geraldo pela oportunidade, pelos ensinamentos e pela tranquilidade que me passou na fase de defesa e correção da tese.

À professora Luciana pela amizade e contribuição na realização deste trabalho.

À todos aqueles que contribuíram de alguma maneira pela minha formação profissional e pessoal.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	05
3 TRABALHOS	09
3.1 Desempenho de quatro espécies de <i>Eucalyptus spp</i> em plantios puros e consorciados com sabiá (<i>Mimosa caesalpinifolia</i>) em cava de extração de argila	09
3.1.1. Introdução	10
3.1.2 Material e métodos	12
3.1.3 Resultados e discussão	15
3.1.4 Conclusões	23
3.1.5 Referências bibliográficas	24
3.2 Atributos químicos do solo de cavas de extração de argila, dois anos após o plantio de eucalipto e sabiá em cultivos puros e consorciados e produção de biomassa do sabiá	29
3.2.1. Introdução	30
3.2.2 Material e métodos	32
3.2.3 Resultados e discussão	37
3.2.4 Conclusões	47
3.2.5 Referências bibliográficas	48
3.3 Características biométricas de mudas de <i>Eucalyptus spp</i> sob estresse salino	52
3.3.1. Introdução	53
3.3.2 Material e métodos	54
3.3.3 Resultados e discussão	56
3.3.4 Conclusões	63
3.3.5 Referências bibliográficas	63

	Página
3.4 Efeito da salinização sobre as características fisiológicas de mudas de <i>Eucalyptus spp</i>	67
3.4.1. Introdução	68
3.4.2 Material e métodos	69
3.4.3 Resultados	72
3.4.4 Discussão	80
3.4.5 Conclusões	83
3.4.5 Referências bibliográficas	83
4. RESUMOS E CONCLUSÕES	88
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
6. APÊNDICES	102
6.1 Apêndice A: Resumo dos resultados da análise de variância do trabalho 3.1	103
6.2 Apêndice B: Resumo dos resultados da análise de variância do trabalho 3.2	106
6.3 Apêndice C: Resumo dos resultados da análise de variância do trabalho 3.3	108
6.4 Apêndice D: Resumo dos resultados da análise de variância do trabalho 3.4	110

RESUMO

MENDONÇA, Andréa Vita Reis, Engenheira Florestal, D. S.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Março de 2006; Reabilitação de cavas de extração de argila e tolerância de espécies florestais à salinidade. Prof. Orientador José Geraldo de Araújo Carneiro.

A atividade de extração de argila é economicamente importante para a região Norte Fluminense, entretanto, resulta em degradação ambiental. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial do eucalipto e do sabiá, em plantios puros e consorciados, em reabilitar áreas degradadas pela exploração de argila. Foram implantados dois experimentos, um em casa de vegetação para avaliar a tolerância de mudas *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. tereticornis* e *E. robusta*, ao estresse salino, em cinco níveis de salinidade (1,4; 2,50; 4,50; 6,45 e 8,33 dS m⁻¹). O outro foi implantado em cava de extração de argila, objetivando averiguar o desempenho das mesmas quatro espécies de eucalipto e, também, de *Mimosa caesalpiniaefolia* (sabiá) em plantios puros e consorciados, assim como o efeito destes plantios sobre as características químicas do solo e quantificar a produção de biomassa e o teor de nutrientes originados por uma poda feita nas plantas do sabiá. Com os resultados do experimento sobre tolerância de mudas de eucalipto à salinidade pôde-se concluir que: o aumento da concentração de NaCl reduz o crescimento das mudas, exceto para o *E. tereticornis*. As mudas de *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* e *E. robusta* não apresentaram redução na capacidade fotossintética com o aumento do nível de salinidade. As avaliações realizadas no experimento de campo permitiram inferir

que as espécies de eucalipto com melhor desempenho, até 24 meses, foram *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis* e *E. robusta*. Os sistemas de plantios não afetaram o crescimento das quatro espécies de eucalipto. O consórcio entre o sabiá + *E. robusta* não é indicado para as condições deste experimento, devido à menor sobrevivência do eucalipto. Em nenhum sistema de plantio, o teor de C, no solo, apresentou valores reduzidos, e nos plantios de sabiá puro, *E. camaldulensis*+sabiá e *E. robusta*+sabiá este teor foi aumentado. O teor de K do solo foi reduzido em todos os tratamentos. Plantios puros de *E. tereticornis* e sabiá e o consorciado de *E. robusta* + sabiá induziram à redução da salinidade do solo

Palavras chaves: área degradada, estresse salino, *Eucalyptus*, *Mimosa caesalpiniaefolia*, consórcio.

ABSTRACT

MENDONÇA, Andréa Vita Reis, Engenheira Florestal, D. S.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Março de 2006; Rehabilitation of digged áreas for clay extraction and salt tolerance of forest species. Supervisor: José Geraldo de Araújo Carneiro.

The activity of clay extraction is economically important for the northern region of Rio de Janeiro State (county of Campos dos Goytacazes) whose activities however result in environmental degradation. The objective of this work was to evaluate the potential of eucalypt and “sabiá”, in pure and mixed stands in the rehabilitation of these areas. Two experiments were carried out: one in greenhouse conditions to evaluate the tolerance of *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. tereticornis* and *E robusta* to salinity stress, in increasing levels of NaCl (1,4; 2,50; 4,50; 6,45 e 8,33 dS m⁻¹). The other one was carried out in digged area for clay extraction, aiming the evaluation of the performance of same four species and also *Mimosa caesalpiniaefolia* (“sabiá”) in single and mixed stands, as well as the effect of these stands on the soil characteristics of digged areas and quantification of biomass and nutrient supplied by material originated from the pruning of “sabiá” plants. With the results of the experiment concerning salt tolerance of eucalypt seedlings, it could be concluded that: increasing NaCl concentrations induce the reduction of the growth of seedlings, except of *E. tereticornis*. Seedlings of *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis* and *E robusta* did not show photosynthetic ability reduction with increasing salt levels. The

evaluations carried out in the field showed that up to 24 months after the plantation, *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis* and *E. robusta* are indicated for planting in digged areas. No influence of the planting systems was observed on growth of eucalypt species. Mixed stands of *E. robusta*+sabiá showed a negative effect on the *E. robusta* survival. In both planting systems, the C content did not show in the soil reduced values. In "sabiá" single stands, *E. camaldulensis*+sabiá and *E. robusta*+sabiá, the C content showed higher values. The K content in the soil presented reduced values in all treatments. Single stands of *E. tereticornis* and of "sabiá" and those of mixed stands of *E. robusta*+sabiá induced to the reduction of the soil salinity.

Key words: degraded area, salinity stress, Eucalyptus, *Mimosa caesalpiniaefolia*, mixed planting.

1. INTRODUÇÃO

A atividade de extração de argila contribui com aproximadamente 1% do produto interno bruto brasileiro (ABECERAM, 2004). O polo ceramista de Campos dos Goytacazes (RJ) é o segundo maior produtor de tijolos do Brasil, com produção mensal estimada de 90 milhões de peças. Neste município existem mais de 100 cerâmicas que geram uma receita anual de cerca de R\$ 168 milhões e seis mil empregos diretos (RAMOS *et al.*, 2003).

No diagnóstico realizado por RAMOS *et al.* (2003) foi registrado que 83 cerâmicas consomem um total de $5.700 \text{ m}^3/\text{dia}^{-1}$ de argila. A profundidade máxima de remoção do solo admitida pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA) é de 2,5 metros, respeitando o limite de afloramento do lençol freático. Entretanto, segundo VALICHESKI (2004) na região Norte Fluminense são retiradas camadas do solo a profundidades variando de 1 a 4 m. Desta maneira, a área minerada é profundamente alterada e a Constituição Federal (Artigo 225, Parágrafo 2º) determina que o explorador recupere o ambiente degradado.

Em trabalhos realizados por RAMOS e MANZATTO (2003) e VALICHESKI (2004), constatou-se que os solos da Baixada Campista apresentam características químicas relacionadas à presença de teores médios a elevados de Na trocável, de sais solúveis e de sulfeto de ferro, que constituem fatores limitantes ao crescimento de plantas. A exploração de argila nestes solos agrava a situação, pois, já com um metro de profundidade de remoção, pode ocorrer exposição de camadas arenosas e aproximação do lençol freático, o que dificulta ainda mais a reabilitação da área para usos agrícolas e pecuários.

Muitas alternativas de uso da área após a exploração mineral são sugeridas, tais como: bacia de criação de peixe, área de lazer, assentamentos urbanos, introdução de espécies vegetais nativas para preservação da fauna e flora locais, florestamentos para fins comerciais, agricultura e pastagem (BRUSCHI e PEIXOTO, 1997). Os donos das áreas exploradas, normalmente, preferem implementar usos que permitam o retorno econômico com menor custo possível de implementação.

Algumas destas áreas após exploração de argila têm sido muito utilizadas para plantios de cana e pastagem. Estas atividades envolvem manejo intensivo do solo, uso do fogo e muita movimentação de animais ou implementos agrícolas na área, o que dá continuidade ao processo de degradação. Outra opção que tem sido adotada é o florestamento com espécies fornecedoras de madeira. Um aspecto positivo dos cultivos florestais é que estes podem atender a demanda das indústrias de cerâmica que têm enfrentado dificuldades na obtenção de energia para o processo de produção e, além disto, auxiliam na recuperação química da área pela maior extensão do ciclo de produção, menor mecanização e deposição de serrapilheira.

No desenvolvimento de estratégias de reabilitação, que se baseiam na utilização de plantas, deve-se dar especial atenção à escolha de espécies vegetais. Estas precisam ser tolerantes às situações adversas, como afloramento de lençol freático, solos com elevados teores de Na trocável e alta condutividade elétrica.

Conhecer como as espécies potenciais respondem a diferentes níveis de salinidade nas diferentes fases de desenvolvimento é crucial para garantir o sucesso dos plantios em áreas afetadas por sais.

Espécies do gênero *Eucalyptus* têm potencial para ser testadas nas cavas de extração de argila, pois além de terem boa aceitação junto aos produtores da região, apresentam crescimento rápido e muitas são indicadas para áreas salinas (SU et al., 2005; SUN e DICKINSON, 1995; RAWAT e BANERJEE, 1998; MARCAR, 1993; SUN e DICKINSON, 1993; TOMAR et al., 2003). Entretanto, ainda não se conhece a produtividade destas essências florestais nestes sítios, sendo necessário testar diferentes espécies e procedências.

A utilização de leguminosas fixadoras de N consorciadas com eucalipto pode melhorar as condições edáficas e aumentar a produção total dos

povoamentos. Muitos estudos mostram o favorecimento do crescimento e produção proporcionado por plantios consorciados (SCHIAVO et al., 2004; FORRESTER et al., 2004; BINKLEY et al., 2003; NICHOLS et al., 2001; BAUHUS et al., 2000; GRONINGER et al., 1997; KUMAR et al., 1998). Entretanto, manejo inadequado e/ou a escolha equivocada de espécies podem comprometer a produção nos plantios consorciados (HUNT et al., 1999; JESUS e DIAS, 1988).

Considerando que a cultura do eucalipto é bem aceita entre os ceramistas da região e que o plantio consorciado, principalmente quando um dos componentes do sistema é uma leguminosa fixadora de N, tem potencial para promover melhorias das condições edáficas e favorecimento da produção, cria-se à demanda de pesquisas que busquem selecionar espécies de eucalipto e sistemas de plantio que garantam uso sustentável de cavas de extração de argila da região Norte Fluminense.

Diante da importância do pólo ceramista para a região Norte Fluminense, o Governo do Estado do Rio de Janeiro incentivou a elaboração e a execução do projeto institucional “Cerâmica”. Foram desenvolvidas pesquisas na área de exploração da matéria prima, na área de produção industrial, na área socioeconômica e na área ambiental. Na área ambiental, RAMOS e MANZATTO (2003) e VALICHESKI (2004) realizaram estudos de solos para ordenamento do uso cerâmico das argilas da Baixada Campista; COUTINHO (2003) avaliou crescimento de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. em cavas de extração de argila; SANTIAGO (2005) avaliou quatro espécies de eucalipto em plantios puros e consorciados com sesbânia na reabilitação de cavas de extração de argila e SCHIAVO (2005) descreveu sobre revegetação de áreas degradadas pela extração de argila com espécies micorrizadas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*.

Este estudo faz parte do projeto Cerâmica e tem como objetivo geral avaliar o potencial do eucalipto e do sabiá, em plantios puros e consorciados, visando à reabilitação das áreas degradadas pela exploração de argila. Os objetivos específicos deste trabalho foram: a) Avaliar o desempenho de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. tereticornis* e *E. robusta*, em plantios puros e consorciados com a leguminosa arbórea *Mimosa caesalpinifolia*, em áreas degradadas pela extração de argila; b) Avaliar o efeito do plantio de eucalipto e de sabiá em sistemas puros e consorciados, sobre características

químicas do solo de cavas de extração de argila; c) Quantificar biomassa e nutrientes fornecidos pelo material da poda do sabiá; d) Avaliar o efeito do aumento da concentração de NaCl sobre características biométricas da parte aérea e sistema radicular de mudas de *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. pellita* e *E. robusta*; e) Avaliar como o aumento da concentração de NaCl influencia as características fisiológicas de mudas de quatro espécies de eucalipto e o potencial de variáveis fisiológicas como indicadores de estresse salino.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A recuperação de uma determinada área depende da trajetória da degradação e das conseqüências deste processo para o ecossistema. A resiliência do ecossistema é determinada pela longevidade e a intensidade das perturbações. VIANA (1990) define restauração como um conjunto de tratamentos que visam recuperar a forma original do ecossistema, no que se refere à sua estrutura original, dinâmica e interações biológicas, e reabilitação como tratamentos que buscam a recuperação de uma ou mais funções do ecossistema, podendo ser econômica e/ou ambiental.

A utilização de cobertura vegetal, como forma de uso da área degradada, é uma alternativa prática e econômica, embora as condições físicas e químicas do solo, normalmente, dificultam o desenvolvimento das plantas. Neste caso, a escolha de espécies adaptadas às condições adversas e que melhorem as características do solo é essencial para o sucesso da mitigação dos impactos.

Plantas perenes, principalmente espécies arbóreas, podem proporcionar melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo. As árvores permitem uma constante deposição de serrapilheira e uma reciclagem eficiente de nutrientes, favorecida também pela morte e produção constante de raízes finas, normalmente associadas a microorganismos (MATAMALA et al., 2003), o que pode resultar na melhoria da fertilidade do solo. PAL e SHARMA (2001) avaliaram a capacidade do plantio de *Acacia tortalis*, *A. catechu*, *Azadir achta*, *Casuarina equisetifolia*, *Denaro calamus*, *Prosopis juliflora* e *Terminalia arjuna* em reabilitar uma área degradada na Índia. Estes autores estudaram o crescimento dos povoamentos e as características químicas do solo. Eles concluíram que, além do

fornecimento de forragem os plantios possibilitaram significativas melhorias no pH, condutividade elétrica, C orgânico e disponibilidade de P no solo.

A utilização de leguminosas fixadoras de N de rápido crescimento tem como finalidade aumentar a disponibilidade de N e acelerar a ciclagem de nutrientes (FORRESTER et al., 2005 e FORRESTER et al., 2004), podendo também favorecer o aumento do estoque de C no solo, bem como melhorar suas características químicas (SCHIAVO, 2005; GARAY et al., 2003; VEZZANI et al., 2001; PARROTA, 1999; KUMAR et al., 1998; MAFRA et al., 1998; JAIYEOBA, 1996; TOKY e SINGH, 1995). Estas leguminosas podem ser plantadas em consórcio com espécies de maior interesse comercial, desempenhando a função de adubadeiras, principalmente quando podadas regularmente e o material proveniente da poda, espalhado na área (SANTIAGO, 2005 e MAFRA et al., 1998).

Segundo PRALON (1999), o sabiá é uma leguminosa arbórea capaz de estabelecer simbioses com rizóbios e fungos micorrízicos, conferindo-lhe grande potencialidade de se estabelecer em ambientes com limitações nutricionais e hídricas. DIAS (1996), trabalhando com revegetação de área minerada, constatou que o sabiá é uma espécie tolerante a acidez e compactação do solo. ANDRADE et al. (2000), avaliando a deposição e a decomposição da serrapilheira em povoamento de *Mimosa caesalpinifolia*, *Acacia mangium* e *A. holosericea*, com quatro anos de idade, concluíram que a serrapilheira produzida pelo sabiá foi a mais rica em nutrientes e a de maior velocidade de decomposição. COSTA et al. (1997) observaram que num plantio de sabiá com seis anos de idade os principais nutrientes incorporados ao solo foram: N, C, P, K, Ca e Mg, com significativo aumento nas concentrações de C e N, evidenciando o potencial desta espécie para recuperação de solos degradados.

A utilização de leguminosas fixadoras de N consorciadas com eucalipto pode melhorar as condições edáficas e aumentar, eventualmente, a produção total dos povoamentos. Plantios consorciados podem proporcionar melhorias na estrutura do solo, aumentar o teor de matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes, além de promover condições ecofisiológicas favoráveis ao crescimento das árvores (GAMA-RODRIGUES, 1997). A tendência do favorecimento do crescimento e produção em plantios consorciados é evidenciada para *Eucalyptus camaldulensis* com *Acacia mangium* (SCHIAVO et al., 2004), *E. globulus* com *A.*

mearnsii (FORRESTER et al., 2004 e 2005), *E. saligna* com *Falcataria molucna* (BINKLEY et al., 2003), *Terminalia amazonica* com *Inga edulis* (NICHOLS et al., 2001), *Eucalyptus globulus* com *Acacia mangium* (BAUHUS et al., 2000), *Pinus taeda* com *Robinia pseudoacia* (GRONINGER et al., 1997) e *Tectona grandis* consorciada com *Leucaena leucocephala* (KUMAR et al., 1998).

Entretanto, manejo inadequado e/ou a escolha equivocada de espécies pode comprometer a produtividade dos plantios consorciados, a exemplo de resultados insatisfatórios observados no consórcio entre *Acacia dealbata* e *E. nitens* (HUNT et al., 1999) e entre *Eucalyptus urophylla* e *Leucaena leucocephala* (JESUS e DIAS, 1988).

Muitas das áreas degradadas pela extração de argila na região Norte Fluminense são afetadas por excesso de sais. Em trabalhos realizados por RAMOS e MANZATTO (2003) e VALICHESKI (2004) constatou-se que os solos da Baixada Campista apresentam características químicas relacionadas à presença de teores médios a elevados de Na trocável, de sais solúveis e de sulfeto de ferro que constituem fatores limitantes ao crescimento das plantas.

Para o uso agrícola e florestal de solos com excesso de sais é necessária a aplicação de práticas de correção como a lixiviação de sais e/ou a aplicação de corretivos químicos. Tais práticas envolvem alto custo e não resolvem, efetivamente, o problema. Outras alternativas baseiam-se na utilização de espécies tolerantes à salinidade, tanto para reabilitação do solo como para produção (SU et al., 2005; MISHRA et al., 2003; GARG, 1998; SINGH et al., 1998; GARG, 1999). Desta maneira, conhecer como mudas de diferentes espécies potenciais respondem à salinidade nas distintas fases de crescimento é crucial para garantir o sucesso dos plantios em áreas afetadas por sais.

Plantios de espécies do gênero *Eucalyptus* têm sido efetuados em áreas salinas. Estudos comprovam a tolerância do *E. camaldulensis* à salinidade e sua indicação para produção e reabilitação de áreas com tal condição (SU et al., 2005; SUN e DICKINSON, 1995a; RAWAT e BANERJEE, 1998; MARCAR, 1993; SUN e DICKINSON, 1993). O *E. tereticornis* também tem sido apontado como tolerante (TOMAR et al., 2003; MARCAR, 1993; SUN e DICKINSON, 1995b) e mostrou-se eficiente em melhorar as condições físicas e químicas de um solo sódico na Índia (MISHRA et al., 2003).

Para o *Eucalyptus robusta* não se observou um consenso com relação ao seu grau de tolerância ao excesso de sais. SUN e DICKINSON (1993) consideram esta espécie como altamente tolerante, MARCAR (1993) como moderadamente tolerante e GREENWOOD et al. (1994), de baixa tolerância. Para o *Eucalyptus pellita* há pouca informação quanto ao seu grau de tolerância à salinidade, porém SUN e DICKINSON (1993) verificaram que esta espécie mostrou-se moderadamente tolerante à salinidade.

O *Eucalyptus camaldulensis* é uma espécie de ampla distribuição geográfica na Austrália, área de ocorrência natural, ocupando ambientes ecológicos variados, entre as latitudes de 14^o S e 38^o S (GOLFARI, 1978). Ela se adapta bem a zonas críticas de reflorestamentos por apresentar as seguintes características: boa adaptação em regiões de solos pobres e prolongada estação seca; tolerância a inundações periódicas; moderada resistência à geadas; e boa regeneração por brotação de cepas (OLIVEIRA et al., 1990; AKILAN et al. 1997). REIS (1989) observou que o *E. camaldulensis* é menos sensível às restrições radiculares, apresentando alta capacidade de crescimento após a liberação das raízes, mesmo quando a restrição imposta foi severa.

O *E. pellita*, *E. tereticornis* e *E. robusta* ocorrem naturalmente em faixas costeiras da Austrália (MORA e GARCIA, 2000; FERREIRA, 1979; GOLFARI, 1978).

O *E. tereticornis* tem sua ocorrência registrada em áreas sujeitas a inundações (SILVA et al., 1990), sendo relatada tolerância desta espécie ao alagamento (MARCAR, 1993).

3. TRABALHOS

DESEMPENHO DE QUATRO ESPÉCIES DE *Eucalyptus spp* EM PLANTIOS PUROS E CONSORCIADOS COM SABIÁ (*Mimosa caesalpinifolia*) EM CAVA DE EXTRAÇÃO DE ARGILA

RESUMO

Para a reabilitação de áreas mineradas, uma das alternativas é o reflorestamento, havendo necessidade de selecionar espécies e práticas silviculturais que favoreçam o estabelecimento dos povoamentos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. tereticornis* e *E. robusta*, em plantios puros e consorciados com a leguminosa arbórea *Mimosa caesalpinifolia*, em áreas degradadas pela extração de argila. Este estudo foi realizado em uma cava de 1,5 ha, com solo salino, localizada em Campos dos Goytacazes-RJ, de onde foi removida argila até a profundidade média de 1,5m. O desempenho das plantas foi avaliado quanto à sobrevivência, altura, diâmetro ao nível do solo, diâmetro a 1,30m de altura, área de copa, razão altura/DAP, área superficial e comprimento de raízes finas (≤ 2 mm). As espécies de eucalipto com melhor desempenho, até 24 meses, foram *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* e *E. robusta*. Não foi detectado, até 24 meses, efeito do sistema de plantio sobre o crescimento das espécies de eucalipto. O consórcio com sabiá resultou em efeito negativo sobre a sobrevivência do *E. robusta*.

Palavras - chaves: eucalipto, plantio misto, raízes finas, área degradada, crescimento de mudas

ABSTRACT

For the rehabilitation of degraded areas due to clay extraction, one of the alternatives is the selection of species and silvicultural practices to stimulate the stand establishments. The objective of this study was the evaluation of the performance of *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. tereticornis* e *E. robusta* in single and with *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá) mixed stands. This study was carried out in a digged and saline area, from where clay was extracted till the depth of 1,5 m. The plants performance was evaluated regarding the survival percentage, height, ground level diameter, breast level diameter, H/DAP ratio, superficial area and fine root length ($\leq 2\text{mm}$). Twenty four months after the planting was observed that *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* and *E. robusta* are indicated for planting in these degraded areas. It was not detected influence of the planting system on the growth of eucalypt species. However, their mixed stand with “sabiá” showed a negative effect on the *E. robusta* survival.

Key words: Eucalypt, mixed plantings, fine roots, degraded area, seedling growth.

INTRODUÇÃO

As atividades relacionadas à cerâmica são estratégicas para o desenvolvimento da Região Norte Fluminense, onde existem mais de 100 cerâmicas, que geram uma receita anual de cerca de R\$ 168 milhões e seis mil empregos diretos (RAMOS et. al, 2003).

No diagnóstico realizado por RAMOS et al. (2003) foi registrado que 83 cerâmicas consomem um total de $5.700 \text{ m}^3/\text{dia}^{-1}$ de argila. O método de extração consiste na retirada do solo com retroescavadeira, em profundidades variando de 1 a 4 m (VALICHESKI, 2004), embora a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA) admita a retirada até a profundidade máxima de 2,5 metros, respeitando o limite de afloramento do lençol freático. A área resultante desta atividade é profundamente alterada e a Constituição Federal (Artigo 225, Parágrafo 2º) determina que o explorador recupere o ambiente degradado.

Na Região Norte Fluminense, as cavas de extração de argila têm sido preferencialmente utilizadas para plantios de cana de açúcar e pastagem. Estas

atividades, entretanto, envolvem manejo intensivo do solo, uso do fogo e muita movimentação de animais ou implementos agrícolas, medidas que não contribuem para a reabilitação da área. O plantio de espécies florestais de uso múltiplo, que auxiliem na melhoria química e física da área, pela deposição de serrapilheira, proporcionada pelo maior ciclo de produção, é uma possibilidade que pode permitir conciliar retorno econômico e sustentabilidade do empreendimento. Ressalta-se que a análise econômica do *Eucalyptus camaldulensis*, cana-de-açúcar e pastagem nestas cavas apontou o eucalipto como a atividade mais promissora (VALICHESKI, 2004). O florestamento poderá atender à demanda das indústrias de cerâmica, que têm enfrentado dificuldades na obtenção de lenha para o processo de produção, bem como fornecer outros produtos madeiros, que de outra forma são obtidos da floresta nativa.

No desenvolvimento de estratégias de reabilitação com a utilização de vegetais, deve-se dar especial atenção à escolha de espécies. Estas precisam ser tolerantes as situações adversas, como afloramento de lençol, solos com elevados teores de Na trocável e com alta condutividade elétrica, condições freqüentemente encontradas na região de estudo e agravadas pela prática de exploração de argila (RAMOS e MANZATTO, 2003; VALICHESKI, 2004).

O gênero *Eucalyptus* tem potencial para ser testado nestas áreas, pois, além de ter aceitação junto aos produtores, apresenta crescimento rápido, com incremento em volume em torno de 30 a 50 m³ ha⁻¹ano⁻¹, sendo que em sítios mais produtivos este incremento pode ultrapassar 85 m³ ha⁻¹ano⁻¹ (SCOLFORO, 1997). Entretanto, não se conhece o comportamento de suas espécies nestes sítios.

A utilização de plantas leguminosas fixadoras de N consorciadas com eucalipto pode melhorar as condições edáficas e aumentar, eventualmente, a produção total dos povoamentos, podendo agregar valores pela oferta de outros produtos. A leguminosa arbórea, *Mimosa caesalpinifolia*, também conhecida como sabiá, tem potencial para ser utilizada como lenha (GONÇALVEZ et al., 1999) e moirão. No norte do Ceará a exploração de sabiá para estacas, moirão, vara e lenha é uma importante atividade econômica (JÚNIOR LEAL e SILVA, 1999).

Os plantios consorciados podem proporcionar melhorias na estrutura do solo, aumentar o teor de matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes, além

de promover condições ecofisiológicas favoráveis ao crescimento das árvores (GAMA-RODRIGUES, 1997). A tendência do favorecimento do crescimento e produção em plantios consorciados é evidenciada para *Eucalyptus camaldulensis* com *Acacia mangium* (SCHIAVO et al., 2004), *E. globulus* com *A. mearnsii* (FORRESTER et al., 2004 e 2005), *E. saligna* com *Falcataria molucna* (BINKLEY et al., 2003), *Terminalia amazonica* com *Inga edulis* (NICHOLS et al., 2001), *Eucalyptus globulus* com *Acacia mangium* (BAUHUS et al., 2000), *Pinus taeda* com *Robinia pseudoacacia* (GRONINGER et al., 1997) e *Tectona grandis* consorciada com *Leucaena leucocephala* (KUMAR et al., 1998).

Entretanto, o manejo inadequado e/ou a escolha equivocada de espécies pode comprometer a produtividade dos plantios consorciados e prejudicar o crescimento das espécies de maior interesse econômico, a exemplo de resultados insatisfatórios obtidos no consórcio entre *Acacia dealbata* e *E. nitens* (HUNT et al., 1999) e entre *Eucalyptus urophylla* e *Leucaena leucocephala* (JESUS e DIAS, 1988).

Considerando o potencial do eucalipto e de plantios consorciados em reabilitar áreas degradadas, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. tereticornis* e *E. robusta*, em plantios puros e consorciados com a leguminosa arbórea, sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), em cavas de extração de argila.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em uma cava de 1,5 ha, cuja profundidade média de exploração foi em torno de 1,5m, no município de Campos dos Goytacazes-RJ (21°5' S, 41°14' W, 11 m de altitude). Antes da exploração da argila, ocorrida entre janeiro de 1997 a agosto de 1998, a área estava sendo ocupada com plantio de cana-de-açúcar. Antes da extração da argila, a camada superficial (20 cm) foi retirada e acumulada. Após retirada a camada de interesse cerâmico, a camada superficial foi distribuída na cava.

O solo original da área da cava em estudo é um Cambissolo Háplico Sódico Gleico Salino, com profundidade de lençol freático de 3,2 m (VALICHESKI, 2004). Na ocasião da implantação do experimento, o solo da cava apresentou na camada 0-20 cm: $8,9 \pm 0,95$ dS m⁻¹ de condutividade elétrica, $5,97 \pm 0,03$ de pH,

58,5±8,19 mg kg⁻¹ de P, 2,62±0,14 de H + Al , 1,77±0,04 de %C, 7,21±0,38 cmolc dm⁻³ de Ca, 4,94±0,15 cmolc dm⁻³ de Mg, 0,14±0,01 de K cmolc dm⁻³, 2,11±0,16 de Na cmolc dm⁻³, 40,55± 1,54 de % de argila, 27,39±2,54 de % de areia, 32,06±1,43 % de silte, 1,24±0,02 Mg m⁻³ de densidade, 0,49±0,01 m³ m⁻³ de poros totais, 0,42±0,01 m³ m⁻³ de microporos e 0,08±0,01 m³ m⁻³ de macroporos (MENDONÇA, 2006).

Segundo classificação de Köppen, o clima da região é tropical chuvoso (AW). Segundo dados fornecidos pela unidade meteorológica da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO), a temperatura média mensal do município variou nos últimos 10 anos entre 21,4 °C e 27,7 °C e a precipitação média anual foi de 852 mm, com chuvas concentradas no período de outubro a dezembro.

As sementes de sabiá foram obtidas no CNPAB-EMBRAPA (Seropédica, RJ) e as de eucalipto, no Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF). As mudas de eucalipto foram produzidas em tubetes de 50 cm³ e as de sabiá, em tubetes de 288 cm³, em casa de vegetação da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. O período de produção das mudas foi de três meses. O substrato utilizado constitui-se de uma mistura de casca de eucalipto compostada e casca de arroz carbonizada, na proporção de 7:3 em volume, enriquecidos com osmocote 14-14-14 (6 g kg⁻¹). As sementes de sabiá foram inoculadas com rizóbio específico à espécie leguminosa (BR3405/BR3451), obtido no CNPAB-EMBRAPA (Seropédica, RJ).

O solo foi gradeado e o plantio realizado em covas de 20 cm de profundidade, no espaçamento 3 × 2 m, não sendo realizadas adubações de plantio e de cobertura.

Um mês antes da implantação do experimento, em maio de 2003, e durante o primeiro ano de condução, foi efetuado o controle de formigas cortadeiras com iscas granuladas. Durante o primeiro mês, as mudas foram irrigadas duas vezes por semana, recebendo, em média, 2 L de água por muda. Durante o segundo mês, foram irrigadas uma vez por semana, recebendo a mesma quantidade de água. Para controlar a competição com a vegetação espontânea, foi realizado coroamento de todas as mudas no primeiro ano de plantio. Aos 12 e 24 meses, foram realizadas podas nas plantas de sabiá, sendo o material espalhado entre as linhas de plantio. A poda foi conduzida no sentido de

preservar as hastes retilíneas de interesse econômico, ficando de 1 a 3 hastes por planta, das quais foram retirados todos os galhos.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 2, com quatro espécies de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. tereticornis* e *E. robusta*), em plantios puros e, cada uma delas em consórcio com sabiá. Cada parcela foi composta por 36 plantas, dispostas em seis linhas. Nas parcelas consorciadas as mudas foram plantadas em linhas alternadas, sendo as linhas pares compostas por eucalipto e as ímpares por sabiá.

As plantas de eucalipto foram avaliadas quanto à sobrevivência, altura e diâmetro ao nível do solo (DAS) aos 3, 6, 9, 12 e 24 meses. Foram considerada mortas plantas totalmente secas e falhas. As áreas da projeção da copa foram mensuradas aos 6, 9 e 12 meses e o diâmetro a 1,30 m de altura (DAP), aos 24 meses. A mensuração das características biométricas foi realizada nas linhas pares, totalizando 18 plantas por parcela.

Aos 24 meses de idade, foram avaliados a área superficial e o comprimento de raízes finas (≤ 2 mm) nos dois sistemas de cultivo. As coletas foram realizadas com o auxílio de um trado ($\phi = 2,5$ cm), na profundidade de 0 a 10 cm. Em cada repetição foram tomadas duas amostras, retiradas a 20 cm de distância do tronco das plantas de altura média, na linha de plantio do eucalipto. As amostras foram acondicionadas em sacolas plásticas e armazenadas em “freezer”. As raízes foram separadas do solo por coleta manual a seco, e colocadas, aleatoriamente, entre duas placas de vidro de 2 mm de espessura, 21 cm de largura e 30 cm de comprimento. Em seguida, obteve-se a imagem por meio de “scanner” que foi processada utilizando o programa QuantRoot, desenvolvido pelo Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, para a determinação de comprimento, área e diâmetro de raízes.

As plantas de sabiá foram avaliadas quanto à sobrevivência, altura e diâmetro ao nível do solo (DAS), aos 24 meses.

Os dados foram analisados quanto a homocedasticidade, pelo teste de Cochran (SNEDECOR e COCHRAN, 1989) e distribuição normal dos resíduos, pelo teste de Lilliefors (CAMPOS, 1979). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey ($\alpha = 0,05$). Para o incremento em Altura e DAS avaliado ao longo do tempo, foi efetuada análise de variância

para parcelas subdivididas no tempo, considerando que a época foi um tratamento não passível de aleatorização (BANZATTO e KRONKA, 1992). O comportamento do crescimento em altura e DAS ao longo do tempo foram analisados por regressão seqüencial. Visando verificar a validade dos modelos ajustados por regressão, foi realizado o teste de Durbin-Watson (CHATTERJU e PRICE, 1977) e foi observada a distribuição gráfica dos resíduos padronizados.

As variáveis dendrométricas referentes ao sabiá foram analisadas por intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$), por estarem presentes apenas nas parcelas do plantio consorciado, inviabilizando a análise de variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Até 12 meses a sobrevivência não diferiu entre as espécies e não respondeu ao sistema de plantio. Aos 24 meses, a menor sobrevivência, no plantio puro, foi observada para o *Eucalyptus pellita*, que não diferiu do *E. tereticornis* e *E. robusta* e, no plantio consorciado, para o *E. robusta*, embora este não se diferenciou do *E. tereticornis* e *E. pellita*. As plantas de *E. camaldulensis* apresentaram maior sobrevivência nos dois sistemas de plantio, mas, no plantio puro não diferiu do *E. tereticornis* e *E. robusta*. O sistema de plantio afetou a sobrevivência apenas das plantas de *E. robusta*, que apresentou maior mortalidade no consórcio (TABELA 1).

TABELA 1: Sobrevivência (%) das espécies de eucalipto nos dois sistemas de plantio, aos 24 meses

	Consórcio	Puro
<i>E. camaldulensis</i>	98,6 a A	91,7 a A
<i>E. pellita</i>	80,2 b A	73,6 b B
<i>E. tereticornis</i>	86,1 b A	84,0 ab A
<i>E. robusta</i>	75,0 b B	84,0 ab A
CV%	6,96	

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais nas linhas (n=4) e minúsculas nas colunas (n= 4) não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($\alpha = 0,05$). CV% = coeficiente de variação da análise de variância.

Observando a sobrevivência das espécies de eucalipto, em outros sítios, constata-se que a mortalidade ocorrida na cava do presente estudo não é discrepante do que tem sido encontrado em outros locais. Em áreas afetadas por excesso de sais e em cavas, a percentagem de sobrevivência encontrada, para

as diferentes espécies, varia entre 68 e 99,31% (SANTIAGO, 2000; SCHIAVO, 2004; SUN E DICKINSON, 1995; BENYON et al., 1999; TOMAR et al., 2003; MAHMOOD et al., 2003) e, em áreas não salinas, entre 96 e 100% (COUTINHO et al., 2004 e DRUMOND et al., 1998).

No presente experimento, a sobrevivência das espécies de eucalipto não foi influenciada pelo sistema de plantio, exceto para o *Eucalyptus robusta* que apresentou maior mortalidade no plantio consorciado. Com relação ao *E. robusta*, semelhantemente ao constatado neste estudo, PARROTTA (1999) observou menor sobrevivência desta espécie quando consorciado com *Casuarina equisetifolia* ou *Leucaena leucocephala*, sendo o espaçamento de plantio de 1 x 1 m.

Contrariando os resultados encontrados neste estudo, plantas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. robusta* e *E. pellita*, consorciados com *Sesbania virgata* (SANTIAGO, 2005), com espaçamento de plantio de 2 x 1,5 m, apresentaram maior sobrevivência em relação aos plantios puros, no espaçamento 3 x 2 m. Entretanto, no trabalho desenvolvido por este pesquisador, as mudas de eucalipto foram plantadas entre as plantas de sesbânia, quando estas se encontravam com um ano de idade, o que pode ter favorecido a sobrevivência das espécies de eucalipto. Em plantas de *E. camaldulensis* consorciado com *Acacia mangium* (SCHIAVO, 2005) também foi observado maior sobrevivência no sistema consorciado em relação ao puro, sendo o espaçamento de plantio nos dois sistemas de 3 X 2 m.

O consórcio do *Eucalyptus robusta* com sabiá no sistema de manejo e espaçamento adotados neste estudo não é indicado para cava de extração de argila, por proporcionar, a partir de 24 meses, maior mortalidade das plantas de eucalipto quando comparado ao sistema puro (TABELA 1). Desta maneira, o *E. robusta* parece apresentar maior competição entre espécie do que dentro da espécie, evidenciando, assim, o efeito negativo do sabiá sobre a sobrevivência desta espécie.

A área média de copa média, ocupada por planta, não diferiu entre as espécies de eucalipto e entre os sistemas de plantio, aos 12 meses (CV = 32,7%), apresentando, nesta ocasião, os valores de 1,7 m² (*E. camaldulensis*), 1,5 m² (*E. pellita*) e 1,8 (*E. tereticornis* e *E. robusta*).

O incremento médio mensal em DAS para as plantas de eucalipto não diferiu entre as espécies e não foi influenciado pelo sistema de plantio no período avaliado, apresentando comportamento quadrático em função do tempo, conforme FIGURA 1.

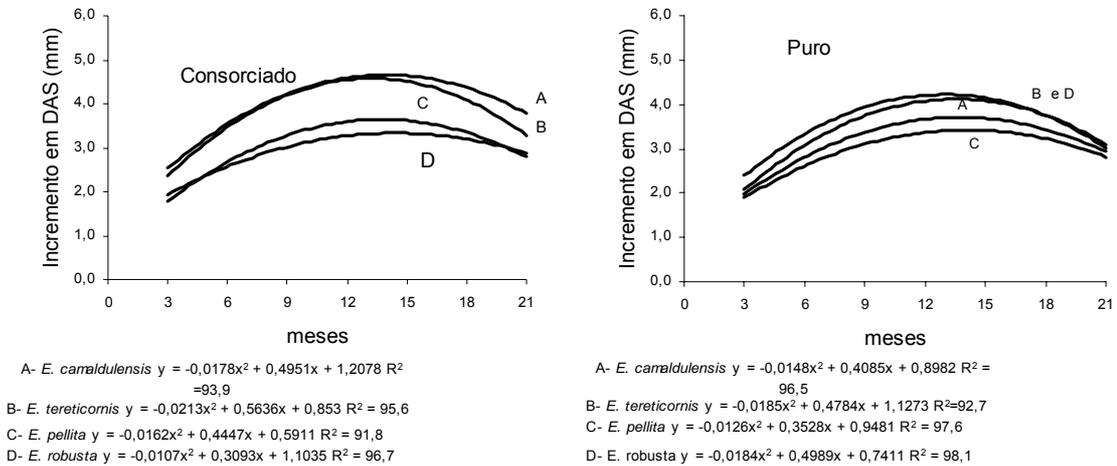


FIGURA 1: Incremento médio mensal em diâmetro ao nível do solo (DAS) das espécies de eucalipto, nos sistemas de plantios puros e consorciados com sabiá, até 24 meses após o plantio (CV% = 10,4).

O incremento em altura não foi influenciado pelo sistema de plantio, embora as plantas de *Eucalyptus camaldulensis* (24,1 cm mês⁻¹) tenham apresentado maior incremento em altura e as de *E. pellita* menor (15,8 cm mês⁻¹). O incremento em altura em função do período apresentou comportamento quadrático, conforme observa-se na FIGURA 2.

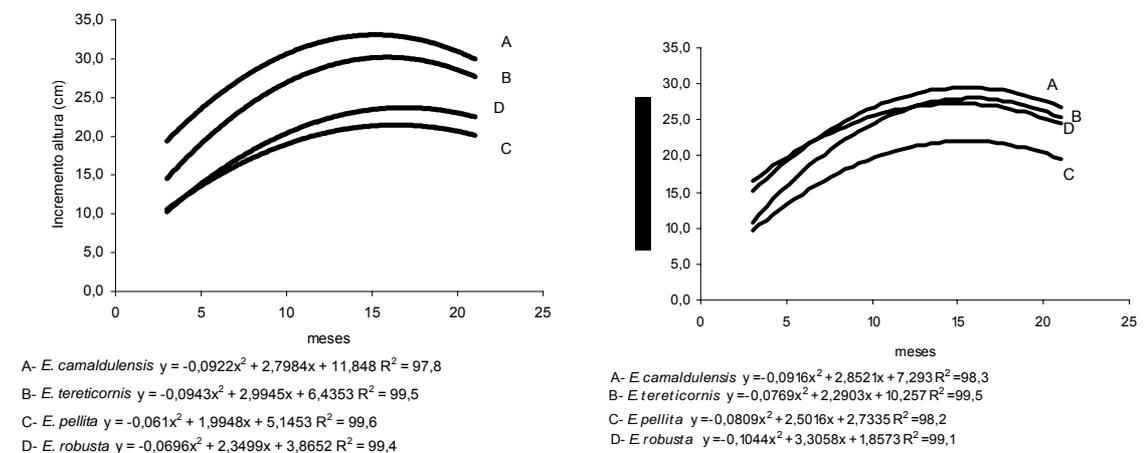


FIGURA 3: Incremento médio mensal em altura das plantas de eucalipto, nos sistemas de plantios puros e consorciados, até 24 meses após o plantio (CV% = 8,1).

Apesar de o sistema de plantio não ter afetado significativamente o incremento em altura, é importante ressaltar que, com exceção do *Eucalyptus camaldulensis*, no sistema de plantio consorciado, o incremento máximo foi atingido, aproximadamente, um mês após o sistema de plantio puro (TABELA 2).

TABELA 2: Período de máximo incremento (meses) em altura e diâmetro ao nível do solo para as espécies de eucalipto nos dois sistemas de plantio

Espécie	DAS		Altura	
	Consoiciado	Puro	Consoiciado	Puro
<i>E. camaldulensis</i>	13,9	13,8	14,9	15,6
<i>E. pellita</i>	13,2	12,9	15,9	14,9
<i>E. robusta</i>	13,7	14,0	16,4	15,5
<i>E. tereticornis</i>	14,5	13,6	16,7	15,8

Aos 24 meses após o plantio o DAP e o DAS não diferiram entre as espécies e nem entre os sistemas de plantio. A altura não respondeu ao sistema de plantio e as plantas de *Eucalyptus pellita* apresentaram menor altura média (TABELA 3).

TABELA 3: Variáveis dendrométricas das espécies de eucalipto em plantios puros e consorciados com sabiá, 24 meses após o plantio

Espécie	DAS (mm)			DAP (mm)			Altura (cm)		
	Consórcio	Puro	Média geral	Consórcio	Puro	Média geral	Consórcio	Puro	Média geral
<i>E. camaldulensis</i>	82,8	64,7	73,7 a	58,7	44,6	51,7 a	661,2	592,9	627,1 a
<i>E. pellita</i>	63,7	61,8	62,8 a	43,2	40,3	41,7 a	449,6	435,7	442,7 b
<i>E. tereticornis</i>	72,4	66,7	69,6 a	52,4	45,1	48,7 a	612,2	540,5	576,4 ab
<i>E. robusta</i>	63,0	68,0	65,5 a	43,4	47,6	45,5 a	496,3	555,4	525,9 ab
CV%	19,0			23,2			16,4		

Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($\alpha = 0,05$). CV% = coeficiente de variação da análise de variância, DAS = diâmetro a altura do solo, DAP = diâmetro a 1,30 m de altura.

Estudos realizados por DRUMOND et al. (1998), PARROTA (1999), TOMAR et al. (2003) e MAHMOOD et al. (2003) conduzidos com várias espécies de eucalipto, sítios e solos, afetados ou não por excesso de sal, em idades iguais ou superiores a 24 meses, apresentaram altura média entre 4 e 6,8 m e DAP médio entre 3,6 e 6,2 cm. No presente experimento, as médias verificadas para estas variáveis nas plantas de eucalipto (TABELA 3), apresentam compatibilidade, aos 24 meses após o plantio, com os resultados encontrados pelos mencionados pesquisadores (DRUMOND et al., 1998; PARROTA, 1999; TOMAR et al., 2003; MAHMOOD et al., 2003).

Mudas de *Eucalyptus pellita*, em relação às demais espécies, mostraram-se menos indicadas para o plantio em cavas de extração de argila semelhantes à utilizada neste experimento, por terem apresentado menor sobrevivência no plantio puro, menor incremento em altura no período avaliado e menor altura média, aos 24 meses. Estes resultados podem estar relacionados à baixa resistência desta espécie ao estresse salino, uma vez que o solo da cava em estudo é afetado por excesso de sais. Estudo realizado por MENDONÇA (2006), em casa de vegetação, sobre o efeito da salinidade nos aspectos fisiológicos de mudas de quatro espécies de eucalipto, mostrou que o *E. pellita* foi sensível à salinidade ao apresentar evidências de redução na capacidade fotossintética em resposta a salinização do substrato, resultados que corroboram aos encontrados no presente estudo.

Semelhante aos resultados encontrados neste estudo, aos 24 meses, plantas de *E. saligna* em plantios puros e consorciados com *Acacia mangium* aos 45 meses (VEZZANI et al., 2001) e *E. camaldulensis* em plantio puros e consorciados com *Acacia mangium* e *Sesbania virgata* aos 20 meses (SCHIAVO, 2005) não apresentaram crescimento afetado pelo sistema de plantio. Nos resultados apresentados em estudos sobre sistemas consorciados (PARROTTA, 1999; NICHOLS et al., 2001; FORRESTER et al., 2004; BALIEIRO et al., 2004), observa-se que o efeito do consórcio sobre o crescimento das plantas começa a se revelar a partir do terceiro ano de plantio. Aos 24 meses, plantas de *E. robusta*, em plantio puro e consorciado com leucena, não responderam ao sistema de plantio, mas, aos quatro anos, a altura foi inferior no plantio puro (PARROTTA, 1999). Plantas de *Terminalia amazônica* foram avaliadas em plantios puros e consorciados com espécies arbóreas e herbáceas. Até três anos, o consórcio com espécies arbóreas não afetou o crescimento desta espécie, mas aos quatro anos o consórcio com ingá favoreceu o crescimento em altura (NICHOLS et al., 2001). No consórcio entre *E. globulus* e *Acacia mearnsii*, observou-se que o consórcio favoreceu o crescimento em altura do eucalipto depois de dois anos; o diâmetro foi influenciado a partir de quatro anos, sendo esta diferença acentuada com o tempo, a favor do plantio consorciado; a vantagem do crescimento em biomassa, promovida pelo plantio consorciado, aparece a partir do terceiro ano para o eucalipto (FORRESTER et al., 2004). Aos sete anos plantas de *E. grandis*

apresentaram maior diâmetro no plantio consorciado com *Pseudosamanea guachapele*, em relação ao puro (BALIEIRO et al., 2004).

Entretanto, contrariando os resultados encontrados neste estudo, SANTIAGO (2005), avaliando quatro espécies de eucalipto em plantios puros e consorciados com sesbânia, observou aos 10 meses, que o plantio puro resultou em maior DAS, para o eucalipto, em comparação ao consorciado. Mas, é importante ressaltar que no trabalho deste autor, o plantio do eucalipto, no sistema consorciado, foi realizado quando as plantas de sesbânia já estavam com um ano de idade, o que pode ter favorecido esta resposta precoce das plantas de eucalipto, em relação ao sistema de plantio.

Neste experimento, a razão altura/DAP para o eucalipto não diferenciou entre as espécies e não foi influenciada pelo sistema de plantio, aos 24 meses (FIGURA 3), indicando que até este período o eucalipto não sofreu competição por luz. A razão entre altura e DAP é utilizada para indicar o grau de competição entre plantas (GRONINGER et al., 1997). Espera-se uma menor razão altura/DAP, em condição de menor competição por luz.

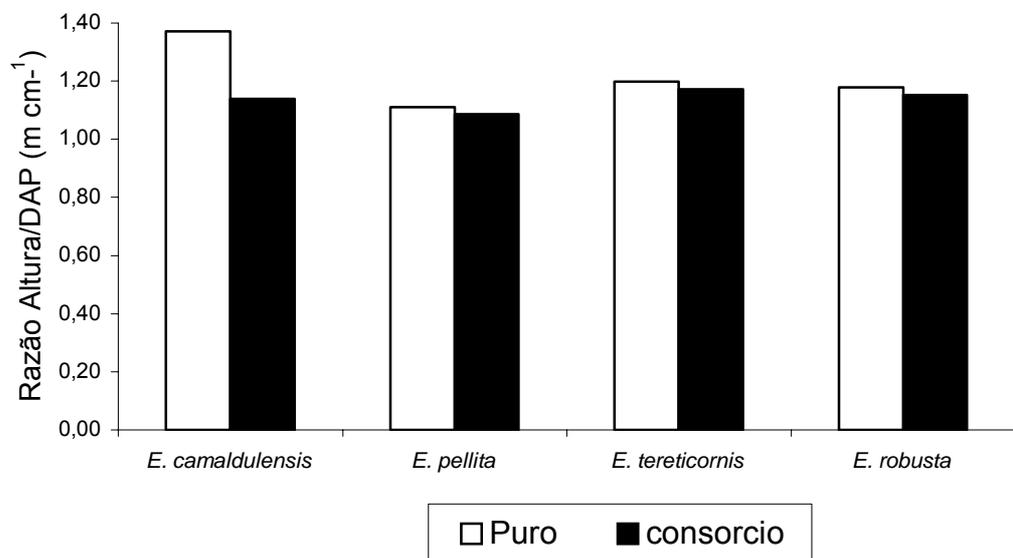


FIGURA 3: Razão entre a Altura e o DAP (m cm⁻¹) para as espécies de eucalipto em plantios puros e consorciados com sabiá, 24 meses após o plantio (CV%=11,3).

Com relação à área superficial e comprimento de raízes finas das espécies de eucalipto, pode-se observar que as plantas de *E. camaldulensis* e *E. tereticornis* apresentaram maiores valores para estas características no plantio puro em relação ao consórcio com sabiá. No plantio puro, a maior área e

comprimento de raízes foi observada para *E. camaldulensis*, enquanto que, no consorciado, foi para o *E. robusta* (TABELA 4).

TABELA 4: Área superficial e comprimento de raízes finas (< 2 mm) das espécies de eucalipto nos dois sistemas de plantio, 24 meses após o plantio

Espécie	Área (cm ² dm ³)		Comprimento (cm dm ³)	
	ConSORCIADO	Puro	ConSORCIADO	Puro
<i>E. camaldulensis</i>	21,2 bc B	37,4 a A	738,8 bc B	1395,5 a A
<i>E. pellita</i>	27,2 b A	27,1 b A	950,5 b A	944,3 b A
<i>E. tereticornis</i>	15,0 c B	35,3 ab A	603,6 c B	1251,0 ab A
<i>E. robusta</i>	41,8 a A	28,8 ab A	1351,6 a A	1006,5 b A
CV %	31,78		30,05	

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais nas linhas (n = 4) e minúsculas nas colunas (n = 4) não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($\alpha = 0,05$). CV% = coeficiente de variação da análise de variância.

SCHMID e KAZDA (2002) acreditam que alta densidade de raízes finas indica melhor capacidade de obtenção de recursos, o que representa alta habilidade competitiva. Entretanto, neste estudo, observou-se que, no plantio consorciado, a área e o comprimento de raízes foram maiores para o *E. robusta*, porém, esta espécie apresentou redução na sobrevivência em decorrência da competição com sabiá (TABELA 1). Infere-se, assim, que a maior área e comprimento de raízes finas não garantiu habilidade competitiva para as plantas desta espécie. A habilidade competitiva, provavelmente, não está relacionada à maior produção de raízes finas. A menor disponibilidade de recursos, normalmente, estimula a produção destas raízes (KEITH et al., 1997; GIARDINA e RYAN, 2002; MISRA et al., 1998; SCHMID e KAZDA, 2002; GONÇALVEZ, 1995). Assim, no presente estudo, a competição por recursos, imposta pelo sabiá sobre as plantas de eucalipto, pode ter promovido a maior produção de raízes finas.

A disponibilidade de recursos do solo influencia na distribuição do carbono entre os órgãos da planta. Aumento na disponibilidade de recursos reduz a alocação de carbono para as raízes (KEITH et al., 1997; GIARDINA e RYAN, 2002). De acordo com MISRA et al. (1998), os fotoassimilados são, preferencialmente, utilizados pela raiz quando há limitação hídrica e nutricional. Em condição de estresse, as plantas são estimuladas a investir na produção de raízes finas de crescimento lento, favorecendo a seletividade. A biomassa de raízes finas em povoamento de *Pseudotsuga mensiessi* (KEYES e GRIER, 1981), e de *Picea abies* (SCHMID e KAZDA, 2002) foi maior em sítios com baixa

disponibilidade de nutrientes. GONÇALVEZ (1995) constatou que plantas de *E. grandis* apresentaram maior densidade de raízes finas em sítios menos férteis.

A menor área e comprimento de raízes do *E. camaldulensis* e *E. tereticornis* no plantio consorciado, em comparação com o puro, pode ser em decorrência das melhores condições locais proporcionadas pelos benefícios deste sistema de plantio. O material vegetal proveniente da poda do sabiá pode ter resultado em melhorias nas condições do solo, tais como maior manutenção da umidade e fornecimento de nutrientes, principalmente N. O sabiá é eficiente em estabelecer simbiose com rizóbios e fungos micorrízicos (PRALON e MARTINS, 2001), apresentando uma biomassa aérea rica em nutrientes e com elevada velocidade de decomposição (ANDRADE et al., 2000), potencializando o aumento da quantidade de C e N no solo (COSTA et al., 1997). É importante ressaltar que alguns estudos mostram que a maior disponibilidade de N, geralmente resulta em menor produção de raízes finas (BOUKCIM et al., 2005; LINKER e JOHNSON-RUTZKE, 2005; McCONNAUGHAY e COLEMAN, 1999; MISRA et al., 1998; RAICH, 1998).

Evidências de menor produção de raízes finas em plantio consorciado, em relação a plantios puros também foram observadas para *Picea abies*, em consórcio com *Fagus silvatica* (SCHMID e KAZDA, 2002); para *E. globulus*, em consórcio com *Acacia mearnsii* (FORRESTER et al., 2005); e para *E. camaldulensis* consorciado com *S. virgata* (SANTIAGO, 2005).

As características biométricas, os intervalos de confiança para altura e diâmetro ao nível do solo e o percentual médio de sobrevivência, 24 meses após o plantio, para as plantas de sabiá, quando consorciadas com as espécies de eucalipto, estão apresentadas na TABELA 5.

TABELA 5: DAS (mm), altura (cm) e %S de plantas de sabiá consorciados com eucalipto, 24 meses após o plantio

Parâmetros	Espécies consorciadas com sabiá											
	<i>E. camaldulensis</i>			<i>E. tereticornis</i>			<i>E. pellita</i>			<i>E. robusta</i>		
	Altura	DAS	S%	Altura	DAS	S%	Altura	DAS	S%	Altura	DAS	S%
Média	390,1	66,0	97,2	388,6	61,0	95,8	366,3	58,0	100,0	384,3	62,2	97,2
EPM	10,0	1,9	2,8	8,6	1,6	2,7	11,3	1,9	0,0	9,7	1,7	2,8
CV%	21,5	24,0	5,7	18,4	22,3	5,6	26,1	28,2	0,0	18,6	22,7	5,7
t ($\alpha = 0,05$)	2,0	2,0	-	2,0	2,0	-	2,0	2,0	-	2,0	2,0	-
LI	370,4	62,3	-	371,4	57,7	-	343,9	54,2	-	365,2	58,9	-
LS	409,9	69,8	-	405,7	64,2	-	388,6	61,8	-	403,3	65,5	-

Diâmetro ao nível do solo = DAS, percentagem de sobrevivência =%S, EPM = erro padrão da média, CV% = coeficiente de variação, t = valor de t tabelado, LI e LS = limite inferior e superior do intervalo de confiança para $\alpha = 0,05$.

PAULINO et al. (2002) avaliaram o plantio puro de sabiá, em uma pastagem degradada, constatando-se elevado percentual de sobrevivência (87%) e altura média de 3,26 m. Os valores médios encontrados no presente estudo, para sobrevivência e altura, foram próximos ou superiores aos encontrados por estes autores, indicando que o consórcio, até 24 meses, não prejudicou o crescimento do sabiá. MENDONÇA (2006) avaliou o crescimento e a produção de raízes finas e de biomassa aérea de plantas de sabiá, em plantios puros e consorciados com eucalipto, observando que o consórcio não afetou a sobrevivência e altura das plantas, mas, aos 24 meses o DAS foi superior no plantio puro.

CONCLUSÕES

As espécies de eucalipto com melhor desempenho, até 24 meses, foram *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis* e *E. robusta*.

Não foi detectado, até 24 meses, efeito do sistema de plantio sobre o crescimento das espécies de eucalipto.

O consórcio com sabiá resultou em efeito negativo sobre a sobrevivência do *E. robusta*, não sendo o consórcio entre estas duas espécies indicado para reabilitação de cava de extração de argila da região Norte Fluminense.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serrapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpinifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em plantossolo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, n. 4, p.777-785, 2000.

BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A. A.; PEREIRA, M. G. Contribution of litter and nitrogen to soil under *Pseudosamanea guachapele* and *Eucalyptus grandis* plantations. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, n. 6, p.597-601, 2004.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. Experimentação agrícola. Jaboticabal, FUNEP, 247p., 1992.

- BAUHUS, J.; KHANNA, P. K.; MENDEN, N. Aboveground and belowground interactions in mixed plantations of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. Canadian Journal of Forest Research, v. 30, n. 12, p. 1886-1894, 2000.
- BENYON, R. G.; MARCAR, N. E.; CRAWFORD, D. F.; NICHOLSON, A. T. Growth and water use of *Eucalyptus camaldulensis* and *E. occidentalis* on saline discharge site near Wellington, NSW, Australia. Agricultural Water Management, v. 39, n. 1-2, p. 229-244, 1999.
- BINKLEY, D.; SENOCK, R.; BIRD, S.; COLE, T. G. Twenty years of stand of *Eucalyptus saligna* and nitrogen-fixing *Facaltaria moluccana*. Forest Ecology and Management, v. 182, n. 1-3, p. 93-102, 2003.
- BOUKCIM, H.; PAGES, L.; MOUSAIN, D. Local NO_3^- or NH_4^+ supply modifies the root system architecture of *Cedrus atlantica* seedlings grown in a split root device. Journal of plant physiology, in press. <http://www.sciencedirect.com>, em: 18/02/2006.
- BRUSCHI, D. M.; PEIXOTO, M. C. D. Manual de saneamento e proteção ambiental para municípios. Extração de areia, cascalho e argila: técnicas e controle ambiental. 1. ed. Belo Horizonte-MG: Fundação Estadual do Meio Ambiente, v.4, 90p., 1997.
- CAMPOS, H. Estatística Experimental Não Paramétrica. 3 ed. ESALQ Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 1979, 373 p.
- CHATTERJU, S.; PRICE, B. Regression Analysis by Example. Ed. John Wiley & Sons, New York, 228 p., 1977.
- COSTA, G. S.; ANDRADE, A. G.; FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serrapilheira de *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá) com seis anos de idade. Anais do Simposio Nacional de recuperação de áreas degradadas, 3, Ouro Preto. Folha Florestal, Viçosa-MG, p. 344-34, 1997.
- COUTINHO, J. L. B.; SANTOS, V. F. dos; FERREIRA, R. L. C.; NASCIMENTO, J. C. B. Avaliação do comportamento de espécies de *Eucalyptus spp* na Zona da Mata Pernambucana. I: Resultados do primeiro ano-2001. Revista Árvore, v. 28, n. 6, p. 771-775, 2004.
- COUTINHO, M. P. Crescimento de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. em cavas de extração de argila. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Campos dos Goytacazes, RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense UENF, 54p, 2003.
- DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R. de; CARVALHO, O. M. de. Comportamento silvicultural de espécies e procedências de *Eucalyptus* na região dos tabuleiros costeiros do estado do Sergipe. Revista Árvore, v.22, n.1, p. 137-142, 1998.
- FORRESTER, D.I.; BAUHUS, J.; COWIE, A. L. On the success and failure of mixed species tree plantations: lessons learned from a model system of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii* . Forest Ecology and Management, v. 209, n.1-2, p. 147-155, 2005.

FORRESTER, D.I.; BAUHUS, J.; KHANNA, P. K. Growth dynamics in a mixed-species plantation of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. *Forest Ecology and Management*, v. 193, n. 1-2, p. 81-95, 2004.

GAMA-RODRIGUES, A. C. da. Ciclagem de nutrientes por espécies florestais em povoamentos puros e mistos, em solos tabuleiros da Bahia, Brasil. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 107p., 1997.

GIARDINA, C. P.; RYAN, M. G. Total belowground carbon allocation in a fast-growing *Eucalyptus* plantation estimate using a carbon balance approach. *Ecosystems*, v. 5, n. 5p. 487-499, 2002.

GONÇALVES, C. de A, FERNANDES, M. M., ANDRADE, A. M de. Celulose e Carvão vegetal de *Mimosa Caesalpiniaefolia* Benth (Sabiá). *Floresta e Ambiente*, v. 6, n.1, p-51-58, 1999.

GONÇALVEZ, J. L. M. Características do sistema radicular de absorção do *Eucalyptus grandis* sob diferentes condições edáficas: I Distribuição de raízes nas camadas de solo. In: Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 1995, Viçosa. Anais... Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 876-878, 1995.

GRONINGER, J. W., ZEDATER, S. M., FREDERICTSEN, T. S. Stand characteristics of inter-cropped loblolly pine and black locust. *Forest Ecology and Management*, v.91, n. 2-3, p. 221-227, 1997.

HUNT, M. A.; UNWIN, G. L.; BEADLE, C. L. Effects of naturally regenerated *Acacia dealbata* on the productivity of a *Eucalyptus nitens* plantation in Tasmania, Australia. *Forest Ecology and Management*, v. 117, n. 1-3, p. 75-85, 1999.

JÚNIOR LEAL, G.; SILVA, J. A. da. Proposta de manejo florestal sustentado do sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*). Boletim Técnico; n. 3, Crato (CE), IBAMA, 15 p., 1999.

JESUS, R. M., DIAS, G. B. N. *Eucalyptus/Leucaena* mixture experiment – growth and yield. Série Técnica IPEF, Piracicaba, n.39, p. 41-46, 1988.

KEYES, M. R.; GRIER, C. C. Above and below-ground net production in 40 years-old Douglas-fir stands on low and high productivity sites. *Canadian Journal of Forest Research*, v. 11, p. 599-605, 1981.

KEITH, H.; RAISON, R. J.; JACOBSEN, K. L. Allocation of carbon in mature eucalipt forest and some effects of soil phosphorus availability. *Plant and Soil*, v. 196, n. 1, p. 81-99, 1997.

KUMAR, B. M; KUMAR, S. S.; FISHER, R. F. Intercropping Teak with *Leucaena* increases tree growth and modifies soil characteristics. *Agroforest. System*, v. 42, n. 1, p. 81-89, 1998.

LINKER, R.; JOHNSON-RUTZKE, C. J. Modeling the effect of abrupt changes in nitrogen availability on lettuce growth, root-shoot partitioning and nitrate concentration. *Agricultural Systems*, v.86, n. 2, p. 166-189, 2005.

MAHMOOD, K.; MARCAR, N. E.; NAQVI, M. H.; ARNOLD, R. J.; GRAWFORD, D. F.; IQBAL, S.; AKEN, K. M. Genetic variation in *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh for growth and stem straightness in a provenance-family trial on saltland in Pakistan. *Forest Ecology and Management*, v. 176, n. 1-3, p. 405-416, 2003.

MENDONÇA, A. V. R. Reabilitação de cavas de extração de argila e tolerância de espécies florestais a salinidade. Universidade Federal do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes (RJ), 2006 (Tese Doutorado em Produção Vegetal).

McCONNAUGHAY, K. D. M.; COLEMAN, J. S. Biomass allocation in plants: ontogeny or optimality? A test along three resource gradients. *Ecology*, v. 80, n. 8, p. 2581-2593, 1999.

MISRA, R. K.; TURNBULL, C. R. A.; CROMER, R. N.; GIBBONS, A. K.; LA SALA, A. V.; BALLARD, L. M. Below and above ground growth of *Eucalyptus nitens* in a young plantation. II Nitrogen and Phosphorus. *Forest Ecology and Management*, v. 106, n. 2-3, p. 295-306, 1998.

NICHOLS, J. D., ROSEMEYER, M. E., CARPENTER, F. L., KETTLER, J. Intercropping legume trees with native timber trees rapidly restores cover to eroded tropical pasture without fertilization. *Forest Ecology and Management*, v. 152, n. 1-3, p. 195-209., 2001.

PARROTTA, J.A. Productivity, nutrient cycling, and succession in single and mixed species plantations of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus robusta*, and *Leucaena leucocephala* in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management*, v.124, n. 1, 45-77, 1999.

PAULINO, G. M.; SANTOS, M. L. dos; FROUDE, L. C. M.; GAMA RODRIGUES, A. C.; FRNACO, A. A.; GAMA RODRIGUES, E. F. Estudo da contribuição de espécies florestais para a recuperação de terras degradadas por pastagem em Conceição de Macabu, RJ. Anais V Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas. Belo Horizonte (MG), SOBRADE, p. 508-509, 2002.

PRALON, A. Z; MARTINS, M. A. Utilização do resíduo industrial ferkal na produção de mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* em estéril de extração de argila inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, n. 1, p. 55-63, 2001.

RAICH, J. W. Aboveground productivity and soil respiration in three Hawaiian rain forests. *Forest Ecology and Management*, v. 107, n. 1-3, p. 309-318, 1998.

RAMOS, I. de S., ALEXANDRE, J., ALVES, M. da G., BARROSO, J. A., TEIXEIRA, L. S., CORREA, F. de P. Dimensionamento da indústria cerâmica em Campos dos Goytacazes, RJ. CD ROM dos Anais do Congresso Brasileiro de Cerâmica, 47, João Pessoa-PB, 2003.

RAMOS, D.P., MANZATTO, C.V. Estudos de solos para ordenamento do uso cerâmico das argilas da Baixada Campista, estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 19p., 2003. Documento 52.

SANTIAGO, A. R. Eucalipto em plantios puros e consorciados com sesbânia na reabilitação de cavas de extração de argila. Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) Campos dos Goytacazes –RJ, 77 p., 2005 (Mestrado em Produção Vegetal).

SCHMID, I.; KAZDA, M. Root distribution of Norway spruce in monospecific and mixed stands on different soils. *Forest Ecology and Management*, v. 159, n. 1-2, p. 37-47, 2002.

SCHIAVO, J. A. Revegetação de áreas degradadas pela extração de argila, com espécies micorrizadas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*. Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) Campos dos Goytacazes –RJ, 117p., 2005 (Tese Doutorado em Produção Vegetal).

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A.; RODRIGUES, L. A.; PAULUCIO, V. O. Comportamento de *Acacia mangium* Willd e *Eucalyptus camaldulensis*, em plantio puro e consorciado, em áreas degradadas pela extração de argila no Município de Campos dos Goytacazes, 2004. FERTIBIO 2004 (CD-ROM), Lages, SC.

SCOLFORO, J. R. S., MELLO, J. M. Inventário florestal. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 341p., 1997.

SNEDECOR, W.; COCHRAN, W. G. Statistical methods. 8 ed: Iowa State University Press, 502 p, 1989.

SUN, D.; DICKINSON, G. R. Salinity effects on tree growth, root distribution and transpiration of *Casuarina cunninghamiana* and *Eucalyptus camaldulensis* planted on a saline site in tropical north Australia. *Forest Ecology and Management*, v. 77, n. 1-3, p. 127-138, 1995.

TOMAR, O. S.; MINHAS, P. S.; SHARMA, V. K.; SINGH, Y. P.; GUPTA, R. K. Performace 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.

VALICHESKI, R. R. Avaliação técnica e econômica da reutilização de áreas de extração de argila em Campos dos Goytacazes-RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) Campos dos Goytacazes –RJ, 132p., 2004 (Mestrado em Produção Vegetal).

VEZZANI, F. M., TEDESCO, M. J., BARROS, N. F. Alterações dos nutrientes no solo e plantas em consórcio de eucalipto e Acácia negra. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 25, n. 1, p. 225-231, 2001.

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO DE CAVAS DE EXTRAÇÃO DE ARGILA, DOIS ANOS APÓS O PLANTIO DE EUCALIPTO E SABIÁ EM CULTIVOS PUROS E CONSORCIADOS E PRODUÇÃO DE BIOMASSA DO SABIÁ

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar o efeito do plantio de eucalipto e de sabiá em sistemas puros e consorciados, sobre características químicas do solo de cavas de extração de argila e quantificar biomassa e nutrientes fornecidos pelo material de plantas podadas de sabiá. Foram plantadas mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. tereticornis*, *E. robusta* e sabiá em plantios puros e consorciados. Realizaram-se análises do solo, por parcela, antes e 24 meses depois do plantio. As plantas de sabiá foram avaliadas quanto à sobrevivência, altura, diâmetro, área de copa e raízes finas. Quantificou-se a matéria seca do material podado aos 12 e 24 meses. Aos doze meses, determinou-se o teor de nutrientes, Na e C, neste material. Em nenhum sistema de plantio, o teor de C no solo mostrou valores reduzidos, e nos plantios de sabiá puro, *E. camaldulensis*+sabiá e *E. robusta*+sabiá encontraram-se valores maiores deste teor. O teor de K do solo mostraram valores diminuídos, em todos os tratamentos. Plantios puros de *E. tereticornis* e sabiá e o consorciado de *E. robusta* + sabiá, reduziram a salinidade do solo. A biomassa seca total fornecida pela poda do sabiá em $t\ ha^{-1}$, aos 12 meses, no plantio puro foi $3,6 \pm 0,5$ e no consorciado de $1,3 \pm 0,1$, aos 24 meses foi de $11,3 \pm 0,4$ no puro e de $4,6 \pm 0,1$ no consorciado.

Palavras - chaves: reabilitação de solo; *Mimosa caesalpinifolia*, área degradada, raízes finas.

ABSTRACT

This work had the objective the evaluation of eucalypt and "sabiá" plantings in single and mixed stands on the soil characteristics after clay extraction as well as the quantification of biomass and nutrient supplied by material originated from pruning of "sabiá" plants. Seedlings of *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. tereticornis*, *E. robusta*, and sabiá were planted in single and mixed stands. Soil analysis were carried out in each plot, before and 24 months after the planting.

“Sabiá” plants were evaluated regarding the survival percentage, height, diameter, crown area and fine roots. The pruned dry matter material was quantified 12 and 24 months after the planting. Twelve months after the planting nutrient contents, Na and C of this material were determined. In both planting systems, the C content showed reduced values. In “sabiá” single planting, *E. camaldulensis* + “sabiá” and *E. robusta* + “sabiá”, the C content showed higher values. The K content in the soil presented reduced values in all treatments. Single planting of *E. tereticornis* and “sabiá” and the mixed planting *E. robusta* + “sabiá” induced the reduction of the soil salinity. The total dry biomass supplied by the “sabiá” sapling ($t\ ha^{-1}$) at the age of 12 months in the single planting was $1,3 \pm 0,1$ and that in the mixed planting showed $3,5 \pm 0,5$, at the age of 24 months old, in single planting, $11,3 \pm 0,4$, and $4,6 \pm 0,1$ in the mixed planting.

Key words: soil rehabilitation, *Mimosa caesalpinifolia*, degraded area, fine roots

INTRODUÇÃO

O polo ceramista de Campos do Goytacazes (RJ) é o segundo maior produtor de tijolos do Brasil, com produção mensal estimada de 90 milhões de peças (RAMOS et al., 2003).

No processo de extração, são retiradas camadas do solo a profundidades variando de 1 a 4 m (VALICHESKI, 2004), embora a profundidade de remoção admitida pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA) é de no máximo 2,5 m, respeitando o limite de afloramento do lençol freático. Como resultado desta exploração pode ocorrer compactação do solo remanescente, afloramento de lençol freático, agravamento de problemas relativos à salinidade (RAMOS e MANZATTO, 2003; VALICHESKI, 2004), tornando comprometida a utilização da área para produção vegetal.

A seleção de espécies adaptadas às condições adversas e capazes de melhorar o solo é essencial para o sucesso do processo de mitigação das áreas resultantes do processo de extração de argila. Plantio de espécies perenes, principalmente espécies arbóreas, pode resultar em melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo. As árvores proporcionam uma constante deposição de serrapilheira e uma ciclagem eficiente de nutrientes, o que resulta

num equilibrado teor de matéria orgânica, melhor estruturação e maior disponibilidade de nutrientes.

A utilização de leguminosas fixadoras de N de rápido crescimento tem como finalidade aumentar a disponibilidade de N e acelerar a ciclagem de nutrientes (FORRESTER et al., 2005 e FORRESTER et al., 2004), podendo também favorecer o aumento do estoque de C no solo, bem como melhorar suas características químicas (SCHIAVO, 2005; GARAY et al., 2003; VEZZANI et al., 2001; PARROTA, 1999; KUMAR et al., 1998; MAFRA et al., 1998; JAIYEOBA, 1996; TOKY e SINGH, 1995). Estas leguminosas podem ser plantadas em consórcio com espécies de maior interesse comercial, desempenhando a função de adubadeiras, principalmente quando podadas regularmente e o material proveniente da poda espalhado na área (MAFRA et al., 1998). É desejável que a leguminosa, também, forneça produtos comercializáveis, a exemplo do sabiá, que tem potencial para ser utilizada como lenha (GONÇALVEZ et al., 1999) e moirão. A exploração desta espécie para estacas, moirão, vara e lenha é uma importante atividade econômica, no norte do Ceará (JÚNIOR LEAL e SILVA, 1999).

Os ceramistas e proprietários das cavas da região de Campos dos Goytacazes não se interessam por medidas puramente mitigadoras, buscando alternativas que resultem em retorno econômico. Desta maneira, há a expectativa de que o consórcio de espécie arbóreas de interesse comercial com leguminosas fixadoras de N, manejadas em sistema de podas, melhore as condições do solo e promova utilização econômica e sustentável das áreas exploradas. Assim, foi realizado um trabalho com o objetivo de avaliar o efeito do plantio de *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá), *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. tereticornis* e *E. robusta*, em sistemas puros e consorciados, sobre as características químicas do solo de cava de extração de argila e quantificar a biomassa e nutrientes fornecidos pelo material proveniente da poda das plantas de sabiá.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido em uma cava de 1,5 ha, cuja profundidade média de exploração foi em torno de 1,5m, no município de Campos dos Goytacazes-RJ (21^{05'} S, 41^{014'} W, 11 m de altitude). Antes da exploração da argila, ocorrida entre janeiro de 1997 a agosto de 1998, a área estava sendo

ocupada com plantio de cana-de-açúcar. Antes da extração da argila, a camada superficial (20 cm) foi retirada e acumulada. Após retirada a camada de interesse cerâmico, a camada superficial foi distribuída na cava.

Segundo classificação de Köppen, o clima da região é tropical chuvoso (AW). Segundo dados fornecidos pela unidade meteorológica da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO), a temperatura média mensal do município variou nos últimos 10 anos entre 21,4 °C e 27,7 °C e a precipitação média anual foi de 852 mm, com chuvas concentradas de no período de outubro a dezembro. A precipitação apresentou valores de 90, 0, 40, 50, 20 e 0 mm nos seis primeiros meses após o plantio (maio a outubro), totalizando, aproximadamente, 200 mm.

O solo original da área da cava em estudo é um Cambissolo Háplico Sódico Gleico Salino, com profundidade de lençol de 3,2 m (VALICHESKI, 2004). O solo remanescente da cava, segundo VALICHESKI (2004), é salino e sódico com saturação de sódio trocável superior a 15% e condutividade elétrica em pasta saturada superior a 4 dS m⁻¹. Foi realizada, antes do plantio, caracterização química, granulométrica e física do solo da cava. As análises químicas e granulométricas e a determinação da condutividade elétrica (Ce) foram realizadas em amostras compostas de três subamostras, retiradas por parcela, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40cm. Foram determinados: pH (em água), acidez potencial e C, segundo metodologia descrita pela EMBRAPA (1997), os teores de P, K e Na extraíveis pelo método de Mehlich⁻¹ e, Ca, Mg e Al trocáveis por KCl 1 mol L⁻¹. A composição granulométrica foi determinada pelo método da pipeta. Para a determinação da densidade, porosidade total, macro e microporosidade, foi coletada uma amostra indeformada por profundidade (2,5-7,5 cm e 7,5-12,5 cm) no centro de cada parcela, utilizando-se anéis volumétricos. As análises destas características foram realizadas conforme procedimentos descritos por EMBRAPA (1997). A caracterização química, granulométrica e física do solo está apresentada nas tabelas 1, 2 e 3.

TABELA 1: Condutividade elétrica e caracterização química do solo da cava de extração de argila, antes do plantio.

Profundidade 0-20 cm									
	Ce (1:1) *	P	Ph	C	Ca	Mg	K	Na	H + Al
Parâmetros	dS m ⁻¹	mg kg ⁻¹	H ₂ O	%			cmolc dm ⁻³		
Média	8,94	58,52	5,97	1,77	7,21	4,94	0,14	2,11	2,62
EPM	0,95	8,19	0,03	0,04	0,38	0,15	0,01	0,16	0,14
CV%	63,87	84,00	2,75	12,27	32,01	18,58	26,53	45,69	31,88
Máximo	28,50	190,00	6,30	2,23	11,08	5,94	0,23	5,65	5,30
Mínimo	2,30	1,88	5,60	1,29	2,01	1,63	0,07	0,65	0,90
Profundidade 20-40 cm									
	Ce (1:1) *	P	pH	C	Ca	Mg	K	Na	H + Al
Parâmetros	dS m ⁻¹	mg kg ⁻¹	H ₂ O	%			cmolc dm ⁻³		
Média	6,99	34,77	6,07	1,41	4,32	3,30	0,09	1,72	1,35
EPM	1,25	5,31	0,03	0,06	0,41	0,22	0,00	0,15	0,12
CV%	107,25	91,57	2,94	23,68	57,02	40,27	30,13	53,92	53,81
Máximo	35,10	136,80	6,40	1,96	9,72	5,32	0,17	3,52	3,00
Mínimo	0,90	0,96	5,60	0,54	0,28	0,83	0,04	0,26	0,00

* Análise realizada em extrato de solo diluído em água na proporção de 1:1; CV% = coeficiente de variação; EPM = erro padrão da média, Ce= condutividade elétrica.

TABELA 2: Composição granulométrica do solo da cava de extração de argila, antes do plantio.

Profundidades						
Parâmetros	% argila	0-20 cm			20-40 cm	
		% areia	%silte	% argila	% areia	%silte
Média	40,55	27,39	32,06	27,43	50,10	22,47
EPM	1,54	2,54	1,43	2,21	4,03	2,20
Cv%	22,72	55,67	26,76	48,40	48,31	58,76
Máximo	55,55	75,58	46,16	50,87	90,05	68,87
Mínimo	13,82	6,61	0,87	4,50	7,22	0,66

CV% = coeficiente de variação; EPM = erro padrão da média.

TABELA 3: Densidade e porosidade do solo da cava de extração de argila, antes do plantio.

Profundidade 2,5 a 7,5 cm				
Parâmetros	Densidade Mg m ⁻³	Poros Total	Microporos m ³ m ⁻³	Macroporos
Média	1,24	0,49	0,42	0,08
EPM	0,02	0,01	0,01	0,01
Cv%	8,58	8,88	17,28	95,10
Máximo	1,47	0,59	0,51	0,36
Mínimo	1,00	0,39	0,15	0,00
Profundidade 7,5 a 12,5 cm				
Parâmetros	Densidade Mg m ⁻³	Poros	Microporos m ³ m ⁻³	Macroporos
Média	1,31	0,47	0,42	0,06
EPM	0,02	0,01	0,02	0,01
Cv%	8,00	10,02	22,05	139,69
Máximo	1,57	0,58	0,52	0,37
Mínimo	1,07	0,35	0,06	0,00

CV% = coeficiente de variação; EPM = erro padrão da média.

Na ocasião da exploração, a camada superficial (20 cm) foi acumulada e, posteriormente, distribuída na cava com trator de esteira. O solo foi gradeado e o plantio foi realizado em covas de 20 cm de profundidade, no espaçamento 3 × 2 m, não sendo realizadas adubações de plantio e de cobertura.

Um mês antes da instalação do experimento, realizada em maio de 2003, e durante sua condução, foi feito controle de formigas cortadeiras, por meio de iscas granuladas.

As mudas utilizadas no plantio foram produzidas a partir de sementes, sendo as de sabiá obtidas na CNPAB-EMBRAPA (Seropédica, RJ) e as de eucalipto no Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF). As mudas de eucalipto foram produzidas em tubetes de 50 cm³ e as de sabiá em tubetes de 288 cm³, em casa de vegetação da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. O período de produção das mudas foi de três meses. O substrato utilizado constitui-se de uma mistura de casca de eucalipto compostada e casca de arroz carbonizada, na proporção de 7:3 em volume, enriquecidos com osmocote 14-14-14 (6 g kg⁻¹). As sementes de sabiá foram inoculadas com rizóbio específico à espécie leguminosa (BR3405/BR3451), obtido no CNPAB-EMBRAPA (Seropédica, RJ).

O experimento foi composto por nove tratamentos, dispostos em blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída de 36 plantas,

dispostas em seis linhas. Os tratamentos foram: *E. camaldulensis*, *E. pellita*, *E. tereticornis*, *E. robusta*, sabiá, *E. camaldulensis* + sabiá, *E. pellita* + sabiá, *E. tereticornis* + sabiá, *E. robusta* + sabiá. Nas parcelas consorciadas, as mudas foram plantadas em linhas alternadas, sendo as linhas pares compostas por eucalipto e as ímpares por sabiá.

Durante o primeiro mês, as mudas foram irrigadas duas vezes por semana, recebendo, em média, 2 L de água por muda. Durante o segundo mês, foram irrigadas uma vez por semana, recebendo a mesma quantidade de água. Para controlar a competição com a vegetação espontânea, foi realizado coroamento de todas as mudas no primeiro ano de plantio.

Aos 24 meses após o plantio, foram determinados os teores de nutrientes, C e a condutividade elétrica do solo, conforme amostragem e metodologia de análise adotadas antes do plantio.

As plantas de sabiá foram avaliadas quanto à sobrevivência, altura e diâmetro ao nível do solo (DAS) aos 12 e 24 meses, sendo a área de copa medida aos 12 meses. A mensuração das características biométricas foi realizada nas linhas ímpares, totalizando 18 plantas por parcela.

Aos 12 e 24 meses, foram realizadas podas das plantas de sabiá e o material proveniente desta poda foi espalhado entre as linhas de plantio no interior da parcela. A poda foi conduzida no sentido de preservar todas as hastes retilíneas, permanecendo de 1 a 3 hastes por planta, das quais foram retirados todos os galhos. Para quantificação da biomassa seca do material podado foram utilizadas duas plantas por parcela, selecionadas aleatoriamente. O material foi dividido em folhas e galhos e, posteriormente, foi determinada a biomassa fresca. Uma amostra de peso conhecido deste material foi colocada em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura constante de 65° C, por 72 horas, e pesada para determinação da biomassa seca incorporada ao sistema. Posteriormente, este material foi analisado para a determinação dos teores de N (Nessler), P (colorimetria), K (fotometria de chama), S (turbidometria), C (digestão com dicromato de potássio), Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn (espectrofotometria de absorção atômica), segundo JONES JÚNIOR *et al.* (1991) e MALAVOLTA *et al.* (1997). É importante ressaltar que a análise nutricional nos tecidos provenientes da poda foi realizada apenas para o material coletado aos 12 meses.

Aos 24 meses de idade, foram avaliados a área superficial e o comprimento de raízes finas (≤ 2 mm) das plantas de sabiá. As coletas foram realizadas com o auxílio de um trado ($\phi = 2,5$ cm), na profundidade de 0 a 10 cm. Em cada repetição foram tomadas duas amostras, retiradas a 20 cm de distância do tronco das plantas de altura média, na linha de plantio do eucalipto. As amostras foram acondicionadas em sacolas plásticas e armazenadas em “freezer”. As raízes foram separadas do solo por coleta manual a seco, e colocadas, aleatoriamente, entre duas placas de vidro de 2 mm de espessura, 21 cm de largura e 30 cm de comprimento. Em seguida, obteve-se a imagem por meio de “scanner” que foi processada utilizando o programa QuantRoot, desenvolvido pelo Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, para a determinação de comprimento, área superficial e diâmetro de raízes.

Para analisar o efeito dos tratamentos sobre os teores de C, pH, Al, H + Al, Na, condutividade elétrica no extrato de saturação 1:1, Na, P, K, Ca e Mg no solo da cava, foi utilizado o teste t para dados emparelhados (SNEDECOR e COCHRAN, 1989) considerando os resultados da análise do solo antes e depois do plantio.

Foram ajustados modelos para estimar a massa seca de folhas, galhos e a massa seca total, proveniente da poda, em função do diâmetro a altura do solo (DAS), altura (H) e área de copa (AC). Os modelos testados foram: $MS = \beta_0 + \beta_1 DAS + e_i$; $MS = \beta_0 + \beta_1 AC + e_i$; $MS = \beta_0 + \beta_1 DAS + \beta_2 H + \beta_3 AC + e_i$; $MS = \beta_0 + \beta_1 DAS + \beta_2 H + e_i$; $MS = \beta_0 + \beta_1 DAS + \beta_2 AC + e_i$; $MS = \beta_0 + \beta_1 DAS * H + e_i$; $MS = \beta_0 + \beta_1 AC + \beta_2 DAS * H + e_i$; $MS = \beta_0 * DAS^{\beta_1} + e_i$; $MS = \beta_0 * AC^{\beta_1} + e_i$. Onde, MS = massa seca (folhas, galhos ou total), β_i = parâmetros estimados, DAS = diâmetro ao nível do solo (mm), H = altura (cm), AC = área de copa m^2 e e_i = resíduo.

Para seleção das equações obtidas, utilizou-se distribuição gráfica dos resíduos padronizados, teste t para os parâmetros estimados (modelos com duas ou mais variáveis), desvio padrão e coeficiente de determinação (R^2).

Selecionado o melhor modelo, estimou-se a biomassa seca por área (folhas, galhos e total) dos tratamentos com a presença de sabiá, obtendo-se a biomassa seca por planta e, posteriormente, a biomassa seca por parcela ($= \sum MS$), extrapolando para hectare. Com os dados de biomassa seca de folhas e galhos, estimou-se o aporte de C, Na e nutrientes por unidade de área (hectare).

Para analisar a sobrevivência, DAS, altura, área de copa, comprimento e área de raízes finas, biomassa seca de folha ($t\ ha^{-1}$), biomassa seca de galho ($t\ ha^{-1}$), biomassa seca total ($t\ ha^{-1}$) e quantidade de C, Na e nutrientes fornecidos pela poda do sabiá, realizou-se análise de variância para delineamento em blocos casualizados. Considerou-se, para este fim, os cinco tratamentos com a presença de sabiá (sabiá puro, *E. camaldulensis*+sabiá, *E. pellita*+sabiá, *E. tereticornis*+sabiá e *E. robusta*+sabiá) e, posteriormente, aplicou-se o teste Tukey ($\alpha = 0,05$). Antes da análise de variância, os dados foram analisados quanto à homocedasticidade, pelo teste de Cochran (SNEDECOR e COCHRAN, 1989); e distribuição normal dos resíduos, por testes de Lilliefors (CAMPOS, 1979).

O intervalo de confiança foi calculado para a biomassa seca, quantidade de C, nutrientes e Na, fornecidos pelo material proveniente da poda.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Alterações no solo da cava de extração de argila

As espécies testadas proporcionaram alterações em algumas das características edáficas avaliadas, conforme os resultados do teste t para dados emparelhados, comparando o solo antes e depois do plantio. Estão apresentados, na TABELA 4, apenas os resultados das alterações significativas. Os tratamentos onde não se constataram diferenças significativas estão sinalizando que as características avaliadas não sofreram alterações, após 24 meses de plantio, estando com valores equivalentes aos encontrados antes da implantação do experimento (TABELA 1).

TABELA 4: Resultados do teste t para dados emparelhados, comparando características químicas do solo da cava de extração de argila, antes e 24 meses após o plantio.

Tratamento	Profundidade	Característica	Antes	Depois	t cal
sabiá	0-20 cm	C %	1,6	2,0	3,9
<i>E. camaldulensis</i> + sabiá	0-20 cm	C %	1,8	2,1	3,5
<i>E. robusta</i> + sabiá	20-40 cm	C %	1,0	1,4	3,2
sabiá	0-20 cm	H + Al cmolc dm ⁻⁸	2,7	3,6	4,1
<i>E. camaldulensis</i>	0-20 cm	H + Al cmolc dm ⁻³	2,0	3,1	3,3
sabiá	20-40 cm	H + Al cmolc dm ⁻⁹	1,6	3,2	7,5
<i>E. pellita</i>	20-40 cm	H + Al cmolc dm ⁻⁴	1,9	3,3	3,7
<i>E. tereticornis</i> + sabiá	20-40 cm	H + Al cmolc dm ⁻⁵	0,6	2,4	5,0
<i>E. robusta</i> + sabiá	20-40 cm	H + Al cmolc dm ⁻⁶	1,0	3,1	3,4
<i>E. robusta</i>	20-40 cm	H + Al cmolc dm ⁻⁷	1,7	2,8	6,0
<i>E. tereticornis</i>	0-20 cm	dS.m ⁻¹ (extrato 1:1)	7,3	3,6	3,6
<i>E. robusta</i> + sabiá	0-20 cm	dS.m ⁻¹ (extrato 1:1)	6,6	3,1	3,8
sabiá	0-20 cm	pH	6,0	6,5	5,1
<i>E. camaldulensis</i>	0-20 cm	pH	5,9	6,4	3,7
<i>E. tereticornis</i>	0-20 cm	pH	6,0	6,5	7,0
<i>E. tereticornis</i> + sabiá	0-20 cm	pH	6,1	6,7	3,5
<i>E. robusta</i> + sabiá	0-20 cm	pH	6,1	6,8	6,3
<i>E. tereticornis</i>	20-40 cm	pH	6,0	6,6	3,8
<i>E. tereticornis</i> + sabiá	20-40 cm	pH	6,2	7,0	3,8
<i>E. tereticornis</i>	0-20 cm	Na cmolc dm ⁻³	1,8	1,2	3,8
sabiá	0-20 cm	Na cmolc dm ⁻³	2,3	1,2	3,3
sabiá	0-20 cm	K cmolc dm ⁻³	0,13	0,06	4,7
<i>E. camaldulensis</i>	0-20 cm	K cmolc dm ⁻³	0,13	0,05	5,3
<i>E. pellita</i>	0-20 cm	K cmolc dm ⁻³	0,16	0,06	5,6
<i>E. tereticornis</i>	0-20 cm	K cmolc dm ⁻³	0,13	0,06	10,6
<i>E. robusta</i>	0-20 cm	K cmolc dm ⁻³	0,16	0,05	6,8
<i>E. camaldulensis</i> + sabiá	0-20 cm	K cmolc dm ⁻³	0,11	0,05	3,6
<i>E. pellita</i> + sabiá	0-20 cm	K cmolc dm ⁻³	0,15	0,08	3,7
<i>E. tereticornis</i> + sabiá	0-20 cm	K cmolc dm ⁻³	0,13	0,05	3,3
<i>E. robusta</i> + sabiá	0-20 cm	K cmolc dm ⁻³	0,13	0,04	6,5
sabiá	20-40 cm	K cmolc dm ⁻³	0,08	0,04	6,4
<i>E. camaldulensis</i>	20-40 cm	K cmolc dm ⁻³	0,10	0,04	4,0
<i>E. pellita</i>	20-40 cm	K cmolc dm ⁻³	0,11	0,04	3,3
<i>E. tereticornis</i>	20-40 cm	K cmolc dm ⁻³	0,08	0,04	3,2
<i>E. robusta</i>	20-40 cm	K cmolc dm ⁻³	0,08	0,03	8,6
<i>E. camaldulensis</i> + Sabiá	20-40 cm	K cmolc dm ⁻³	0,09	0,04	3,7
<i>E. tereticornis</i> + Sabiá	20-40 cm	K cmolc dm ⁻³	0,08	0,03	5,3
<i>E. robusta</i> + Sabiá	20-40 cm	K cmolc dm ⁻³	0,09	0,04	4,1
<i>E. pellita</i> + Sabiá	20-40 cm	Mg cmolc dm ⁻³	4,60	4,20	3,2
<i>E. pellita</i> + Sabiá	0-20 cm	CTC efetiva cmolc dm ⁻³	15,29	13,98	3,7

Obs: valor de t tabelado à 95% de confiança igual a 3,2.

Constatou-se, neste estudo, que o C do solo aumentou, no plantio consorciado do *E. camaldulensis*+sabiá (profundidade 0-20) e *E. robusta* + sabiá

(profundidade 20-40) e, no plantio puro de sabiá (profundidade 0-20), conforme pode-se observar na tabela 4. Estes resultados evidenciam que o plantio de sabiá sob podas freqüentes contribui para aumentar o estoque de matéria orgânica do solo, favorecendo a sua reabilitação.

É importante ressaltar que, quando o sabiá foi consorciado com *E. pellita* ou com *E. tereticornis*, não foram verificadas alterações significativas na quantidade de C do solo (dados não apresentados), levando a supor que a serrapilheira, formada por estas combinações de espécies, apresentou maior taxa de decomposição, em relação às combinações de *E. camaldulensis* e *E. robusta* com o sabiá. Uma serrapilheira de mais fácil decomposição resulta em menor acúmulo de C no solo, considerando uma mesma granulometria, quando comparada à outra, mais resistente a agentes decompositores (GAMA RODRIGUES et al., 1999). Entretanto, destaca-se, neste estudo, que tanto nos plantios puros como nos consorciados, não houve redução do teor de C inicial, após 24 meses, sendo garantida a manutenção da reserva de carbono do solo.

O aumento do C no solo na camada de 20 a 40 cm de profundidade, proporcionado pelo consórcio entre *E. robusta* e sabiá, pode, também, ter sido favorecido pela dinâmica do sistema radicular do *E. robusta*. Os resultados apresentados por MENDONÇA (2006), no sistema consorciado, mostraram que esta espécie apresentou maior área e comprimento de raízes finas. MAFRA et al. (1998) também observaram aumento da reserva de C do solo, em resposta ao cultivo em aléias, após nove anos de implantação, tendo como espécie adubadeira a *Leucaena leucocephala*, sendo estes resultados compatíveis aos encontrados no presente estudo.

Diferentemente do procedimento adotado neste estudo, no qual se comparou os resultados de amostras de solo, retiradas em uma mesma área, só que em tempos diferentes, antes e depois do plantio, nos trabalhos sobre alterações das características do solo em função de cultivos florestais, normalmente, são tomadas como referências amostras de solo de áreas com vegetação nativa preservada ou de locais próximos à área em estudo. SANTIAGO (2005) também utilizou procedimento metodológico semelhante ao adotado no presente estudo, para investigar alterações nas características do solo, proporcionadas por plantios puros e consorciados de eucalipto com sesbânia, em cavas de extração de argila.

Contrariando os resultados encontrados neste estudo, MISHRA et al. (2003) constataram que o plantio puro de *E. tereticornis* proporcionou aumento no teor de C na profundidade de 10 cm, aos três anos de idade, em um solo sódico na Índia, tendo como referência o solo de uma área improdutivo. ZINN et al. (2002) observaram que o solo, em um povoamento de *E. camaldulensis*, localizado no norte de Minas Gerais, apresentou redução no teor de C na profundidade de 5 cm, quando comparado a uma área de cerrado nativo.

Diferentemente do esperado, na profundidade de 0-20 cm, constatou-se aumento do pH nos plantios de *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. tereticornis*+sabiá e *E. robusta*+sabiá e de 20-40 cm para *E. tereticornis*, *E. tereticornis*+sabiá e sabiá puro (TABELA 4). SANTIAGO (2005) também observou aumento de pH, após um ano de plantio, em resposta ao plantio de sesbânia + *E. robusta* e sesbânia + *E. tereticornis* em solo de cava de extração de argila na região de Campos dos Goytacazes (RJ). O aumento de pH pode ter sido favorecido por ânions orgânicos presentes na serrapilheira dos plantios. NOBLE et al. (1996) incubaram um solo por oito semanas utilizando serrapilheira de 16 espécies florestais e observaram aumento de pH. Contudo, MISHRA et al. (2003) observaram decréscimo de pH em plantio puro de *E. tereticornis*, aos três, seis e nove anos.

A acidez potencial (H + Al) aumentou nos plantios puros de *E. camaldulensis* (0-20cm), Sabiá (0-20) e *E. robusta* (20-40) e nos plantios consorciados *E. tereticornis* + sabiá (20-40 cm) e *E. robusta* + Sabiá (20-40 cm), conforme apresentado na TABELA 4. Em pH acima de 6, condição observada na maioria das parcelas deste experimento, existe acidez ativa e acidez não trocável, mas não ocorre acidez trocável, uma vez que todo o alumínio já foi precipitado na forma de $Al(OH)_3$, não havendo efeito negativo sobre as plantas. O teor de Al^{+3} foi nulo antes e depois do plantio, confirmando a ausência de acidez trocável. O contínuo aumento da acidez potencial na faixa de pH entre 6 e 7 traz como benefício o aumento da CTC do solo e da atividade de microorganismos (VALE et al., 1994). ALVARENGA e DAVIDE (1999) constataram aumento da acidez potencial numa área de reforma de *E. camaldulensis*, atribuindo este efeito ao processo de decomposição dos resíduos vegetais resultante do plantio anterior.

A condutividade elétrica do solo foi reduzida na profundidade de 0-20 cm, no plantio de *E. tereticornis* puro e de *E. robusta*+sabiá e o teor de Na nos

plantios puros de *E. tereticornis* e de sabiá (TABELA 4). Resultado semelhante foi observado por MISHRA et al. (2003) para o *E. tereticornis*. Segundo estes autores a redução da condutividade elétrica e do Na no solo deve-se a maior lixiviação de sais devido à melhoria da estrutura do solo proporcionado pelas raízes. Outra provável explicação é o acúmulo de Na pelas plantas, principalmente em plantios de *E. tereticornis*, considerando que esta espécie apresenta indícios de utilizar estratégias de inclusão para tolerar salinidade (MENDONÇA, 2006). Para áreas com problemas relativos à salinidade, plantios que promovam a redução da condutividade elétrica e teor de Na no solo são desejáveis.

No solo, o K teve seu valor reduzido com o plantio de todas as espécies em estudo, nos dois sistemas de plantio e nas duas profundidades, com exceção do *E. pellita* + sabiá na profundidade de 20-40cm (TABELA 4). A redução do K pode estar relacionada à retenção deste nutriente na biomassa da planta e/ou à lixiviação, considerando que o K é facilmente lixiviado (TOKY e RAMAKRISHNAN, 1982), e pela adsorção em complexos orgânico-metálicos. TOKY e SINGH (1995), avaliando a dinâmica de nutrientes em plantios de *E. tereticornis*, *Leucaena leucocephala* e *Acacia nilótica*, observaram que a retenção de K na biomassa das plantas foi alta e que o retorno deste nutriente pela serrapilheira, foi baixo. MELLO et al. (1995) demonstraram a existência de alta correlação entre os teores de K extraídos do solo pelos ácidos orgânicos de baixo peso molecular e pelo ácido nítrico, com a absorção deste nutriente pelas plantas de eucalipto. Os ácidos orgânicos são comumente exsudados pelas raízes das plantas, permanecendo em alta concentração na rizosfera (SONG e HUANG, 1988). Estes ácidos apresentam alta capacidade de interagir com metais, formando complexos orgânico-metálicos na solução do solo, reduzindo a concentração dos nutrientes e induzindo suas liberações pelos minerais do solo (MELO et al., 2005).

SANTIAGO (2005), trabalhando com plantios puros de *E. camaldulensis*, *E. pellita*, *E. robusta* e *E. tereticornis* e os consórcios de cada uma destas espécies com sesbânia, encontrou, aos 12 meses de idade, resultados diferentes aos deste presente trabalho, sendo observado que o teor de K do solo não foi significativamente alterado. MISHRA et al. (2003) verificaram aumento no teor de K em solo sob plantio de *E. tereticornis*, entretanto este aumento foi observado

apenas nas camadas mais profundas, 60 e 150 cm de profundidade, indicando a tendência de lixiviação deste nutriente.

O teor de Mg no solo foi reduzido apenas no plantio misto de *E. pellita*+sabiá, na profundidade de 20-40 cm (TABELA 4). Resultado semelhante foi encontrado por SANTIAGO (2005), que constatou redução deste elemento no plantio consorciado de *E. pellita*+sesbânia.

A capacidade de trocas de cátions efetiva (CTC efetiva) foi reduzida apenas no plantio consorciado de *E. pellita* + sabiá, na profundidade de 0-20 cm (TABELA 4), enquanto que nos demais tratamentos não foram verificadas alterações significativas para esta característica. Diferentemente dos resultados encontrados neste estudo, SANTIAGO (2005), em plantios puros de eucalipto e consorciados com sesbânia e PARROTA (1999), em experimento com plantios puros e consorciados de *E. robusta*, *Casuarina equisetifolia* e *Leucena leucocephala*, observaram, na maioria dos tratamentos testados, redução da CTC efetiva.

Avaliação da sobrevivência, características dendrométricas e de raízes finas de plantas de sabiá

A sobrevivência, aos 12 e 24 meses, foi equivalente, não sendo afetada pelos tratamentos testados. Aos 12 meses, o sistema de plantio não influenciou o diâmetro a altura do solo (DAS) e a altura do sabiá, enquanto que a área de copa (AC) média por planta foi maior no plantio puro, diferindo apenas, no plantio consorciado com *E. pellita*. Aos 24 meses, o DAS e a altura das plantas de sabiá foi superior no plantio puro, mas diferiu apenas do plantio consorciado com *E. pellita* (TABELA 5).

TABELA 5: Valores médios de sobrevivência e características dendrométricas de plantas de sabiá, aos 12 e 24 meses após o plantio.

Tratamentos	% Sobrevivência	12 meses			24 meses	
		DAS mm	Altura cm	AC m ²	DAS mm	Altura cm
Sabiá	98,6 a	40,8 a	232,1 a	5,9 a	69,5 a	436,6 a
<i>E. camaldulensis</i> +sabiá	97,2 a	40,8 a	214,7 a	5,1 ab	66,0 ab	388,7 ab
<i>E. pellita</i> +sabiá	100,0 a	38,4 a	208,5 a	3,8 b	57,7 b	366,3 b
<i>E. tereticornis</i> +sabiá	95,8 a	37,7 a	204,0 a	4,5 ab	61,1 ab	388,5 ab
<i>E. robusta</i> +sabiá	97,2 a	35,5 a	202,1 a	4,5 ab	62,1 ab	385,4 ab
Média Geral	97,8	38,6	212,3	4,8	63,3	393,1
CV%	3,6	8,3	6,6	17,1	6,72	8,97

Médias na coluna (n = 4) seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). CV% = coeficiente de variação, DAS = diâmetro a altura do solo, AC = área de copa.

Segundo PAULINO et al. (2002), o plantio de sabiá apresentou alta sobrevivência e crescimento em pastagem degradada, apresentando, aos 24 meses, 87% de sobrevivência e 3,26 m de altura, resultados inferiores aos constatados neste estudo.

O sistema de plantio não afetou a produção de raízes finas do sabiá, aos 24 meses de idade (TABELA 6).

TABELA 6: Área e comprimento de raízes finas do sabiá aos 24 meses após o plantio.

Tratamento	Área cm ² .dm ³	Comprimento cm.dm ³
Sabiá	33,1 a	1289,9 a
<i>E. camaldulensis</i> +sabiá	33,1 a	1063,4 a
<i>E. pellita</i> +sabiá	50,2 a	1510,8 a
<i>E. tereticornis</i> +sabiá	28,6 a	851,5 a
<i>E. robusta</i> +sabiá	32,9 a	1049,6 a
Média Geral	35,6	1153,0
Cv%	30,6	33,8

Médias na coluna (n = 4) seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). CV% = coeficiente de variação.

**Biomassa e quantidade de nutrientes fornecidos pela poda das plantas de
sabiá**

As equações para estimação da biomassa seca de folhas, galhos e do total, do material proveniente da poda do sabiá, para 12 e 24 meses, estão apresentadas na tabela 7.

TABELA 7: Equações para estimação de biomassa seca de folha, galho e total, aos 12 e 24 meses.

12 meses			
Parte da planta	Equação	R ²	CV%
Folha	$MS = -0,021+0,091AC+0,0000209DAS*H + e_i$	78,2	21,45
Galho	$MS = 0,0949AC^{1,2012} + e_i$	57,1	57,4
Total	$MS = -0,46+0,012DAS+0,26AC + e_i$	83,8	22,1
24 meses			
Parte da planta	Equação	R ²	CV%
Folha	$MS = 0,4508+0,00005DAS*H + e_i$	42,7	24,3
Galho	$MS = 1,23+0,037DAS+0,0037H + e_i$	63,4	24,1
Total	$MS = 0,0355DAS^{1,1558} + e_i$	57,9	20,5

Onde: MS = massa seca, DAS = diâmetro ao nível do solo (mm), H = altura (cm), AC = área de copa m² e e_i = resíduo.

As equações ajustadas para estimação da biomassa resultante da poda do sabiá têm aplicação prática no manejo da fertilidade do solo, considerando que o sabiá desempenha a função de adubo verde. Estas equações podem ser utilizadas para estimação da biomassa seca a ser fornecida pelo sabiá em sítios semelhantes ao deste estudo, nas idades de 12 e 24 meses. Conhecendo a biomassa seca e a concentração de nutrientes nos tecidos do material podado, estima-se a quantidade de nutrientes fornecida pela poda.

Aos 12 e 24 meses, a biomassa média por planta de folhas, galhos e total proveniente da poda do sabiá foi maior no plantio puro de sabiá e menor no plantio consorciado de *E. pellita*+sabiá (TABELA 8). Assim, quando consorciado com *E. pellita* o sabiá produz menor biomassa na parte aérea, em relação ao plantio puro.

TABELA 8: Biomassa média (kg) por planta do material proveniente da poda de sabiá.

Tratamento	12 meses			24 meses		
	Folha	Galho	Total	Folha	Galho	Total
Sabiá	0,72 a	0,83 a	1,56 a	1,86 a	2,92 a	4,80 a
<i>E. camaldulensis</i> +sabiá	0,64 ab	0,69 ab	1,37 ab	1,64 ab	2,62 ab	4,53 ab
<i>E. pellita</i> +sabiá	0,50 b	0,48 b	0,99 b	1,44 b	2,23 b	3,89 b
<i>E. tereticornis</i> +sabiá	0,55 ab	0,59 ab	1,16 ab	1,55 b	2,43 ab	4,14 ab
<i>E. robusta</i> +sabiá	0,55 ab	0,60 ab	1,15 ab	1,56 ab	2,46 ab	4,22 ab
CV%	13,89	21,63	18,67	9,10	10,14	7,63

Médias na coluna (n = 4) seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). CV% = coeficiente de variação

A produção de biomassa seca por hectare das folhas, galhos e total, aos 12 e 24 meses, conforme a expectativa, foi maior para o plantio puro, certamente devido ao maior número de plantas de sabiá neste tratamento. Ressalta-se que, entre os tratamentos consorciados, não foram detectadas diferenças para estas variáveis. Comportamento semelhante foi observado para a quantidade de nutrientes, C e Na fornecidos pelo material da poda aos 12 meses, exceto para o S nas folhas e Mn no galho que não diferiu entre o plantio puro e consorciado. Foram obtidos intervalos de confiança ($\alpha = 0,05$) para as quantidades de biomassa seca de folha e de galhos, nutrientes, C e de Na fornecidas pela poda de plantas de sabiá nos plantios puro e consorciados, sem discriminar as espécies de eucalipto (TABELAS 9, 10 e 11).

TABELA 9: Conteúdo de C e biomassa seca proveniente da poda de plantas de sabiá para folha, galho e total aos 12 e 24 meses, para plantios puros e consorciados com eucalipto.

Parâmetros	12 meses									24 meses						
	Massa seca t ha ⁻¹						C t ha ⁻¹			Massa seca t ha ⁻¹						
	Sabiá			Sabiá + eucalipto			Sabiá Puro		Sabiá+eucalipto	Sabiá puro			Sabiá+eucalipto			
	F	G	T	F	G	T	F	G	F	G	F	G	T	F	G	T
Média	1,7	1,9	3,6	0,63	0,67	1,3	0,82	0,8	0,30	0,29	4,4	6,9	11,3	1,81	2,9	4,9
S	0,4	0,6	0,9	0,17	0,21	0,4	0,17	0,2	0,08	0,10	0,2	0,4	0,8	0,20	0,4	0,6
EPM	0,2	0,3	0,5	0,04	0,05	0,1	0,08	0,1	0,02	0,02	0,1	0,2	0,4	0,05	0,1	0,1
Cv%	22,0	29,3	26,0	27,4	32,1	31,7	20,3	28,3	27,9	33,4	5,6	5,6	6,9	11,3	13,0	11,3
LI	1,1	1,0	2,1	0,54	0,55	1,1	0,55	0,5	0,26	0,24	4,0	6,3	10,1	1,70	2,7	4,6
LS	2,3	2,8	5,1	0,72	0,78	1,5	1,08	1,2	0,35	0,34	4,8	7,5	12,6	1,92	3,0	5,2

S = desvio padrão, EPM = erro padrão da média, cv% = coeficiente de variação, LI = limite inferior do intervalo de confiança, LS = limite superior do intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$), F = biomassa seca de folha, G = biomassa seca de galho, T = biomassa seca total.

TABELA 10: Macronutrientes (kg ha⁻¹) fornecidos pela biomassa seca da poda de plantas de sabiá em plantios puros e consorciados com eucalipto, aos 12 meses.

Folha														
Parâmetros	Sabiá Puro						Sabiá + Eucalipto							
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	N	P	K	Ca	Mg	S	Na
Média	37,1	2,7	11,3	26,4	4,9	46,9	0,4	13,3	1,0	3,9	8,3	1,8	50,5	0,1
S	8,8	0,4	2,7	11,7	1,1	13,7	0,1	3,6	0,3	1,2	2,9	0,8	18,0	0,1
EPM	4,4	0,2	1,3	5,9	0,5	6,8	0,04	0,9	0,1	0,3	0,7	0,2	4,5	0,0
Cv%	23,7	16,7	23,6	44,4	22,3	29,2	22,2	26,8	29,8	29,9	35,4	42,7	35,6	41,6
LI	23,1	2,0	7,1	7,7	3,1	25,1	0,2	11,4	0,8	3,3	6,7	1,4	40,9	0,1
LS	51,1	3,4	15,6	45,0	6,6	68,6	0,5	15,2	1,1	4,5	9,8	2,2	60,1	0,2

Galho														
Parâmetros	Sabiá Puro						Sabiá + Eucalipto							
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	N	P	K	Ca	Mg	S	Na
Média	9,9	1,9	17,3	12,2	1,9	4,1	1,01	3,3	0,7	2,8	12,2	0,5	0,8	0,2
S	2,9	0,7	11,9	4,3	0,9	3,0	0,62	0,9	0,3	0,9	4,3	0,1	0,3	0,1
EPM	1,5	0,3	6,0	2,1	0,5	1,5	0,31	0,2	0,1	0,2	2,1	0,04	0,1	0,03
Cv%	29,4	33,6	68,7	35,1	50,7	72,0	61,41	28,6	45,3	33,5	35,1	27,4	34,7	49,0
LI	5,3	0,9	-1,6	5,4	0,4	-0,6	0,02	2,8	0,5	2,3	5,4	0,5	0,7	0,2
LS	14,5	3,0	36,3	19,0	3,3	8,8	2,00	3,8	0,9	3,2	19,0	0,6	1,0	0,3

S = desvio padrão, EPM = Erro padrão da média, cv% = coeficiente de variação, LI = limite inferior do intervalo de confiança, LS = limite superior do intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$).

TABELA 11: Micronutrientes (g ha⁻¹) fornecidos pela biomassa seca da poda de plantas de sabiá em plantios puros e consorciados com eucalipto, aos 12 meses.

Folha									
Parâmetros	Sabiá Puro				Sabiá + Eucalipto				
	Cu	Zn	Mn	Fe	Cu	Zn	Mn	Fe	
média	10,3	25,6	62,4	342,9	3,9	9,7	26,8	144,4	
S	3,9	5,2	22,5	97,8	1,5	3,2	18,3	75,6	
EPM	2,0	2,6	11,2	48,9	0,4	0,8	4,6	18,9	
cv%	37,9	20,2	36,0	28,5	39,5	32,9	68,3	52,4	
LI	4,1	17,4	26,7	187,4	3,1	8,0	17,1	104,1	
LS	16,6	33,8	98,2	498,5	4,7	11,4	36,6	184,7	

Galho									
Parâmetros	Sabiá Puro				Sabiá + Eucalipto				
	Cu	Zn	Mn	Fe	Cu	Zn	Mn	Fe	
média	10,2	24,8	23,9	161,3	3,5	3,5	5,9	51,9	
S	3,5	20,3	21,3	77,0	1,2	1,5	5,0	21,7	
EPM	1,8	10,1	10,7	38,5	0,3	0,4	1,3	5,4	
cv%	34,3	81,7	89,0	47,7	35,8	42,4	85,5	41,8	
LI	4,6	-7,4	-9,9	38,9	2,8	2,7	3,2	40,3	
LS	15,8	57,0	57,8	283,7	4,1	4,3	8,6	63,5	

S = desvio padrão, EPM = Erro padrão da média, cv% = coeficiente de variação, LI = limite inferior do intervalo de confiança, LS = limite superior do intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$)

O potencial do sabiá como espécie adubadeira é comprovado nos estudos desenvolvidos por ANDRADE et al. (2000) e COSTA et al. (2004). A serrapilheira

produzida pelas plantas de sabiá é rica em nutrientes e apresenta elevada velocidade de decomposição (ANDRADE et al., 2000). Outro aspecto positivo desta espécie é a elevada produção de biomassa, o que está fortemente associado ao aporte de nutrientes pela serrapilheira (COSTA et al., 2004). Entretanto, até o momento, não foram encontrados na literatura, informações sobre a quantidade de biomassa seca e de nutrientes fornecidos por podas freqüentes de sabiá.

É importante ressaltar que a quantidade de biomassa seca e nutrientes fornecidos por resíduos vegetais é influenciada pelas condições locais, idade da planta e época do ano. ANDRADE et al. (2000) encontraram na serrapilheira de sabiá, menores quantidades de N e P em relação ao encontrado por COSTA et al. (2004). SANTIAGO (2005) encontrou concentrações superiores de N, P e K na biomassa seca proveniente da poda de sesbânia aos 22 meses de idade, em relação aos 10 meses (COUTINHO, 2003).

CONCLUSÕES

Em nenhum sistema de plantio o teor de C no solo foi reduzido, e nos plantios de sabiá puro, *E. camaldulensis*+sabiá e *E. robusta*+sabiá este teor foi aumentado.

Em todos os sistemas de plantio testados, houve redução de K no solo da cava de extração de argila.

Plantios puros de *E. tereticornis* e sabiá e consorciado de *E. robusta* + sabiá proporcionaram redução da salinidade do solo de cavas de extração de argila.

O sistema de plantio, *E. pellita*+sabiá, causou redução na CTC efetiva e da disponibilidade de Mg no solo.

Quando consorciado com *E. pellita*, o sabiá produziu menor biomassa na parte aérea em relação ao plantio puro.

REFEREÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um latossolo vermelho escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, n. 4, p. 933-942, 1999.

ANDRADE, A. G, COSTA, G. S., FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serrapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpinifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em plantossolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, n. 4 p. 777-785, 2000.

CAMPOS, H. Estatística Experimental não Paramétrica. 3 ed. ESALQ Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 373 p., 1979.

COSTA, G. S.; FRANCO, A. A.; DAMASCENO, R. N.; FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serrapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 5, p. 919-927, 2004.

COUTINHO, M. P. Crescimento de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. em cavas de extração de argila. Universidade Federal do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes (RJ), 54 p., 2003 (Mestrado em Produção Vegetal).

EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. 2ª ed, Rio de Janeiro-RJ: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 212 p., 1997 (Documentos; 1).

FORRESTER, D.I.; BAUHUS, J.; COWIE, A. L. On the success and failure of mixed species tree plantations: lessons learned from a model system of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. *Forest Ecology and Management*, n. 209, n. 1-2, p. 147-155, 2005.

FORRESTER, D.I.; BAUHUS, J.; KHANNA, P. K. Growth dynamics in a mixed-species plantation of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. *Forest Ecology and Management*, v. 193, n. 1-2, p. 81-95, 2004.

GAMA RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; MENDONÇA, E. S. Alterações edáficas sob plantios puros e misto de espécies florestais nativas do sudeste da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, n. 3, p. 581-592, 1999.

GARAY, I.; KINDEL, A.; CARNEIRO, R.; FRANCO, A. A.; BARROS, E.; ABBADIE, L. Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre as plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 4, p. 705-712, 2003.

GONÇALVES, C. de A, FERNANDES, M. M., ANDRADE, A. M de. Celulose e Carvão vegetal de *Mimosa Caesalpiniaefolia* Benth (Sabiá). *Floresta e Ambiente*, v. 6, n.1, p-51-58, 1999.

JAIYEOBA, I. A. Amelioration of soil fertility by woody perennials in cropping fields: evaluation of three species in the semi-arid zone of Nigeria. *Journal of Arid Environments*, v. 33, n. 4, p. 473-482, 1996.

JONES JÚNIOR., J. B., WOLF, B., MILLS, H. A. *Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide*. Athens (USA): Micro – Macro Publishing,. 213p., 1991.

JÚNIOR LEAL, G.; SILVA, J. A. da. Proposta de manejo florestal sustentado do sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*). *Boletim Técnico*; n. 3, Crato (CE), IBAMA, 15 p., 1999.

KUMAR, B. M; KUMAR, S. S.; FISHER, R. F. Intercropping Teak with *Leucena* increases tree growth and modifies soil characteristics. *Agroforestry Systems*, v. 42, n. 1, p. 81-89, 1998.

MAFRA, A. L., MIKLÓS, A. A. W. de, VOCURCA, H. L., HARKALY, A. H., MENDONZA, E. (1998) Adição de nutrientes ao solo em sistema agroflorestal do tipo “cultivo em aléias” e em cerrado na região de Botucatu, SP. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 54, p. 41-54, 1998.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do Estado Nutricional das Plantas, Princípio e Aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafó, 319p., 1997.

MELO, V. E.; CORRÊA, G. F.; RIBEIRO, A. N.; MASCHIO, P. A. Cinética de liberação de potássio e magnésio pelos minerais da fração argila de solos do Triângulo Mineiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n. 4, p. 533-545, 2005.

MELO, V.F.; BARROS, N.F.; COSTA, L.M.; NOVAIS, R.F.; FONTES, M.P.F. Formas de potássio e de magnésio em solos do Rio Grande do Sul, e sua relação com o conteúdo na planta e com a produção em plantios de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 19, n. 2, p. 165-171, 1995.

MENDONÇA, A. V. R. *Reabilitação de cavas de extração de argila e tolerância de espécies florestais a salinidade*. Universidade Federal do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes (RJ), 2006 (Tese Doutorado em Produção Vegetal).

MISHRA, A.; SHARMA, S. D.; KHAN, G.H. Improvement in physical and chemical properties of sodic soil by 3, 6 and 9 yers old plantations of *Eucalyptus tereticornis*: Biorejuvenation of sodic soil. *Forest Ecology and Management*, v. 184, n. 1-3, p. 115-124, 2003.

NOBLE, A. D.; ZENNECK, I.; RANDALL, P. J. Leaf litter ash alkalinity and neutralization of soil acidity. *Plant Soil*, v. 179, n. 2, p. 293-302, 1996.

PAULINO, G. M.; SANTOS, M. L. dos; FROUDE, L. C. M.; GAMA RODRIGUES, A. C.; FRNACO, A. A.; GAMA RODRIGUES, E. F. Estudo da contribuição de espécies florestais para a recuperação de terras degradadas por pastagem em Conceição de Macabu, RJ. Anais V Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas. Belo Horizonte (MG), SOBRADE, p. 508-509, 2002.

PARROTA, J.A. Productivity, nutrient cycling, and succession in single- and mixed-species plantations of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus robusta*, and *Leucaena leucocephala* in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management*, v. 124, n. 1, p. 45-77, 1999.

RAMOS, I. de S., ALEXANDRE, J., ALVES, M. da G., BARROSO, J. A., TEIXEIRA, L. S., CORREA, F. de P. Dimensionamento da indústria cerâmica em Campos dos Goytacazes, RJ. CD ROM dos Anais do Congresso Brasileiro de Cerâmica, 47, João Pessoa-PB, 2003.

RAMOS, D.P., MANZATTO, C.V. Estudos de solos para ordenamento do uso cerâmico das argilas da Baixada Campista, estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 19p., 2003. Documento 52.

SANTIAGO, A. R. Eucalipto em plantios puros e consorciados com Sesbânia na reabilitação de cavas de extração de argila. Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) Campos dos Goytacazes –RJ, 77 p., 2005 (Mestrado em Produção Vegetal).

SCHIAVO, J. A. Revegetação de áreas degradadas pela extração de argila, com espécies micorrizadas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*. Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) Campos dos Goytacazes –RJ, 117p., 2005 (Tese Doutorado em Produção Vegetal).

SNEDECOR, W., COCHRAN, W. G. *Statistical methods*. 8 ed: Iowa State University Press, 502p, 1989.

SONG, S.K; HUANG, P.M. Dynamics of potassium release from potassium-bearing minerals as influenced by oxalic and citric acids. *Soil Science Society of America Journal*, v. 52, p. 383-390, 1988.

TOKY, O. P.; SINGH, V. Nutrient dynamics in *Leucaena*, *Acacia* and *Eucalyptus*, short rotation, high density (energy) plantations in arid India. *Journal of Arid Environments*, v. 31, n. 4, p. 401-413, 1995.

TOKY, O. P.; RAMAKRISHNAN, P. S. Role of bamboo (*Dendrocalamus hamiltonii* Ness and Arn.) in conservation of potassium during slash and burn agriculture (jhum) in north-eastern India, *Journal of Tree Sciences*, v. 1, p. 17-26, 1982.

VALE, F. R.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. de A. G. Fertilidade do Solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes. Lavras: ESAL/FAEPE, Lavras (MG), 171p., 1994.

VALICHESKI, R. R. Avaliação técnica e econômica da reutilização de áreas de extração de argila em Campos dos Goytacazes-RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) Campos dos Goytacazes –RJ, 132p., 2004 (Mestrado em Produção Vegetal).

VEZZANI, F. M., TEDESCO, M. J., BARROS, N. F. Alterações dos nutrientes no solo e plantas em consórcio de Eucalipto e Acácia negra. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 25, n. 1 , p. 225-231, 2001.

ZINN, Y. L.; RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. da. Soil organic carbon as affected by afforestation with *Eucalyptus* and *Pinus* in Cerrado region of Brazil. Forest Ecology and Management, v.166, n. 1-3, p. 285-294, 2002.

CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE MUDAS DE *Eucalyptus spp.* SOB ESTRESSE SALINO

RESUMO

Estudar o comportamento de mudas de *Eucalyptus* submetidas a estresse salino é crucial para garantir o sucesso dos plantios em áreas afetadas por sais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do aumento da concentração de NaCl sobre características biométricas da parte aérea e sistema radicular de mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. pellita* e *E. robusta*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vasos de capacidade para 11,5 L, contendo areia irrigada com solução nutritiva. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial, com quatro espécies e cinco níveis de salinidade (1,41; 2,50; 4,50; 6,45 e 8,33 dS m⁻¹) com cinco repetições. A concentração de NaCl até a condutividade elétrica de 8,33 dS m⁻¹, não comprometeu o desenvolvimento inicial de mudas de *E. tereticornis*. O crescimento das mudas de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. robusta* foi reduzido em resposta ao aumento do nível de salinidade.

Palavras - chaves: NaCl, *Eucalyptus*, sistema radicular, condutividade elétrica, solução nutritiva.

ABSTRACT- To study the behavior of *Eucalyptus* sp seedlings submitted to salinity stress is crucial to assure the success of plantings in salt affected areas. The objective of this work was to evaluate the effect of increasing NaCl concentrations on biometric characteristics of the stem and root system of the seedlings. The experiment was carried out in a greenhouse using pots containing 11.5 L of sand irrigated with in nutrient solution. The experimental was a completely randomized and factorial design with four species (*Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. pellita* and *E. robusta*) and increasing levels of NaCl (1,41; 2,50; 4,50; 6,45 e 8,33 dS m⁻¹), with five replications. The NaCl concentration up to 8,33 dS m⁻¹ electric conductivity did not promote harm to the initial growth of the *E. tereticornis* seedlings. However seedlings growth of *E. camaldulensis*, *E. pellita* and *E. robusta* showed lower values in response to increasing salinity level.

Key words: NaCl, *Eucalyptus*, root system, electric conductivity, nutrient solution.

INTRODUÇÃO

A salinidade do solo, resultante de processos naturais ou do mau uso da terra, ocorre em, aproximadamente, 10% da superfície terrestre (SZABOLCS, 1994). De acordo com SHANNON et al. (1994), geralmente, concentrações de sal maiores do que 2600 mg L^{-1} , o que corresponde a aproximadamente 4 dS m^{-1} , podem diminuir a produtividade de muitas espécies vegetais. Para CHINNUSAMY et al. (2005) a maioria das culturas agrícolas é glicófita e altamente susceptível à salinidade, mesmo em solos com condutividade elétrica inferior a 4 dS m^{-1} .

Para a utilização de solos com excesso de sais, visando produção agrícola ou florestal, é necessária a aplicação de práticas de correção que podem consistir na lixiviação de sais e/ou na aplicação de corretivos químicos. Tais práticas envolvem alto custo e não resolvem, efetivamente, o problema. Outras alternativas baseiam-se na utilização de espécies tolerantes à salinidade, tanto para reabilitação do solo como para produção (SU et al., 2005; MISHRA et al., 2003; GARG, 1998; SINGH et al., 1998; GARG, 1999). Desta maneira, conhecer como mudas de diferentes espécies potenciais respondem à salinidade nas distintas fases de crescimento é crucial para garantir o sucesso dos plantios em áreas afetadas por sais.

Plantios de espécies do gênero *Eucalyptus* têm sido efetuados em áreas de diferentes condições edáficas, inclusive em locais de elevada salinidade. Estudos comprovam a tolerância do *E. camaldulensis* à salinidade e sua indicação para produção e reabilitação de tal condição (SU et al., 2005; SUN e DICKINSON, 1995a; RAWAT e BANERJEE, 1998; MARCAR, 1993; SUN e DICKINSON, 1993). O *E. tereticornis* também tem sido apontado como tolerante (TOMAR et al., 2003; MARCAR, 1993; SUN e DICKINSON, 1995b) e mostrou-se eficiente em melhorar as condições físicas e químicas de um solo sódico na Índia (MISHRA et al., 2003).

Para o *E. robusta* não se observou um consenso com relação ao seu grau de tolerância ao excesso de sais: SUN e DICKINSON (1993) consideram esta espécie como altamente tolerante, MARCAR (1993) como moderadamente tolerante e GREENWOOD et al. (1994), de baixa tolerância. Para o *Eucalyptus pellita* há pouca informação quanto ao seu grau de tolerância à salinidade, porém SUN e DICKINSON (1993) verificaram que esta espécie mostrou-se moderadamente tolerante à salinidade.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do aumento da concentração de NaCl no desempenho inicial de mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. pellita* e *E. robusta*.

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), cujo clima, pela classificação de Köppen, é tropical chuvoso (AW), com temperatura média mensal variando nos últimos 10 anos, conforme dados fornecidos pela unidade meteorológica, localizada em Campos dos Goytacazes, da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO), entre 21,4 °C e 27,7 °C e com precipitação média anual de 852 mm.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 5, quatro espécies (*E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. pellita* e *E. robusta*) e cinco níveis de condutividade elétrica (1,41; 2,50; 4,50; 6,45 e 8,33 dS.m⁻¹), com cinco repetições constituídas por uma muda.

As mudas foram produzidas por sementes adquiridas no Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF). A semeadura foi feita em tubetes de 50 cm³, preenchidos com substrato comercial Plantimax®, enriquecidos com osmocote 14-14-14 (6 g kg⁻¹). O período de produção, neste recipiente, foi de três meses.

Paralelamente a esta atividade, preparou-se o substrato, constituído por areia de rio, para ser usado no preenchimento de vasos cilíndricos, com capacidade para 11,5 L. Após preenchidos os vasos, a areia foi lavada com 100L de água corrente, fornecida pela empresa de tratamento de água da localidade e, posteriormente, com mais 10 L de água desmineralizada. Em casa de vegetação, esperou-se a completa secagem ao ar, deste substrato, até peso constante. Na seqüência, as mudas foram transplantadas dos tubetes para os vasos. No momento do transplante cada vaso recebeu 1,8 L de solução nutritiva (BOLLES JONES, 1954), quantidade suficiente para atingir, aproximadamente, 60% da capacidade de campo. A cada 15 dias foi realizada aplicação de solução nutritiva. A solução nutritiva utilizada foi composta de NaH₂PO₄ 1M (ml L⁻¹); Ca(NO₃)₂·4H₂O

2M (2ml L⁻¹); KNO₃ 1M (ml L⁻¹); K₂SO₄ 0,5 M (2ml L⁻¹); MgSO₄ 0,5 M (2,5 ml L⁻¹); (NH₄)₂SO₄ 1M (1,5 ml L⁻¹); solução de micronutrientes em ml por litro de solução nutritiva (0,4122 g de H₃BO₃ + 1,98 g de MnCl₂·4H₂O + 0,24968 g de CuSO₄ + 0,0431 g de MoO + 0,28755 g de ZnSO₄·7H₂O, a completar para um litro com água desmineralizada) e solução de Fe-EDTA em ml por litro de solução nutritiva (26,1 g de Fe-EDTA + 89,2 ml de NaOH N + 24,9g de FeSO₄·7H₂O, a completar para um litro com água desmineralizada).

À solução nutritiva foi adicionado NaCl, em diferentes quantidades para obtenção de diferentes níveis de salinidade (TABELA 1). A definição destes níveis teve como base o valor de 4 dS m⁻¹ de condutividade elétrica, pois, segundo SHANNON (1994), valores superiores a este podem reduzir a produtividade da maioria das espécies vegetais.

TABELA 1: Volume de NaCl (2M) necessário para promover os diferentes níveis de salinidade propostos

Grau de salinidade (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

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.

Na ocasião do plantio e aos 75 dias após o transplantio foi mensurado diâmetro do colo (D) e a altura (H). Determinou-se a diferença de altura (H) e diâmetro do colo (D) das mudas nas medições realizadas no dia do transplantio e após 75 dias.

Aos 75 dias após o transplantio, coletaram-se amostras do sistema radicular, por meio de um trado cilíndrico de 2,5 cm de diâmetro e 18 cm de altura, a 2 cm do caule da muda. As amostras foram acondicionadas em sacolas plásticas e armazenadas em “freezer”. As raízes foram separadas do substrato por meio de lavagem e colocadas, aleatoriamente, entre duas placas de vidro de 2 mm de espessura, 21 cm de largura e 30 cm de comprimento. Em seguida, obteve-se imagem pelo “scanner” utilizando o programa QuantRoot, desenvolvido

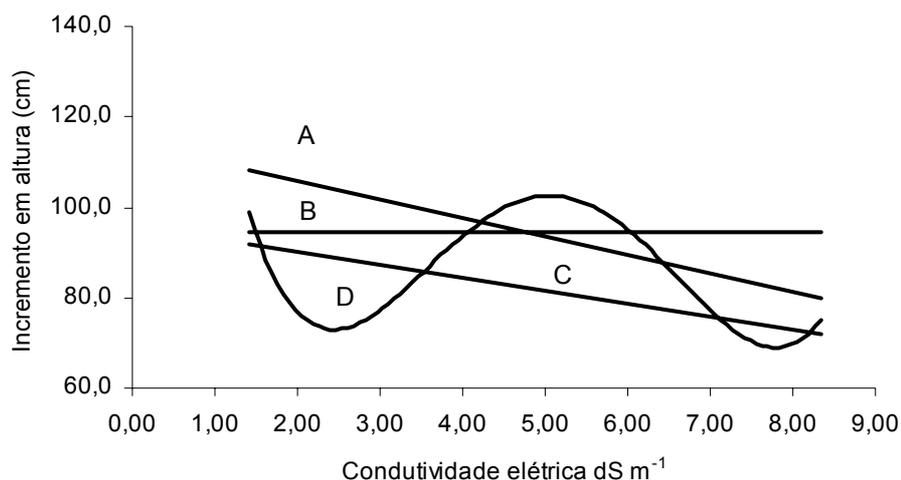
pela Universidade Federal de Viçosa , determinando comprimento, área e diâmetro das raízes.

Na continuidade das operações, as mudas foram separadas em parte aérea e raízes. A parte aérea foi separada em folhas e caules e acondicionadas em sacos de papel. As raízes foram lavadas e classificadas em raiz pivotante + raiz de primeira ordem e raízes a partir da segunda ordem. A massa seca da parte aérea e raiz foi obtida por secagem em estufa a 72⁰C, por 48 horas.

Antes da análise de variância, os dados foram analisados quanto à homocedasticidade, pelo teste de Cochran (SNEDECOR e COCHRAN, 1989) e distribuição normal dos resíduos, por teste de Lilliefors (CAMPOS, 1979). Os dados foram submetidos à análise de variância ($\alpha = 0,05$) e ao teste Tukey ao mesmo nível de probabilidade (tratamentos de natureza qualitativa) e regressão seqüencial (tratamentos de natureza quantitativa). Para verificar a validade dos modelos ajustados, por regressão, foi realizado o teste de Durbin-Watson (CHATTERJU e PRICE, 1977) e observada a distribuição gráfica dos resíduos padronizados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O incremento em diâmetro foi superior para mudas de *Eucalyptus pellita* e *E. robusta*. O incremento em altura foi menor para mudas de *E. pellita*, mas não diferiu do incremento das mudas de *E. robusta*. O aumento da concentração de NaCl não influenciou o crescimento em altura (FIGURA 1) e em diâmetro (FIGURA 2) das mudas de *E. tereticornis*. O crescimento em altura das mudas de *E. camaldulensis* e *E. pellita* apresentou uma relação linear negativa de primeiro grau, em resposta à salinidade, e o das mudas de *E. robusta* apresentou uma relação linear de quarto grau (FIGURA 1). O incremento em diâmetro das mudas apresentou uma relação linear negativa de primeiro grau, em relação ao aumento da condutividade elétrica do substrato (FIGURA 2), exceto para o *E. tereticornis*, que não foi afetado pelos tratamentos.



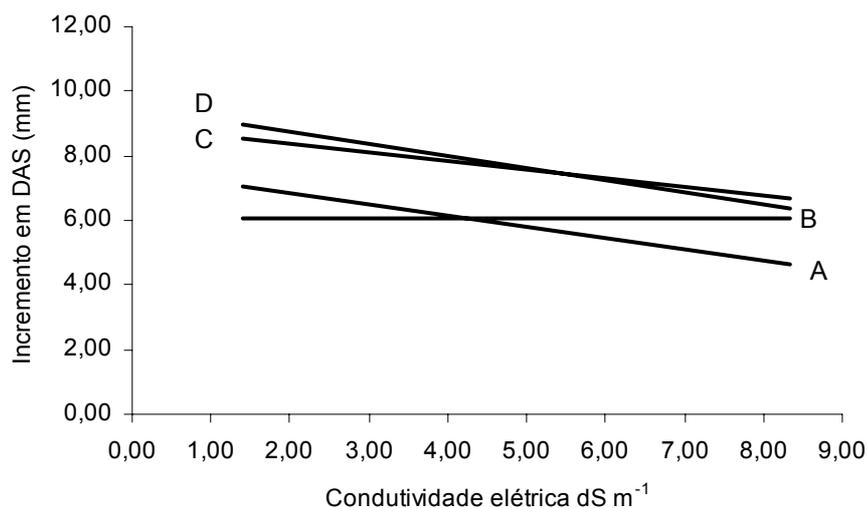
A- *E. camaldulensis* $y = -4,0781x + 113,78$ $r^2 = 84,03$

B- *E. tereticornis* $y = 94,42$

C- *E. pellita* $y = -2,8849x + 95,864$ $r^2 = 78,5$

D- *E. robusta* $y = 0,613x^4 - 12,5x^3 + 86,78x^2 - 235,77x + 291,5$ $R^2 = 100$

FIGURA 1: Incremento em altura das mudas de eucalipto, aos 75 dias após transplante, em função da condutividade elétrica do substrato.



A- *E. camaldulensis*: $y = -0,3504x + 7,5272$ $r^2 = 93,4$

B- *E. tereticornis*: $y = 6,05$

C- *E. pellita*: $y = -0,2687x + 8,944$ $r^2 = 43,2$

D- *E. robusta*: $y = -0,1402x + 6,7628$ $r^2 = 72,3$

FIGURA 2: Incremento em diâmetro do colo (DAS) das mudas das espécies de eucalipto, aos 75 dias após transplante, em função da condutividade elétrica do substrato.

A massa seca de raízes a partir da segunda ordem foi maior para o *E. robusta*, apresentando uma relação linear de segundo grau em resposta à salinidade, com o ponto de mínimo na condutividade elétrica de 6 dS m^{-1} (FIGURA 3). Para as mudas de *E. camaldulensis*, esta característica apresentou uma relação linear simples em resposta à salinidade. O aumento da concentração

de NaCl não afetou o peso de matéria seca de raízes finas do *E. tereticornis* e do *E. pellita* (FIGURA 3).

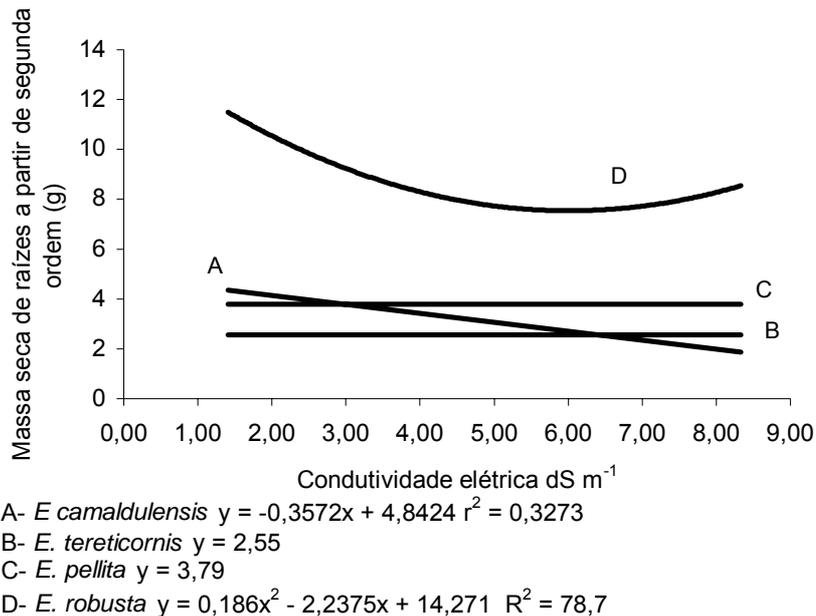


FIGURA 3: Massa seca de raízes a partir da segunda ordem das mudas de eucalipto, aos 75 dias após transplântio, em função da condutividade elétrica do substrato (CV% = 47,9).

A massa seca de raízes finas do *E. robusta*, após reduzida até a condutividade elétrica de 6 dS m⁻¹ aumentou, a partir deste ponto, com o aumento da salinidade (FIGURA 3). De acordo com a suposição de WAISEL e ESHEL (1991), condições de elevada salinidade favorecem a produção de raízes finas. Esta explicação é reforçada ao considerar que, a respeito de estresse salino, há relatos de aumento da concentração de ácido abscísico (JIA et al., 2002; TAIZ e ZEIGER, 1991; MARSCHNER, 1986) e redução na concentração de citocinina (MARSCHNER, 1986), sendo que o ácido abscísico estimula a formação de raízes laterais, enquanto citocinina inibe.

As quatro espécies estudadas não diferiram com relação à massa seca da raiz pivotante+raízes de primeira ordem. Foi detectada uma relação linear simples negativa em resposta ao aumento da condutividade elétrica (FIGURA 4).

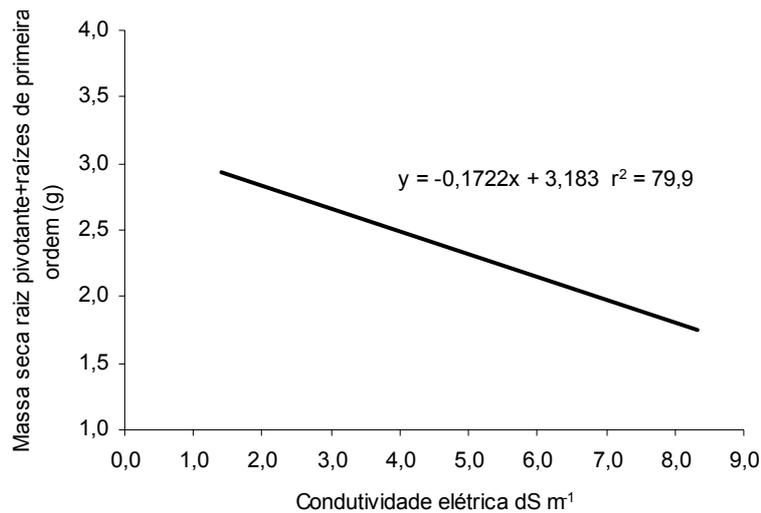
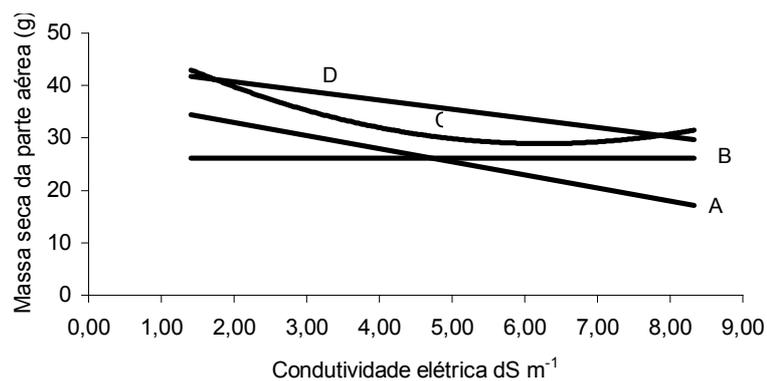


FIGURA 4: Massa seca de raiz pivotante e de primeira ordem de mudas de eucalipto, aos 75 dias após transplântio, em função da condutividade elétrica do substrato (CV% = 32,52).

A massa seca da parte aérea foi superior para mudas de *E. pellita* e *E. robusta*. As mudas de *E. camaldulensis* e *E. robusta* apresentaram redução de massa seca da parte aérea com o aumento da salinidade segundo uma relação linear de primeiro grau. Já as mudas de *E. pellita* apresentaram uma relação linear de segundo grau com ponto de mínimo na condutividade elétrica de 6,3 dSm⁻¹. Para as mudas de *E. tereticornis* esta variável não foi afetada pela salinidade (FIGURA 5).



A- *E. camaldulensis* $y = -2,4983x + 37,932$ $r^2 = 93,2$
 B- *E. tereticornis* $y = 26,10$
 C- *E. pellita* $y = 0,5985x^2 - 7,4892x + 52,357$ $R^2 = 91,6$
 D- *E. robusta* $y = -1,7381x + 44,142$ $r^2 = 94,2$

FIGURA 5: Massa seca da parte aérea (folha + caule) das mudas de eucalipto, aos 75 dias após transplântio, em função da condutividade elétrica do substrato (CV% = 20,2).

Para o *E. pellita*, até a condutividade elétrica de 6,3 dS m⁻¹ o aumento da salinidade reduziu o peso de matéria seca aérea e, a partir deste ponto, esta característica apresentou valores elevados com o aumento da salinidade (FIGURA 5). Uma explicação para esta resposta pode estar no fato de que a área e peso de matéria seca foliar, desta espécie apresentaram maiores valores nos maiores níveis de salinidade, sendo importante ressaltar que estas características foram negativamente correlacionadas à eficiência fotossintética do fotossistema II e valor SPAD (MENDONÇA, 2006).

Há consenso de que a salinidade afeta o crescimento, devido ao estresse osmótico, toxicidade por excesso de íons, principalmente de Na e Cl e desequilíbrio nutricional, segundo FERNANDES et al. (2003), RAMOLIYA e PANDEY (2002), MARSCHNER (1995) e SAUR (1995). Para identificar a contribuição de cada um destes fatores na redução do crescimento, são necessárias pesquisas em diferentes áreas, tais como: anatomia, ultraestrutura, citologia, fisiologia e nutrição mineral de plantas. MENDONÇA (2006), avaliando respostas fisiológicas mediante estresse salino, verificou para *E. pellita*, evidências de redução da eficiência fotossintética, ao detectar redução no valor SPAD nos níveis mais altos de salinidade, característica que representa o teor de clorofila. A redução do crescimento causado pelo estresse salino pode também estar relacionada ao custo energético envolvido na síntese de compostos orgânicos osmoticamente ativos, necessários aos processos de compartimentação e na regulação do transporte de íons.

A maioria das características biométricas do *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* e *E. robusta* foi reduzida em resposta ao aumento da salinidade. Resultados similares aos constatados no presente estudo são relatados para diferentes espécies e níveis de salinidade: *Annona muricata* e *A. squamosa* (PASSOS et al., 2005), *Bactris gasipaes* (FERNANDES et al., 2003), *Sesbania rostrata* (JUNGKLANG et al., 2003), *Salvadora oleoides* (RAMOLIYA e PANDEY, 2002), *E. grandis* (MARCAR et al., 2002), *E. globulus* (MARCAR et al., 2002), *Psidium guajava* (FERREIRA et al., 2001), *Myracrodruon urundeuva*, *M. urundeuva* (MELLONI et al., 2000), *E. microtheca* (MORABITO et al., 1996), *E. pellita* (SUN e DICKINSON, 1993), *E. robusta* (SUN e DICKINSON, 1993).

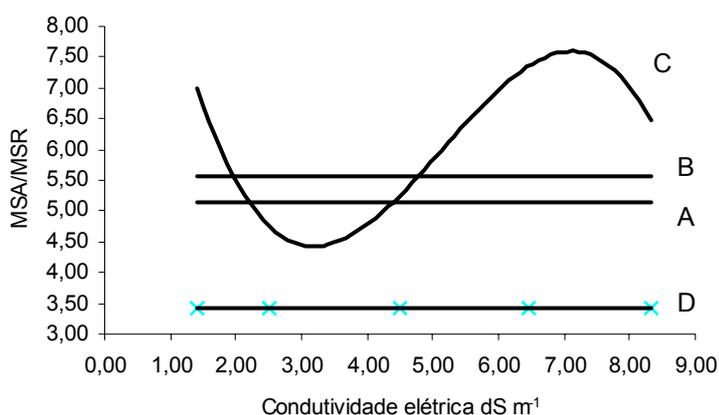
Diferente do encontrado neste estudo para *E. camaldulensis*, MARCAR (1993) não observou efeito significativo do aumento da concentração de NaCl até

150mM ($\approx 15 \text{ dS.m}^{-1}$) sobre as características biométricas. Para esta espécie foi relatado, por RAWAT e BANERJEE (1998), estímulo de crescimento em altura devido ao aumento da concentração de NaCl até 120 mM, equivalente a uma condutividade elétrica de aproximadamente 15 dS m^{-1} . SUN e DICKINSON (1993) também observaram que a biomassa de mudas de *E. camaldulensis* foi superior quando submetidas a salinização de 50 mM de NaCl ($\approx 5 \text{ dS.m}^{-1}$), em relação ao controle, não salinizado.

O aumento da salinidade até a condutividade elétrica de $8,33 \text{ dS m}^{-1}$ não afetou o incremento em altura e diâmetro, a massa seca da parte aérea e de raízes a partir da segunda ordem das mudas de *E. tereticornis*, embora a maioria das espécies vegetais seja sensível a níveis de condutividade elétrica superiores à 4 dS m^{-1} SHANNON (1994). Esta resposta pode estar relacionada ao fator genético, pois, em condições ambientais distintas, o potencial genético das sementes influencia a sobrevivência e o desempenho das mudas no campo SOUTH (2000).

MENDONÇA (2006) observou que *E. tereticornis* aumenta a eficiência quântica do fotossistema II em resposta ao aumento da salinidade. Desta maneira, o aumento da eficiência fotossintética pode ter compensado o custo energético necessário para a superação do estresse salino, permitindo a manutenção do crescimento. Segundo SCHWARZ e GALE (1981), a salinidade aumenta a taxa respiratória, principalmente das raízes, que passam a requerer maior quantidade de carboidrato para manutenção, devido à compartimentação, secreção de íons e reparo a danos celulares. MARCAR (1993) também observou que a massa seca da parte aérea e raiz desta espécie não foi afetada pela salinidade (concentração de NaCl de 150mM), constatando, entretanto, menores valores médios de altura das mudas.

As mudas de *E. robusta* apresentaram menor razão entre massa seca da parte aérea e raiz (MSA/MSR). O aumento do grau de salinidade influenciou a razão PSA/PSR apenas para as mudas de *E. pellita*, segundo uma relação linear de terceiro grau (FIGURA 6).



- A- *E. camaldulensis* : $y = 5,15$
 B- *E. tereticornis* $y = 5,58$
 C- *E. pellita* $y = -0,105x^3 + 1,636x^2 - 7,21x + 14,21$ $R^2 = 94,8$
 D- *E. robusta* $y = 3,43$

FIGURA 6: Razão entre massa seca da parte aérea e raiz (MSA/MSR) de mudas de eucalipto, aos 75 dias após transplântio, em função da condutividade elétrica (CV%=26,66).

A razão entre massa seca da parte aérea e raiz (MSA/MSR) é, freqüentemente, avaliada em estudos de estresse salino. A salinidade causa redução da razão MSA/MSR, o que representa melhor exploração do solo para aquisição de recursos (MELONI et al., 2004; SILVA et al., 2003; RAMOLIYA e PANDEY, 2002; FERREIRA et al., 2001). No presente estudo, apenas a razão MSA/MSR do *E. pellita* respondeu ao aumento da concentração de NaCl (FIGURA 6) e, apesar de reduzida até a condutividade elétrica de 3 dS m⁻¹, entre 3 e 7 dS m⁻¹ houve aumento desta razão, que voltou a reduzir a partir de 7 dS m⁻¹.

O comprimento e área superficial de raízes não foram afetados pelo aumento do grau de salinidade. As mudas de *E. pellita* e de *E. robusta* apresentaram maior comprimento e área superficial de raiz (TABELA 2).

TABELA 2: Comprimento e área de raízes finas ($\leq 2\text{mm}$), aos 75 dias após do transplântio

Espécie	Comprimento raiz cm dm ⁻³	Área de raiz cm ² dm ⁻³
<i>E. camaldulensis</i>	694,7 b	17,6 b
<i>E. tereticornis</i>	694,0 b	17,6 b
<i>E. pellita</i>	1496,3 a	37,1 a
<i>E. robusta</i>	1771,8 a	44,4 a
CV%	46,7	48,6

Médias na coluna (n = 25), seguidas por letras iguais, não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey ($\alpha = 0,05$).

A massa seca não representa bem a atividade do sistema radicular (BÖHM, 1979), uma vez que as raízes finas são mais eficientes na captação de recursos, mas também são mais leves. O comprimento e área de raízes são características mais representativas da atividade radicular, mas neste estudo, não foram responsivas ao aumento da salinidade.

CONCLUSÕES

A concentração de NaCl até a condutividade elétrica de 8,33 dS m⁻¹ não comprometeu o desenvolvimento inicial de mudas de *E. tereticornis*.

O crescimento das mudas de *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *E. robusta* foi reduzido em resposta ao aumento do nível de salinidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, p. 188, 1979.

BOLLES JONES, E.W. Nutrition of *Hevea brasiliensis* I. Experimental methods. **Journal of Rubber Research**, Institute of Malaysia, v.14, p.183, 1954.

CAMPOS, H. **Estatística experimental não paramétrica**. 3 ed. ESALQ Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 373 p., 1979.

CHATTERJU, S.; PRICE, B. **Regression Analysis by Example**. Ed. John Wiley & Sons, New York, 228 p., 1977.

CHINNUSAMY, V.; JAGENDORF, A.; ZHU, JIAN-KANG. Understanding and improving salt tolerance in plants. **Crop Science**, v. 45, p. 437, 2005.

FERREIRA, R. G.; TAVORA, F.J.A.F.; HERNANDEZ, F.F.F. 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.

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; CURI, N.; GUIMARÃES, P. T. G.; PINTO, J. E. B. P. 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.

GARG, V. K. Interaction of tree crop with sodic soil environment: Potential for rehabilitation of degraded environments. **Land Degradation & Development**, v.9, n.1, p. 81-93, 1998.

GARG, V. K. Leguminous trees for rehabilitation of sodic wasteland in northern India. **Restoration Ecology**, v. 7, n.3, p. 281-287, 1999.

GREENWOOD, E. A. N.; BIDDISCOMBE, E. F.; ROGER, A. L. BERESFORD, J. D.; WATSON, G. D. The influence of ground water levels and salinity on a multi specied tree plantation in the 500 mm rainfall region of south western Australia. **Agricultural Water Management**, v-25, n. 2, p. 185-200, 1994.

JIA, W.; WANG, Y.; ZHANG, S.; ZHANG, J. Salt-stress-induced ABA accumulation is more sensitively triggered in roots than in shoots. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 378, p. 2201-2206, 2002.

JUNGKLANG, J.; USUI, K.; MATSUMOTO, H. 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.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, San Diego, ed. 2 , 889p., 1995.

MARCAR, N. E.; CRAWFORD, D. F.; SAUNDERS, A.; MATHESON, A. C.; ARNOLD, R. A. Genetic variation among and within provenances and families of *E. grandis* W. Hill and *E. globulus* Labil, subsp. *globulus* seedlings in response to salinity and waterlogging. **Forest Ecology and Management**, v.162, n. 2-3, p. 231-249, 2002.

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**. Academic Press, San Diego, 689p., 1986.

MELONI, D. A.; GULOTTA, M. R.; MARTÍNEZ, C. A.; OLIVA, M. A. The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.16, n. 1, p. 39-46, 2004.

MELLONI, R.; SILVA, F.A.M.; CARVALHO, J. G. Cálcio, magnésio e potássio como amenizadores dos efeitos da salinidade sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*). **Cerne**, v.6, n.2, p. 35-40, 2000.

MENDONÇA, A. V. R. Reabilitação de cavas de extração de argila e tolerância de espécies florestais à salinidade. Universidade Federal do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes (RJ), 2006 (Tese Doutorado em Produção Vegetal).

MISHRA, A.; SHARMA, S. D.; KHAN, G.H. 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.

MORABITO, D.; JOLIVET, Y.; PRAT, D.; DIZENGREMEL, P. F. Differences in the physiological response of two clones of *Eucalyptus microtheca* selected for their salt tolerance. **Plant Science**, v.114, n.2, p. 129-139, 1996.

PASSOS, V.M.; SANTANA, N. O.; GAMA, F. C.; OLIVEIRA, J. G.; AZEVEDO, R. A. Growth and ion uptake in *Annona muricata* and *A. squamosa* subjected to salt stress. **Biologia Plantarum**, v.49, n.2, p. 285-288, 2005.

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.

SAUR, E.; LAMBROT, C.; LOUSTAU, D.; ROTIVAL, N.; TRICHET, P. Growth and uptake of mineral elements in response to sodium chloride of three provenances of maritime pine. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, n.2, p. 243-256, 1995.

SCHWARZ, M.; GALE, J. Maintenance respiration and balance of plants at low levels of sodium chloride salinity. **Journal of Experimental Botany**, v. 32, n. 5, p. 933-941, 1981.

SHANNON, M.C.; CRIEVE,C.M.; FRANCOIS,L.E. **Whole Plant Response to Salinity**. In: Plant Environment Interactions. Edited by Robert E. Wilkiman. Ed. Marcel Dekker, Inc., New York, p. 199-244, 1994.

SILVA, J. V.; LACERDA, C. F.; COSTA, P. H. A.; ENEAS FILHO, J.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J. T. Physiological response of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with CaCl₂. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.15, n. 2, p. 99-105, 2003.

SNEDECOR, W., G., COCHRAN, W. G. **Statistical methods**. 8 ed: Iowa State University Press, 502p., 1989.

SINGH, G.; SINGH, T.; BHOJVAID, P.P. Amelioration of sodic soils by tree for wheat and oat production. **Land Degradation & Development**, v.9, n. 5, p. 453-462, 1998.

SOUTH, D. B. Planting morphologically improved Pine seedlings to increase survival and growth. **Forestry and Wildlife Series**, v.1, 2000.

SU, N.; BETHUNE, M.; MANN, L.; HEUPERMAN, A. 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.

SUN, D.; DICKINSON, G. R. Salinity effects on to growth root distribution and transpiration of *Casuarina cunninghamiana* and *Eucalyptus camaldulensis* planted on a saline site in tropical north Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 77, n. 1-3, p. 127-138, 1995a.

SUN, D.; DICKINSON, G. R. Survival and growth responses of a number of Australian tree species planted on saline site in tropical north Australia. **Australian Journal Apl. Ecology**, v. 32, p. 817-826, 1995b.

SZABOLCS, I. **Soil and salinization**. Handbook of plant and crop stress. Ed. Mohanimad Pessaraki Marcel Dekker, Inc, New York, p. 3-11, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Ed. The Benjamin, California, p. 565, 1991.

TOMAR, O. S.; MINHAS, P. S.; SHARMA, V. K.; SINGH, Y. P.; GUPTA, R. K. 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.

WASEL, Y.; ESHEL, A. Multifform behavior of various constituents of one root system In: WASEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. **Plant Roots- The Hidden Half**. Marcel Dekker, New York, p. 39-52, 1991.

EFEITO DA SALINIZAÇÃO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE MUDAS DE *Eucalyptus spp.*

RESUMO

O sucesso da utilização de espécies vegetais, objetivando a produção ou reabilitação de solos salinos, depende da capacidade fotossintéticas destas espécies, em condições de estresse. Este trabalho objetivou avaliar como o aumento da concentração de NaCl influencia as características fisiológicas de mudas de quatro espécies de eucalipto e o potencial de variáveis fisiológicas como indicadores de estresse salino. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vasos de 11,5 L, preenchidos com areia e irrigados com solução nutritiva. As espécies *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. pellita* e *E. robusta* foram submetidas à cinco níveis de salinidade (1,4; 2,50; 4,50; 6,45 e 8,33 dS m⁻¹). Foram mensuradas as variáveis Fv/Fm, valor SPAD, área foliar, biomassa seca foliar e concentração de K e Na nas folhas. As mudas de *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* e *E. robusta* não apresentaram redução na capacidade fotossintética com o aumento do nível de salinidade. As variáveis Fv/Fm, valor SPAD, biomassa seca foliar e área foliar apresentaram potencial para serem utilizadas como indicadores de sensibilidade ao estresse salino das mudas. A redução de biomassa seca e área foliar está relacionada com crescentes capacidades fotossintéticas das mudas submetidas ao estresse salino.

Palavras chaves: estresse salino, *Eucalyptus*, fluorescência, SPAD.

ABSTRACT

The success of use of vegetable species aiming the production or rehabilitation of saline soils depends on their photosynthetic abilities under stress conditions. This work had as objectives the evaluation of increasing NaCl levels concentrations on physiological characteristics of four eucalypts species seedlings and the potential of physiological variables as saline stress indicators. The experiment was carried out in a green house, in 11,5 L pots filled with sand and irrigated with nutrient solution. The experimental period was from May through November, 2004. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme (4 X 5), with four species (*Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. pellita* e *E.*

robusta) and five saline levels (1,41, 2,50, 4,50, 6,45 e 8,33 dS m⁻¹), with five replicates. The variables Fv/Fm, SPAD value, leaf area, dry matter weight and K, Na concentrations in the leaves. The seedlings of *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* and *E. robusta* did not show photosynthetic ability reduction with increasing saline levels. The variables Fv/Fm, SPAD value, leaf dry matter weight and leaf area showed potential to be as saline stress indicators. The reduction of dry matter weight and leaf area is related to increasing photosynthetic abilities of the seedlings.

Keywords: salt stress, *Eucalyptus*, chlorophyll fluorescence, SPAD.

INTRODUÇÃO

Aproximadamente, 10% da superfície terrestre são cobertas por diferentes tipos de solos afetados por sais. A salinidade ocorre em regiões áridas e semi-áridas, áreas costeiras, planícies aluviais, vales de rios e arredores de áreas densamente povoadas e irrigadas (SZABOLCS, 1994). Das terras cultivadas, 23% são consideradas salinas, 37% sódicas e 40% não apresentam problemas relativos à salinidade (FRANCOIS E MAAS, 1994).

A literatura sugere muitas técnicas para amenizar o problema da salinidade, como a aplicação de corretivos químicos (BERNARDO, 1986), esterco e adubos verdes (PIZARRO, 1978), processo de concentração biológica em série (SU et al., 2005); utilização de espécies capazes de melhorar as características químicas e físicas dos solos (MISHRA et al., 2003; GARG, 1998; SINGH et al., 1998; GARG, 1999) e plantio de espécies capazes de atingir uma produção economicamente viável em solos afetados por sais.

O sucesso da utilização de espécies vegetais para produção ou reabilitação de solos salinos depende da capacidade destas em acumular carbono em condição de estresse. As características diretamente relacionadas à fotossíntese, fluorescência e teor de clorofila têm sido utilizadas para identificar diferenças nas respostas fisiológicas de espécies ou cultivares sob estresse salino (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; LU et al., 2002; BELKHODJA, et al., 1994).

Índices relacionados à fluorescência, como o rendimento quântico do fotossistema II, indicam a capacidade fotossintética da planta, o que é uma informação importante em estudos de estresse. O rendimento quântico do fotossistema II indica a eficiência do uso da energia luminosa pelo processo fotoquímico, e é afetado quando ocorre alguma alteração provisória ou dano permanente ao aparato fotossintético.

O medidor portátil de clorofila, SPAD-502, mede o índice da intensidade da cor verde das folhas, sendo este valor relacionado ao teor de clorofila, conforme ajustes de modelos obtidos por NETTO et al. (2002), MARQUARD e TIPTON, (1987) e SCHAPER e CHACKO (1991). Os fatores de estresse são relacionados à degradação da clorofila (HENDRY e PRICE, 1993). Assim, a medição do valor SPAD além de ser um procedimento rápido e não destrutivo para estimar clorofila, pode ser utilizado como indicador de estresse.

O *Eucalyptus camaldulensis* e *E. tereticornis* são considerados tolerante à salinidade, sendo indicados para reabilitar áreas com excesso de sais (SU et al., 2005; TOMAR et al., 2003; MISHRA et al., 2003; RAWAT e BANERJEE, 1998; SUN e DICKINSON, 1995a; SUN e DICKINSON, 1995b; MARCAR, 1993; SUN e DICKINSON, 1993). Não há consenso na literatura com relação ao grau de tolerância à salinidade do *E. robusta*. Para SUN e DICKINSON (1993) esta espécie é altamente tolerante, para MARCAR (1993) é moderadamente tolerante, e para GREENWOOD et al. (1994) é de baixa tolerância. SUN e DICKINSON (1993) verificam que o *E. pellita* mostrou-se moderadamente tolerante à salinidade.

Este trabalho objetivou avaliar a influência do aumento da concentração de NaCl sobre a eficiência quântica do fotossistema II, valor SPAD, área foliar e biomassa seca foliar de mudas de quatro espécies de *Eucalyptus* e investigar o potencial destas variáveis fisiológicas como indicadoras de sensibilidade ao estresse salino para as espécies avaliadas.

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), cujo clima,

pela classificação de Köppen, é tropical chuvoso (AW), com temperatura média mensal variando nos últimos 10 anos, conforme dados fornecidos pela unidade meteorológica, localizada em Campos dos Goytacazes, da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO), entre 21,4 °C e 27,7 °C e com precipitação média anual de 852 mm.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 5, quatro espécies (*E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. pellita* e *E. robusta*) e cinco níveis de condutividade elétrica (1,41; 2,50; 4,50; 6,45 e 8,33 dS.m⁻¹), com cinco repetições constituídas por uma muda.

As mudas foram produzidas por sementes adquiridas no Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF). A semeadura foi feita em tubetes de 50 cm³, preenchidos com substrato comercial Plantimax®, enriquecidos com osmocote 14-14-14 (6 g kg⁻¹). O período de produção, neste recipiente, foi de três meses.

Paralelamente a esta atividade, preparou-se o substrato, constituído por areia de rio, para ser usado no preenchimento de vasos cilíndricos, com capacidade para 11,5 L. Após preenchidos os vasos, a areia foi lavada com 100L de água corrente, fornecida pela empresa de tratamento de água local e, posteriormente, com mais 10 L de água desmineralizada. Em casa de vegetação, esperou-se a completa secagem ao ar, deste substrato, até peso constante. Na seqüência, as mudas foram transplantadas dos tubetes para os vasos. No momento do transplante cada vaso recebeu 1,8 L de solução nutritiva (BOLLES JONES, 1954), quantidade suficiente para atingir, aproximadamente, 60% da capacidade de campo. A cada 15 dias foi realizada aplicação de solução nutritiva. A solução nutritiva utilizada foi composta de NaH₂PO₄ 1M (ml L⁻¹); Ca(NO₃)₂·4H₂O 2M (2ml L⁻¹); KNO₃ 1M (ml L⁻¹); K₂SO₄ 0,5 M (2ml L⁻¹); MgSO₄ 0,5 M (2,5 ml L⁻¹); (NH₄)₂SO₄ 1M (1,5 ml L⁻¹); solução de micronutrientes em ml por litro de solução nutritiva (0,4122 g de H₃BO₃ + 1,98 g de MnCl₂·4H₂O + 0,24968 g de CuSO₄ + 0,0431 g de MoO + 0,28755 g de ZnSO₄·7H₂O, a completar para um litro com água desmineralizada) e solução de Fe-EDTA em ml por litro de solução nutritiva (26,1 g de Fe-EDTA + 89,2 ml de NaOH N + 24,9g de FeSO₄·7H₂O, a completar para um litro com água desmineralizada).

À solução nutritiva foi adicionado NaCl, em diferentes quantidades para obtenção de diferentes níveis de salinidade (TABELA 1). A definição destes níveis

teve como base o valor de 4 dS m⁻¹ de condutividade elétrica, pois, segundo SHANNON (1994), valores superiores a este podem reduzir a produtividade da maioria das espécies vegetais.

TABELA 1: Volume de NaCl (2M) necessário para promover os diferentes níveis de salinidade propostos

Grau de salinidade (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

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.

Rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) e o valor SPAD foram mensurados aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias. A leitura foi efetuada na primeira folha expandida do terceiro ramo a partir do ápice das plantas.

A mensuração do Fv/Fm foi realizada por meio de fluorímetro portátil (MINIPAM, EffeLtrich, Germany). Em cada folha foi acoplada uma pinça para proteger da luz a região da folha a ser mensurada. A leitura foi realizada 30 minutos após a adaptação ao escuro. O rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) é dado pela razão entre fluorescência variável (Fv) e fluorescência máxima (Fm). A fluorescência variável é a diferença entre Fm e a fluorescência mínima (Fo). Quando um tecido fotossintetizante, pré-escurecido, é iluminado, após um nível de fluorescência mínimo (F0), ocorre um rápido aumento para o valor máximo de fluorescência.

O valor SPAD-502 foi obtido por meio do medidor portátil de clorofila, que mede a intensidade da cor verde. Em cada folha foi realizada a mensuração em três pontos, obtendo-se um valor médio. A intensidade da cor verde é positiva e fortemente relacionada com o teor de clorofila.

Aos 75 dias após o transplântio, as plantas foram retiradas dos vasos e a parte aérea separada em folhas e caule. A área foliar foi mensurada por meio do medidor de área eletrônico de bancada (LI-3000, LI-COR Inc.). Posteriormente, as folhas foram submetidas à secagem em estufa por 48 h a 72⁰C para determinação

de massa seca. Foi determinado o teor de Na e K nas folhas (MALAVOLTA et al., 1997; JONES JÚNIOR et al., 1991).

Antes da análise de variância, os dados foram analisados quanto à homocedasticidade, pelo teste de Cochran (SNEDECOR e COCHRAN, 1989) e distribuição normal dos resíduos, por teste de Lilliefors (CAMPOS, 1979). Os dados foram submetidos à análise de variância ($\alpha = 0,05$) e ao teste Tukey ao mesmo nível de probabilidade (tratamentos de natureza qualitativa) e regressão seqüencial (tratamentos de natureza quantitativa). Para verificar a validade dos modelos ajustados, por regressão, foi realizado o teste de Durbin-Watson (CHATTERJU e PRICE, 1977) e observada a distribuição gráfica dos resíduos padronizados.

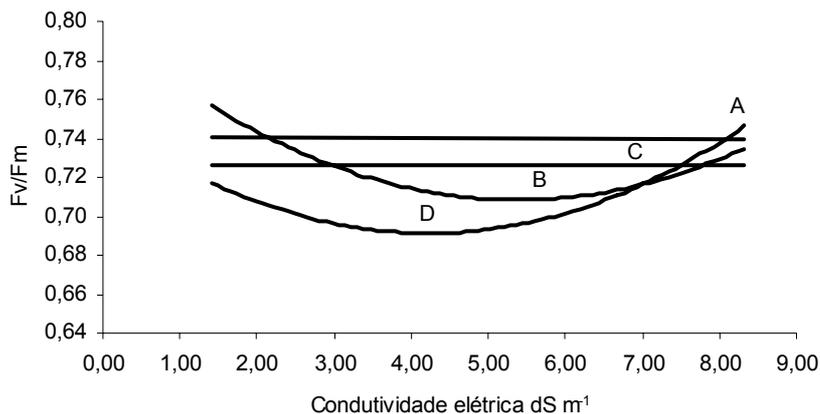
Para a característica SPAD, avaliada no tempo, foi efetuada análise de variância para parcelas divididas no tempo, considerando que o tempo foi um tratamento não passível de aleatorização (BANZATTO e KRONKA, 1992). Para a característica Fv/Fm este procedimento também é indicado, pois a mesma, também, foi avaliada no tempo. Entretanto, ao proceder os testes de normalidade e homocedasticidade, detectou-se não normalidade de resíduos e heterocedasticidade, motivo pelo qual, foi efetuado uma análise para cada período de avaliação, garantindo assim o atendimento dos pressupostos da análise de variância.

Foram realizadas análises de correlação, conforme SNEDECOR e COCHRAN (1989), para os dados correspondentes ao último período de avaliação, entre as variáveis área foliar e Fv/Fm, área foliar e valor SPAD, biomassa foliar e Fv/Fm, biomassa foliar e valor SPAD, dentro de cada nível de salinidade testado, buscando evitar o Paradoxo de Simpson.

RESULTADOS

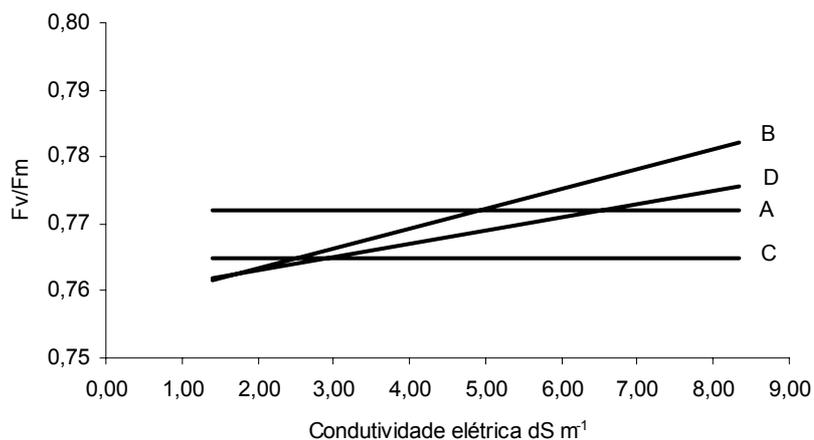
Rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm)

Para os períodos de 15 e 30 dias, após aplicação dos tratamentos, não houve efeito da salinidade sobre o Fv/Fm para nenhuma das espécies testadas. Já aos 45 dias (FIGURA 1) e 60 dias (FIGURA 2) houve efeito da salinidade sobre Fv/Fm para o *E. tereticornis* e *E. robusta*.



- A- *E. camaldulensis* $y = 0,741$
 B- *E. tereticornis* $y = 0,003x^2 - 0,0328x + 0,7967$ $R^2 = 93,0$
 C- *E. pellita* $y = 0,726$
 D- *E. robusta* $y = 0,0033x^2 - 0,0276x + 0,7498$ $R^2 = 75,0$

FIGURA 1- Rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) das mudas de eucalipto, 45 dias após o transplante para vasos de 11,5 L, preenchidos com areia lavada, submetidas à diferentes níveis de salinidade (CV% = 3,5).

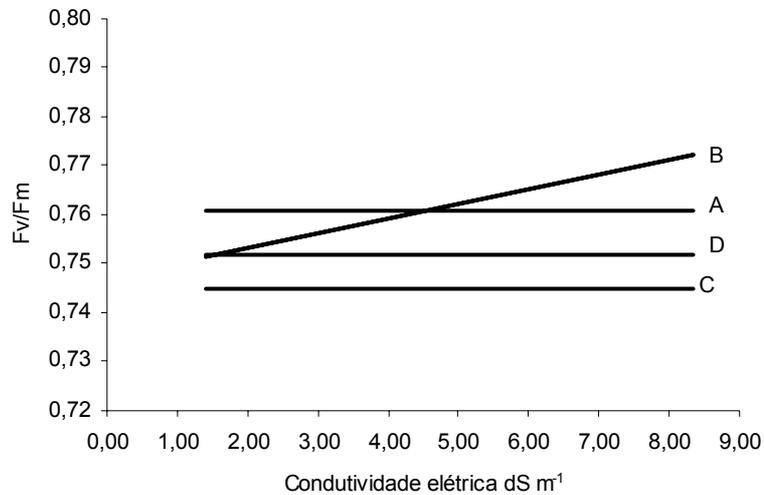


- A- *E. camaldulensis* $y = 0,772$
 B- *E. tereticornis* $y = 0,0029x + 0,7575$ $r^2 = 82,1$
 C- *E. pellita* $y = 0,765$
 D- *E. robusta* $y = 0,002x + 0,7593$ $r^2 = 48,3$

FIGURA 2- Rendimento quântico do fotossistema II (Fv/Fm) das mudas de eucalipto, 60 dias após o transplante para vasos de 11,5 L, preenchidos com areia lavada, submetidas a diferentes níveis de salinidade (CV% = 1,5).

Observou-se um efeito quadrático para as mudas de *E. tereticornis* e *E. robusta*, com redução do Fv/Fm até a condutividade elétrica de $5,45 \text{ dS m}^{-1}$ e $4,18 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente. Após atingir os pontos de mínima, 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 estas duas espécies, com aumento de Fv/Fm, em resposta ao aumento da salinidade (FIGURA 2).

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



A- *E. camaldulensis* $y = 0,761$

B- *E. tereticornis* $y = 0,003x + 0,7472$ $r^2 = 93,5$

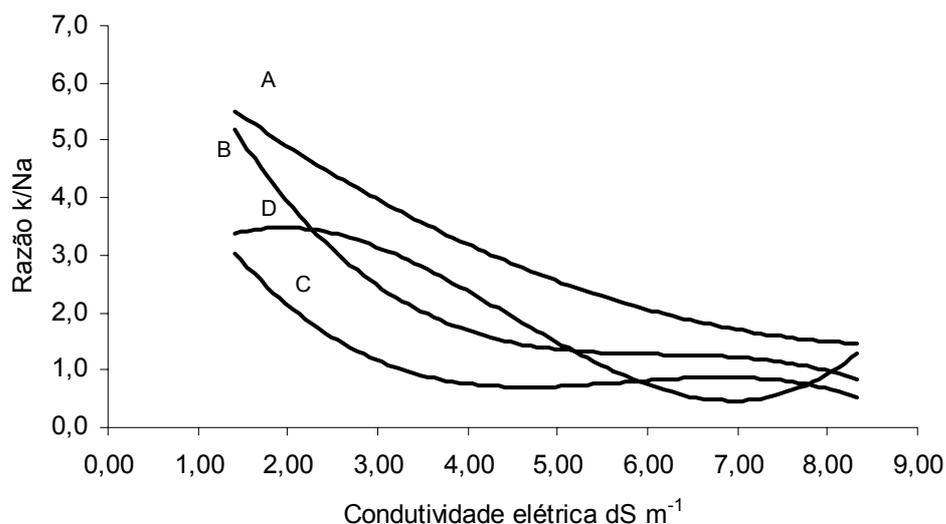
C- *E. pellita* $y = 0,745$

D- *E. robusta* $y = 0,752$

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, submetidas à diferentes níveis de salinidade (CV% = 1,95).

Teores de K e Na

Constatou-se redução da razão K/Na com a elevação do nível de salinidade nas folhas das mudas das quatro espécies em estudo.



A- *E. camaldulensis* $y = 0,0719x^2 - 1,2857x + 7,1817$ $R^2 = 90,2$

B- *E. tereticornis* $y = -0,0355x^3 + 0,6544x^2 - 4,0495x + 9,6884$ $R^2 = 99,6$

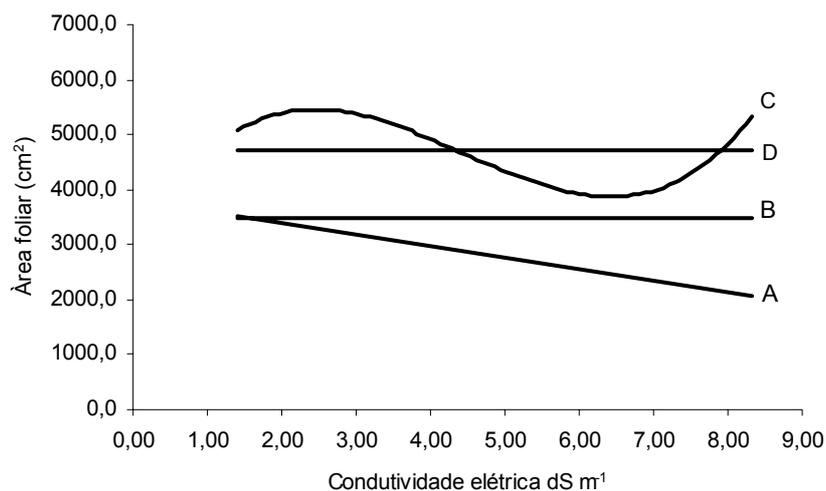
C- *E. pellita* $y = -0,0338x^3 + 0,583x^2 - 3,2341x + 6,5338$ $R^2 = 89,6$

D- *E. robusta* $y = 0,0484x^3 - 0,6453x^2 + 1,9609x + 1,7551$ $R^2 = 100$

FIGURA 4: Razão K/Na nas folhas das mudas de eucalipto, 75 dias após o transplante para vasos de 11,5 L, preenchidos com areia lavada, submetidas à diferentes níveis de salinidade (CV% = 24,1).

Área foliar

Com relação ao efeito da salinidade sobre a área foliar, apenas as mudas de *E. camaldulensis* e *E. pellita* responderam ao aumento da concentração de NaCl. As de *E. camaldulensis* apresentaram redução linear da área foliar em resposta ao aumento da concentração de NaCl. A área foliar das mudas de *E. pellita* apresentaram um comportamento cúbico, com máxima e mínima nas condutividades elétricas de 2,45 e 6,42 dS.m⁻¹, respectivamente. Mudas de *E. pellita* e *E. robusta* apresentaram maior área foliar, independente do nível de salinidade. (FIGURA 5).

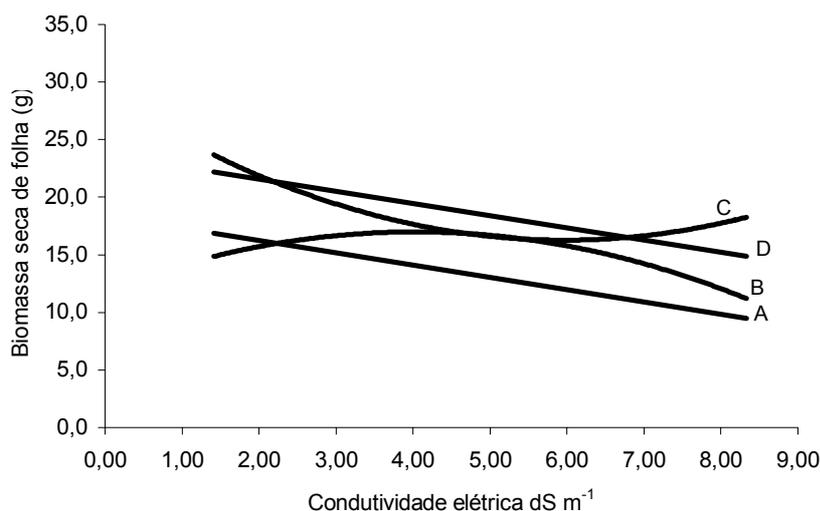


- A- *E. camaldulensis* : $y = -206,18x + 3793,9$ $r^2 = 84,3$
 B- *E. tereticornis* : $y = 3466,9$
 C- *E. pellita* : $y = 50,51x^3 - 672,18x^2 + 2384,2x + 2908,4$ $R^2 = 93,9$
 D- *E. robusta* : $y = 4702,8$

FIGURA 5: Área foliar por planta (cm²) das mudas de eucalipto, 75 dias após o transplântio para vasos de 11,5 L, preenchidos com areia lavada, submetidas à diferentes níveis de salinidade (CV% = 22,34).

Biomassa seca foliar

Também, a biomassa seca foliar média foi maior para as mudas de *E. pellita* e *E. robusta*, mas com respostas diferentes ao aumento da salinidade. As mudas de *E. camaldulensis* e *E. robusta* apresentaram uma redução linear da biomassa seca foliar com o aumento do nível de salinidade, enquanto que as mudas de *E. tereticornis* e o *E. pellita* apresentaram relação quadrática (FIGURA 6).



A *E. camaldulensis* $y = -1,0653x + 18,337$ $r^2 = 88,8$
 B *E. tereticornis* $y = -0,3121x^2 + 2,5126x + 11,926$ $R^2 = 85,2$
 C *E. pellita* $y = 0,3565x^2 - 4,2547x + 28,961$ $R^2 = 99,6$
 D *E. robusta* $y = -1,0593x + 23,664$ $r^2 = 98,5$

FIGURA 6- Biomassa seca foliar (g) das mudas de eucalipto, 75 dias após o transplântio para vasos de 11,5 L, preenchidos com areia lavada, submetidas a diferentes níveis de salinidade (CV% = 21,06).

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

Valor SPAD

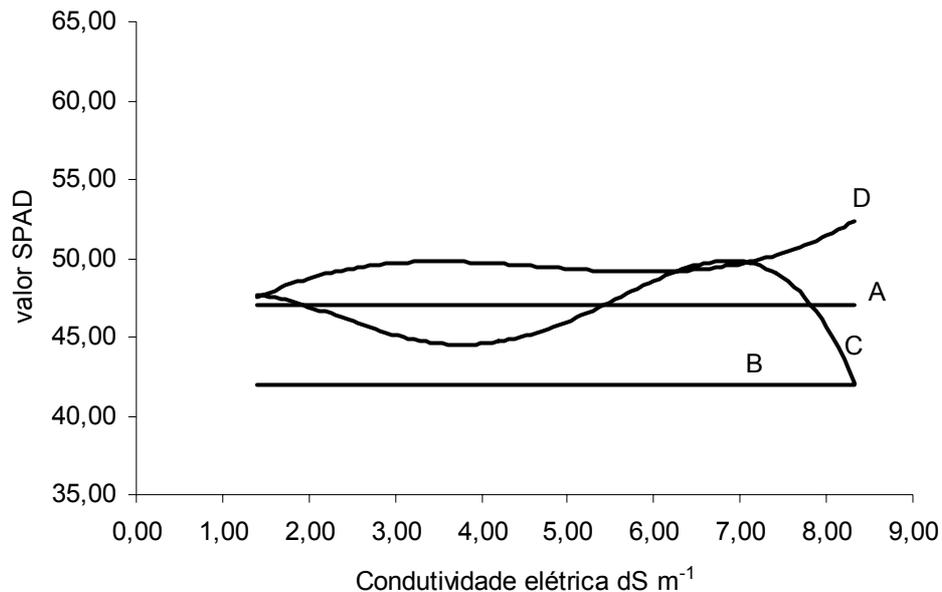
O menor valor desta característica, em todas as concentrações de NaCl testadas e em todos os períodos de avaliação, foi observado para mudas de *E. tereticornis*, em relação às demais espécies (TABELAS 2 e FIGURA 7).

TABELA 2-Valor SPAD para as mudas de eucalipto nos diferentes períodos de avaliação

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

Médias na coluna (n = 25), seguidas por letras iguais, não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey ($\alpha = 0,05$)

O aumento da salinização não afetou o valor SPAD das mudas de *E. camaldulensis* e *E. tereticornis*, enquanto as de *E. pellita* e *E. robusta* apresentaram relações lineares de quarto e terceiro graus, respectivamente (FIGURA 7). As mudas de *E. robusta* tiveram aumento do valor SPAD estimulado a partir da condutividade elétrica de 5,9 dS m⁻¹. O valor SPAD das mudas de *E. pellita* apresentou um ponto de máximo na condutividade elétrica de 6,6 dS m⁻¹, sendo reduzido tanto abaixo e acima desta condutividade.



A *E. camaldulensis* $y = 47,0$

B *E. tereticornis* $y = 41,9$

C *E. pellita* $y = -0,0675x^4 + 1,0723x^3 - 5,3255x^2 + 8,845x + 43,037$ $R^2 = 100$

D *E. robusta* $y = 0,0922x^3 - 1,3009x^2 + 5,7167x + 41,756$ $R^2 = 90,0$

FIGURA 7-Valor SPAD de mudas de eucalipto, em função da condutividade elétrica.

Correlação entre as características fisiológicas avaliadas

O aumento da concentração de sal não afetou a área foliar das mudas de *E. tereticornis* e *E. robusta*, mas causou redução desta característica em mudas de *E. camaldulensis*. Constatou-se que o aumento da salinidade proporcionou redução da biomassa seca foliar das mudas de *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* e *E. robusta*. Mudas de *E. 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 ponto de aumento da área foliar, evidenciando que ao aumentar a área foliar, o teor de clorofila por cm^2 de folha diminui.

Estes resultados levam a supor que, em condições de elevada salinidade, a maior área e biomassa seca foliar resultam em menor capacidade fotossintética. Como evidência desta suposição, os resultados deste estudo mostram correlação negativa e significativa entre área foliar e F_v/F_m (FIGURA 8A), área foliar e valor SPAD (FIGURA 8B), biomassa foliar e F_v/F_m (FIGURA 8C), biomassa foliar e valor SPAD (FIGURA 8D), no maior nível de salinidade testado (condutividade elétrica = $8,33 \text{ dS m}^{-1}$).

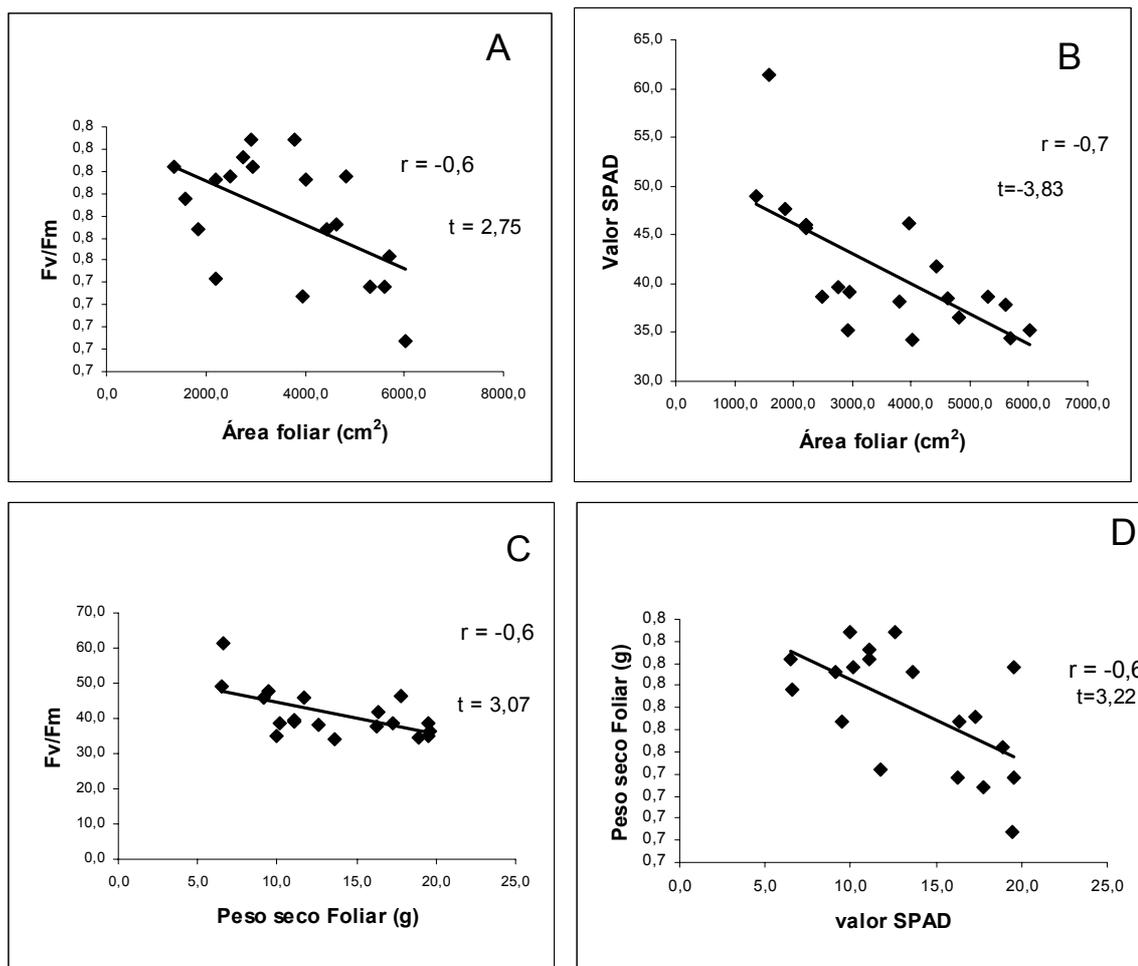


FIGURA 8- Correlação entre área foliar e Fv/Fm (A), área foliar e valor SPAD (B), biomassa foliar e Fv/Fm (C), biomassa foliar e valor SPAD (D) para a concentração de sal equivalente a condutividade elétrica = $8,33\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$.

DISCUSSÃO

Espera-se que ocorra 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) submetidas à estresse salino. Também é esperado que a salinidade reduza o teor de clorofila nos tecidos fotossintetizantes, devido à degradação deste pigmento. Segundo SVITSEV et al. (1973), este efeito pode estar relacionado ao aumento da atividade da clorofilase, enzima envolvida na remoção da calda fitol durante a degradação da clorofila. Entretanto, tais respostas não foram verificadas neste estudo, exceto para mudas de *E. pellita* que, ao contrário das demais espécies, apresentaram indicativo de redução de eficiência fotossintética, ao apresentar redução do valor SPAD, a partir de $6,6\text{ dS m}^{-1}$ de condutividade elétrica (FIGURA 7).

Semelhante ao observado para mudas de *E. pellita*, a redução do teor de clorofila, mediante o aumento da concentração de NaCl, foi relatado para mudas de *E. camaldulensis* e de *Dalbergia sissoo*, a partir 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).

No presente estudo, as mudas de *E. camaldulensis* mantiveram a eficiência quântica do fotossistema II e o valor SPAD inalterado com a elevação da concentração de sal. As mudas de *E. tereticornis* também mantiveram inalterados os valores SPAD, mas, tenderam a aumentar a Fv/Fm, nas maiores condutividades elétricas, enquanto as de *E. robusta* tenderam a aumentar, tanto Fv/Fm, como o valor SPAD, nos níveis mais altos de salinidade testados (FIGURAS 1 e 7). Estes resultados evidenciam que para estas três espécies o aumento da salinidade, até o nível máximo testado, não afeta a fotossíntese, ressaltando que para o *E. tereticornis* e *E. robusta* há indicativos de que houve estímulo da fotossíntese. Estes resultados são compatíveis aos de outros estudos, com diferentes espécies e níveis de salinidade, nos quais, 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).

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) obtiveram valores decrescente de SPAD até 15 dS m⁻¹ de condutividade elétrica. Constataram, a partir deste ponto, elevação do valor SPAD com o aumento da concentração de sal na solução, semelhante ao comportamento das mudas de *E. robusta* avaliadas neste estudo. Estes resultados podem estar indicando estímulo do aumento do teor de clorofila em resposta à salinidade.

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 *E. pellita* ocorreu uma substituição mais intensa do K pelo Na (FIGURA 4), 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. Entretanto, segundo MARSCHNER (1995), a maior taxa de crescimento foliar proporcionado pela maior substituição do K pelo Na não pode ser atribuído à maior eficiência fotossintética e, sim, ao menor potencial osmótico proporcionado pelo K.

Evidenciando que as espécies respondem de maneira diferenciada ao estresse salino, as mudas de *E. 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.

O aumento da biomassa foliar propiciada pelo aumento da salinidade, observada nas mudas de *E. pellita*, a partir de $5,97 \text{ dS m}^{-1}$ de condutividade elétrica, pode estar relacionado ao acúmulo de sacarose na folha. Corroborando os resultados encontrados neste estudo, POJAKOFF-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 sacarose nas folhas, o que pode causar decréscimo na fotossíntese.

Desta forma, em condições de boa disponibilidade de água, luz e sob estresse salino, a redução da biomassa seca e área foliar pode estar relacionada à melhoria do desempenho da planta. Esta hipótese é reforçada com a correlação negativa que foi detectada entre biomassa foliar e valor SPAD, biomassa foliar e F_v/F_m , área foliar e valor SPAD e área foliar e F_v/F_m (FIGURA 8).

CONCLUSÕES

As mudas de *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* e *E. robusta* não apresentaram redução na capacidade fotossintética com o aumento do nível de salinidade, considerando a máxima concentração de NaCl da solução aplicada equivalente a 8,33 dS m⁻¹ de condutividade elétrica.

A elevação do nível de salinidade aumentou a substituição do K pelo Na nas folhas das quatro espécies em estudo.

As variáveis Fv/Fm, valor SPAD, biomassa seca foliar e área foliar apresentam potencial para serem utilizadas como indicadoras de sensibilidade ao estresse salino.

As reduções da biomassa seca e área foliar estão relacionadas a estratégias de manutenção e aumento da capacidade fotossintética das plantas submetidas ao estresse salino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal, FUNEP, 247p., 1992.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 4^a ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 488p., 1986.

BELKHODJA, R.; MORALES, F.; ABADIA, A.; GÓMEZ-APARIRI, J.; ABADIA, J. Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in barley (*Hordeum vulgare* L.) **Plant Physiology**, v. 104, n. 2, p. 667-673, 1994.

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.

CAMPOS, H. **Estatística experimental não paramétrica**. 3 ed. ESALQ Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 373 p., 1979.

CAVALCANTE, L. F.; CARVALHO, S.S.; LIMA, E. M.; FEITOSA FILHO, J. C.; SILVA, D. A. Desenvolvimento inicial da gravioleira sob fontes e níveis de salinidade da água. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 455-459, 2001.

CHATTERJU, S.; PRICE, B. **Regression Analysis by Example**. Ed. John Wiley & Sons, New York, 228 p., 1977.

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; CURI, N.; GUIMARÃES, P. T. G.; PINTO, J. E. B. P. Crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H. B. K) sob diferentes níveis de salinidade. **Ciência Agrotécnica**, v. 27, n. 2p. 278-284, 2003.

FRANCOIS, L. F.; MAAS, E.V. **Crop response and management on salt affected soil**. Handbook of plant and crop stress. Ed. Mohanimad Pessaraki Marcel Dekker, Inc, New York, p. 149-181, 1994.

GARG, V. K. Interaction of tree crop with sodic soil environment: Potential for rehabilitation of degraded environments. **Land Degradation & Development**, v.9, n. 1, p. 81-93, 1998.

GARG, V. K. Leguminous trees for rehabilitation of sodic wasteland in northern India. **Restoration Ecology**, v. 7, n.3, p. 281-287, 1999.

GREENWOOD, E. A. N.; BIDDISCOMBE, E. F.; ROGER, A. L. BERESFORD, J. D.; WATSON, G. D. 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 e GRIME, J. P. (eds.), *Methods in Comparative Plant Ecology*, p. 148-152. Chapman & Hall, London, 1993.

JIANG, Q.; ROCHE, D.; MONACO, T.A. DURHAM, S. Gas exchange chlorophyll fluorescence parameters and carbon isotope discrimination of 14 barley genetic lines in response to salinity. **Field Crops Research**, in press. <http://www.sciencedirect.com>, em: 11/02/2006.

JONES JÚNIOR., J. B., WOLF, B., MILLS, H. A. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide**. Athens (USA): Micro – Macro Publishing,. 213p., 1991.

JUNGKLANG, J.; USUI, K.; MATSUMOTO, H. 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.; CARROW, R. N.; DUNCAN, R.R. Photosynthetic response to salinity stress of halophytic seashore paspalum ecotypes. **Plant Science**, v. 166, n. 6, p. 1417-1425, 2004.

LU, C.; JIANG,C.; WANG, B.; KUANG,T. Photosystems II photochemistry and photosynthetic pigment composition in salt-adapted halophyte *Artimisia anethifolia* grown under outdoor conditions. **Journal Plant Physiology**, v. 160, n. 2, p. 403-408, 2003.

LU, C. QUI, N.; LU, Q.; WANG, B.; KUANG, T. 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.

MARQUARD, R. D.; TIPTON, J. L. (1987). Relationship between extractable chlorophyll and in situ method to estimate leaf greenne. **Hortscience**, v. 22, p. 13-27.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas, Princípio e Aplicações. **2. ed. Piracicaba: Potafó, 319p., 1997.**

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 Plant Physiology**, v. 20, p. 1-13, 1993.

MILFORD, G. F. J.; CORMACK, W. F.; AND DURRANT, M. J. Effects of sodium chloride on water status and growth of sugar beet. **Journal Experimental Botanic**, v.28, p. 1380-1388, 1977.

MISRA, A.; SHARMA, S. D.; KHAN, G.H. 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.; SRIVASTAVA, A.; STRASSER, R.J. 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.

NETTO, A. T.; CAMPSOTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G.; YAMANISHI, O. K. Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, n. 3, p. 203-210, 2002.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. Madride: Editora Agricola Espanhola, 54p., 1978.

POLJAKOFF-MAYBER, A.; LERNER, H. R. Plants in saline environment. In: **Handbook of plant and crop stress**. Ed. Mohanimad Pessaraki Marcel Deckker, Inc, New york, p. 65-96, 1994.

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. 163169, 1998.

SCHAPER, H.; CHACKO, E. K. Relation between extractable chlorophyll and portable chlorophyll meter readings in leaves of eight tropical and subtropical fruit tree species. **Journal Plant Physiology**, v. 138, p. 674-677, 1991.

SHANNON, M.C.; CRIEVE,C.M.; FRANCOIS,L.E. **Whole Plant Response to Salinity**. In: Plant Environment Interactions. Edited by Robert E. Wilkiman. Ed. Marcel Decker, Inc., New York, p. 199-244, 1994.

SNEDECOR, W., G., COCHRAN, W. G. **Statistical methods**. 8 ed: Iowa State University Press, 502p., 1989.

SINGH, G.; SINGH, H.; BH0JVAIDE, P. P. Amelioration of sodic soils by tree for wheat and oat production. **Land Degradation & Development**, v.9, n. 5, p. 453-462, 1998.

SU, N.; BETHUNE, M.; MANN, L.; HEUPERMAN, A. 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.

SUN, D.; DICKINSON, G. R. Salinity effects on to growth root distribution and transpiration of *Casuarina cunninghamiana* and *Eucalyptus camaldulensis* planted on a saline site in tropical north Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 77, n. 1-3, p. 127-138, 1995 (a).

SUN, D.; DICKINSON, G. R. Survival and growth responses of a number of Australian tree species planted on saline site in tropical north Australia. **Australian Journal Apl. Ecology**, v. 32, p. 817-826, 1995b.

SVITSEV, M. V.; PONNAMOREVA, S. A.; KUZNESTOVA, E. A. Effect of salinization and herbicides on chlorophyllase activity in tomato leaves. **Fizol. Rast.**, v. 20, p. 62-65,1973.

SZABOLCS, I. Soil and salinization. In: **Handbook of plant and crop stress**. Ed. Mohanimad Pessaraki Marcel Deckker, Inc, New York, p. 3-11, 1994.

TOMAR, O. S.; MINHAS, P. S.; SHARMA, V. K.; SINGH, Y. P.; GUPTA, R. K. 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.; POSS, J.A.; DONOVAN, T.J.; SHANNON, M. C.; LESCH, S. M.
Biophysical properties and biomass production of elephant grass under saline
conditions. **Journal of Arid Environment**, v. 52, n. 4, p. 447-456, 2002.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de avaliar o potencial do eucalipto e do sabiá, em plantios puros e consorciados, em reabilitar áreas degradadas pela exploração de argila. Um experimento foi conduzido em casa de vegetação e objetivou avaliar a tolerância de mudas de quatro espécies de eucalipto ao estresse salino. O outro foi implantado em cava de extração de argila buscando averiguar o desempenho de quatro espécies de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. tereticornis* e *E. robusta*) em plantios puros e consorciados com sabiá e o efeito de eucalipto e sabiá nos plantios puros e consorciados, sobre as características químicas do solo e, quantificar a produção de biomassa e o teor de nutrientes fornecidos pela poda do sabiá.

Com relação à tolerância das espécies de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. tereticornis* e *E. robusta*) à salinidade, pode-se concluir que: o aumento da concentração de NaCl reduz o crescimento das mudas, exceto para o *E. tereticornis*; as mudas de *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* e *E. robusta* não apresentaram redução na capacidade fotossintética com o aumento do nível de salinidade.

Ao avaliar o desempenho das plantas de eucalipto em plantios puros e consorciados com sabiá, nas cavas de extração de argila, pode-se concluir que as espécies de eucalipto com melhor desempenho, até 24 meses, foram *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* e *E. robusta*; o *E. robusta* apresenta sobrevivência negativamente afetada no consórcio com sabiá; e que os sistemas de plantio não afetaram o crescimento das plantas de eucalipto. O pior desempenho das plantas de *E. pellita* em relação às demais pode estar relacionada à maior sensibilidade desta espécie à salinidade, condição encontrada na cava de extração de argila em estudo.

Quanto ao efeito do eucalipto e do sabiá, em plantios puros e consorciados, sobre as características químicas do solo, pode-se observar que em nenhum sistema de plantio o teor de C, no solo, foi reduzido, e nos plantios de sabiá puro, *E. camaldulensis*+sabiá e *E. robusta*+sabiá este teor foi aumentado; o teor de K do solo foi reduzido em todos os tratamentos; plantios puros de *E. tereticornis* e sabiá e o consorciado de *E. robusta* + sabiá, reduziram a salinidade do solo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABECERAM (2004). Associação Brasileira de Cerâmica; <http://www.abceram.org.br/asp/abc-21.asp>, em: 02/03/2004.

AKILAN, K., FARRELL, R.C.C., BELL, D. T., MARSHALL, J. K. (1997). Responses of clonal river red gum (*Eucalyptus camaldulensis*) to water logging by fresh and salt water. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.37, n. 2, 243-248.

ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C (1999). Características físicas e químicas de um latossolo vermelho escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, n. 4, p. 933-942.

ANDRADE, A. G, COSTA, G. S., FARIA, S. M (2000). Deposição e decomposição da serrapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em plantossolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, n. 4 p. 777-785.

BALIEIRO, F. C.; FRANCO, A. A.; PEREIRA, M. G. (2004). Contribution of litter and nitrogen to soil under *Pseudosamanea guachapele* and *Eucalyptus grandis* plantations. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n. 6, p.597-601.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. (1992). *Experimentação agrícola*. Jaboticabal, FUNEP, 247p.

BAUHUS, J.; KHANNA, P. K.; MENDEN, N. (2000) Aboveground and belowground interactions in mixed plantations of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. *Canadian Journal of Forest Research*, v. 30, n. 12, p. 1886-1894.

BELKHODJA, R.; MORALES, F.; ABADIA, A.; GÓMEZ-APARIRI, J.; ABADIA, J. (1994). Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in barley (*Hordeum vulgare* L.) *Plant Physiology*, v. 104, n. 2, p. 667-673.

BENYON, R. G.; MARCAR, N. E.; CRAWFORD, D. F.; NICHOLSON, A. T. (1999). Growth and water use of *Eucalyptus camaldulensis* and *E. occidentalis* on saline discharge site near Wellington, NSW, Australia. *Agricultural Water Management*, v. 39, n. 1-2, p. 229-244.

BERNARDO, S. (1986). *Manual de Irrigação*. 4^a ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 488p.

BINKLEY, D.; SENOCK, R.; BIRD, S.; COLE, T. G. (2003) Twenty years of stand of *Eucalyptus saligna* and nitrogen-fixing *Facaltaria moluccana*. *Forest Ecology and Management*, v. 182, n. 1-3, p. 93-102.

BÖHM, W. (1979). *Methods of studying root systems*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, p. 188, 1979.

BOLLES JONES, E.W. (1954). Nutrition of *Hevea brasiliensis* I. Experimental methods. *Journal of Rubber Research*, Institute of Malaysia, v.14, p.183.

BOUKCIM, H.; PAGES, L.; MOUSAIN, D. (2006). Local NO^{-3} or NH_4^{+} supply modifies the root system architecture of *Cedrus atlantica* seedlings grown in a split root device. *Journal of plant physiology*, in press. <http://www.sciencedirect.com>, em: 18/02/2006.

BRUGNOLI, E.; BJORKMAN, O. (1992). 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.

BRUGNOLI, E.; LAUTERI, M. (1991). 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.

BRUSCHI, D. M.; PEIXOTO, M. C. D. (1997). *Manual de saneamento e proteção ambiental para municípios. Extração de areia, cascalho e argila: técnicas e controle ambiental*. 1. ed. Belo Horizonte-MG: Fundação Estadual do Meio Ambiente, v.4, 90 p.

CAMPOS, H. (1979). *Estatística Experimental Não Paramétrica*. 3 ed. ESALQ Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 1979, 373 p.

CAVALCANTE, L. F.; CARVALHO, S.S.; LIMA, E. M.; FEITOSA FILHO, J. C.; SILVA, D. A. (2001). Desenvolvimento inicial da gravioleira sob fontes e níveis de salinidade da água. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 23, n. 2, p. 455-459.

CHATTERJU, S.; PRICE, B. (1977). *Regression Analysis by Example*. Ed. John Wiley & Sons, New York, 228 p., 1977.

CHINNUSAMY, V.; JAGENDORF, A.; ZHU, JIAN-KANG. (2005). Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science*, v. 45, p. 437.

COSTA, G. S.; FRANCO, A. A.; DAMASCENO, R. N.; FARIA, S. M. (2004) Aporte de nutrientes pela serrapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 5, p. 919-927.

COSTA, G. S.; ANDRADE, A. G.; FARIA, S. M. (1997). Aporte de nutrientes pela serrapilheira de *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá) com seis anos de idade. Anais do Simposio Nacional de recuperação de áreas degradadas, 3, Ouro Preto. Folha Florestal, Viçosa-MG, p. 344-34.

COUTINHO, M. P. (2003) *Crescimento de Sesbania virgata (Cav.) Pers. em cavas de extração de argila*. Universidade Federal do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes (RJ), 54 p. (Mestrado em Produção Vegetal).

COUTINHO, J. L. B.; SANTOS, V. F. dos; FERREIRA, R. L. C.; NASCIMENTO, J. C. B. (2004). Avaliação do comportamento de espécies de *Eucalyptus spp* na Zona da Mata Pernambucana. I: Resultados do primeiro ano-2001. *Revista Árvore*, v. 28, n. 6, p. 771-775.

DIAS, L. E. (1996). *O papel das leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas na recuperação de áreas degradadas (parte 2)*. Balensiefer, M. (organizador). Recuperação de áreas degradadas, Curso de Atualização. Curitiba: FUPEF, p. 17-28.

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R. de; CARVALHO, O. M. de. (1998). Comportamento silvicultural de espécies e procedências de *Eucalyptus* na região dos tabuleiros costeiros do estado do Sergipe. *Revista Árvore*, v.22, n.1, p. 137-142.

EMBRAPA.(1997). *Manual de métodos de análises de solo*. 2ª ed, Rio de Janeiro-RJ: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 212 p., 1997 (Documentos; 1).

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; CURI, N.; GUIMARÃES, P. T. G.; PINTO, J. E. B. P. (2003). Crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H. B. K) sob diferentes níveis de salinidade. *Ciência Agrotécnica*, v.27, n. 2, p. 278-284.

FERREIRA, M. (1979). *Escolha de Espécies de Eucalipto*. Circular Técnica IPEF, v. 47, p. 1-30.

FERREIRA, R. G.; TAVORA, F.J.A.F.; HERNANDEZ, F.F.F. (2001). 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.

FORRESTER, D.I.; BAUHUS, J.; KHANNA, P. K. (2004) Growth dynamics in a mixed-species plantation of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. *Forest Ecology and Management*, v. 193, n. 1-2, p. 81-95.

FORRESTER, D.I.; BAUHUS, J.; COWIE, A. L (2005). On the success and failure of mixed species tree plantations: lessons learned from a model system of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. *Forest Ecology and Management*, n. 209, n. 1-2, p. 147-155.

FRANCOIS, L. F.; MAAS, E.V. (1994). *Crop response and management on salt affected soil*. Handbook of plant and crop stress. Ed. Mohanimad Pessaraki Marcel Dekker, Inc, New York, p. 149-181.

GAMA RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; MENDONÇA, E. S. (1999). Alterações edáficas sob plantios puros e misto de espécies florestais nativas do sudeste da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, n. 3, p. 581-592.

GAMA-RODRIGUES, A. C. da. (1997) *Ciclagem de nutrientes por espécies florestais em povoamentos puros e mistos, em solos tabuleiros da Bahia, Brasil*. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 107p.

GARAY, I.; KINDEL, A.; CARNEIRO, R.; FRANCO, A. A.; BARROS, E.; ABBADIE, L. (2003) Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre as plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 4, p. 705-712.

GARG, V. K. (1998) Interaction of tree crop with sodic soil environment: Potential for rehabilitation of degraded environments. *Land Degradation & Development*, v.9, n.1, p. 81-93.

GARG, V. K. (1999) Leguminous trees for rehabilitation of sodic wasteland in northern India. *Restoration Ecology*, v. 7, n.3, p. 281-287.

GIARDINA, C. P.; RYAN, M. G. (2002). Total belowground carbon allocation in a fast-growing *Eucalyptus* plantation estimate using a carbon balance approach. *Ecosystems*, v. 5, n. 5p. 487-499.

GOLFARI, L., CASER, R. L., MOURA, V. P. G. (1978) *Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil, 2ª Aproximação*. Belo Horizonte-MG, Centro de Pesquisa Florestal da Região Cerrado, 66p. (PRODEPEF- série técnica, 11).

GONÇALVES, C. de A, FERNANDES, M. M., ANDRADE, A. M de. (1999). Celulose e Carvão vegetal de *Mimosa Caesalpiniaefolia* Benth (Sabiá). *Floresta e Ambiente*, v. 6, n.1, p-51-58.

GONÇALVES, J. L. M. (1995). Características do sistema radicular de absorção do *Eucalyptus grandis* sob diferentes condições edáficas: I Distribuição de raízes nas camadas de solo. In: *Congresso Brasileiro de Ciências do Solo*, 1995, Viçosa. *Anais...* Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 876-878.

GREENWOOD, E. A. N.; BIDDISCOMBE, E. F.; ROGER, A. L. BERESFORD, J. D.; WATSON, G. D. (1994) The influence of ground water levels and salinity on a multi specied tree plantation in the 500 mm rainfall region of south western Australia. *Agricultural Water Management*, v.25, n. 2, p. 185-200.

GRONINGER, J. W., ZEDATER, S. M., FREDERICTSEN, T. S. (1997) Stand characteristics of inter-cropped loblolly pine and black locust. *Forest Ecology and Management*, v.91, n. 2-3, p. 221-227.

HENDRY G. A. F.; PRICE, A. H. (1993). Stress indicators: chlorophyll and carotenoids. In: HENDRY G. A. F e GRIME, J. P. (eds.), *Methods in Comparative Plant Ecology*, p. 148-152. Chapman & Hall, London.

HUNT, M. A.; UNWIN, G. L.; BEADLE, C. L. (1999) Effects of naturally regenerated *Acacia dealbata* on the productivity of a *Eucalyptus nitens* plantation in Tasmania, Australia. *Forest Ecology and Management*, v. 117, n. 1-3, p. 75-85.

JAIYEGBA, I. A. (1996) Amelioration of soil fertility by woody perennials in cropping fields: evaluation of three species in the semi-arid zone of Nigeria. *Journal of Arid Environments*, v. 33, n. 4, p. 473-482.

JESUS, R. M., DIAS, G. B. N. (1988) *Eucalyptus/Leucaena mixture experiment – growth and yield*. Série Técnica IPEF, Piracicaba, n.39, p. 41-46.

JIA, W.; WANG, Y.; ZHANG, S.; ZHANG, J. (2002). Salt-stress-induced ABA accumulation is more sensitively triggered in roots than in shoots. *Journal of Experimental Botany*, v. 53, n. 378, p. 2201-2206.

JIANG, Q.; ROCHE, D.; MONACO, T.A. DURHAM, S. (2006). Gas exchange chlorophyll fluorescence parameters and carbon isotope discrimination of 14 barley genetic lines in response to salinity. *Field Crops Research*, in press. <http://www.sciencedirect.com>, em: 11/02/2006.

JONES JÚNIOR., J. B., WOLF, B., MILLS, H. A. (1991). *Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide*. Athens (USA): Micro – Macro Publishing,. 213p.

JUNGKLANG, J.; USUI, K.; MATSUMOTO, H. (2003). 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.

JÚNIOR LEAL, G.; SILVA, J. A. da. (1999). *Proposta de manejo florestal sustentado do sabiá (Mimosa caesalpiniiifolia)*. Boletim Técnico; n. 3, Crato (CE), IBAMA, 15 p., 1999.

KEITH, H.; RAISON, R. J.; JACOBSEN, K. L. (1997). Allocation of carbon in mature eucalypt forest and some effects of soil phosphorus availability. *Plant and Soil*, v. 196, n. 1, p. 81-99, 1997.

KEYES, M. R.; GRIER, C. C. (1981). Above and below-ground net production in 40 yers-old Douglas-fir stands on low and high productivity sites. *Canadian Journal of Forest Research*, v. 11, p. 599-605.

KUMAR, B. M; KUMAR, S. S.; FISHER, R. F (1998). Intercropping Teak with *Leucena* increases tree growth and modifies soil characteristics. *Agroforestry Systems*, v. 42, n. 1, p. 81-89.

LEE, G.; CARROW, R. N.; DUNCAN, R.R. (2004). Photosynthetic response to salinity stress of halophytic seashore paspalum ecotypes. *Plant Science*, v. 166, n. 6, p. 1417-1425.

LINKER, R.; JOHNSON-RUTZKE, C. J. (2005). Modeling the effect of abrupt changes in nitrogen availability on lettuce growth, root-shoot partitioning and nitrate concentration. *Agricultural Systems*, v.86, n. 2, p. 166-189.

LU, C.; JIANG, C.; WANG, B.; KUANG, T. (2003). Photosystems II photochemistry and photosynthetic pigment composition in salt-adapted halophyte *Artemisia anethifolia* grown under outdoor conditions. *Journal Plant Physiology*, v. 160, n. 2, p. 403-408.

LU, C. QUI, N.; LU, Q.; WANG, B.; KUANG, T. (2002). 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.

MAFRA, A. L., MIKLÓS, A. A. W. de, VOCURCA, H. L., HARKALY, A. H., MENDONZA, E. (1998) Adição de nutrientes ao solo em sistema agroflorestal do tipo "cultivo em aléias" e em cerrado na região de Botucatu, SP. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 54, p. 41-54.

MAHMOOD, K.; MARCAR, N. E.; NAQVI, M. H.; ARNOLD, R. J.; GRAWFORD, D. F.; IQBAL, S.; AKEN, K. M. (2003). Genetic variation in *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh for growth and stem straightness in a provenance-family trial on saltland in Pakistan. *Forest Ecology and Management*, v. 176, n. 1-3, p. 405-416.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. (1997). *Avaliação do Estado Nutricional das Plantas, Princípio e Aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafó, 319p.

MARQUARD, R. D.; TIPTON, J. L. (1987). Relationship between extractable chlorophyll and in situ method to estimate leaf greenness. *Hortscience*, v. 22, p. 13-27.

MARCAR, N. E. (1993) 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.

MARCAR, N. E.; CRAWFORD, D. F.; SAUNDERS, A.; MATHESON, A. C.; ARNOLD, R. A. (2002). Genetic variation among and within provenances and families of *E. grandis* W. Hill and *E. globulus* Labil, subsp. *globulus* seedlings in response to salinity and waterlogging. *Forest Ecology and Management*, v.162, n. 2-3, p. 231-249, 2002.

MARSCHNER, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, San Diego, ed. 2, 889p., 1995.

MATAMALA, R., M. A. GONZALEZ-MELER, J. D. JASTROW, R. J. NORBY; W. H. SCHLESINGER (2003), Impacts of fine root turnover on forest NPP and soil C sequestration potential. *Science*, v. 302, n. 5649, p. 1385–1387.

McCONNAUGHAY, K. D. M.; COLEMAN, J. S. (1999). Biomass allocation in plants: ontogeny or optimality? A test along three resource gradients. *Ecology*, v. 80, n. 8, p. 2581-2593.

MELLONI, R.; SILVA, F.A.M.; CARVALHO, J. G. (2002). Cálcio, magnésio e potássio como amenizadores dos efeitos da salinidade sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*). *Cerne*, v.6, n.2, p. 35-40.

MELO, V. E.; CORRÊA, G. F.; RIBEIRO, A. N.; MASCHIO, P. A. (2005). Cinética de liberação de potássio e magnésio pelos minerais da fração argila de solos do Triângulo Mineiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n. 4, p. 533-545.

MELO, V.F.; BARROS, N.F.; COSTA, L.M.; NOVAIS, R.F.; FONTES, M.P.F. (1995). Formas de potássio e de magnésio em solos do Rio Grande do Sul, e sua relação com o conteúdo na planta e com a produção em plantios de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 19, n. 2, p. 165-171.

MELONI, D. A.; GULOTTA, M. R.; MARTÍNEZ, C. A.; OLIVA, M. A. (2004). The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.16, n. 1, p. 39-46.

MILFORD, G. F. J.; CORMACK, W. F.; AND DURRANT, M. J. (1977). Effects of sodium chloride on water status and growth of sugar beet. *Journal Experimental Botanic*, v.28, p. 1380-1388, 1977.

MISHRA, A.; SHARMA, S. D.; KHAN, G.H. (2003) Improvement in physical and chemical properties of sodic soil by 3, 6 and 9 yrs old plantations of *Eucalyptus tereticornis*: Biorejuvenation of sodic soil. *Forest Ecology and Management*, v.184, n. 1-3, p. 115-124.

MISRA, R. K.; TURNBULL, C. R. A.; CROMER, R. N.; GIBBONS, A. K.; LA SALA, A. V.; BALLARD, L. M. (1998). Below and above ground growth of *Eucalyptus nitens* in a young plantation. II Nitrogen and Phosphorus. *Forest Ecology and Management*, v. 106, n. 2-3, p. 295-306.

MISRA, A.; SHARMA, S. D.; KHAN, G.H. (2003). 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.; SRIVASTAVA, A.; STRASSER, R.J. (2001). 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.

MORA, A. L., GARCIA, C. H. (2000). *A cultura do eucalipto no Brasil*. 1^a ed. São Paulo-SP: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 112p.

MORABITO, D.; JOLIVET, Y.; PRAT, D.; DIZENGREMEL, P. F. (1996). Differences in the physiological response of two clones of *Eucalyptus microtheca* selected for their salt tolerance. *Plant Science*, v.114, n.2, p. 129-139.

NETTO, A. T.; CAMPSOTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G.; YAMANISHI, O. K. (2002). Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 14, n. 3, p. 203-210.

NICHOLS, J. D., ROSEMEYER, M. E., CARPENTER, F. L., KETTLER, J. (2001) Intercropping legume trees with native timber trees rapidly restores cover to eroded tropical pasture without fertilization. *Forest Ecology and Management*, v. 152, n. 1-3, p. 195-209.

NOBLE, A. D.; ZENNECK, I.; RANDALL, P. J. (1996). Leaf litter ash alkalinity and neutralization of soil acidity. *Plant Soil*, v. 179, n. 2, p. 293-302.

OLIVEIRA, A. C. de, BERTOLUCCI, F. de L. G., ANDRADE, H. B. (1990). Avaliação do *Eucalyptus camaldulensis* nas condições edafoclimáticas do norte e nordeste de Minas Gerais. *Anais do 6^o Congresso Florestal Brasileiro*, Campos do Jordão-SP, v. 3, p. 474-486.

PAL, R. C., SHARMA, A (2001). Afforestation for reclaiming degraded village common land: a case study. *Biomass and Bioenergy*, 21:35–42.

PARROTA, J.A. (1999) Productivity, nutrient cycling, and succession in single- and mixed-species plantations of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus robusta*, and *Leucaena leucocephala* in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management*, v. 124, n. 1, p. 45-77.

PASSOS, V.M.; SANTANA, N. O.; GAMA, F. C.; OLIVEIRA, J. G.; AZEVEDO, R. A. (2005). Growth and ion uptake in *Annona muricata* and *A. squamosa* subjected to salt stress. *Biologia Plantarum*, v.49, n.2, p. 285-288.

PAULINO, G. M.; SANTOS, M. L. dos; FROUDE, L. C. M.; GAMA RODRIGUES, A. C.; FRNACO, A. A.; GAMA RODRIGUES, E. F. Estudo da contribuição de espécies florestais para a recuperação de terras degradadas por pastagem em Conceição de Macabu, RJ. *Anais V Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas*. Belo Horizonte (MG), SOBRADE, p. 508-509, 2002.

PIZARRO, F. (1978). *Drenage agrícola y recuperacion de suelos salinos*. Madride: Editora Agricola Espanhola, 54p., 1978.

POLJAKOFF-MAYBER, A.; LERNER, H. R. (1994). Plants in saline environment. In: *Handbook of plant and crop stress*. Ed. Mohanimad Pessaraki Marcel Deckker, Inc, New york, p. 65-96, 1994.

PRALON, A. Z. (1999). *Produção de mudas de Mimosa caesalpinifolia, inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio em estéril de extração de argila misturado com resíduo ferkal*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal)- Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 70 p.

PRALON, A. Z.; MARTINS, M. A. (2001). Utilização do resíduo industrial ferkal na produção de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* em estéril de extração de argila inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, n. 1, p. 55-63.

RAICH, J. W. (1998). Aboveground productivity and soil respiration in three Hawaiian rain forests. *Forest Ecology and Management*, v. 107, n. 1-3, p. 309-318.

RAMOLIYA P. J.; PANDEY A. N. (2002). 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.

RAMOS, I. de S., ALEXANDRE, J., ALVES, M. da G., BARROSO, J. A., TEIXEIRA, L. S., CORREA, F. de P. (2003) Dimensionamento da indústria cerâmica em Campos dos Goytacazes, RJ. CD ROM dos *Anais do Congresso Brasileiro de Cerâmica*, 47, João Pessoa-PB.

RAMOS, D.P., MANZATTO, C. V. (2003) *Estudos de solos para ordenamento do uso cerâmico das argilas da Baixada Campista, estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 19p. Documento 52.

RAWAT, J. S.; BANERJEE, S. P. (1998) 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.

REIS, G. G. (1989). Crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis*, e *Eucalyptus cloeziana* sob diferentes níveis de restrição radicular. *Revista Árvore*, Viçosa, v.13, n-1, p. 1-18.

SANTIAGO, A. R. (2005) *Eucalipto em plantios puros e consorciados com sesbânia na reabilitação de cavas de extração de argila*. Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) Campos dos Goytacazes –RJ, 77 p. (Mestrado em Produção Vegetal).

SAUR, E.; LAMBROT, C.; LOUSTAU, D.; ROTIVAL, N.; TRICHET, P. (1995). Growth and uptake of mineral elements in response to sodium chloride of three provenances of maritime pine. *Journal of Plant Nutrition*, v.18, n.2, p. 243-256.

SCHAPER, H.; CHACKO, E. K. (1991). Relation between extractable chlorophyll and portable chlorophyll meter readings in leaves of eight tropical and subtropical fruit tree species. *Journal Plant Physiology*, v. 138, p. 674-677.

SCHIAVO, J. A. (2005) *Revegetação de áreas degradadas pela extração de argila, com espécies micorrizadas de Acacia mangium, Sesbania virgata e Eucalyptus camaldulensis*. Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) Campos dos Goytacazes –RJ, 117p. (Tese Doutorado em Produção Vegetal).

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A.; RODRIGUES, L. A.; PAULUCIO, V. O. (2004) Comportamento de *Acacia mangium* Willd e *Eucalyptus camaldulensis*, em plantio puro e consorciado, em áreas degradadas pela extração de argila no Município de Campos dos Goytacazes. *FERTIBIO 2004* (CD-ROM), Lages, SC.

SCHMID, I.; KAZDA, M. (2002). Root distribution of Norway spruce in monospecific and mixed stands on different soils. *Forest Ecology and Management*, v. 159, n. 1-2, p. 37-47.

SCHWARZ, M.; GALE, J. (1981). Maintenance respiration and balance of plants at low levels of sodium chloride salinity. *Journal of Experimental Botany*, v. 32, n. 5, p. 933-941.

SCOLFORO, J. R. S., MELLO, J. M. (1997). *Inventário florestal*. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 341p.

SHANNON, M.C.; CRIEVE, C.M.; FRANCOIS, L.E. (1994). Whole Plant Response to Salinity. *In: Plant Environment Interactions*. Edited by Robert E. Wilkiman. Ed. Marcel Dekker, Inc., New York, p. 199-244.

SILVA, H. D., HIGA, A. R., SOUZA, S. M. de. (1990) Ampliação da rede experimental do programa de melhoramento de eucalipto no CNPF/EMBRAPA. *Anais do 6º Congresso Florestal Brasileiro*, Campos do Jordão-SP: Sociedade Brasileira de Silvicultura, V.3, p. 439-448.

SILVA, J. V.; LACERDA, C. F.; COSTA, P. H. A.; ENEAS FILHO, J.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J. T. (2003). Physiological response of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with CaCl₂. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.15, n. 2, p. 99-105.

SINGH, G.; SINGH, T.; BHOJVAID, P.P. (1998) Amelioration of sodic soils by tree for wheat and oat production. *Land Degradation & Development*, v.9, n. 5, p. 453-462.

SNEDECOR, W.; COCHRAN, W. G. (1989). *Statistical methods*. 8 ed: Iowa State University Press, 502 p, 1989.

SONG, S.K; HUANG, P.M. (1988). Dynamics of potassium release from potassium-bearing minerals as influenced by oxalic and citric acids. *Soil Science Society of America Journal*, v. 52, p. 383-390.

SOUTH, D. B. (2000). Planting morphologically improved Pine seedlings to increase survival and growth. *Forestry and Wildlife Series*, v.1, 2000.

- SU, N.; BETHUNE, M.; MANN, L.; HEUPERMAN, A. (2005) 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.
- SUN, D.; DICKINSON, G. (1993) 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.
- SUN, D.; DICKINSON, G. R. (1995a) Salinity effects on tree growth, root distribution and transpiration of *Casuarina cunninghamiana* and *Eucalyptus camaldulensis* planted on a saline site in tropical north Australia. *Forest Ecology and Management*, v. 77, n. 1-3, p. 127-138.
- SUN, D.; DICKINSON, G. R. (1995b). Survival and growth responses of a number of Australian tree species planted on saline site in tropical north Australia. *Australian Journal Apl. Ecology*, v. 32, p. 817-826, 1995b.
- SVITSEV, M. V.; PONNAMOREVA, S. A.; KUZNESTOVA, E. A. (1973). Effect of salinization and herbicides on chlorophyllase activity in tomato leaves. *Fizol. Rast.*, v. 20, p. 62-65, 1973.
- SZABOLCS, I. (1994). *Soil and salinization. Handbook of plant and crop stress*. Ed. Mohanimad Pessaraki Marcel Deckker, Inc, New York, p. 3-11.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. (1991). *Plant Physiology*. Ed. The Benjamin, California, p. 565.
- TOKY, O. P.; SINGH, V. (1995). Nutrient dynamics in *Leucaena*, *Acacia* and *Eucalyptus*, short rotation, high density (energy) plantations in arid India. *Journal of Arid Environments*, v. 31, n. 4, p. 401-413.
- TOKY, O. P.; RAMAKRISHNAN, P. S. (1982). Role off bamboo (*Dendrocalamus hamiltonii* Ness and Arn.) in conservation of potassium during slash and burn agriculture (jhum) in north-eastern India, *Journal of Tree Sciences*, v. 1, p. 17-26.
- TOMAR, O. S.; MINHAS, P. S.; SHARMA, V. K.; SINGH, Y. P.; GUPTA, R. K. (2003) Performace 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.
- VALE, F. R.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. de A. G. (1994). *Fertilidade do Solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes*. Lavras: ESAL/FAEPE, Lavras (MG), 171p.
- VALICHESKI, R. R. (2004) *Avaliação técnica e econômica da reutilização de áreas de extração de argila em Campos dos Goytacazes-RJ*. Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) Campos dos Goytacazes –RJ, 132p. (Mestrado em Produção Vegetal).

VEZZANI, F. M., TEDESCO, M. J., BARROS, N. F. (2001) Alterações dos nutrientes no solo e plantas em consórcio de Eucalipto e Acácia negra. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, n. 1 , p. 225-231.

VIANA, V. M. (1990) Biologia e manejo de fragmentos florestais. *In: Anais 6º Congresso Florestal Brasileiro*, 1990. Campos do Jordão, p. 113-8.

WASEL, Y.; ESHEL, A. (1991). Multifunctional behavior of various constituents of one root system In: WASEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. *Plant Roots- The Hidden Half*. Marcel Dekker, New York, p. 39-52.

WANG, D.; POSS, J.A.; DONOVAN, T.J.; SHANNON, M. C.; LESCH, S. M. (2002). Biophysical properties and biomass production of elephant grass under saline conditions. *Journal of Arid Environment*, v. 52, n. 4, p. 447-456.

ZINN, Y. L.; RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. da. (2002). Soil organic carbon as affected by afforestation with *Eucalyptus* and *Pinus* in Cerrado region of Brazil. *Forest Ecology and Management*, v.166, n. 1-3, p. 285-294.

6. APÊNDICES

APÊNDICE A

Quadro 1A. Resumo das análises de variância da sobrevivência de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell em plantios puros e consorciados com *Mimosa caesalpinifolia* em cavas resultantes da extração de argila

3 meses após plantio		
FV	GL	QM
Bloco (B)	3	14,40 *
Espécie (E)	3	7,96 ^{ns}
Sistema (S)	1	2,17 ^{ns}
ExS	3	0,88 ^{ns}
Resíduo	21	4,10
Total	31	
CV (%)		2,02
6 meses após plantio		
FV	GL	QM
Bloco (B)	3	14,39 ^{ns}
Espécie (E)	3	36,90 ^{ns}
Sistema (S)	1	2,16 ^{ns}
ExS	3	4,10 ^{ns}
Resíduo	21	19,36
Total	31	
CV (%)		4,56
9 meses após plantio		
FV	GL	QM
Bloco (B)	3	60,76 ^{ns}
Espécie (E)	3	47,90 ^{ns}
Sistema (S)	1	8,68 ^{ns}
ExS	3	19,61 ^{ns}
Resíduo	21	26,04
Total	31	
CV (%)		5,39
12 meses após plantio		
FV	GL	QM
Bloco (B)	3	16,96 ^{ns}
Espécie (E)	3	35,61 ^{ns}
Sistema (S)	1	87,05 ^{ns}
ExS	3	0,24 ^{ns}
Resíduo	21	21,18
Total	31	
CV (%)		4,84
24 meses após plantio		
FV	GL	QM
Bloco (B)	3	184,26 *
Espécie (E)	3	521,03 *
Sistema (S)	1	21,88 ^{ns}
ExS	3	111,26 *
Resíduo	21	34,33
Total	31	
CV (%)		7,00

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 2A. Resumo das análises de variância da área de copa de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell em plantios puros e consorciados com *Mimosa caesalpinifolia* em cavas resultantes da extração de argila

3 meses após plantio		
FV	GL	QM
Bloco (B)	3	1,57*
Espécie (E)	3	0,24 ^{ns}
Sistema (S)	1	0,01 ^{ns}
ExS	3	0,46 ^{ns}
Resíduo	21	0,31 ^{ns}
Total	31	
CV (%)		32,74

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 3A. Resumo da análise de variância dos incrementos em diâmetro do colo (DAS) *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell, até os 24 meses de idade, em plantios puros e consorciados com *Mimosa caesalpinifolia*, em cavas resultantes da extração de argila

FV	GL	DAS	QM	H
Bloco	3	5,73 *		106,46 ^{ns}
Espécie (E)	3	2,80 ^{ns}		446,08 *
Sistema (S)	1	0,54 ^{ns}		12,04 ^{ns}
E x S	3	1,77 ^{ns}		53,79 ^{ns}
Resíduo (a)	21	1,77		51,08
Época (EP)	3	12,95 *		2457,06 *
Época x Espécie	9	0,12 ^{ns}		34,77 ^{ns}
Época x Sistema	3	0,03 ^{ns}		4,61 ^{ns}
E X EP X S	9	0,08 ^{ns}		40,84 ^{ns}
Resíduo (b)	63	0,09		163,75
CV%	127	10,4		8,10

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 4A. Resumo da análise de variância do diâmetro do colo (DAS), diâmetro à 1,30 m (DAP), altura (H), área de copa (AC) e razão H/DAP de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell, aos 24 meses de idade, em plantios puros e consorciados com *Mimosa caesalpinifolia*, em cavas resultantes da extração de argila

FV	GL	DAS	DAP	H	H/DAP
Bloco (B)	3	227,14 ^{ns}	135,06 ^{ns}	9923,45 ^{ns}	0,018 ^{ns}
Espécie (E)	3	183,14 ^{ns}	146,00 ^{ns}	49437,01*	0,033 ^{ns}
Sistema (S)	1	210,74 ^{ns}	198,44 ^{ns}	4487,63 ^{ns}	0,048 ^{ns}
ExS	3	188,78 ^{ns}	117,72 ^{ns}	7496,54 ^{ns}	0,021 ^{ns}
Resíduo	7	166,44	141,37	25041,18	0,030
Total	21				
CV (%)	31	19,01	23,23	16,36	11,27

*significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 5A. Resumo da análise de variância da área superficial (AS) e comprimento (C) de raízes finas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell, coletadas aos 24 meses de idade, a 20 cm de distância da planta média, na profundidade de 0 a 10 cm, em plantios puros e consorciados com *Mimosa caesalpiniiifolia*, em cavas resultantes da extração de argila

FV	GL	AS	QM
		AS	C
Bloco (B)	3	38,48 ^{ns}	19441,0 ^{ns}
Espécie (E)	3	153,88 ^{ns}	109229,7 ^{ns}
Sistema (S)	1	273,91*	453967,7*
ExS	3	471,77*	495028,9*
Resíduo	21	86,31	95835,3
Total	31		
CV (%)		31,78	30,05

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

APÊNDICE B

Quadro 1B. Resumo da análise de variância da porcentagem de sobrevivência (% S), diâmetro do colo (DAS), altura (H) e área de copa (AC) de plantas de *Mimosa caesalpinifolia*, em plantios puros e consorciados com *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. robusta* e *E. pellita*, aos 12 meses de idade em cavas resultantes da extração de argila

FV	GL	QM			
		% S	DAS	H	AC
Bloco	3	49,38 *	96,87 *	2070,77*	2,54*
Tratamentos	4	10,03 ^{ns}	20,66 ^{ns}	588,72 ^{ns}	2,42*
Resíduo	12	12,09	10,20	198,57	0,66
Total	19				
CV (%)		3,56	8,27	6,64	17,07

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 2B. Resumo da análise de variância do diâmetro do colo (DAS) e altura (H) de plantas de *Mimosa caesalpinifolia*, em plantios puros e consorciados com *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. robusta* e *E. pellita*, aos 24 meses de idade em cavas resultantes da extração de argila

FV	GL	QM	
		DAS	H
Bloco	3	61,00 ^{ns}	1575,01 ^{ns}
Tratamentos	4	82,60 *	2713,95 ^{ns}
Resíduo	12	18,07	1243,61
Total	19		
CV (%)		6,72	8,97

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 2B. Resumo da análise de variância da área superficial (AS) e comprimento (C) de raízes finas de plantas de *Mimosa caesalpinifolia*, em plantios puros e consorciados com *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. robusta* e *E. pellita*, aos 24 meses de idade em cavas resultantes da extração de argila

FV	GL	QM	
		AS	C
Bloco	3	143,16 ^{ns}	8760,17 ^{ns}
Tratamentos	4	282,55 ^{ns}	256392,01 ^{ns}
Resíduo	12	118,42	152112,65
Total	19		
CV (%)		30,58	33,83

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 3B. Resumo da análise de variância da biomassa média por planta de Folha, Galho e Total de plantas de *Mimosa caesalpinifolia*, em plantios puros e consorciados com *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. robusta* e *E. pellita*, aos 12 meses de idade em cavas resultantes da extração de argila

FV	GL	QM		
		Folha	Galho	Total
Bloco	3	0,044*	0,065 ^{ns}	0,26 *
Tratamentos	4	0,030*	0,068 *	0,19 *
Resíduo	12	0,007	0,019	0,05
Total	19			
CV (%)		13,89	21,63	18,67

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 4B. Resumo da análise de variância da biomassa média por planta de Folha, Galho e Total de plantas de *Mimosa caesalpinifolia*, em plantios puros e consorciados com *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. robusta* e *E. pellita*, aos 24 meses de idade em cavas resultantes da extração de argila

FV	GL	QM		
		Folha	Galho	Total
Bloco	3	0,030 ^{ns}	0,109 ^{ns}	0,374 ^{ns}
Tratamentos	4	0,097*	0,262*	0,508*
Resíduo	12	0,021	0,066	0,108
Total	19			
CV (%)		9,10	10,14	7,63

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

APÊNDICE C

Quadro 1C. Resumo das análises de variância do incremento em diâmetro do colo (DAS) e altura (H) de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell.

FV	GL	QM
		DAS
		H
Espécie (E)	3	25,60*
Salinidade (S)	4	14,75*
E x S	12	1,76 ^{ns}
Resíduo	78	387,14 ^{ns}
Total	97	217,11
CV (%)		20,48
		16,41

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 2C. Resumo da análise de variância da massa seca das raízes a partir da segunda ordem de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell

FV	GL	QM
Espécie (E)	3	178,00*
Salinidade (S)	4	19,19*
E x S	12	1,47
Resíduo	78	3,67
Total	97	
CV (%)		47,86

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 3C. Resumo da análise de variância da massa seca da raiz principal e de raízes de primeira ordem de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell

FV	GL	QM
Espécie (E)	3	0,97 ^{ns}
Salinidade (S)	4	4,80*
E x S	12	0,73 ^{ns}
Resíduo	70	0,51
Total	89	
CV (%)		32,52

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 3C. Resumo da análise de variância da massa seca da parte aérea de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell

FV	GL	QM
Espécie (E)	3	700,30*
Salinidade (S)	4	491,51*
E x S	12	41,75 ^{ns}
Resíduo	77	37,74
Total	96	
CV (%)		20,16

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 4C. Resumo da análise de variância da razão entre massa seca da parte aérea e raiz de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell

FV	GL	QM
Espécie (E)	3	26,27*
Salinidade (S)	4	4,73*
E x S	12	1,70 ^{ns}
Resíduo	66	1,41
Total	85	
CV (%)		26,66

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 5C. Resumo das análises de variância da área superficial (AS) e comprimento (C) de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell.

FV	GL	AS	QM	C
Espécie (E)	3	7328760,16*		4327,84*
Salinidade (S)	4	395080,03 ^{ns}		239,44 ^{ns}
E x S	12	357308,25 ^{ns}		242,63 ^{ns}
Resíduo	76	1466015,77		886,99
Total	95			
CV (%)		46,7		48,6

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

APÊNDICE D

Quadro 1D. Resumo das análises de variância do rendimento quântico do fotossistema II de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell

15 dias após plansplântio		
FV	GL	QM
Espécie (E)	3	0,0015 *
Salinidade (S)	4	0,0004 ^{ns}
ExS	12	0,0002 ^{ns}
Resíduo	77	0,0003
Total	96	
CV (%)		2,19
30 dias após plansplântio		
FV	GL	QM
Espécie (E)	3	0,00007 ^{ns}
Salinidade (S)	4	0,00045 ^{ns}
ExS	12	0,00012 ^{ns}
Resíduo	76	0,00023
Total	95	
CV (%)		2,06
45 dias após plansplântio		
FV	GL	QM
Espécie (E)	3	0,0033 *
Salinidade (S)	4	0,0014 ^{ns}
ExS	12	0,0012 ^{ns}
Resíduo	75	0,0006
Total	94	
CV (%)		3,51
60 dias após plansplântio		
FV	GL	QM
Espécie (E)	3	0,00028 ^{ns}
Salinidade (S)	4	0,00037 *
ExS	12	0,00017 ^{ns}
Resíduo	77	0,00013
Total	96	
CV (%)		1,51
75 dias após plansplântio		
FV	GL	QM
Espécie (E)	3	0,0016 *
Salinidade (S)	4	0,0007 *
ExS	12	0,0001 ^{ns}
Resíduo	78	0,0002
Total	97	
CV (%)		1,97

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 2D. Resumo da análise de variância da razão entre teor de K e Na de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell

FV	GL	QM
Espécie (E)	3	14,33 *
Salinidade (S)	4	35,12 *
E x S	12	1,93 *
Resíduo	71	0,22
Total	90	
CV (%)		24,10

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 3D. Resumo da análise de variância da área foliar de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell

FV	GL	QM
Espécie (E)	3	23778012,05 *
Salinidade (S)	4	3251171,03 *
E x S	12	878904,28 ^{ns}
Resíduo	78	785458,83
Total	97	
CV (%)		22,34

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 4D. Resumo da análise de variância da massa foliar de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell

FV	GL	QM
Espécie (E)	3	207,29 *
Salinidade (S)	4	125,88 *
E x S	12	13,30 ^{ns}
Resíduo	78	12,19
Total	97	
CV (%)		21,06

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 4D. Resumo da análise de variância da massa foliar de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell

FV	GL	QM
Espécie (E)	3	207,29 *
Salinidade (S)	4	125,88 *
E x S	12	13,30 ^{ns}
Resíduo	78	12,19
Total	97	
CV (%)		21,06

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo

Quadro 5D. Resumo da análise de variância do valor SPAD de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *E. tereticornis* Sm, *E. robusta* Sm e *E. pellita* F. Muell

FV	GL	QM
Espécie (E)	3	1196,52 *
Salinidade (S)	4	94,45 ^{ns}
Resíduo (a)	12	75,34
Época (EP)	4	2160,27 *
Época x Espécie	12	63,56 *
Época x Salinidade	16	17,00 ^{ns}
E X EP X S	48	10,24 ^{ns}
Resíduo (b)	390	18,73
	489	
CV%		9,38

* significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo