

MARIA ALICE VASCONCELOS DA SILVA

**AVALIAÇÃO FISIOLÓGICA DA AROEIRA (*Schinus terebinthifolius*
Raddi) SOB DÉFICIT HÍDRICO COM VISTA PARA O
REFLORESTAMENTO**

**Recife-PE
2007**

MARIA ALICE VASCONCELOS DA SILVA

**AVALIAÇÃO FISIOLÓGICA DA AROEIRA (*Schinus terebinthifolius*
Raddi) SOB DÉFICIT HÍDRICO COM VISTA PARA O
REFLORESTAMENTO**

Dissertação apresentada à Banca do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, área de Concentração em Silvicultura.

Orientadora: Prof^a Dr^a Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira.

Conselheiro: Prof. Dr. Antônio Fernando Morais de Oliveira.

**Recife-PE
2007**

Catálogo na fonte
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

Axxxxe	Silva, Maria Alice Vasconcelos da Avaliação fisiológica da aroeira (<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi) sob déficit hídrico com vista para o reflorestamento. Maria Alice Vasconcelos da Silva; orientadora: Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira. – Recife: A autora, 2007. xxf. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Ciências Florestais (Área de concentração: Silvicultura). Inclui anexos e Bibliografia.
--------	--

CDD xxxx

CDU xxxx

1. AROEIRA
 2. *Schinus terebinthifolius*
 3. DÉFICIT HÍDRICO
 4. TROCAS GASOSAS
 5. ALOCAÇÃO DE BIOMASSA
 6. POTENCIAL HÍDRICO DA FOLHA
 7. SOLUTOS COMPATÍVEIS
- I. Nogueira, Rejane Jurema Mansur Custódio
II. Título

MARIA ALICE VASCONCELOS DA SILVA

**AVALIAÇÃO FISIOLÓGICA DA AROEIRA (*Schinus terebinthifolius*
Raddi) SOB DÉFICIT HÍDRICO COM VISTA PARA O
REFLORESTAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais

Aprovada em _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. MARCO ANTÔNIO AMARAL PASSOS_
Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE

Prof. Dr. MAURO GUIDA DOS SANTOS
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE

Prof^a. Dr^a. LÚCIA DE FÁTIMA CARVALHO CHAVES
Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE

Prof^a. Dr^a. SUZENE IZÍDIO DA SILVA
Suplente
Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE

Prof^a. Dr^a. REJANE JUREMA MANSUR CUSTÓDIO NOGUEIRA
Orientadora
Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE

Recife-PE
2007

Ao Espírito Santo que sempre esteve presente na minha vida. À minha bisavó Maria Alice, “in memoriam”. À minha madrinha e mestra, Rivanilde. Aos meus pais, Walter e Mariza e irmãos, Alessandro e André.

Ofereço

À minha orientadora Profa. Dra. Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira pela orientação, conselhos e incentivo durante todo o período que estive no laboratório.

Dedico.

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, e pela a intercessão da Virgem Maria “Nossa Senhora da Conceição” a oportunidade de estar viva.

à minha orientadora, Professora Doutora Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira, pelos ensinamentos e orientação;

à amiga Elizamar Ciríaco da Silva pela ajuda nas horas de dúvidas que tive durante a elaboração deste trabalho;

à colega Fabianny que colaborou em parte comigo nesse trabalho, oferecido pela disciplina de Essências Florestais da Caatinga.

à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais.

ao pesquisador André Dias de Azevedo Neto, pela orientação durante a realização das análises bioquímicas e apoio para a elaboração de gráficos;

às colegas do Laboratório de Fisiologia Vegetal, Wayse e Danúbia que me deram apoio quando estava sozinha fazendo a porometria ao meio dia; pela amizade, companheirismo;

à colega Patrícia, pela ajuda durante um período difícil.

ao pesquisador do IPA, Senhor Venézio Felipe dos Santos, pela orientação e elaboração das análises estatísticas realizadas neste trabalho;

à CAPES, pela bolsa concedida durante parte da realização do curso.

à minha família pelo incentivo, compreensão, colaboração e carinho durante todo o curso do mestrado;

aos examinadores da banca, pelas valiosas contribuições (Professor Doutor Marco Antônio Amaral Passos do Deptº de Ciências Florestais da UFRPE e o Professor Doutor Mauro Guida dos Santos do Deptº de Biologia da UFPE);

a todos os colegas do Laboratório de Fisiologia Vegetal, Elizamar, André, Marcio, Eric, Marcelle, Rose, Wayse, Danúbia, Eclésia, Júlio, Josiene, Geórgia, Rodrigo, Marcelo, Ana e Hugo, pela convivência agradável, amizade e companheirismo.

RESUMO

Com o objetivo de estudar os efeitos do déficit hídrico sobre as trocas gasosas, o potencial hídrico foliar, a produção de matéria seca e alguns aspectos bioquímicos de plantas jovens de *Schinus terebinthifolius* Raddi, foi desenvolvido um trabalho em casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no período de novembro de 2005 a fevereiro de 2006. Utilizaram-se mudas com três meses de idade, propagadas sexuadamente, as quais foram transferidas para vasos de polietileno contendo 5,5 kg de solo. Adotou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, representado por quatro tratamentos hídricos (100% da Capacidade de pote; 75% CP; 50% CP; 25% CP) com quatro repetições. Após 15 dias sob aclimação, procedeu-se o início dos tratamentos hídricos. Durante o período experimental foram efetuadas medições das trocas gasosas do vapor d'água às 12 horas em intervalos de 7 dias. Avaliou-se a transpiração (E), a resistência difusiva (R_s), a temperatura foliar (T_f), a temperatura do ar (T_{ar}), a umidade relativa do ar (UR), a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e o déficit de pressão de vapor (DPV). No final do período experimental foi mensurado o potencial de água da folha (Ψ_f) às 12 horas e determinado o peso da matéria seca das folhas (MSF), dos caules (MSC), das raízes (MSR), a matéria seca total (MST), a relação raiz/parte aérea (R/Pa) e a alocação de biomassa para as folhas (ABF), caules (ABC) e para as raízes (ABR). Além disso, foram analisados os teores de carboidratos, de prolina livre, proteínas solúveis e aminoácidos livres. O fechamento estomático ocorreu em plantas submetidas a 25% CP, aos 11 dias após a diferenciação dos tratamentos hídricos quando as plantas foram reirrigadas para 100% CP. Após 24 horas houve recuperação da abertura estomática mantendo-se até o final do experimento. O déficit hídrico reduziu o potencial hídrico foliar (Ψ_f) nas plantas do tratamento estresse moderado (-2,2 MPa) quando comparado com o controle (-1,1 MPa). As plantas do tratamento 75% CP se destacaram em relação aos demais tratamentos, por produzirem mais matéria seca para as folhas (MSF), caule (MSC) e raízes (MSR). Com relação à alocação de biomassa, não houve diferença significativa entre os tratamentos, porém houve uma tendência do tratamento 25% CP alocar mais biomassa para do que os demais tratamentos. Em relação aos solutos orgânicos, o déficit hídrico provocou reduções nos teores de carboidratos e aumento no teor de proteínas e aminoácidos, não havendo diferença entre os tratamentos para os teores de prolina. Os resultados sugerem que a aroeira é tolerante a baixos níveis de umidade no solo e que o nível de 75%CP é o mais indicado para o cultivo desta espécie na fase de muda.

Palavras-chave: Transpiração, resistência difusiva, potencial hídrico e solutos orgânicos.

ABSTRACT

This work aimed to study the effect of water deficit on gas exchange, leaf water potential, dry matter production, and some biochemical aspects of *Schinus terebinthifolius* Raddi. young plants. A research project was developed, under greenhouse conditions, at the Laboratório de Fisiologia Vegetal, Departamento de Biologia of Universidade Rural de Pernambuco between November, 2005 to February, 2006. Seedlings with 3 month-old and sexually propagated were cultivated in containers containing 5.5 kg of soil. The entirely randomized experimental design was used, with four water treatments (100%, 75%, 50% and 25% to field capacity-FC), with four replicates. Plants under 25% FC were re-watered to 100% FC once after stomatal closure. After 15 days of acclimation period have started the water treatments. The experimental period lasted for 74 days. Transpiration (E), diffusive resistance (R_s), leaf temperature (T_{fol}), air temperature (T_{ar}), relative humidity of the air (UR), photosynthetically active radiation (PAR), and vapor pressure deficit (VPD) were evaluated at midday each seven days. At the end of the experimental period, leaf water potential (Ψ_f) was measured at midday. Leaves (LDM), stems (SDM), roots (RDM), and total dry masses (TDM), root to shoot ratio (R/Sh), and leaves (LBA), stems (SBA) and roots biomass allocation (RBA) were determined. In addition, carbohydrates, free proline, soluble protein and free amino acids contents were analyzed. In plants under 25% field capacity, stomatal closure was observed after 11 days of water treatments. At the time plants were re-watered to 100% FC. After 24 h plants re-watered recovered the stomatal aperture, which remained open until the end of the experimental period. Water deficit decreased the leaf water potential (Ψ_f) in plants grown at 25% FC (-2.2 MPa) when compared with the 100% FC treatment (-1.1 MPa). Plants grown under 75% FC produced higher LDM, SDM and RDM than the other treatments. Differences among treatments to biomass allocation were not observed, but there was a tendency to plants grown under 25% of FC to increase more biomass allocation than the other treatments. The water stress reduced carbohydrates contents and increased soluble protein and amino acids. However, differences to proline content were not verified among water treatments. These results suggest that this species is tolerate to low humidity levels in the soil and that the level of 75% of FC is the best to cultivate it in the initial fase of development.

Key words: transpiration, stomatal conductance, leaf water potential, organic solutes.

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Página

TROCAS GASOSAS E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA EM PLANTAS JOVENS DE AROEIRA CULTIVADAS SOB DÉFICIT HÍDRICO

Quadro 1 – Valores médios da temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (UR) e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) durante o período experimental. Médias de quatro repetições \pm desvio padrão..... 46

Quadro 2 – Matriz de correlação simples entre a resistência difusiva (Rs), a transpiração (E), a temperatura do ar (Tar), a umidade relativa do ar (UR) e a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico 47

POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR E SOLUTOS ORGÂNICOS EM PLANTAS JOVENS DE AROEIRA SOB DÉFICIT HÍDRICO

Tabela 1 - Análise de fertilidade do terriço vegetal coletado nas proximidades do prédio da Biblioteca Central - UFRPE, e usado no experimento 72

Tabela 2 - Porcentagem da umidade do substrato no final do experimento 73

LISTA DE FIGURAS

Página

TROCAS GASOSAS E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA EM PLANTAS JOVENS DE AROEIRA CULTIVADAS SOB DÉFICIT HÍDRICO

Figura 1 – Curso diário da transpiração (E) e da resistência difusiva (Rs) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) cultivadas na capacidade de campo em casa de vegetação 47

Figura 2 – Transpiração (E) e resistência difusiva (Rs) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico. Valores seguidos de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade 48





Figura 3 – Matéria seca das folhas (MSF), dos caules (MSC), das raízes (MSR) e matéria seca total (MST) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico. Tratamentos: 100% CP (Capacidade de pote) , 75% CP , 50% CP  e 25% CP . Médias seguidas por letras iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05) 49

Figura 4 – Alocação de biomassa das folhas (ABF), dos caules (ABC) e das raízes (ABR) e Razão raiz parte aérea (R/Pa) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico. Tratamentos: 100% CP (Capacidade de pote), 75% CP, 50% CP e 25% CP. Médias seguidas por letras iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05) 50

POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR E SOLUTOS ORGÂNICOS EM PLANTAS JOVENS DE AROEIRA SOB DÉFICIT HÍDRICO









Figura 1 - Potencial hídrico foliar (Ψ_f) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico. Tratamentos: 100% CP (Capacidade de pote) , 75% CP , 50% CP  e 25% CP . Médias seguidas por letras iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05) 74

Figura 2 - Valores médios dos teores de carboidratos solúveis, prolina livre, proteína livre e aminoácidos em folhas de plantas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico. Tratamentos: 100% CP (capacidade de pote) , 75% CP , 50% CP  e 25% CP . 75

LISTA DE TABELAS DO ANEXO

	Página
Tabela 1 - Síntese da análise de variância para a resistência difusiva (R_s) em plantas jovens de aroeira (<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi) sob déficit hídrico	79
Tabela 2 - Síntese da análise de variância para a transpiração (E) em plantas jovens de aroeira (<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi) sob déficit hídrico	79
Tabela 3 - Síntese da análise de variância para o potencial hídrico foliar (ψ_f) em plantas jovens de aroeira (<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi) sob déficit hídrico	79
Tabela 4 - Síntese da análise de variância para as matérias secas das folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR) e matéria seca total (MST) em plantas jovens de aroeira (<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi) sob déficit hídrico.....	80
Tabela 5 - Síntese da análise de variância para as alocações de biomassas das folhas (ABF), caules (ABC), raízes (ABR) e a razão raiz parte aérea (R/Pa) em plantas jovens de aroeira (<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi) sob déficit hídrico	80
Tabela 6 - Síntese da análise de variância para carboidratos (C) solúveis, prolinas livres (PRO), proteínas (PROT) e aminoácidos livres (AA) em plantas jovens de aroeira (<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi) sob déficit hídrico.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS

ABF	Alocação de biomassa para as folhas
ABC	Alocação de biomassa para os caules
ABR	Alocação de biomassa para as raízes
CP	Capacidade de Pote
DPV	Déficit de Pressão de Vapor
E	Transpiração
MSF	Matéria seca das folhas
MSC	Matéria seca dos caules
MSR	Matéria seca das raízes
MST	Matéria seca total
PAR	Radiação fotossinteticamente ativa
R/Pa	Razão raiz/parte aérea
Rs	Resistência difusiva
Tar	Temperatura do ar
Tfol	Temperatura foliar
UR	Umidade relativa
Ψ_f	Potencial da água da folha

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	15
2. OBJETIVOS	18
2.2. Objetivo geral	18
2.1 Objetivos específicos	18
3. REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 Considerações gerais sobre a espécie	18
3.2 Efeitos do déficit hídrico sobre a produção de biomassa	22
3.3 Efeitos do déficit hídrico sobre as trocas gasosas, potencial da água da folha e ajustamento osmótico	23
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
5. CAPÍTULO 1 – TROCAS GASOSAS E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA EM PLANTAS JOVENS DE AROEIRA CULTIVADAS SOB DÉFICIT HÍDRICO	34
RESUMO	35
ABSTRACT	36
INTRODUÇÃO	36
MATERIAL E MÉTODOS	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
6. CAPÍTULO 2 – POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR E SOLUTOS ORGÂNICOS EM PLANTAS JOVENS DE AROEIRA SOB DÉFICIT HÍDRICO	51
RESUMO	52
ABSTRACT	53
INTRODUÇÃO	54
MATERIAL E MÉTODOS	58

RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
7.1 Referências Bibliográficas.....	78
8. ANEXOS	79
8.1 Tabelas de análise de variância.....	79
8.2 Normas para publicação nas revistas ÁRVORE e CERES	81

1. INTRODUÇÃO GERAL

A planta *Schinus terebinthifolius* ocorre em uma das florestas mais ameaçadas da Terra, a mata Atlântica, atualmente fragmentada em pequenos mosaicos, restando apenas 6% da cobertura original intacta e, sob condições de preservação. No Nordeste, essa mata foi a primeira a ser explorada durante o período colonial com o corte de pau-brasil, nos Estados da Paraíba e de Pernambuco. Ela apresenta-se muito diversificada, contendo várias formações vegetacionais encravadas ou interpenetradas, mas mesmo assim, mantém-se certa homogeneidade em função da longitude, latitude, clima e relevo (BARBOSA e THOMAS, 2002). De acordo com as condições edafoclimáticas, ela recebe anualmente uma precipitação pluviométrica acima de 1.000mm, atingindo entre 1.500 e 2.500 mm, com chuvas regulares anuais. Nessa área, o seu solo tem profundidade suficiente para armazenar a quantidade de água das chuvas, suprimindo as necessidades hídricas dos vegetais durante todo o ano. A proporção da relação precipitação versus evaporação pode atingir de 1:1 a 1:0,5 (DUQUE, 2004). Devido à elevada pluviosidade, ela caracteriza-se como floresta úmida, constituída por árvores com tamanhos elevados que representavam 255 mil km² de mata original. Em 1995, foi realizada uma avaliação para saber como se encontravam os remanescentes desse bioma. Essa avaliação registrou dos 255 mil km² que continham só restam apenas 21 mil km², ou seja, cerca de 8% de mata original. A diminuição dessa formação florestal refere-se a sua localização e às características climáticas favoráveis à prática agrícola, contribuindo para a redução da cobertura vegetal nativa e desencadeamento de um desequilíbrio ambiental (FIGUEIRÔA et al., 2005).

Além de ocorrer naturalmente na mata atlântica, a aroeira apresenta capacidade de sobreviver a ambientes adversos, como a caatinga, a qual possui uma estação seca prolongada, com chuvas irregulares e de elevadas temperaturas. Por outro lado, a caatinga vem sendo também ameaçada pela exploração inadequada dos seus recursos, principalmente a lenha que é extraída pela população local, maioria de baixa renda, sem ter alternativas de outras fontes de energia, inclusive de reflorestamento, em áreas pré-determinadas (JUVENAL e MATTOS, 2002).

A aroeira possui elevada importância econômica e ecológica, porém, na literatura se dá mais ênfase aos estudos farmacológicos, de ordem médica e da produção de mudas. Quanto à primeira, as atividades antimicrobianas, antifúngicas e antiinflamatórias cuja aroeira tem o poder de exercer, foram testadas através do trabalho de Martínez et al (1996). Usando extratos

fluidos de *S. terebinthifolius* em etanol, eles verificaram a eficiência da ação desta planta nas *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis*. De forma semelhante aos resultados desses autores, Lima et al (2004), testaram e confirmaram o que a literatura condiz da ação antimicrobiana de *S. terebinthifolius* em *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Bacillus cereus*, como também a resistência a *C. tropicalis* e de *C. neoformans* que são fungos oportunistas. A pesquisa médica foi realizada através de ensaio clínico, testando dois produtos: o primeiro, gel vaginal recentemente lançado pela indústria farmacêutica, feito a partir do decocto da casca da aroeira, e o segundo produto o placebo. Estes produtos foram usados em mulheres infectadas pela bactéria vaginose. O gel vaginal mostrou-se 84% mais eficiente na cura da doença do que o placebo que obteve 47%. (AMORIM e SANTOS, 2003). Trabalhando com produção de mudas de aroeira, José et al (2005), compararam o beneficiamento de diferentes recipientes ao desenvolvimento das mudas e verificaram que o desempenho da aroeira foi semelhante tanto nos tubetes quanto nos sacos plásticos aos 250 dias após o plantio.

A aroeira habita regiões que vêm sofrendo intensa ação antrópica, como é o caso do Estado de Pernambuco, que teve início na colonização e continua até os dias presentes (PÔRTO e GERMANO, 2002). Devido à conseqüência da intensificação do desmatamento das florestas, a *S. terebinthifolius* pode ser implantada para recuperar áreas degradadas, ou até mesmo, áreas semi-áridas do Nordeste brasileiro, como a caatinga que desde longa data, sofre ação antrópica devido ao uso não racional e não organizado da exploração das espécies arbóreas para fins econômicos; e nas últimas décadas, vem-se agravando muita a degradação dessa vegetação, sem levar em consideração a importância ecológica e o conhecimento da mesma.

Sendo uma espécie pioneira, de importância econômica, a aroeira destaca-se entre aquelas que podem ser utilizadas no reflorestamento de áreas degradadas, porém, o reflorestamento é feito de forma restrita, devido ao desconhecimento da auto-ecologia da planta. Por isso, vem a ser a grande causa dos plantios mal sucedidos, sem de antemão uma prévia pesquisa sobre o habitat, a dinâmica e o desenvolvimento da espécie a ser implantada. Para se ter sucesso em reflorestar uma espécie é necessário que a área destinada esteja limpa e arada, obedecendo às normas de reflorestamento com espécies pioneiras (CARVALHO, 1981). Dessa forma, há carência sobre a ecofisiologia da maioria dessas espécies, frente à disponibilidade hídrica variável são raros. Por outro lado, embora sejam poucas as informações, há trabalhos nessa área com plantas cultivadas sob condições hídricas normais e

sob estresse salino. Ferreira (2003), estudando a fotossíntese e a eficiência do uso da água em 20 espécies lenhosas tropicais sob condições de campo em um reflorestamento utilizando espécies de mata, observou, que a *Schinus terebinthifolius* sendo pioneira apresentou uma transpiração baixa (variando de $1,5\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}$ a $2,0\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}$) e uma condutância baixa também $0,2\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$. A pesquisa de Ewe e Sternberg (2005), relacionou as respostas do crescimento com as trocas gasosas frente à salinidade em plantas de aroeira nativas do sul da Flórida e verificaram que a *Schinus terebinthifolius* apresentou alguma tolerância fisiológica em condições salinas. Outros estudos foram realizados com várias espécies de aroeira e da mesma família, relacionando a fisiologia e a deficiência hídrica, entre eles o de Nogueira et al. (2005), sob condições de campo, onde avaliaram o potencial da água da folha em *Miracrodruon urundeuva* Alemão e em mais cinco espécies, no período chuvoso e no horário de maior demanda evaporativa. Os autores observaram diferenças significativas entre as espécies. A aroeira apresentou o terceiro valor mais negativo ($-2,2\text{MPa}$) quando comparada com a umburana ($-0,55\text{MPa}$) e velame ($-1,58\text{MPa}$). Com relação às trocas gasosas, Nogueira et al. (2005) realizaram estudos de campo com umbuzeiro, pertencente à mesma família da aroeira e verificaram que essa espécie tende a economizar água através do fechamento estomático nas horas quentes do dia. Segundo Larcher (2004), o primeiro órgão da planta a sentir a deficiência hídrica é o estômato, o qual reduz a entrada de CO_2 , comprometendo a translocação de fotoassimilados para outras partes do vegetal. Com isso, ocorre a diminuição da expansão das células e, como um todo, o seu crescimento (SANTOS e CARLESSO, 1998).

Nos ambientes semi-áridos, a água é o fator abiótico mais importante, uma vez que sua escassez causa a seca. Como consequência, esta prejudica o desenvolvimento e a produção dos vegetais (PIMENTEL et al, 2002; NOGUEIRA et al, 2005).

O efeito do déficit hídrico causa diversas alterações metabólicas, acarretando mudanças na fisiologia da planta. Uma vez cultivado nestas condições, o vegetal geralmente apresenta um desenvolvimento lento dos seus órgãos (WINTER, 1976; LARCHER, 2004), fechamento estomático decorrente do decréscimo do potencial foliar (ROCHA e MORAES, 1997); ou mesmo como resposta ao decréscimo do potencial hídrico do solo (CASTRO e FERREIRA, 1987), ou até como consequência do aumento do déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (BARBEIRO, 2000).

De acordo com as previsões ambientais para as próximas décadas, possivelmente haverá aquecimento global, acarretando secas, e conseqüentemente irá prejudicar a produção mundial de muitos vegetais que tanto economicamente como ecologicamente contribuem para o

equilíbrio ambiental. Diante desta possibilidade, desde já, vêm se desenvolvendo pesquisas de melhoramentos de cultivares tolerantes à seca e de reflorestamento com espécies exóticas para superarem as condições adversas durante os períodos prolongados de escassez de água, produzindo quantidades de produtos suficientes para suprir as necessidades da população e amenizando os impactos (NEPOMUCENO et al, 2001; JUVENAL e MATTOS, 2002).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estudar a influência do déficit hídrico sobre as trocas gasosas, relações hídricas e acúmulo de solutos orgânicos em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi).

2.2 Objetivos específicos

Avaliar a transpiração, resistência difusiva e potencial hídrico foliar em mudas de aroeira sob déficit hídrico em casa de vegetação;

- Avaliar os efeitos do déficit hídrico sob a matéria seca e alocação de biomassa em plantas jovens de aroeira;
- Determinar a concentração de prolina livre, carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis e aminoácidos livres em folhas de mudas de aroeira sob déficit hídrico;
- Identificar variáveis fisiológicas e bioquímicas que possam servir de indicadores de tolerância ao déficit hídrico.
- Prover informações sobre o comportamento fisiológico desta espécie para utilização em programas de reflorestamento.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Consideração geral sobre a espécie

Schinus terebinthifolius Raddi, pertencente à família Anacardiaceae, é popularmente chamada de aroeira, aroeira-da-praia, aroeira-vermelha, aroeira-mansa, aroeira-precoce, aroeira-pimenteira, aroeira-do-brejo, aroeira-negra, aroeira-branca, aroeira-do-campo, aroeira-do-sertão, aroeira-do-paraná, entre outros (LORENZI, 2002).

Essa planta recebe várias denominações em diversos países do mundo: “brasilianischer pfeffer” e “peruanischer pfeffer” (Alemanha), “pimentero del Brasil” e “turbinto” (Espanha), “faux poivrier” e “poivre rose” (França), “christmas-berry”, “brazilian pepper” e “florida holly”, peppertree (Estados Unidos), cobal (Cuba) (BAGGIO, 1988; ALMEIDA, 2005).

O gênero *Schinus* foi criado da mesma forma que designou a atual *Pistacia lentiscus* L., pertencente à família Anacardiaceae. As folhas de aroeira por parecerem semelhantes as do gênero *Terebinthus* e, este acrescido da palavra *folia* que no latim significa folha, originou-se o epíteto específico, *terebinthifolius*. A palavra aroeira originou-se do nome das aves, araras, que eram vistas pousadas com maior frequência nesta árvore, fazendo dela seu habitat (DEGÁSPARI, 2004; ALMEIDA, 2005).

S. terebinthifolius é originária da América do Sul, nativa do Brasil, Paraguai, Uruguai e leste da Argentina. No Brasil, a sua ocorrência vai desde Pernambuco até o Rio Grande do Sul (LORENZI, 2002). Em Santa Catarina, é encontrada a 1200m ao nível do mar, porém, pode ser encontrada até 2000m de altitude tanto em solo úmido como seco, em locais com precipitação média anual de 950mm a 2200mm (DEGÁSPARI, 2004). Além disso, a aroeira é pioneira e dióica, encontrada numa extensa distribuição geográfica e possuindo imensa plasticidade ecológica, podendo sobreviver em estações secas de até seis meses com deficiência hídrica moderada (LENZI e ORTH, 2004). É facilmente vista por toda a faixa litorânea do país, próximas de rios, córregos e várzeas úmidas de formações secundárias, mas pode ser encontrada crescendo em dunas, terrenos secos, pobres e pedregosos, habitando várias formações vegetais e apresentando diversos aspectos, como arbusto rasteiro e retorcido, ou em forma de árvore com copa globosa. Essas mudanças morfológicas ocorrem em função da adaptação aos vários ambientes habitados (LORENZI, 2002; DEGÁSPARI et al., 2005).

A aroeira é uma árvore de crescimento rápido com porte pequeno, podendo atingir de 5 a 10 metros na idade adulta e, apresentar de 30cm a 60cm de espessura diâmetro do caule. A sua propagação pode ser através de sementes ou por estaquia a partir da raiz e do caule (LORENZI, 2002).

Essa árvore apresenta folhas perenes, verde-escuras, compostas, oblongas a elípticas, na parte superior do limbo contendo nervuras pronunciadas do tipo imparipenada de aroma forte. As suas flores melíferas apresentam cor amarelo-pálido a branco, são pequenas e agrupadas em panículas. O período de florescimento ocorre nos meses de setembro a janeiro (LORENZI, 2002; ALMEIDA, 2005).

A madeira é relativamente pesada, apresentando alta durabilidade, sendo bastante utilizada para produção de lenha, carvão, mourões, esteios, sendo empregada como cerca, servindo de barreira para ventos ou substituindo arames (BAGGIO, 1988). É de fácil rebrotamento quando cortada tanto do caule como da raiz, podendo ser indicada também para recuperação de áreas degradadas, reflorestamento e ornamentação (LORENZI, 2002; DEGÁSPARI, 2004; ALMEIDA, 2005).

Sua raiz é pivotante, bastante desenvolvida, favorecendo sua sobrevivência a ambientes adversos. (BAGGIO, 1988). Os frutos são numerosos, pequenos, em forma de drupa, constituídos por uma casca esverdeada no início passando a vermelho-brilhante quando maduros (MACHADO e GUERREIRO, 2001; ALMEIDA, 2005). O fruto apresenta uma única semente de cor marrom-escura envolvida por uma secreção pegajosa, medindo aproximadamente 0,3mm de diâmetro. A frutificação predomina durante os meses de janeiro a julho (LORENZI, 2002).

Quanto à importância econômica, o fruto é muito utilizado na gastronomia mundial, como condimento alimentar (DEGÁSPARI et al, 2004). Na Alemanha, os frutos da aroeira podem substituir a pimenta-do-reino, sendo vendidos livremente no comércio do país (ALMEIDA, 2005).

Além disso, a aroeira possui várias propriedades medicinais, onde são utilizadas folhas, cascas e frutos para atividades antiinflamatórias, antidiarréica, diuréticos e antipiréticos. Por essa razão, os seus diferentes órgãos são utilizados com fins terapêuticos, nos tratamentos contra febre, lesões e úlceras de pele e mucosas e inflamação do útero, sistema digestivo (gastrite, atonia gástrica, diarreia) e sistema urinário. Da sua casca é extraído o óleo, o qual é empregado contra tumores e doenças da córnea (MARTÍNEZ, et al., 1996; MACHADO e GUERREIRO, 2001; LIMA et al., 2004; DEGÁSPARI, et al., 2005); além do mais, pode combater até inflamações de artrite reumatóide, asma (SCALON et al., 2006) e também doenças venéreas (MARTÍNEZ, et al., 1996). Para obter atividade anti-séptica, dissolve-se em álcool a resina retirada do cerne da madeira. As folhas da aroeira quando mascadas, têm a função de clareamento dos dentes. As cascas dos ramos da árvore quando postas em infusão são utilizadas para curtir o couro e, quando passado em redes de pesca e velas, promove o fortalecimento das mesmas, devido à presença de taninos para conter os excessivos ataques dos peixes à rede. (LORENZI e MATOS, 2002; RIZZINI, 1995; DEGÁSPARI, 2004; KRUEL e PEIXOTO, 2004).

Esta espécie serve de abrigo do sol para o rebanho e também como forragem para o suplemento alimentar de caprinos, os quais comem as folhas e os brotos; como também para as abelhas, por serem atraídas pela cor branda da flor, da qual se alimentam do néctar (BAGGIO, 1988; ALMEIDA, 2005).

A aroeira tem propriedades químicas tóxicas que causam alergias como dermatite e edema em pessoas sensíveis. A resina contida em cascas, folhas e frutos pode ser tóxica para humanos e animais e, quando o fruto da aroeira é ingerido, ocorre um efeito paralisante. Os odores exalados pelas flores podem induzir reações alérgicas (MACHADO e GUERREIRO, 2001; HIGHT et al. , 2006).

A dispersão da *S. terebinthifolius* ocorre em proporções amplas, habitando várias formações vegetais (LORENZI, 2002) como a restinga (Formações Pioneiras de Influência-Marinha), a Mata Atlântica (Floresta Ombrófila Densa), floresta de araucária (Floresta Ombrófila Mista) (RONDON NETO, 2002), encontrada também em Floresta Estacional Decidual Uruguaí (ALMEIDA, 2005), Floresta Ombrófila Mista Montana (KOZERA, 2006) e Floresta Ombrófila Mista Aluvial (BARDDAL et al., 2003).

Essa espécie foi introduzida em vários países para fins ornamentais e recentemente, é vista como invasora. Um desses países são os Estados Unidos, mais precisamente o estado da Flórida, onde a introduziu há 150 anos como espécie exótica para ornamentação e esta começou a se espalhar sem controle na década de 60. Atualmente é considerada como planta agressiva e invasora por dispersar-se facilmente e sobreviver a diversas condições edafoclimáticas e tipos diferentes de formações vegetais (EWE e STERNBERG, 2005). Entretanto, no Brasil, não há comprovação científica de desequilíbrio ambiental causado pela aroeira aos ecossistemas que são por ela habitados.

O pioneirismo e a agressividade que a aroeira apresenta, proporcionam o reflorestamento bem sucedido em regiões com condições climáticas adversas, como é o caso da caatinga (ALMEIDA, 2005). Devido a essa característica que apresenta, esta espécie pode ser indicada para reflorestar as margens dos reservatórios das hidrelétricas, como também pode recuperar no início ou em período médio de degradação, áreas em cursos d'água de Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual e áreas de extração de areia (ALMEIDA, 2005).

3.2 Efeitos do déficit hídrico sobre a produção de biomassa

A água é uma substância essencial à vida, pois mantém o metabolismo celular, favorecendo o alongamento e a divisão celular para que haja crescimento nos seres vivos. Em condições hídricas normais, durante seu ciclo fenológico, a planta perde para a atmosfera através da transpiração cerca de 98% da água que absorve, sendo o restante utilizado para as reações metabólicas. Sob condições favoráveis abióticas, o vegetal tende a acumular em média 90% de matéria seca ao longo do seu crescimento pela atividade fotossintética (BENINCASA, 1988) favorecendo a sua produtividade.

A região Nordeste é caracterizada por apresentar um regime pluviométrico anual bastante irregular, com elevadas temperaturas e deficiência de água no solo durante a maior parte do ano (FERNANDES, 2002; SILVA et al., 2003).

A indisponibilidade e a escassez de água causam a seca e, em consequência, prejudicam o desenvolvimento e a produção do vegetal, acarretando limitações na produtividade agrícola no mundo (PIMENTEL et al., 2002). Isto afeta diretamente as condições sociais e econômicas da população, aumentando a desigualdade (TUNDISI, 2005).

Os efeitos da seca sobre o desenvolvimento dos vegetais dependem da intensidade, da duração da deficiência hídrica, da fenologia e genética da planta, podendo provocar diversas alterações morfofisiológicas, tais como redução no tamanho das folhas, fechamento dos estômatos nos horários mais quentes do dia (LARCHER, 2004; PIMENTEL, 2004), como também os ápices das raízes vão perdendo o turgor em solo seco (TAIZ e ZEIGER, 2003).

O déficit hídrico diminui a turgescência comprometendo assim o alongamento celular, causando redução ou interrupção do crescimento da planta como um todo. No entanto, a divisão celular é menos afetada do que o alongamento celular (CAIRO, 1995).

A resposta das plantas frente à deficiência hídrica pode ser verificada pela diminuição da produção de folhas, redução da área foliar, do fechamento dos estômatos, aceleração da senescência e abscisão foliar, o prolongamento da raiz para as zonas mais profundas do solo, aumentando a relação raiz/ parte aérea, e a redução da produção de matéria seca. Em muitos casos, quando a planta está submetida à supressão hídrica, tende a conservar a água do solo, ou seja, economizar água para períodos futuros de seca (SANTOS e CARLESSO, 1998; TAIZ e ZEIGER, 2004). Além disso, algumas plantas enrolam suas folhas para minimizar a incidência direta de luz (GUEDES, 2002).

Diversos pesquisadores têm observado em situação de déficit hídrico, reduções no crescimento, bem como na matéria seca, na alocação de biomassa dos órgãos (folhas, caules e raízes) da planta e a relação raiz/parte aérea. Barbosa, Nogueira e Melo Filho (2000), estudando o crescimento de três espécies da caatinga com 20 dias de estresse, observaram aumento na alocação de biomassa das raízes das três espécies.

Oliveira (2000), estudando o crescimento em mudas de gravioleira cultivada sob déficit hídrico, em casa de vegetação, sob quatro tratamentos hídricos, verificou que o estresse mais severo induziu um aumento para alocação de biomassa da raiz, considerando uma estratégia fisiológica a tolerância à seca.

Em seu estudo com o crescimento de duas cultivares de cajueiro anão-precoce sob deficiência hídrica, Leite (2003) concluiu que o estresse em intervalos de 10 dias refletiu na diminuição nas matérias secas das folhas e das raízes para a cultivar CCP-1001.

Trabalhando com quatro espécies lenhosas cultivadas sob déficit hídrico, Silva e Nogueira (2003) observaram que o estresse aplicado não afetou a matéria seca e nem a alocação de biomassa das folhas, caules e raízes da planta, e que estes parâmetros de crescimento não foram, para este estudo, indicadores de tolerância à seca.

Figueirôa et al. (2004) estudando o crescimento em plantas de *Miracrodruon urudeuva* Allemão sob dois regimes hídricos, verificaram que o regime de 25%CP provocou um aumento tanto para a razão raiz parte aérea quanto para alocação de biomassa da raiz aos 30 dias de estresse.

3.3 Efeitos do déficit hídrico sobre as trocas gasosas, potencial da água da folha e ajustamento osmótico.

Sob o clima predominantemente árido, as plantas respondem ao estresse hídrico através de mecanismos de escape, evitação ou de tolerância (TURNER, 1978). No escape, o vegetal apresenta um ciclo de vida rápido, produzindo sementes durante o período chuvoso, para garantir a perpetuação da espécie durante o período seco. Na tolerância, a planta reduz a perda d'água através do fechamento dos estômatos nos horários de maior demanda evaporativa, apresentam mudanças no potencial hídrico foliar e investem no prolongamento do sistema radicular para aumentar a absorção da água nas zonas mais profundas do solo (NOGUEIRA, 1997; SANTOS e CARLESSO, 1998; LARCHER, 2004).

O efeito da falta d'água sobre os vegetais depende da intensidade, duração, estágio fenológico e da capacidade genética das plantas de se adaptarem às mudanças ambientais (HSIAO, 1973; NEPOMUCENO et al, 2001). Esse efeito é considerado um fator de seleção que evidencia elementos construtivos ou destrutivos para que os vegetais possam tolerar a seca (PIMENTEL, 2004).

Os estômatos são os primeiros a sentirem os efeitos da deficiência hídrica, uma vez que aumentam a resistência difusiva por meio do seu fechamento, reduzindo assim a transpiração e, conseqüentemente, o suprimento de CO₂, acarretando prejuízo na capacidade fotossintética (NOGUEIRA et al., 1998b; NOGUEIRA e SILVA, 2002) e elevação da temperatura foliar, podendo chegar a um nível letal (SANTOS et al., 2002).

Leite (2003) estudando o comportamento estomático em plantas de cajueiro anão-precoce sob deficiência hídrica, verificou que as plantas da cultivar CCP-1001 submetidas a intervalos de 15 dias de rega, foram sensíveis as trocas gasosas, diminuindo a transpiração através da redução da abertura estomática.

Silva et al (2004), pesquisando plantas de quatro acessos de umbuzeiro sob déficit hídrico, observaram que os estômatos das plantas de dois acessos de umbuzeiro fecharam, interrompendo a transpiração aos 11 dias de déficit hídrico.

De acordo com Sergonci et al. (2000), o potencial hídrico foliar é um parâmetro que descreve o estado energético da água no interior da planta, cujo gradiente vai depender do fluxo no sistema solo-planta-atmosfera, o qual varia ao longo do dia. Quando em situação de indisponibilidade hídrica, o potencial pode decrescer, devido à diminuição da quantidade de água na folha ou pelo acúmulo de solutos compatíveis que contribuem para o ajustamento osmótico (LIMA FILHO et al., 1992; NOGUEIRA et al., 2000; MANSUR e BARBOSA, 2000).

Um dos processos fisiológicos mais importantes e sensíveis à seca é a fotossíntese, responsável pela absorção da energia solar e sua subsequente transformação bioquímica em compostos orgânicos, resultando na formação de fibras, celulose, alimento e energia para manter a respiração e o crescimento das plantas (PEREIRA, 1989). Esse processo faz com que o dióxido de carbono assimilado, transformado em carboidratos não consumido pela respiração, aumente a produção de matéria seca da planta, podendo ainda estabelecer reserva e ser usado para o crescimento. Ele compreende 60% de matéria seca dos vegetais superiores, fitomassa total ou produtos úteis (CASTRO, 1987; LARCHER, 2004).

O ajustamento osmótico é um mecanismo fisiológico de grande importância para a manutenção da turgescência da célula (LIMA FILHO et al., 1992). Esta manutenção permite a continuidade dos processos de crescimento, expansão, divisão celular e a fotossíntese (SANTOS e CARLESSO, 1998). Para a planta dispor desses benefícios em situação de seca, suas células terão que passar por mudanças metabólicas para se ajustarem osmoticamente, acumulando concentrações consideráveis de solutos, como açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e íons no citosol para diminuir o potencial hídrico e, por conseguinte, manter o turgor celular (NEPOMUCENO, 2001).

Dentre esses solutos compatíveis, o carboidrato é o que mais se acumula em plantas sob restrição hídrica (AZEVEDO NETO, 2005), mesmo em condições de déficit moderado. Estas promovem um aumento na concentração de carboidratos solúveis, mantendo uma taxa de assimilação de CO₂, com paralisação do crescimento. Todavia, quando em déficit severo, as plantas tendem a reduzir a fotossíntese, diminuindo assim o conteúdo de amido da célula e aumentando os açúcares solúveis, que participam da ativação das respostas das plantas frente à indisponibilidade hídrica, participando do ajustamento osmótico (PIMENTEL, 2005).

Leite (2003), verificou o acúmulo de solutos orgânicos em plantas jovens de cajueiro anão-precoce quando as submeteu ao déficit hídrico. A concentração de carboidratos nas folhas não foi afetada pelo déficit hídrico.

Um outro composto que pode ser caracterizado como uma melhor forma de tolerância à seca pela planta é a prolina livre (JHARNA et al., 2001). O aumento desse osmossoluto está correlacionado com redução do potencial hídrico foliar e com a resistência à difusão de vapor (NOGUEIRA et al., 2001). Para Liu e Zhu (1997), algumas espécies respondem à seca acumulando elevados níveis de prolina, a qual é uma forma de adaptação ao déficit hídrico.

A elevação no nível desse aminoácido tem sido sugerida como uma proteção da planta frente à seca, para diminuir o potencial hídrico foliar, proteger as estruturas, as enzimas e tecidos das células, uma vez que é um osmorregulador originado de compostos nitrogenados. A acumulação de prolina livre em folhas sob condições de falta d'água tem função osmoprotetora e como composto de estoque de carbono e nitrogênio durante o déficit hídrico (SARKER et al., 2005), além de atuar como anti-oxidante (SIRCELJ, 2005).

Ultimamente vem se observando por alguns autores a relação da prolina como um fator tolerante à seca (LIMA FILHO et al., 1992; MANSUR e BARBOSA, 2000; PINHEIRAO et al., 2004; PAGTER et al., 2005; KNIPP e HONERMEIER, 2006).

O metabolismo da proteína na planta em situação de falta d'água é rapidamente limitado, podendo muitas vezes comprometer a síntese protéica, a qual vem prejudicar a divisão celular interrompendo-a, mesmo se o estresse for moderado (LARCHER, 2004). Além disso, o déficit hídrico acarreta a degradação dessa substância, o que aumenta o teor de aminoácidos livres no tecido (PIMENTEL, 2004). Entretanto, Chernyad'ev (2005) relata que pode haver aumento no teor de proteínas em plantas submetidas a estresse hídrico.

Entre os compostos orgânicos de baixo peso molecular, os aminoácidos são encontrados na forma livre ou agrupados. Eles atuam na fase intermediária do metabolismo, sendo precursores importantes. O metabolismo dos aminoácidos também pode ser afetado pelo déficit hídrico vindo a aumentar nas folhas de plantas sob deficiência hídrica. Esse comportamento é observado em alguns trabalhos, como o de Pinheiro et al., 2004 e Sircelj et al., 2005.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L.S. **Avaliação Morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. ST. (A. ST.-HIL., A. JUSS. & CAMBESS.) RADL. (Vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira) produzidas em diferentes substratos.** 2005. 105f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

AMORIM, M. M.; SANTOS, L. C. Tratamento da vaginose bacteriana com gel vaginal de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi): ensaio clínico Randomizado. **RBGO**, v. 25, n.2. p. 92-102. 2003.

AZEVEDO NETO, A. D. **Aspectos fisiológicos do estresse salino em plantas de milho.** 2005 149p. Tese (Doutorado em Bioquímica)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Caracterização florística e fitossociológica de um trecho sazonalmente inundável de floresta aluvial, em araucária, PR. **Ciência Florestal**. Santa Maria. v. 14, n. 2, p. 37-50. 2003.

BARBEIRO, C.C.A. et al. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerradão. **R. Bras. Fisiol. Veg.**; v. 12, n.2. p. 119-134, 2000.

BARBOSA, M. R. V.; THOMAS, W. W. **Biodiversidade, conservação e uso sustentável da mata atlântica no Nordeste**. In: Araújo et al. Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil. Recife: UFRPE – imprensa universitária, 2002. 298p.

BARBOSA, D. C. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; MELO FILHO, P. A. Comparative studies of growth in three species of caatinga submitted to water stress. **Revista Internacional de Botânica Experimental - ΦΥTON**, v. 69, p. 45-50. 2000.

BAGGIO, A. J. Aroeira como potencial para usos múltiplos na propriedade rural. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo. n.17, p. 25-32. 1988.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.

CAIRO, P. A. R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Vitória da Conquista-BA, UESB. 32p. 1995.

CARVALHO, P. E. R. Competição entre as espécies florestais nativas em Irati-PR, cinco anos após o plantio. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 2, p. 41-56, 1981.

CASTRO, P. R. C., FERREIRA, T.Y. **Ecofisiologia da produção agrícola**. 1 ed. São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 249p.

CHERNYAD'EV. Effect of Water Stress on the Photosynthetic Apparatus of Plants and the Protective Role of Cytokinins: **A Review**. **Applied Biochemistry and Microbiology** 41: p.115-128, 2005

DEGÁSPARI, C. H. **Propriedades antioxidantes e antimicrobianas dos frutos da aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi)**. 2004. 104f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N.; SANTOS, R. J. dos. Atividade Antioxidante de Extrato de Fruto de Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 83-90, 2004.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N.; PRADO, M. R. M. Atividade antimicrobiana de *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 617-622, 2005.

DUQUE, J. G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 4º ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 330p.

EWE, S. M. L.; STERNBERG, L. S. L. Growth and gas exchange responses of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolius*) and native South Florida species to salinity. **Trees**, v. 19, p. 119-128. 2005.

FERNANDES, A. **Biodiversidade da caatinga**. In: Araújo et al. Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil. Recife: UFRPE, imprensa universitária, 2002. 298p.

FERREIRA, L. L.; **Fotossíntese e eficiência do uso da água em vinte espécies lenhosas tropicais sob condições de campo em um reflorestamento utilizando espécies de mata**. 2003. 61p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos–SP.

FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Miracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta botânica brasílica**. v. 18, n. 3. p. 573-580, 2004.

FIGUEIRÔA, J. M. et al. Madeireiras. In: Sampaio et al. **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2005. 331p.

GUEDES, K. C.. **Avaliação do crescimento de amendoim *Arachis hypogaea* L.** submetido a déficit hídrico. 2002. 32f. Monografia – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife.

HIGHT, S. D.; CUDA, J.P.; MEDAL, C. Biological Control of Invasive Plants in the Eastern United States: Brzilian peppertre. Flórida, 2006. Disponível em: <www.invasive.org/eastern/biocontrol/pdf/24brazilianpeppertree.pdf> Acesso em: 12 dez.2006.

HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual review plant physiology**. Stanford, v. 24, p. 519-570, 1973.

JHARNA, D. E. et al. Biochemical screening of some groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes for drought tolerance. **Online Journal of Biological sciences**. v.1, n 11, p. 10009-1011. 2001.

JOSÉ, A.C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, Lavras, v.11, n. 2, p. 187-196, 2005.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L.G. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3-30, 2002.

KNIPP, G.; HONERMEIER, B. Effect of water stress on proline accumulation of genetically modified potatoes (*Solanum tuberosum* L.) generating fructans. **Journal of Plant Physiology** 163:392-397. 2006.

KOZERA, C.; DITTRICH, V. A. O.; SILVA, S. M. Composição florística da floresta ombrófila mista montanan do parque municipal do Barigui, Curitiba, PR. **Floresta**, Curitiba, PR. v. 36, n. 1.p. 45-58. 2006.

KRUEL, V. S. F.; PEIXOTO, A. L. Etnobotânica na reserva extrativista marinha de Arraial do Cabo, RJ, Brasil. **Acta bot. bras.** v.18, n.1, p. 177-190. 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Revisão técnica. São Carlos-SP: RIMA. 2004.531p.

LEITE, F. V. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; BEZERRA, J. E. F & SILVEIRA, J. A. G. **Solutos orgânicos e potencial da água da folha em plantas jovens de cajueiro anão-precoce submetidas a estresse hídrico**. In: XXVII Reunião Nordestina de Botânica: potencialidades e desafios, Petrolina. CD-ROM, CPATSA EMBRAPA, 2004.

LENZI, M.; ORTH, A. I. Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), em restinga da ilha de Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**. v. 17, n. 2, p. 67-89. 2004.

LIMA, E. O. et al. *Schinus terebinthifolius* Raddi: avaliação de espectro de ação antimicrobiana de seu extrato aquoso. **Infarma**, v. 16, n. 7-8, p. 83-86, 2004.

LIMA FILHO, J. M. P.; DRUMOND, M. A.; MACENO, D. da S. Comportamento fisiológico da leucena e albizia sob condições semi-áridas. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v. 27, n. 4, p. 537-542. 1992.

LIU, J.; ZHU, J. K. Proline Accumulation and Salt-Stress-Induced Gene Expression in a Salt-Hypersensitive Mutant of Arabidopsis. **Plant Physiol.** v.114: p.591-596, 1997.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. v.1. São Paulo: Instituto Plantarum, 2002. 368p.

LORENZI, H.; MATOS, F. J., A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exótica**. São Paulo: Instituto Plantarum, 2002. 512p.

MACHADO, S.R.; GUERREIRO, S. M. C. Estrutura de desenvolvimento de canais secretores em frutos de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Acta Botânica. Brasília**. v.15, n. 2, p. 189-195, 2001.

MANSUR, R. J. C. N.; BARBOSA, D. C. A. Comportamento fisiológico em plantas jovens de quatro espécies lenhosas da caatinga submetidas a dois ciclos de estresse hídrico. **F YTON**. v. 68, 2000. p. 97-106.

MARTÍNEZ, M. J.; GZÁLEZ, N. A.; BADELL, J. B. Actividad antimicrobiana del *Schinus terebinthifolius* Raddi (COPAL). **Rev. Cubana Plant Med**. Cuba, v.1, n. 3, 1996. p.37-39.

NEPOMUCENO, A. L. et al. Tolerância à seca em plantas: Mecanismos fisiológicos e moleculares. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, Editora KL3, n. 23, 2001. p. 12-18.

NOGUEIRA, R.J.M.C. **Expressões Fisiológicas da Acerola (*Malpighia emarginata* d.C.) sob Condições Adversas**. 1997. 205f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

NOGUEIRA, J. M. C. R. *et al.* Curso diário do potencial hídrico foliar em cinco espécies da caatinga. **Revista Ecosistema**. v. 23, p. 73-77. 1998b.

NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Comportamento estomático y tensión de água em el xilema de dos genótipos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) cultivados bajo estrés hídrico. **Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg**. v.15, n.3. p.213-225, 2000.

NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Rev. Bras. Fisiol. Veg.**, São Paulo, v.13, n. 1, p. 75-87, 2001.

NOGUEIRA, R. J. M. C. SILVA, E. C. da. Comportamento estomático em plantas jovens de *Schinopsis brasiliensis* Engl. cultivadas sob estresse hídrico. **IHERINGIA, Sér. Bot.** Porto Alegre, v. 57, n. 1, p. 31-38. 2002.

NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. **Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga.** In: Nogueira et al. Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife: UFRPE, Imprensa universitária, 2005.500p.

OLIVEIRA, D. V. **Aspectos do crescimento da gravioleira (*Annona muricata* L.) sob estresse hídrico.** 2000. 60p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife.

PAGTER, M.; BRAGATO, G.; BRIX, H. Tolerance and physiological responses of phragmites australis to water deficit. **Aquatic Botany** 81: 285–299. 2005

PEREIRA, A. R. Aspectos fisiológicos da produtividade vegetal. **Ver. Brasileira de fisiologia vegetal**, São Paulo, v. 1, n. 2, p.139-142. 1989.

PIMENTEL, C. et al. Tolerância protoplasmática foliar à seca, em dois genótipos de caupi cultivados em campo. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida.** São Paulo, v.22, n. 01, p. 07-14. 2002.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água.** Seropédica, Rio de Janeiro: Edur, 2004. 191p.

PIMENTEL, C. **Respostas fisiológicas à falta d'água: limitação difusiva ou metabólica?** In: Nogueira et al. Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005.500 p.

PINHEIRO, C.; PASSARINHO, J. A.;RICARDO, C. P. Effect of drought and rewatering on the metabolism of *Lupinus albus* organs. **Journal of Plant Physiology** 161:1203-1210, 2004.

PÔRTO, K. C.; GERMANO, S. R. **Biodiversidade e importância das Briófitas na conservação dos ecossistemas naturais de Pernambuco.** In: Tabarelli & Cardoso. Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco. Recife, Ed. Massangana, v.2. 2002. 356p.

RIZZINI, C. T. **Botânica econômica brasileira.** 2 ed. Revista ampliada, Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1995. 248p.

ROCHA, A. M. dos S., MORAES, J.A. P.V. de. Influência do estresse hídrico sobre as trocas gasosas em plantas jovens envasadas de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. **R. Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.9, n.1, p.43-48, 1997.

RONDON NETO, R. M. et al. Caracterização florística e estrutura de um fragmento da floresta ombrófila mista em Curitiba, PR – Brasil. **Floresta**, v. 32, n. 1, p. 3-16. 2002.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Paraíba, v.2, n.3, p.287-294. 1998.

SANTOS, Elizabeth A. et al. Influência do substrato na temperatura foliar, transpiração e resistência difusiva em plantas jovens de eucalipto (*Eucalytus citriodora*). In: II Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE, 2002, Recife. **Anais...** Recife: II JEPEX, 2002. 1CD-ROM.

SARKER, B. C.; HARAB, M.; UEMURAC, M. Proline synthesis, physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. **Scientia Horticulturae**, v. 103, p.387 – 402, 2005.

SCALON, S.P.Q.; MUSSURY, R.M.; SCALON FILHO, H.; FRANCELINO, C. S. F. Desenvolvimento de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana*) sob condições de sombreamento. Comunicação. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 166-169. 2006.

SERGONCI, J. I. et al. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**.v. 35, n. 8, p. 1531-1540, 2000.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa de vegetação. **Revista Ceres**, v. 50 n.288: 203-217, 2003.

SILVA, E.C. da et al. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 231-246, julho.2003.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C; SANTOS, E. A. Comportamento estomático e potencial da água da folha em mudas enxertadas de quatro acessos de umbuzeiro cultivados

sob estresse hídrico. In: XXVII Reunião Nordestina de Botânica: Potencialidades e desafios, 2004, Petrolina PE. **CD-ROM...** Recife: XXVII Reunião Nordestina de Botânica: Potencialidades e desafios, 2004.

SIRCELJA, H. et al. Biochemical responses in leaves of two apple tree cultivars subjected to progressing drought. **Journal of Plant Physiology** 162:1308-1318. 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. 2ºed. São Carlos-SP. RIMA. 248p. 2005.

TURNER, N.C.; BEGG, J. E. Responses of pasture plants to water deficits. In: J. R. Wilson (org.) **plant Relations in Pastures**. Melbourne, C.S.I.O. p. 50-66, 1978.

WINTER, E.J. **A água, o solo e a planta**. 1 ed. São Paulo: EPAU, 1976.169p.

5. CAPÍTULO 1

TROCAS GASOSAS E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA EM PLANTAS JOVENS DE AROEIRA CULTIVADAS SOB DÉFICIT HÍDRICO¹

¹ Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais – UFRPE e enviado para a publicação na Revista *Árvore*.

TROCAS GASOSAS E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA EM PLANTAS JOVENS DE AROEIRA CULTIVADAS SOB DÉFICIT HÍDRICO²

Maria Alice Vasconcelos da Silva³, Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira⁴, Antônio Fernando Moraes de Oliveira⁵ e Venézio Felipe dos Santos⁶

RESUMO - Este trabalho objetivou avaliar as trocas gasosas, a produção de matéria seca e alocação de biomassa em plantas jovens de aroeira submetidas a déficit hídrico. Foram utilizadas mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi com três meses de idade, cultivadas em vasos de polietileno contendo 5,5 kg de terriço vegetal. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos (100% da capacidade de pote (CP); 75% CP; 50% CP; 25% CP) e quatro repetições. Foram avaliadas a transpiração e a resistência difusiva às 12 horas em intervalos de seis dias, durante 72 dias de déficit hídrico. No final do experimento, foram determinadas a matéria seca das folhas (MSF), caule (MSC) e raiz (MSR), a alocação de biomassa para diversos órgãos e a razão raiz parte aérea (R/Pa). O fechamento estomático ocorreu nas plantas submetidas a 25% CP aos 11 dias de diferenciação hídrica, as quais foram re-irrigadas até atingir 100% CP uma única vez. Após a reirrigação, as plantas foram mantidas sob 25% CP e os estômatos permaneceram abertos até o final do período experimental. A produção de matéria seca aumentou nas plantas cultivadas com 75% CP comparadas aos demais tratamentos hídricos. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para a alocação de biomassa nos diversos órgãos. Os resultados sugerem que a aroeira é tolerante ao déficit hídrico na fase inicial do desenvolvimento.

PALAVRAS-CHAVE: *Schinus terebinthifolius*, alocação de biomassa, transpiração, resistência difusiva.

² Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor;

³ Mestranda em Ciências Florestais, PPCF/UFRPE.

⁴ Professora Doutora Adjunta do Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bolsista CNPq.

⁵ Professor do Departamento de Biologia, Universidade Federal de Pernambuco.

⁶ Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – IPA.

GAS EXCHANGE AND DRY MATTER YIELD IN YOUNG AROEIRA PLANTS CULTIVATED UNDER WATER DEFICIT

ABSTRACT- This work aimed to evaluate gas exchanges, dry matter yield and biomass allocation in young aroeira plants submitted to water deficit. Three month-old seedlings of *Schinus terebinthifolius* Raddi were cultivated in containers containing 5,5 kg of soil. The entirely randomized experimental design was used, with four water treatments (100%, 75%, 50% and 25% to field capacity-FC), with four replicates. Transpiration and diffusive resistance were evaluated at midday every seven days for the duration of 72 days. At the end of the experimental period, leaf (LDM), stem (SDM) and root dry matter (RDM) were all determined, the biomass allocation of all the organs of the plants and root to shoot ratio (R/Sh) were also determined. Eleven days after water treatments, stomatal closure was observed in plants under 25% FC. At the time plants were re-watered once to 100% FC. After re-watered, plants were maintained to 25% FC, recovering its stomatal aperture, which remained open until the end of the experimental period. Plants under 75% FC produced more dry matter than other treatments. Significant differences among treatments to biomass allocation were not observed. These results suggest that aroeira plant is drought-tolerant on the young stage of development.

KEY WORDS: *Schinus terebinthifolius*, biomass allocation, transpiration, diffusive resistance.

INTRODUÇÃO

A *Schinus terebinthifolius* Raddi é uma espécie pertencente à família Anacardiaceae, popularmente chamada de aroeira ou aroeira-vermelha. É originada da América do Sul, precisamente do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina. No Brasil, a sua ocorrência vai desde Pernambuco até o Rio Grande do Sul. (LORENZI, 2002; DEGÁSPARI, 2004; LENZI e ORTH, 2004).

É uma árvore de porte pequeno, podendo atingir de 5 a 10 metros de altura e apresenta o caule com 30-60cm de diâmetro. As suas flores são pequenas, agrupadas em inflorescência, são melíferas e apresentam cor que vai do amarelo-pálido ao branco. O período de florescimento ocorre nos meses de setembro a janeiro, e a sua frutificação vai de janeiro a julho (LORENZI, 2002; ALMEIDA, 2005). A aroeira apresenta uma grande importância por

ser usada com fins terapêuticos, pois esta contém propriedades medicinais no combate à febre, lesões, úlceras de pele e mucosas, inflamações do útero, do sistema digestivo (gastrite, atonia gástrica, diarreia) e do sistema urinário (MARTINEZ et al., 1996; MACHADO e GUERREIRO, 2001; LIMA et al., 2004; DEGÁSPARI et al., 2005). Além disso, a sua madeira é utilizada para moirões, esteios, lenha e carvão (LORENZI, 2002).

A aroeira é classificada como pioneira e apresenta uma ampla distribuição geográfica, pois possui imensa plasticidade ecológica. Por essa razão, é facilmente vista em toda faixa litorânea do país, próxima a rios, córregos e várzeas úmidas de formações secundárias. Contudo, também crescem em dunas, em terrenos secos, pobres e pedregosos. Habita várias formações vegetais, sobrevivendo até seis meses com deficiência hídrica moderada no solo (LENZI e ORTH, 2004), e tem sido indicada para a recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 2002; DEGÁSPARI et al., 2005).

A região Nordeste é caracterizada por apresentar um regime pluviométrico anual bastante irregular, com elevadas temperaturas e deficiência de água no solo durante boa parte do ano (FERNANDES, 2002; SILVA et al., 2003). Os efeitos da seca sobre o desenvolvimento dos vegetais dependem da intensidade, da duração do estresse, da fenologia e genética da planta, podendo provocar diversas alterações morfofisiológicas, tais como a diminuição da turgescência e redução no tamanho das folhas, desenvolvimento de um sistema radicular mais profundo e o fechamento dos estômatos nos horários mais quentes do dia (LARCHER, 2004; PIMENTEL, 2004).

As plantas que habitam regiões de clima predominantemente semi-árido, respondem ao déficit hídrico de diversas formas para se ajustarem às condições de estresse, com o desenvolvimento de estratégias classificadas como mecanismos de escape ou de tolerância à seca (ARAÚJO, 2005). O primeiro consiste em escapar à seca através de um ciclo de vida mais curto concentrado no único período chuvoso e a formação de um banco de sementes; o segundo pode ocorrer de duas maneiras: as plantas podem tolerar a seca reduzindo o potencial hídrico interno das suas células, através do acúmulo de solutos compatíveis que favorecem a absorção de água do solo, ou fechar os estômatos nos horários de maior demanda evaporativa para manter o *status* hídrico (TURNER, 1978; NOGUEIRA et al., 2005).

A primeira linha de defesa ao déficit hídrico é o fechamento estomático, uma vez que a resistência difusiva ao vapor de água reduz a transpiração. No entanto, se essa situação se estende, acarretará prejuízo na capacidade fotossintética, uma vez que o suprimento de CO₂ torna-se reduzido (NOGUEIRA et al., 1998b, NOGUEIRA e SILVA, 2002), sobretudo no rendimento da produção de matéria seca (LARCHER, 2004).

Diversos autores têm pesquisado os efeitos do déficit hídrico sob as trocas gasosas (NOGUEIRA et al., 1998a; NOGUEIRA et al., 1998c; NOGUEIRA et al., 2000; NOGUEIRA e BARBOSA, 2000; NOGUEIRA e SILVA, 2002; SILVA et al., 2003) e a produção de matéria seca (BARBOSA et al, 2000; SILVA e NOGUEIRA, 2003; FIGUEIRÔA et al, 2004). No entanto, os trabalhos desenvolvidos com plantas de aroeira sobre este tema ainda são escassos, carecendo de informações. Desta forma, este trabalho objetivou avaliar os efeitos do déficit hídrico sobre as trocas gasosas, a produção de matéria seca e alocação de biomassa em plantas jovens de aroeira.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal - Departamento de Biologia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), no período de novembro de 2005 a fevereiro de 2006.

Para a condução deste experimento, foram utilizadas mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) com aproximadamente três meses de idade, cedidas pelo Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e propagadas sexuadamente. As mudas com cerca de 30cm de altura foram transferidas para vasos de polietileno contendo 5,5kg de terriço vegetal.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos hídricos (100% da capacidade de pote (CP); 75% CP; 50% CP e 25 % CP) com quatro repetições. A capacidade de pote foi calculada segundo metodologia descrita por Souza et al. (2000), com uma modificação (água adicionada pela superfície do substrato). O conteúdo de água foi adotado como a quantidade de água retida no solo após sofrer saturação e conseqüente ação da gravidade, até cessamento da drenagem. Esse método gravimétrico foi realizado com três vasos, com substrato seco ao ar.

Durante o período de aclimação de 15 dias, todos os recipientes foram mantidos na capacidade de pote (100% CP). Após esse período procedeu-se a diferenciação dos tratamentos hídricos. As superfícies dos vasos foram cobertas com um plástico opaco, no intuito de evitar a perda da água por evaporação do substrato. Para manter os níveis de água estabelecidos, a água perdida por transpiração foi repostada diariamente através da pesagem dos vasos, de acordo com cada nível de água. Para a realização desse procedimento, utilizou-se uma balança de marca Filizola com capacidade para 10kg.

As avaliações das trocas gasosas do vapor d'água foram realizadas diariamente às 12 horas, horário de maior demanda evaporativa verificada previamente através de um curso diário (Figura 1), utilizando-se um Porômetro de Equilíbrio Dinâmico da LICOR (modelo LI – 1600), onde foram mensuradas a transpiração (E) e a resistência difusiva (Rs) em folhas maduras e completamente expandidas, localizadas no terço médio das plantas. De forma simultânea foram registradas a umidade relativa do ar (UR), a temperatura do ar (T_{ar}) e a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) por meio de um sensor quântico acoplado ao mesmo Porômetro. O DPV foi calculado a partir dos dados de T_{ar} e da UR.

No final do experimento as plantas foram colhidas, separadas em folhas, caules e raízes, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação de ar forçada a 65 °C, até atingirem peso constante. A determinação do peso da matéria seca das folhas (MSF), dos caules (MSC), das raízes (MSR) e a matéria seca total (MST) foram feitas utilizando-se uma balança analítica com duas casas decimais da marca Kratos – CAS, modelo ELB 300. Com os dados da matéria seca calculou-se a alocação de biomassa para as folhas (ABF), caules (ABC) e raízes (ABR) e a relação raiz parte aérea (R/Pa) segundo Benincasa (1988).

Os dados foram submetidos à estatística descritiva e análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e correlação linear simples, para estimar o grau de relação entre os pares de variáveis fisiológicas e climáticas, utilizando-se o programa STATISTIX 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental, a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) variou em média de $108,4\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a $466,8\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, a umidade relativa do ar (UR) de 32,5% a 53,5%, a temperatura do ar (T_{ar}) de 27,4°C a 33,4°C, e o déficit de pressão de vapor (DPV) variou em média de 1,7kPa a 3,4kPa (Quadro 1).

Foram observadas variações nas taxas de transpiração das plantas ao longo do período experimental. Essas variações devem-se em parte às condições climáticas, como T_{ar} , UR e PAR (Figura 2). O déficit hídrico reduziu a transpiração (E) das plantas estressadas, sendo mais pronunciado no tratamento mais severo. Foi observado fechamento estomático aos 11 dias de tratamento hídrico nas plantas submetidas a 25% CP ($0,46\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), as quais recuperaram a transpiração após a reirrigação ($5,5\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) e mantiveram os estômatos abertos até o final do período experimental, ou seja, por mais 60 dias mantidas sob 25% CP (Figura 2). A literatura reporta que a deficiência hídrica afeta primeiramente o aparato

estomático, provocando o fechamento dos estômatos, porém quando as plantas passam por ciclos de seca, estas podem desenvolver certa resistência à falta de água, mantendo a transpiração por períodos mais longos (LARCHER, 2004). Os resultados encontrados no presente trabalho suportam essa afirmativa.

Nogueira et al. (1998), estudando três espécies lenhosas da caatinga, observaram que, a transpiração foi reduzida após 20 dias de suspensão de rega. O mesmo foi observado em plantas jovens de craibeira, tamboril e sabiá cultivadas sob 50%CP (SILVA et al., 2003) e em laranjeiras sob suspensão da irrigação (GOMES et al., 2004).

A transpiração (E) correlacionou-se positivamente com a temperatura do ar (Tar) e com o déficit de pressão de vapor (DPV), e de forma negativa com a UR e Rs em todos os níveis de água. Houve correlação com o PAR apenas nos tratamentos de 50% CP e 25% CP. Isso indica que os fatores climáticos também influenciaram na perda de água por transpiração, mesmos nas plantas submetidas a déficit hídrico (Quadro 2). Alguns pesquisadores têm observado a influência dos fatores climáticos como Tar, PAR, UR e DPV no comportamento estomático das plantas (NOGUEIRA et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2006).

O déficit hídrico provocou um aumento significativo na Rs das plantas estressadas, com os maiores valores observados após 11 dias de tratamento hídrico para as plantas submetidas a 25% CP ($29,3s.cm^{-1}$) como observado na figura 2. Após a reirrigação, a resistência diminuiu consideravelmente e mantiveram-se baixa, semelhante aos demais tratamentos, ao longo dos 60 dias subseqüentes (Figura 2). As plantas que reduzem a abertura dos estômatos em situação de déficit hídrico são mais conservativas no uso da água (CHAVES et al., 2004).

Silva et al. (2004), estudando o comportamento fisiológico de nove espécies da caatinga, observaram variações no comportamento estomático entre as mesmas. A maioria das espécies estudadas elevou a Rs nos horários mais quentes, permanecendo assim até o final do dia, enquanto outras, como *Croton campestris* e *Caesalpinia pyramidalis* reduziram os valores de Rs às 16 horas. Em contraste, Chaves et al (2004), avaliando clones de eucalipto plenamente irrigados e sob déficit hídrico, não observaram diferença significativa entre os tratamentos hídricos na condutância estomática (inverso da Rs). O comportamento observado na aroeira, fechando os estômatos quando cultivadas com 25% CP e mantendo-os abertos após a reirrigação sugerem um possível ajustamento da espécie as condições de seca.

A resistência difusiva (Rs) não apresentou correlação com a Tar, UR, PAR e DPV, demonstrando que a água foi o fator que realmente influenciou para o fechamento estomático (Quadro 2). Silva et al. (2003) também observaram que a Rs de plantas jovens de tamboril

(*Enterolobium contortisiliquum*) e craibeira (*Tabebuia áurea*) submetidas a dois regimes hídricos não apresentaram correlação com a UR, PAR e DPV.

O estresse hídrico provocou um maior acúmulo na MSF das plantas submetidas a 75% CP (9,72g.planta⁻¹), representando um acréscimo de 60% em relação ao tratamento de 100% CP (5,73g.planta⁻¹) (Figura 3). Porém, não houve diferença significativa entre os demais tratamentos hídricos (Figura 3). Quanto a MSC, apenas o tratamento de 75% CP (11,10g.planta⁻¹) diferiu significativamente do tratamento 25% CP (6,10g.planta⁻¹), como mostra a figura 3, não havendo diferença entre os demais tratamentos. Para a MSR e MST, não houve diferença significativa entre os níveis de água no solo (Figura 3). No entanto, de uma forma geral, observou-se uma tendência nas plantas do tratamento de 75% CP produzir maior quantidade de matéria seca do que os demais tratamentos hídricos (Figura 3). A variação na quantidade de MSF, MSC, MSR e MST foi em média de 5,08g.planta⁻¹ a 9,17g.planta⁻¹, de 6,10g.planta⁻¹ a 11,10g.planta⁻¹, de 7,12g.planta⁻¹ a 9,23g.planta⁻¹ e de 19,40g.planta⁻¹ a 29,50g.planta⁻¹, respectivamente.

Oliveira (2000), estudando o crescimento de mudas de gravioleira sob déficit hídrico, observou uma maior produção de matéria seca na raiz (8,44g.planta⁻¹) e na matéria seca total (30,95 g.planta⁻¹) em plantas de gravioleira sob 75% CP. Por outro lado, Santiago (2000), avaliando o crescimento de plantas jovens de sabiá, verificou que o déficit hídrico provocou reduções tanto na matéria seca das folhas, quanto na matéria seca do caule. Em adição, Leite (2003) verificou que o déficit hídrico não reduziu a MSR em clones de cajueiro anão-precoce, variedade EMBRAPA – 50.

A resposta das plantas ao déficit hídrico depende do estágio fenológico e genético das mesmas, da magnitude e da intensidade do estresse. Um déficit hídrico semi-moderado pode beneficiar o desenvolvimento das plantas favorecendo o crescimento e a produção de biomassa (PIMENTEL, 2004; TAIZ e ZEIGER, 2003), como observado no presente trabalho nas plantas do tratamento 75%CP.

Também não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para a alocação de biomassa das folhas (ABF), dos caules (ABC), das raízes (ABF) e a razão raiz parte aérea (R/Pa) (Figura 4).

A literatura reporta que, quando a planta é submetida a déficit hídrico severo, ela tende a investir mais no prolongamento da raiz do que na parte aérea, para absorver água nas zonas mais profundas do solo (BARROS e BARBOSA, 1995; BARBOSA et al. (2000); SILVA e NOGUEIRA, 2003). Isso foi verificado por Figueirôa et al. (2004) quando estudaram os efeitos do estresse hídrico no crescimento de *Myracrodruon urundeuva*. Os autores

observaram que houve uma maior alocação de biomassa para a raiz nas plantas sob 25% CP (43,6%) em relação aos tratamentos de 75%CP (22%) e 50% CP (18%), aumentando a R/Pa. O mesmo foi observado por Villagra e Cavagnaro (2006) em plantas de *Prosopis argentina* e *Prosopis alpataco* sob déficit hídrico. Este comportamento, no entanto, não foi observado no presente trabalho, uma vez que não houve reduções significativas na produção de matéria seca dos diversos órgãos.

CONCLUSÃO

As plantas de aroeira do tratamento 25% CP fecharam os estômatos após 11 dias de tratamento hídrico;

Plantas de aroeira se desenvolvem melhor quando cultivadas com suprimento hídrico de 75% CP.

A aroeira recuperou as trocas gasosas do vapor d'água após reirrigação, mantendo os estômatos abertos por períodos prolongados de déficit hídrico, sugerindo que a mesma desenvolveu uma certa resistência à redução do conteúdo hídrico no solo;

A aroeira é tolerante a baixos níveis de água no solo na fase inicial do desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L.S. **Avaliação Morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. ST. (A. ST.-HIL., A. JUSS. & CAMBESS.) RADL. (Vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira) produzidas em diferentes substratos.** 2005. 105f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ARAÚJO, E. L. **Estresses abióticos e bióticos como forças, modeladoras da dinâmica de populações vegetais da caatinga.** In: Nogueira et al. Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife: UFRPE, Imprensa universitária, 2005.500p.

BARBOSA, D. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; MELO FILHO, P. A. Comparative studies of growth in three species of “caatinga” submitted to water stress. **PHYTON**,v. 69, p. 45-50. 2000.

BARROS, L. M.; BARBOSA, D. C. A. Crescimento de *Acacia farnesiana* (L.) Willd em casa de vegetação. **Phyton**, 57: 179-91, 1995.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1988.42 p.

CHAVES, J. H. et al. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: relações hídricas de plantas em tubetes. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.3, p. 333-341, 2004.

DEGÁSPARI, C. H. **Propriedades antioxidantes e antimicrobianas dos frutos da aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi)**. 2004. 104f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N.; PRADO, M. R. M. Atividade antimicrobiana de *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 617-622, 2005.

FERNANDES, A. **Biodiversidade da caatinga**. In: Araújo et al. Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil. Recife: UFRPE, imprensa universitária, 2002. 298p.

FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Miracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta botânica brasileira**. v. 18, n. 3. p. 573-580, 2004.

GOMES, M. M. A. et al. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress. **Brazilian Journal Plant Physiology**. v. 16, n. 3, p. 155-161, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos – SP: Rima, 2004. 531p.

LEITE, F. V. A. **Respostas fisiológicas do cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.) ao déficit hídrico**. 2003. 73f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

LENZI, M.; ORTH, A. I. Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), em restinga da ilha de Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**. v. 17, n. 2, p. 67-89. 2004.

LIMA, E. O. et al. *Schinus terebinthifolius* Raddi: avaliação de espectro de ação antimicrobiana de seu extrato aquoso. **Infarma**, v. 16, n. 7-8, p. 83-86, 2004.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. v.1. São Paulo: Instituto Plantarum, 2002. 368p.

MACHADO, S. R.; GUERREIRO, S. M. C. Estrutura e desenvolvimento de canais secretores em frutos de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Acta Botânica Brasílica**, v.15, n.2, p. 189-195. 2001.

MARTINEZ, M. J.; GZÁLEZ, N. A.; BADELL, J. B. Actividad antimicrobiana del *Schinus terebinthifolius* Raddi (COPAL). **Revista Cubana Plant Med.** Cuba, v. 3, 1996.

NOGUEIRA, R. J.M. et al. Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim submetidas a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n.12, p.1963-1969, 1998a.

NOGUEIRA, J. M. C. R. *et al.* Curso diário do potencial hídrico foliar em cinco espécies da caatinga. **Revista Ecosistema**. v. 23, p. 73-77. 1998b.

NOGUEIRA, J.R.M.C.; BARBOSA, D. C. A.; MORAES, J. A.P. Trocas gasosas e relações hídricas em plantas jovens envasadas de três espécies da caatinga, submetidas à deficiência hídrica. **ΦYTON**, v.62, n. 1 e2, p. 37-46, 1998c.

NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Comportamiento estomático y tensión de agua en el xilema de dos genotipos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) cultivados bajo estrés hídrico. **Investigación Agraria: Producción Protección Vegetales**, v. 15, n.3, p. 213-225, 2000.

NOGUEIRA, R.J.M.C; BARBOSA, D. C. A. Comportamento fisiológico em plantas jovens de quatro espécies lenhosas da caatinga submetidas a dois ciclos de estresse hídrico. **ΦYTON**, v.68. p.97-106, 2000.

NOGUEIRA, R. J. M. C. SILVA, E. C. da. Comportamento estomático em plantas jovens de *Schinopsis brasiliensis* Engl. cultivadas sob estresse hídrico. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 57, n. 1, p. 31-38. 2002.

NOGUEIRA, R. J. M. et al. Curso diário das perdas de vapor d'água, da temperatura e do potencial hídrico da água da folha em germoplasma de carambola (*Averrhoa carambola* L.). **Acta Botânica Brasílica**, v. 16, n. 2, p. 217-223, 2002.

NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. **Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga**. In: Nogueira et al. Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife: UFRPE, Imprensa universitária, 2005.500p.

OLIVEIRA, D. V. **Aspectos do crescimento da gravioleira (*Annona muricata* L.) sob estresse hídrico**. 2000. 60p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife.

OLIVEIRA, et al. trocas gasosas de cafeeiros (*coffea arabica* l.) e seringueiras (*hevea brasiliensis muell.* arg.) em diferentes sistemas de cultivo na região de lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.197-206, 2006.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica, Rio de Janeiro: Edur, 2004. 191p.

SANTIAGO, A.M. P. **Aspectos do crescimento do sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) em função da disponibilidade de água no solo**. 2000. 63p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade federal Rural de Pernambuco. Recife.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa de vegetação. **Revista Ceres**, v. 50 n.288: 203-217, 2003.

SILVA, E.C. da et al. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 231-246, julho.2003.

SOUZA, C. C. et al. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrária e Ambiental**, v.4, n. 3, p.338-342. 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2003. 719p.

TURNER, N.C.; BEGG, J. E. Responses of pasture plants to water deficits. In: J. R. Wilson (org.) **plant Relations in Pastures**. Melbourne, C.S.I.O. p. 50-66, 1978.

VILLAGRA, P. E.; CAVAGNARO, J. B. Water stress effects on the seedling growth of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco*. **Journal of Arid Environments**. v.64. p. 390-400, 2006.

Quadro 1 – Valores médios da temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (UR) e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) durante o período experimental. Médias de quatro repetições \pm desvio padrão.

Table 1 - Means values of air temperature (Tar), relative humidity of the air (RH) and photosynthetically active radiation (PAR) during the experimental period. Means \pm standard-deviation of four replicates.

Dias após tratamento	Tar (°C)	UR (%)	PAR ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	DPV (kPa)
4	32,8 \pm 1,3	34,2 \pm 2,9	395,9 \pm 99,9	3,3 \pm 0,3
11	33,0 \pm 0,8	32,5 \pm 3,3	409,0 \pm 204,9	3,4 \pm 0,3
18	32,3 \pm 1,1	37,3 \pm 4,4	466,8 \pm 110,6	3,0 \pm 0,3
24	27,4 \pm 1,1	53,5 \pm 5,1	108,4 \pm 37,2	1,7 \pm 0,3
30	31,6 \pm 1,3	37,1 \pm 3,2	231,0 \pm 167,5	2,9 \pm 0,3
36	32,3 \pm 0,6	33,4 \pm 2,1	334,1 \pm 197,7	3,2 \pm 0,2
42	31,8 \pm 1,0	37,6 \pm 3,3	276,2 \pm 145,2	2,9 \pm 0,3
48	32,3 \pm 0,9	33,7 \pm 3,1	447,5 \pm 87,6	3,2 \pm 0,3
54	32,8 \pm 0,4	33,9 \pm 4,0	310,1 \pm 230,0	3,3 \pm 0,2
60	32,5 \pm 0,8	34,8 \pm 3,3	409,4 \pm 162,7	3,2 \pm 0,2
66	33,4 \pm 0,9	35,8 \pm 3,0	344,2 \pm 186,8	3,3 \pm 0,3
72	33,1 \pm 1,0	33,6 \pm 4,6	452,5 \pm 248,9	3,3 \pm 0,4

Quadro 2 – Matriz de correlação simples entre a resistência difusiva (Rs), a transpiração (E), a temperatura do ar (Tar), a umidade relativa do ar (UR) e a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico.

Table 2 – Correlation matrix among diffusive resistance (DR), transpiration (T), air temperature (AT), relative air humidity (RAH) and photosynthetically active radiation (PAR) in young aroeira plants (*Schinus terebinthifolius* Raddi) under water deficit.

Variáveis	100% CP	75% CP	50% CP	25% CP
E X Tar	0,4175*	0,4875*	0,5963**	0,4615*
E X UR	-0,6301**	-0,4269*	-0,5538**	-0,4764*
E X PAR	0,1897 ^{ns}	0,2555 ^{ns}	0,4169*	0,4365*
E X DPV	0,5542**	0,4830*	0,6104**	0,4818*
E X Rs	-0,7082**	-0,8347**	-0,8224**	-0,6706**
Rs X Tar	0,0922 ^{ns}	-0,0716 ^{ns}	-0,2173 ^{ns}	-0,0675 ^{ns}
Rs X UR	0,1355 ^{ns}	-0,0016 ^{ns}	0,1826 ^{ns}	0,0501 ^{ns}
Rs X PAR	0,0112 ^{ns}	-0,0110 ^{ns}	-0,1666 ^{ns}	-0,0957 ^{ns}
Rs X DPV	-0,0239 ^{ns}	-0,0372 ^{ns}	-0,1938 ^{ns}	-0,0444 ^{ns}

**,* Médias significativas não diferem ao nível de 1% e 5%, respectivamente, de acordo com o teste F.

^{ns} Não significativo pelo teste F (P<0,05).

**,* Means significantly different at 1% and 5% levels, respectively, according F test.

^{ns} Not significantly different by test F (P>0.05)

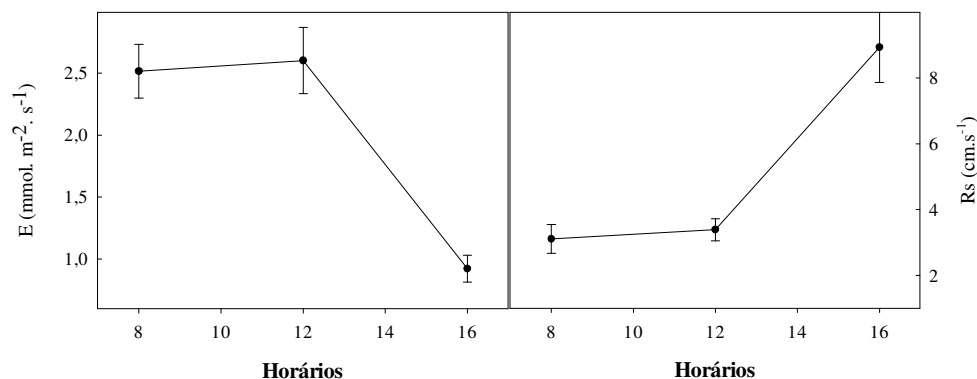


Figura 1 - Curso diário da transpiração (E) e da resistência difusiva (Rs) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) cultivadas na capacidade de campo em casa de vegetação.

Figure 1 – Daily course of the transpiration (T) and diffusive resistance (DR) in young aroeira plants (*Schinus terebinthifolius* Raddi) cultivated on field capacity in greenhouse conditions.

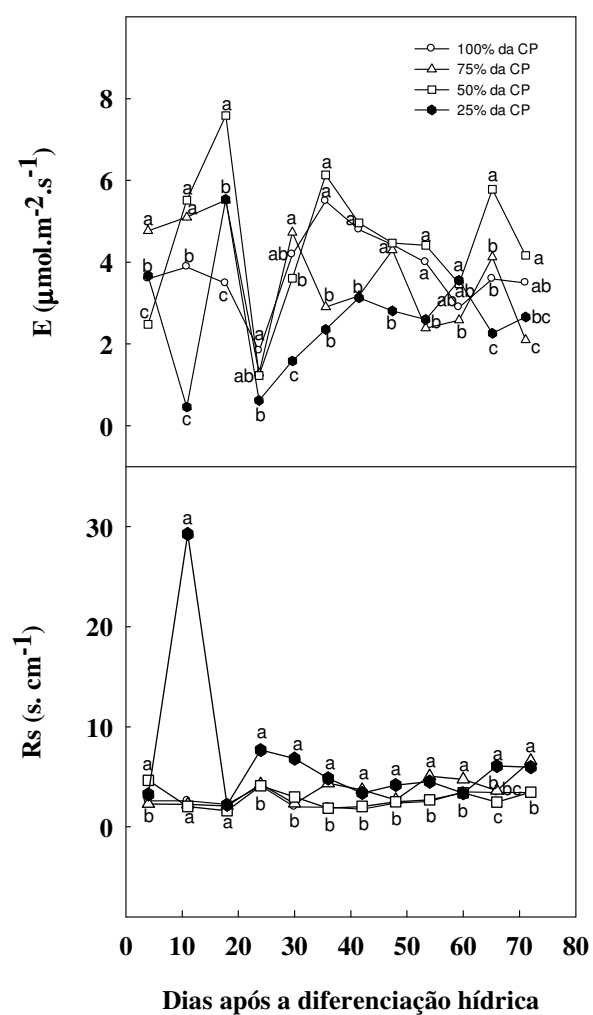


Figura 2 - Transpiração (E) e resistência difusiva (Rs) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico. Valores seguidos de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figure 2 - Transpiration (T) and diffusive resistance (DR) in young aroeira plants (*Schinus terebinthifoliuks* Raddi) under water deficit. Values followed by same letters do not differ significantly according to Tukey's multiple range test at $P < 0.05$.

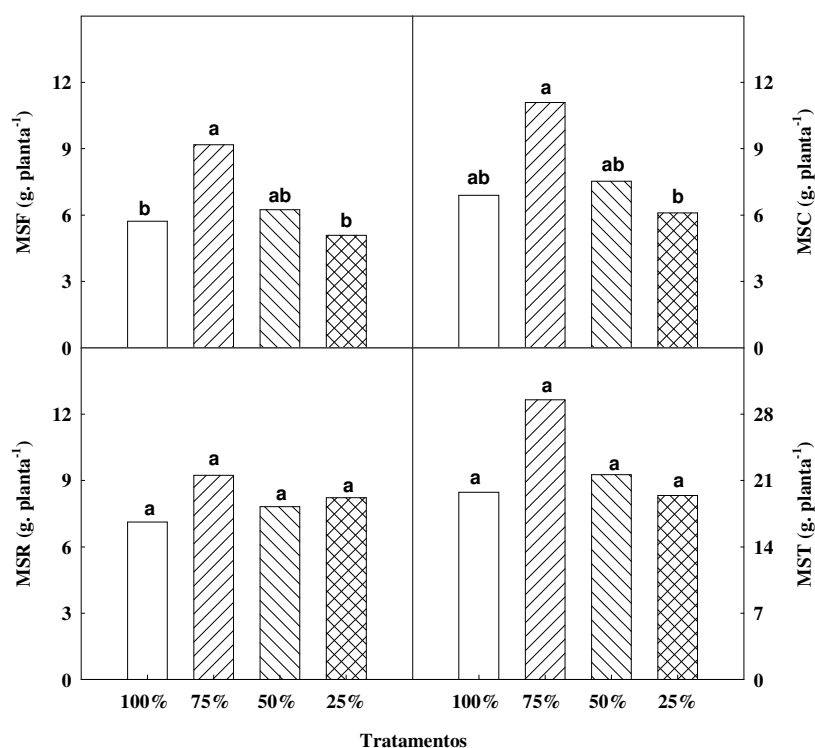


Figura 3 - Matéria seca das folhas (MSF), dos caules (MSC), das raízes (MSR) e matéria seca total (MST) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico. Tratamentos: 100% CP (Capacidade de pote) □, 75% CP ▨, 50% CP ▩ e 25% CP ▩▩. Médias seguidas por letras iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Figure 3 - Leaves (LDM), stems (SDM), roots (RDM) and total dry masses (TDM) in young aroeira plants (*Schinus terebinthifolius* Raddi) under water deficit. Treatments: 100% field capacity (FC) □, 75% FC ▨, 50% FC ▩ and 25% FC ▩▩. Values followed by same letters do not differ significantly according to Tukey's multiple range test at $P < 0.05$.

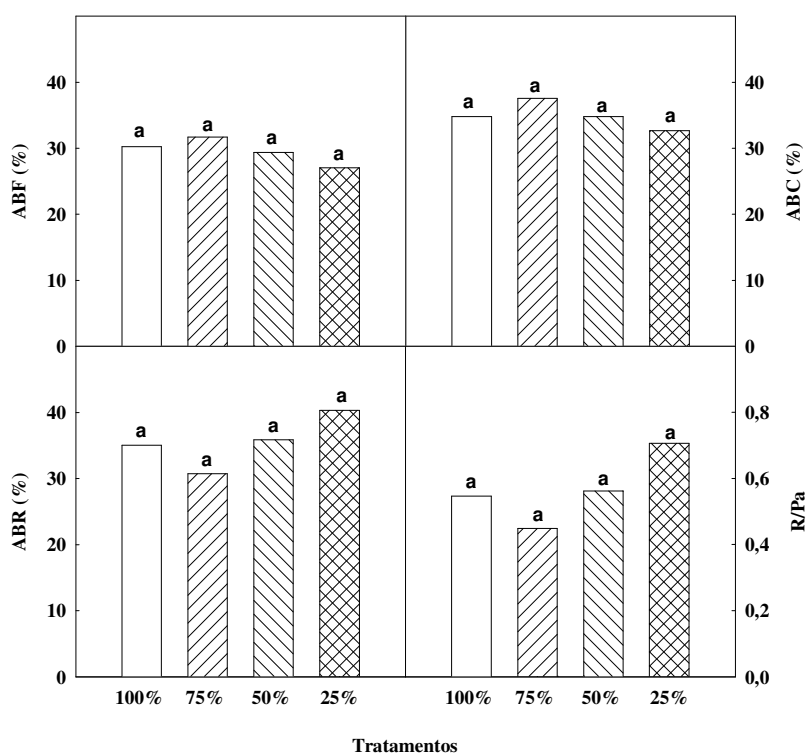






Figura 4 - Alocação de biomassa das folhas (ABF), dos caules (ABC) e das raízes (ABR) e Razão raiz parte aérea (R/Pa) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico. Tratamentos: 100% CP (Capacidade de pote), 75% CP, 50% CP e 25% CP. Médias seguidas por letras iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Figure 4 - Biomass allocation to leaves (BAL), stems (BAS) and roots (BAR) and root to shoot ratio (R/Sh) in young aroeira plants (*Schinus terebinthifolius* Raddi) under water deficit. Treatments: 100% field capacity (FC) , 75% FC , 50% FC  and 25% FC . Values followed by same letters do not differ significantly according to Tukey's multiple range test at $P < 0.05$.

6 CAPÍTULO 2

POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR E SOLUTOS ORGÂNICOS EM PLANTAS JOVENS DE AROEIRA SOB DÉFICIT HÍDRICO⁷

⁷ Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais – UFRPE e será enviado para publicação na Revista CERES.

POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR E SOLUTOS ORGÂNICOS EM PLANTAS JOVENS DE AROEIRA SOB DÉFICIT HÍDRICO⁸

Maria Alice Vasconcelos da Silva⁹

Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira¹⁰

Antônio Fernando Morais de Oliveira¹¹

Venézio Felipe dos Santos¹²

RESUMO

Com o objetivo de estudar os efeitos do déficit hídrico sobre o potencial hídrico foliar, acúmulo de carboidratos solúveis, prolina livre, proteínas solúveis e aminoácidos livres em plantas jovens de *Schinus terebinthifolius* Raddi., foi desenvolvido um trabalho em casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal, Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no período de novembro de 2005 a fevereiro de 2006. Utilizaram-se mudas com três meses de idade em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos hídricos (100% da capacidade de pote (CP); 75% CP; 50% CP; 25% CP) e quatro repetições. Após 72 dias de tratamento foi avaliado o potencial da água da folha (Ψ_f) às 12 horas e determinados os teores de carboidratos solúveis totais, prolina livre, proteínas solúveis e aminoácidos livres. O déficit hídrico reduziu o potencial hídrico foliar (Ψ_f) nas plantas do tratamento 50% CP (-2,2 MPa) quando comparado com o de 100% CP (-1,1

⁸ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor;

⁹ Mestranda em Ciências Florestais, PPCF/UFRPE;

¹⁰ Professora Doutora Adjunta do Departamento de Biologia, UFRPE, Bolsista CNPq;

¹¹ Professor do Departamento de Biologia, Universidade Federal de Pernambuco;

¹² Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – IPA.

MPa). O teor de carboidratos foi menor nos tratamentos de 75% e 50% CP. Com relação aos solutos compatíveis, houve um aumento do teor de carboidratos nas plantas sob 75%CP e 50%CP em relação às de 100% CP. O acúmulo de prolina não demonstrou diferença significativa entre os tratamentos. As plantas dos tratamentos de 75%CP apresentaram maior acúmulo de proteína em relação às de 100%CP. Nos aminoácidos, observou-se maior concentração nas plantas sob 50% CP do que nas de 100%CP. As plantas de aroeira sob 50%CP se ajustaram osmoticamente diminuindo o potencial e concentraram mais aminoácidos para manter as células hidratadas, demonstrando sensibilidade do metabolismo a situação de estresse.

Palavras-chave: *Schinus terebinthifolius*, proteínas, carboidratos, prolina, aminoácidos.

ABSTRACT

LEAF WATER POTENTIAL AND ORGANIC SOLUTES IN YOUNG AROEIRA PLANTS UNDER WATER DEFICIT

In order to evaluate the effects of water deficit on leaf water potential, soluble carbohydrates, free proline, soluble proteins and free amino acids contents in young *Schinus terebinthifolius* Raddi plants, a research was performed in greenhouse conditions at Laboratório de Fisiologia Vegetal, Departamento de Biologia of the Universidade Federal Rural de Pernambuco, from November, 2005 to February, 2006. Three-month-old seedlings were used in a entirely randomized experimental design, with four water treatments (100%, 75%, 50% and 25% to field capacity-FC), and four replicates. Leaf water potential (Ψ_f) was measured at midday after 72 days of

treatment. In addition, soluble carbohydrates, free proline, soluble protein and free amino acids contents were determined. Water deficit reduced leaf water potential in plants under 50% FC (-2.2MPa) when compared with plants under 100% FC (-1.1MPa). Carbohydrates content was lower in plants under 75% and 50% FC. Proline accumulation was not observed among treatments. Plants submitted to 75% FC showed higher protein content when compared with plants under 100% FC. In plants under 50% FC a higher amino acids accumulation was observed than in plants under 100% FC. The aroeira plants under 50%CP adjust osmotically itself decreasing water potential and concentrating more amino acids to stand the cells hydrated, showing metabolism sensibility in front of stress situation.

Key words: *Schinus terebinthifolius*, proteins, carbohydrates, proline, amino acids.

INTRODUÇÃO

A *Schinus terebinthifolius* Raddi é uma árvore pioneira, pertencente à família Anacardiaceae, de crescimento rápido, podendo atingir até 10 metros de altura (Lorenzi, 2002). É reconhecida popularmente como aroeira, aroeira-vermelha e aroeira-da-praia. Originou-se na América do Sul, onde é encontrada, principalmente, no Brasil, Paraguai, Uruguai e leste da Argentina. No Brasil, a sua ocorrência vai desde Pernambuco até o Rio Grande do Sul (Lorenzi, 2002). Floresce no período de setembro a janeiro (Lorenzi, 2002; Almeida, 2005) e frutifica entre os meses janeiro a julho (Lorenzi, 2002).

A *S. terebinthifolius* apresenta uma grande importância tanto do ponto de vista econômico como ecológico. No econômico, os frutos são muito usados na culinária

mundial como condimento, por seu sabor semelhante ao da pimenta-do-reino, proporcionando aroma e paladar forte aos alimentos com molho, além de requintar pratos (Degáspari *et al*, 2005). A sua madeira, por ser moderadamente pesada e de alta durabilidade, é utilizada para produção de lenha e carvão, construção de cercas, barreira para ventos ou substituindo arames (Gomes, 1988; Lorenzi, 2002; Degáspari, 2004; Almeida, 2005). Também possui propriedades terapêuticas (Martinez *et al*, 1996; Machado & Guerreiro, 2001; Lima *et al*, 2004; Degáspari *et al*, 2005; Scalon *et al*, 2006; Martinez *et al*, 1996) e é usada como planta forrageira (Baggio, 1988; Almeida, 2005).

Do ponto de vista ecológico, a aroeira pode ser utilizada para ornamentação, arborizando ruas e praças. O seu caule e a sua raiz, quando cortados, rebrotam facilmente. A raiz do tipo pivotante tem a capacidade de absorver água nas zonas mais profundas do solo (Baggio, 1988). Essas características da aroeira são devido à imensa plasticidade ecológica que dispõe, pois favorece a sua dispersão numa ampla distribuição geográfica; habitando diversas formações vegetais, sobrevivendo até seis meses com deficiência hídrica moderada no solo e podendo ser indicada para recuperar áreas degradadas (Lenzi & Orth, 2004).

A região Nordeste é caracterizada por apresentar um regime pluviométrico anual bastante irregular, com elevadas temperaturas e deficiência de água no solo durante boa parte do ano (Fernandes, 2002; Silva *et al.*, 2003). O efeito da deficiência hídrica causa diversas alterações metabólicas, acarretando mudanças na fisiologia da planta (Larcher, 2004). As plantas que habitam regiões de clima predominantemente semi-árido, respondem ao déficit hídrico de diversas formas para se ajustarem às condições de estresse. Esses mecanismos podem ser classificados de escape ou de tolerância à seca

(Araújo, 2005). O primeiro consiste em escapar à seca através de um ciclo de vida mais curto concentrado no único período chuvoso e a formação de um banco de sementes; o segundo pode ocorrer de duas maneiras: as plantas podem tolerar a seca fechando os estômatos nos horários de maior demanda evaporativa ou acumulando solutos compatíveis para reduzir o potencial hídrico interno das suas células, favorecendo a absorção de água do solo para manter o status hídrico (Turner, 1978; Nogueira *et al.*, 2005).

O potencial hídrico foliar é um parâmetro que descreve o estado energético da água no interior da planta, cujo gradiente vai depender do fluxo no sistema solo-planta-atmosfera, o qual varia ao longo do dia por ser muito sensível (Sergonci *et al.*, 2000). Quando a planta está submetida a déficit hídrico, o potencial da água da folha diminui, levando a desidratação dos tecidos e ao fechamento estomático (Pimentel, 2004; Nogueira *et al.*, 2005). Diversos autores têm observado essa redução no potencial hídrico foliar em plantas submetidas a déficit hídrico (Nogueira *et al.*, 1998a; Nogueira *et al.*, 1998b; Nogueira & Barbosa, 2000; Nogueira & Silva Júnior, 2000; Nogueira *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2003, Gomes, 2004; Gindaba *et al.*, 2005; Villagra & Cavagnaro, 2006). A redução do potencial hídrico foliar também pode ocorrer devido ao acúmulo de solutos compatíveis que contribuem para o ajustamento osmótico da planta (Larcher, 2004).

O ajustamento osmótico é um mecanismo fisiológico de grande importância para a manutenção da turgescência celular (Lima Filho *et al.*, 1992), favorecendo os processos de crescimento, divisão e expansão celular e a fotossíntese (Santos & Carlesso, 1998).

O ajustamento osmótico ocorre com o acúmulo de íons inorgânicos e solutos orgânicos de baixa massa molecular, como carboidratos solúveis, prolinas livres, proteínas e aminoácidos livres totais, que contribuem para a manutenção da turgescência celular (Nepomuceno, 2001).

Os carboidratos são os solutos orgânicos que mais se acumulam em plantas sob déficit hídrico (Azevedo Neto, 2005). Esse aumento pode ocorrer tanto pela síntese como pela degradação do amido em açúcares (Pimentel, 2005). Alguns trabalhos relacionam o aumento da concentração de açúcares solúveis com o déficit hídrico (Sircelj *et al.*, 2005; Knipp & Honermeier, 2006).

Os aminoácidos são conhecidos na forma livre ou agrupados. Eles atuam na fase intermediária do metabolismo, sendo precursores importantes. O metabolismo dos aminoácidos também pode ser afetado pelo déficit hídrico, podendo haver acúmulo dos mesmos em situações de estresse (Yemm & Cocking, 1955). Esse comportamento foi observado por Pinheiro *et al.* (2004) e Sircelj *et al.* (2005).

Entre os solutos compatíveis nitrogenados, a prolina é um dos aminoácidos mais estudados, sendo reportado como indicador de tolerância à seca em plantas sob estresse hídrico (Jharna *et al.*, 2001). Esse aminoácido age como osmoprotetor, protegendo as estruturas das membranas, enzimas e tecidos celulares (Sarker, 2005), além de atuar como antioxidante (Sircelj, 2005). Alguns autores relacionaram o acúmulo de prolina a tolerância à seca (Lima Filho *et al.*, 1992; Mansur & Barbosa, 2000; Nogueira *et al.*, 2001; Pinheiro *et al.*, 2004; Pagter *et al.*, 2005; Knipp & Honermeier, 2006).

O déficit hídrico compromete a síntese protéica e, conseqüentemente desencadeia uma interrupção da divisão celular, mesmo se o estresse for moderado

(Larcher, 2004). Além disso, quando a deficiência de água é severa pode acarretar a proteólise, o que aumenta o teor de aminoácidos livres no tecido (Pimentel, 2004).

Estudos envolvendo a fisiologia e a bioquímica de plantas sob deficiência hídrica é de suma importância para que se compreendam as diferentes respostas na habilidade da planta em tolerar à seca. Dessa forma, o presente trabalho objetivou estudar os efeitos do déficit hídrico sobre o potencial hídrico foliar, acúmulo de carboidratos solúveis, aminoácidos livres, prolina livre e proteínas solúveis em plantas jovens de *Schinus terebinthifolius* Raddi.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal - Departamento de Biologia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), no período de novembro de 2005 a fevereiro de 2006.

Para a condução deste experimento, foram utilizadas mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira), oriundas de propagação sexuada, com aproximadamente três meses de idade. As mesmas foram cedidas pelo Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). As mudas tinham em média 30cm de altura e foram transferidas para vasos de polietileno contendo 5,5kg de terriço vegetal, cuja análise de fertilidade encontra-se na tabela 1.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos hídricos [100% da capacidade de pote (CP); 75% CP; 50% CP; 25 % CP] com quatro repetições. A capacidade de pote foi calculada segundo metodologia de (Souza *et al.*, 2000), com uma modificação (água adicionada pela superfície do substrato). O conteúdo de água foi adotado como o conteúdo de água retido após sofrer

saturação e conseqüente ação da gravidade, até cessamento da drenagem. Esse método gravimétrico foi realizado com três vasos, com substrato seco ao ar. O substrato reteve 900ml de água, o qual correspondeu 100% CP. Este valor, acrescido do peso do substrato seco ao ar (5,5kg), foi considerado como tratamento controle (6,4kg). Os demais tratamentos foram calculados pelos percentuais estabelecidos. Durante o período de aclimação (15 dias) todos os recipientes foram mantidos na capacidade de pote. Após esse período, procedeu-se a diferenciação dos tratamentos hídricos. As superfícies dos vasos foram cobertas para evitar a perda excessiva de água por evaporação. Para manter os níveis de água estabelecidos, a água perdida por evapotranspiração foi repostada diariamente através da pesagem dos vasos, de acordo com cada nível de água. Para a realização desse procedimento, utilizou-se uma balança de marca Filizola com capacidade para 10kg.

Após 72 dias sob tratamento, foram coletadas três amostras do substrato de cada tratamento para determinação do percentual de umidade pelo método gravimétrico (Tabela 2).

O potencial hídrico foliar (Ψ_f) foi avaliado utilizando-se folhas localizadas no terço médio superior das plantas, as quais foram envolvidas em filme plástico, destacadas e colocadas em recipiente isolante térmico, devidamente refrigerado. As mesmas foram levadas ao Laboratório de Fisiologia Vegetal para a determinação do potencial hídrico utilizando-se uma Câmara de Pressão de Scholander (Scholander *et al.*, 1965).

Para as análises bioquímicas foram utilizadas as mesmas folhas do potencial hídrico. Pesou-se 1g de matéria fresca do limbo da folha, e triturou-se em almofariz com 5mL de solução tampão fosfato de potássio 100mM, pH 7,0 contendo EDTA a

0,1mM. A amostra triturada foi filtrada com um tecido de musselina e centrifugada a 1000 x g por 10 min, em centrífuga marca Minispin para eppendorf. O precipitado foi descartado e o sobrenadante foi utilizado como extrato para as análises dos teores de carboidratos solúveis, prolina livre, proteínas solúveis e aminoácidos livres totais.

Os carboidratos solúveis foram determinados a 490nm, pelo método de fenol-ácido sulfúrico (Dubois *et al.*, 1956) utilizando-se D-(+)-glucose como padrão. A concentração de prolina livre foi determinada a 520nm, pelo método da ninhidrina e ácido fosfórico (Bates, 1973), utilizando-se a prolina como padrão. A determinação de proteína foi realizada a 595nm, pelo método da ligação ao corante coomassie brilliant blue (Bradford, 1976), utilizando-se albumina sérica bovina como padrão. Os aminoácidos foram analisados a 570nm, pelo método de ninhidrina (Yemm & Cocking, 1955), utilizando-se glicina como padrão.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do programa STATISTIX 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O déficit hídrico provocou reduções no potencial hídrico foliar (Ψ_f) das plantas submetidas a 50% CP, cujo valor médio foi de $-2,21\text{MPa}$, em relação ao controle 100% CP e ao 75% CP que obtiveram em média um potencial de $-1,15\text{MPa}$ e $-1,39\text{MPa}$ (Figura 1); porém as plantas do tratamento 25% CP não apresentaram diferença significativa em relação aos demais tratamentos ($-1,87\text{MPa}$) como mostra a figura 1.

Para que a planta absorva água do solo, o potencial hídrico de suas raízes deve ser menor do que o da água no solo. O déficit hídrico provoca perda de turgescência foliar,

conseqüentemente reduzindo o potencial hídrico foliar (Taiz & Zeiger, 2003). A redução do Ψ_f , no entanto, é necessária para que haja o influxo de água para o interior do vegetal.

Reduções nos valores do Ψ_f em espécies submetidas a déficit hídrico têm sido reportadas na literatura para *Senna martiana*, *Senna occidentalis* e *Parkinsonia aculeata* (Nogueira *et al.*, 1998a), *Senna spectabilis*, *Caesalpinia ferrea* e *Caesalpinia pyramidalis* (Mansur & Barbosa, 2000), *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Tabebuia aurea* (Silva *et al.*, 2003).

Nogueira *et al.*, (1998) estudando o potencial hídrico de duas cultivares de amendoim (IAC Tupã e Nigéria 55437) sob déficit hídrico, verificaram que o potencial hídrico foliar foi menor nas plantas estressadas (-1,8MPa) do que nas do controle (-0,9MPa). Chaves *et al.*, (2004) estudando cinco clones de eucalipto submetidos à deficiência hídrica, observaram que o potencial hídrico diminuiu nos clones 0063, 0321, 1277 sob déficit hídrico.

O potencial hídrico da folha não só é reduzido pela diminuição da turgescência, quando a planta está submetida à deficiência hídrica, como também pelo acúmulo de solutos compatíveis que respondem de forma lenta a desidratação do tecido vegetal (Cairo, 1995).

O teor de carboidratos nas folhas reduziu nos tratamentos de 75%CP e 50%CP, porém não houve diferença significativa nas plantas submetidas a 25%CP quando comparadas com as de 100%CP (Figura 2). Os valores médios das concentrações de carboidratos variaram em média de 71,64mmol.g-1MF a 89mmol.g-1MF entre os regimes hídricos.

De forma semelhante, Leite (2003) estudando o efeito do déficit hídrico em plantas jovens de cajueiro anão-precoce verificou que as concentrações de carboidratos solúveis totais decresceram gradativamente com a redução da umidade do solo.

Com relação à concentração de prolina livre, o déficit hídrico não afetou significativamente a concentração deste soluto, não havendo diferença significativa entre os tratamentos. Os valores médios variaram de 0,08mmol.g⁻¹MF a 0,13mmol.g⁻¹MF (Figura 6).

A literatura reporta que o aumento de prolina na planta refere-se um indicativo de tolerância à seca (Jharna *et al.*, 2001), o que não foi o caso do presente estudo.

Knipp & Honermeier (2006), estudando os efeitos do estresse hídrico na acumulação de prolina em plantas de batatas geneticamente modificadas, verificaram que houve uma diminuição no teor de prolina no tratamento mais severo.

Resultados contrários aos do presente trabalho foram encontrados por Marin *et al* (2006) quando estudaram duas cultivares de feijão sob baixa disponibilidade hídrica no solo. Os autores verificaram que houve acúmulo de prolina na cultivar IAC Fava Larga sob déficit hídrico mais severo. Em adição, Fumis & Pedra (2002) trabalhando com dois cultivares de trigo sob déficit hídrico, verificaram que o teor de prolina foi mais elevado para uma determinada cultivar do que para a outra.

O acúmulo de prolina livre como resposta ao estresse hídrico tem sido discutido por Nogueira *et al.*, 1998; Knipp & Honermeier, 2005; Sarker *et al.*, 2005; Hong-Bo *et al.*, 2006.

Houve um aumento de 46,5% no teor de proteínas solúveis totais nas plantas do tratamento 75% CP quando comparadas com as de 100%CP (Figura 2). No entanto,

não foi observada diferença significativa entre os demais tratamentos hídricos. A concentração de proteína variou em média de 2,59mg.g-1MF a 3,79mg.g-1MF .

O aumento desse teor de proteína pode estar relacionado com o aumento da atividade metabólica protéica ou pela diminuição da proteólise.

Estes resultados diferem dos encontrados na literatura. Alguns trabalhos demonstraram que o nível de proteína diminui quando a planta está em situação de deficiência hídrica, devido à supressão na síntese (Chernyad'ev, 2005).

Segundo Pimentel (2004) a deficiência hídrica quando é leve induz a redução do processo metabólico das proteínas e, quando a deficiência for moderada provoca a degradação da proteína em aminoácidos.

Também foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos com relação à concentração de aminoácidos livres. O estresse hídrico provocou um aumento significativo no teor de aminoácidos nas plantas dos tratamentos 75%CP, 50%CP e 25%CP. O maior aumento foi nas plantas de 50% CP, representando 219,8% quando comparado com as plantas do tratamento 100% CP. O acúmulo de aminoácidos esteve relacionado também com a diminuição do Ψ_f para o tratamento de 50%CP.

Ashraf & Iram (2005) estudando a os efeitos da seca induzida nas mudanças de algumas substâncias orgânicas em nódulos e várias partes de duas plantas leguminosas, verificaram que o déficit hídrico causou uma maior concentração de aminoácidos livres nas folhas de *Phaseolus vulgaris*.

CONCLUSÕES

O potencial hídrico foliar foi afetado apenas nas plantas de 50% CP, que pode ser explicado pelo maior acúmulo de aminoácidos neste tratamento e também nas plantas do tratamento 75% CP.

Como as plantas do tratamento 75% CP se mostraram mais desenvolvidas em relação às demais, houve maior acúmulo de proteínas.

O teor de carboidratos solúveis, em relação ao tratamento 100% CP, reduziu nos tratamentos 75% CP e 50% CP.

Diferente dos demais solutos orgânicos, a concentração de prolina não foi afetada pelo déficit hídrico.

Os resultados demonstraram que a aroeira apresentou mudanças metabólicas na tentativa de tolerar o déficit hídrico imposto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO NETO AD (2005) Aspectos fisiológicos do estresse salino em plantas de milho. Tese de doutorado. Ceará, Universidade Federal do Ceará. 149p.

ALMEIDA LS (2005) Avaliação Morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. ST. (A. ST.-HIL., A. JUSS. & CAMBESS.) RADL. (Vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira) produzidas em diferentes substratos. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 105p.

ARAÚJO EL (2005) Estresses abióticos e bióticos como forças, modeladoras da dinâmica de populações vegetais da caatinga. In: Nogueira RJMC, ARAÚJO EL, WILLADINO LG & CAVALCANTE UMT (Eds.). Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife: UFRPE. 500p.

ASHRAF M, IRAM A (2005) Drought stress induced changes in some organic substances in nodules and other plant parts of two potential legumes differing in salt tolerance. *Flora* 200: 535–546.

BAGGIO AJ (1988) Aroeira como potencial para usos múltiplos na propriedade rural. *Boletim de Pesquisa Florestal* 17: 25-32.

BATES LS (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. Short communication. *Plant and Soil* 39: 205-207.

BRADFORD MM (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.

CAIRO PAR (1995) Curso básico de relações hídricas de plantas, Vitória da Conquista-BA, UESB. 32p.

CHAVES JH, REIS GG, REIS MGF, NEVES JCL, PEZZOPANE JEM & POLLI HQ (2004) Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: relações hídricas de plantas em tubetes. *Revista Árvore* 28: 333-341.

CHERNYAD'EV II (2005) Effect of Water Stress on the Photosynthetic Apparatus of Plants and the Protective Role of Cytokinins: A Review. *Applied Biochemistry and Microbiology* 41: p.115-128.

DEGÁSPARI CH, WASZCZYNSKYJ N, PRADO MRM (2005) Atividade antimicrobiana de *Schinus terebinthifolius* Raddi. *Ciênc. agrotec.* 29: 617-622.

DEGÁSPARI CH (2004) Propriedades antioxidantes e antimicrobianas dos frutos da aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 104f.

DUBOIS M, GILLES KA, HAMILTON JK, REBERS PA & SMITH F (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28: 350-356.

FERNANDES A (2002) Biodiversidade da caatinga. In: Araújo EL, Moura NA, Sampaio EVSB, Gestinari LMS & Carneiro JMT (Eds). *Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil*. UFRPE. 298p.

FUMIS TF & PEDRAS JF (2002) Variação nos níveis de prolina, diamina e poliaminas em cultivares de trigo submetidas a déficits hídricos. *Pesquisa. agropecuária brasileira* 37: 449-453.

GINDABA J, ROZANOV B, A & NEGASH L (2005) Photosynthetic gas exchange, growth and biomass allocation of two Eucalyptus and three indigenous tree species of Ethiopia under moisture deficit. *Forest Ecology and Management* 205: 127–138.

GOMES MMA, LAGÔA AMMA, MEDINA CL, MACHADO EC & MACHADO MA (2004) Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange tress submitted to drought stress. *Brazilian Journal Plant Physiology* 16: 155-161.

JHARNA DE, CHOWDHURY BLD, HAQUE MA, BHUIYAN MRH & HUSAIN MM (2001) Biochemical screening of some groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes for drought tolerance. *Online Journal of Biological Sciences* 1: 1009-1011.

KNIPP G & HONERMEIER B (2006) Effect of water stress on proline accumulation of genetically modified potatoes (*Solanum tuberosum* L.) generating fructans. *Journal of Plant Physiology* 163:392-397.

LARCHER W (2004) *Ecofisiologia vegetal. Revisão técnica.* São Carlos-SP: RIMA.531p.

LEITE FVA (2003) Respostas fisiológicas do cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.) ao déficit hídrico. Dissertação. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 73p.

LENZI M & ORTH AI (2004) Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), em restinga da ilha de Santa Catarina, Brasil. *Biotemas*. 17: 67-89.

LIMA FILHO JMP, DRUMOND MA & MACENO DS (1992) Comportamento fisiológico da leucena e albizia sob condições semi-áridas. *Pesquisa agropecuária brasileira*. 27: 537-542.

LIMA EO *et al.* (2004) *Schinus terebinthifolius* Raddi: avaliação de espectro de ação antimicrobiana de seu extrato aquoso. *Infarma*, v. 16, n. 7-8, p. 83-86,.

LORENZI H (2002) *Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 4. ed. v.1. São Paulo: Instituto Plantarum, 368p.

MACHADO SR & GUERREIRO SMC (2001). Estrutura de desenvolvimento de canais secretores em frutos de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). *Acta Botânica. Brasília*. 15 : 189-195.

MANSUR RJCN & BARBOSA DCA (2000) Comportamento fisiológico em plantas jovens de quatro espécies lenhosas da caatinga submetidas a dois ciclos de estresse hídrico. *ΦYTON* 68: 97-106.

MARIN A, SANTOS MM, BANZATTO DA & CODOGNOTTO LM (2006) Influência da disponibilidade hídrica e da acidez do solo no teor de prolina livre de guando. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 41: 355-358.

MARTÍNEZ MJ, GZÁLEZ NA, BADELL JB (1996) Actividad antimicrobiana del *Schinus terebinthifloius* Raddi (COPAL). *Rev. Cubana Plant Med*. 1:37-39.

NEPOMUCENO AL, NEUMAIER N, FARIAS JRB & OYA T (2001) Tolerância à seca em plantas: Mecanismos fisiológicos e moleculares. *Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento* 12-18.

NOGUEIRA RJMC, BARBOSA DCA, MORAES JAPV (1998a) Trocas gasosas e relações hídricas em plantas jovens de envasadas de três espécies da caatinga, submetidas à deficiência de água. *ΦYTON* 62: 37-46.

NOGUEIRA RJMC, SANTOS RC, BEZERRA NETO E & SANTOS VF (1998b) Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim submetidas adiferentes regimes hídricos. *Pesq. Agropec. Bras. Brasília* 33: 1963-1969.

NOGUEIRA RJMC, SILVA JÚNIOR JF, BEZERRA JEF, LEDERMAN IE, BURITY HA & SANTOS VF (2000) Comportamento estomático y tensión de água em el xilema de dos genótipos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) cultivados bajo estrés hídrico. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg* 15: 213-225.

NOGUEIRA RJMC, MORAES JAPV, BURITY HA & BEZERRA NETO E (2001). Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.*13: 75-87.

NOGUEIRA RJMC & SILVA JÚNIOR JF (2001) Resistência estomática, tensão de água no xilema e teor de clorofila em genótipos de gravioleira. *Scientia Agrícola*. 58: 491-495.

NOGUEIRA RJMC, ALBUQUERQUE MB & SILVA EC (2005). Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga. In: Nogueira RJMC, ARAÚJO EL, WILLADINO LG & CAVALCANTE UMT (Eds.). *Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas*. Recife: UFRPE. 500p.

PAGTER M, BRAGATO G & BRIX H (2005) Tolerance and physiological responses of phragmites australis to water deficit. *Aquatic Botany* 81: 285–299.

PIMENTEL C (2004). *A relação da planta com a água*. Seropédica, Rio de Janeiro: Edur,191p.

PIMENTEL C (2005) Respostas fisiológicas à falta d'água: limitação difusiva ou metabólica? In: Nogueira RJMC, ARAÚJO EL, WILLADINO LG & CAVALCANTE UMT (Eds.). Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife: UFRPE. 500p.

PINHEIRO C, PASSARINHO JÁ & RICARDO CP (2004) Effect of drought and rewatering on the metabolism of *Lupinus albus* organs. *Journal of Plant Physiology* 161:1203-1210.

SANTOS RF & CARLESSO R (1998) Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 2: 287-294.

SARKER BC, HARA M & UEMURA M (2005) Proline synthesis, physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. *Scientia Horticulturae* 103:387-402.

SCALON SPQ, MUSSURY RM, SCALON FILHO H & FRANCELINO CSF (2006) Desenvolvimento de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana*) sob condições de sombreamento. *Comunicação. Ciênc. agrotec* 30: 166-169.

SCHOLANDER PF, HAMMEL HT, HEMINGSEN EA & BRADSTREET ED (1965) Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. *Proceedings of National Academy Science* 51: 119-125.

SERGONCI JI *et al* (2000) Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. *Pesquisa agropecuária brasileira* 35: 1531-1540.

SILVA EC, NOGUEIRA RJMC, AZEVEDO NETO AD & SANTOS VF (2003) Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. *Acta Botânica. Brasília* 17: 231-246.

SIRCELJA H, TAUSZB M, GRILL D & BATIC F (2005) Biochemical responses in leaves of two apple tree cultivars subjected to progressing drought. *Journal of Plant Physiology* 162:1308-1318.

SOUZA CC, OLIVEIRA FA, SILVA IF & AMORIM NETO MS (2000) Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 4: 338-342. 2000.

TAIZ L & ZEIGER E. (2003) *Fisiologia Vegetal*, 3nd ed. Porto Alegre, Artmed., 719p.

TURNER NC & BEGG JE (1978) Responses of pasture plants to water deficits. In: J. R. Wilson (org.) *plant Relations in Pastures*. Melbourne, CSIRO p. 50-66.

VILLAGRA PE & CAVAGNARO JB (2006) Water stress effects on the seedling growth of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco*. *Journal of Arid Environments*. 64: 390-400.

YEMM E & WILLIS AJ (1954) The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *The Biochemical Journal* 57: 508-514.

Tabela 1 - Análise de fertilidade do terriço vegetal coletado nas proximidades do prédio da Biblioteca Central - UFRPE, e usado no experimento.

pH	P	Al⁺⁺⁺	Ca⁺⁺	Mg⁺⁺	K⁺	C.O	M.O.
				_____ cmol_c/dm³_____		_____ (g/Kg)_____	
5,48	163	0,10	2,60	1,30	0,90	16,05	27,67

Tabela 2 - Porcentagem da umidade do substrato no final do experimento.

Tratamentos	Umidade do solo (%)
100% CP	100,00
75% CP	58,12
50% CP	56,05
25% CP	39,89

CP = Capacidade de pote.

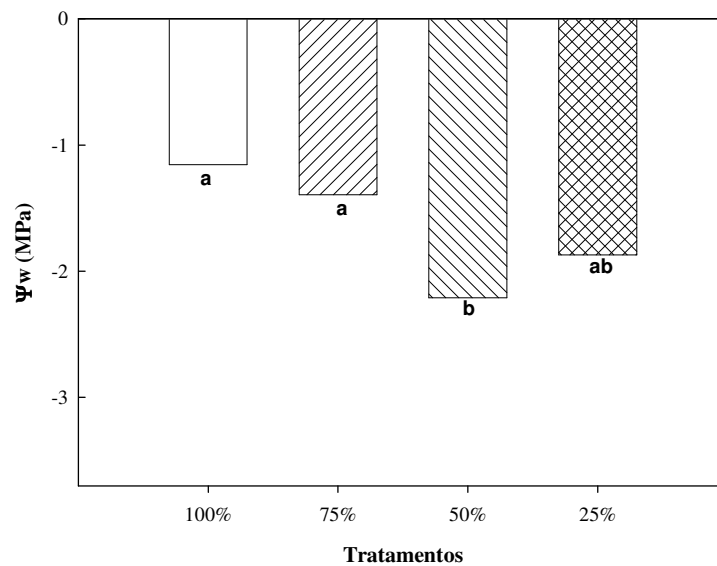






Figura 1 - Potencial hídrico foliar (Ψ_f) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico. Tratamentos: 100% CP (Capacidade de pote) , 75% CP , 50% CP  e 25% CP . Médias seguidas por letras iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

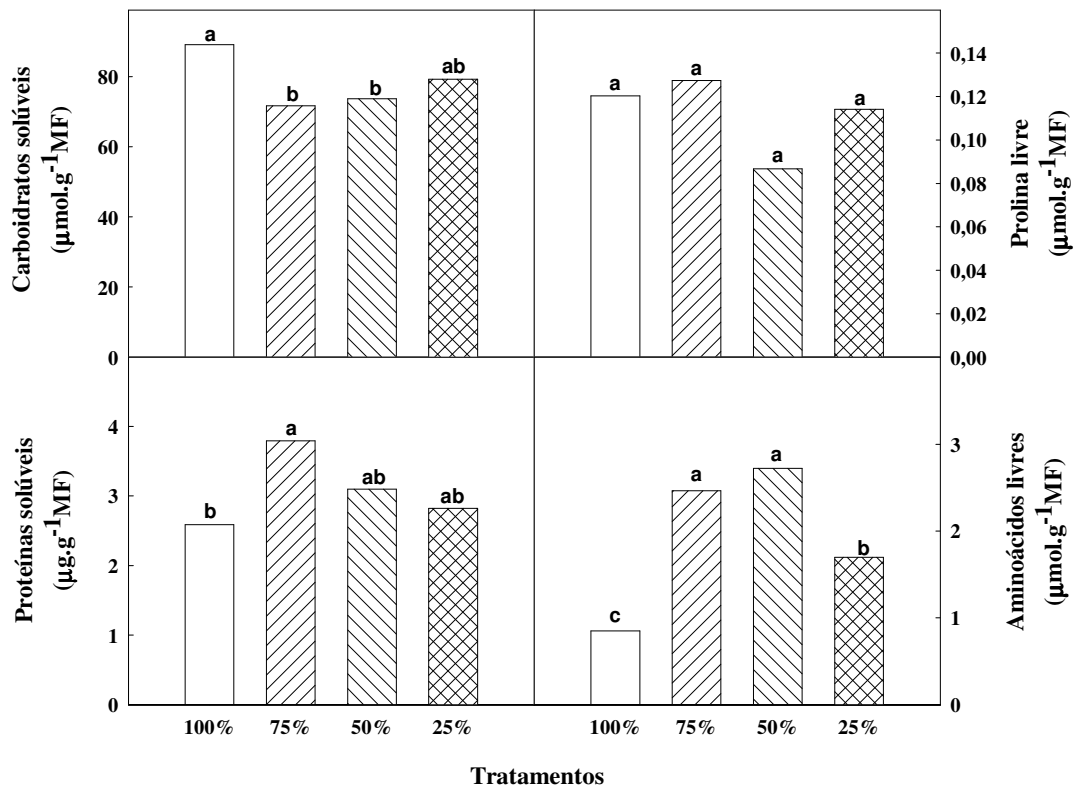






Figura 2 - Valores médios dos teores de carboidratos solúveis, prolina livre, proteína livre e aminoácidos em folhas de plantas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico. Tratamentos: 100% CP (capacidade de pote) , 75% CP , 50% CP  e 25% CP .

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na região do Nordeste, a intensificação do desmatamento das florestas pela ação antrópica vem se intensificando muito ultimamente, principalmente no semi-árido nordestino, devido ao uso não racional e não organizado da exploração das espécies arbóreas para fins lucrativos e também para o próprio consumo, sem levar em consideração a importância ecológica e o conhecimento das mesmas (JUVENAL & MATTOS, 2002).

A literatura reporta que a deficiência hídrica afeta primeiramente o aparato estomático, provocando o fechamento dos estômatos, porém quando as plantas passam por ciclos de seca, estas podem desenvolver certa resistência à falta de água, mantendo a transpiração por períodos mais longos (LARCHER, 2004). Esse fato foi observado no décimo primeiro dia de tratamento nas plantas de aroeira sob 25% CP, através do aumento da resistência difusiva e o cessamento da transpiração. Após apresentarem fechamento estomático aos 11 dias, as mudas de aroeira foram reirrigadas uma única vez para a capacidade de pote de 100%, recuperando a transpiração, a qual se manteve por mais 60 dias com os estômatos abertos, mesmo atingindo a disponibilidade de água para a capacidade de 25%. Isso denota que esta planta se ajustou à situação de seca, desenvolvendo tolerância às condições de cultivo. O estudo das trocas gasosas para esta espécie é muito importante, pois foi a primeira resposta da planta à deficiência hídrica para depois repercutir na produção de matéria seca.

Outro comportamento que se espera quando a planta está submetida à deficiência hídrica é a diminuição da produtividade. O déficit hídrico provocou reduções significativas nas MSF e MSC nas plantas de aroeira sob 25% CP; demonstrando alteração no desvio de translocação dos assimilados para as raízes, sendo que essa modificação não foi estatisticamente visível entre os diferentes níveis de umidade do solo para a MSR e MST.

A resposta das plantas ao déficit hídrico depende do estágio fenológico e genético das mesmas, da magnitude e da intensidade do estresse. Um déficit hídrico semi-moderado pode beneficiar o desenvolvimento das plantas favorecendo o crescimento e a produção de biomassa (PIMENTEL, 2004; TAIZ e ZEIGER, 2003), como foi observado nas plantas do tratamento 75%CP que produziram maior quantidade de matéria seca, vindo a se desenvolver melhor.

Embora não tendo mostrado significância para as variáveis (ABF, ABC, ABR e razão R/Pa), a translocação de assimilados foi levemente maior para o sistema radicular do que para parte aérea, nas plantas de 25% CP. Isso representa uma resposta da planta quando submetida a déficit hídrico, de investir mais no prolongamento da raiz para absorver água nas zonas mais profundas do solo (BARROS & BARBOSA, 1995; SILVA & NOGUEIRA, 2003).

O potencial hídrico foliar da aroeira reduziu de forma significativa, aos 72 de diferenciação hídrica para o tratamento de 50% CP, o qual obteve valor de -2,21MPa, porém, este valor não é considerado elevado quando comparado com as espécies *Senna occidentalis* (-2,69MPa), *Parkinsonia cculeata* (-3,12MPa) com 20 dias de suspensão de rega (NOGUEIRA et al., 1998).

Em relação aos solutos compatíveis em folhas, verificou-se uma diminuição no teor de carboidratos nas plantas sob 75%CP e 50%CP. Para a prolina livre, o déficit hídrico não afetou de forma significativa todos os tratamentos. No entanto, para as proteínas só houve um maior acúmulo nas plantas submetidas ao tratamento 75% CP quando comparadas com as de 100% CP. Por outro lado, o déficit hídrico induziu um aumento de aminoácidos nos tratamentos de 75% e 50%, respectivamente, sendo que o acúmulo de aminoácido presente no nível de 50%CP foi relacionado com a diminuição do potencial hídrico foliar. Isso demonstra que a aroeira utiliza mecanismo de ajustamento osmótico para superar períodos longos de seca.

Dessa forma, o conhecimento obtido pela presente pesquisa possa contribuir para os trabalhos fisiológicos com deficiência hídrica na fase inicial de desenvolvimento da aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para suprir a literatura, a qual se encontra escassa nessa área, além de despertar estudos futuros dessa espécie em áreas semi-áridas, no intuito dela poder recuperar esses ambientes degradados pelo homem e até desviar a ação exploradora das espécies nativas para si.

7.1. Referências Bibliográficas

BARROS, L. M.; BARBOSA, D. C. A. Crescimento de *Acacia farnesiana* (L.) Willd em casa de vegetação. **Phyton**, 57: 179-91, 1995.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L.G. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3-30, 2002.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos – SP: Rima, 2004. 531p.

NOGUEIRA, J.R.M.C.; BARBOSA, D. C. A.; MORAES, J. A.P. Trocas gasosas e relações hídricas em plantas jovens envasadas de três espécies da caatinga, submetidas à deficiência hídrica. **PHYTON**, v.62, n. 1 e2, p. 37-46, 1998.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica, Rio de Janeiro: Edur, 2004. 191p.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa de vegetação. **Revista Ceres**, v. 50 n.288: 203-217, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

8. ANEXOS

8.1 Tabelas de análise de variância

Tabela 1 – Síntese da análise de variância para a resistência difusiva (R_s) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Dias	12	13,68	104,08*
Tratamentos x dias	36	3,92	30,10*
Resíduos	144	0,13	
CV %		10,78	

* = F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2 – Síntese da análise de variância para a transpiração (E) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Dias	12	17,71	229,51*
Tratamentos x dias	36	4,39	56,92*
Resíduos	144	0,07	
CV %		7,41	

* = F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Síntese da análise de variância para o potencial hídrico foliar (ψ_f) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F
Tratamentos	03	0,89	6,4*
Resíduo	12	0,14	
CV %		22,5	

* = F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Síntese da análise de variância para as matérias secas das folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR) e matéria seca total (MST) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico.

Quadrado Médio					
Fontes de Variação	GL	MSF	MSC	MSR	MST
Tratamentos	03	13,05*	19,39*	3,12ns	89,21 ns
Resíduo	12	2,54	5,08	12,62	47,37
CV%		24,3	28,5	43,8	30,51

* = F significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns = F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5 - Síntese da análise de variância para as alocações de biomassas das folhas (ABF), caules (ABC), raízes (ABR) e a razão raiz parte aérea (R/Pa) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico.

Quadrado Médio					
Fontes de Variação	GL	ABF	ABC	ABR	R/Pa
Tratamentos	03	15,17ns	16,28ns	61,58ns	0,45ns
Resíduo	12	23,47	12,74	32,62	0,27
CV%		16,4	10,2	16,1	28,9

* = F significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns = F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

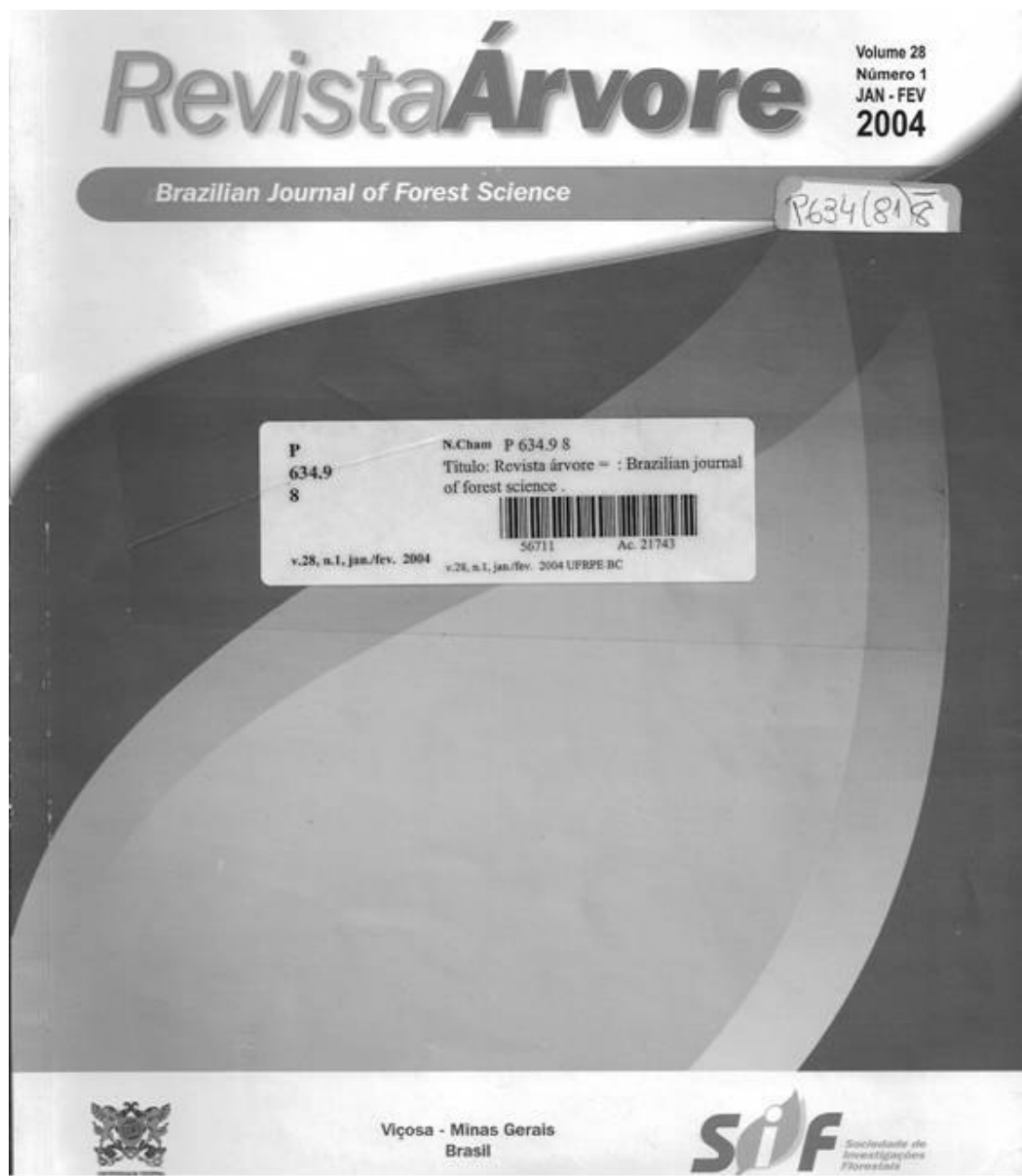
Tabela 6 - Síntese da análise de variância para carboidratos (C) solúveis, prolínas livres (PRO), proteínas (PROT) e aminoácidos livres (AA) em plantas jovens de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) sob déficit hídrico.

Quadrado Médio					
Fontes de Variação	GL	C	PRO	PROT	AA
Tratamentos	03	184,02*	0,95ns	0,81*	2,13*
Resíduo	08	20,64	0,50	0,14	0,83
CV%		5,8	19,9	12,5	14,9

* = F significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns = F não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

8.2 Normas para publicação das revistas **ÁRVORE** e **CERES**.



NORMAS PARA O PREPARO DE ORIGINALS DESTINADOS À PUBLICAÇÃO PELA SIF

Para publicar artigos na Revista Árvore, pelo menos um dos autores deverá ser assinante ou consultor

Primeira Etapa (exigida para aprovação – e remessa aos revisores)

O texto do trabalho deverá ter as seguintes características: espaço 1,5, em papel tamanho A4 (210 x 297 mm), com margens superior, inferior, esquerda e direita de 2,5 cm, fonte Times New Roman 13, e conter, no máximo, 16 laudas, incluindo quadros e figuras. Artigo com mais de 16 laudas, ou seja, acima de 8 páginas por artigo, terão os custos adicionais coberto pelo(s) autor(es) (R\$40,00/página).

O cabeçalho, na primeira página, deverá conter o título do trabalho (em português) e o(s) nome(s) do(s) autor(es), completo. No rodapé da primeira página, colocar o(s) endereço(s) do(s) autor(es). As notas de rodapé, na primeira página, no texto e nos quadros, serão indicadas por meio de números.

Títulos de quadros e figuras deverão ser escritos em português e inglês. Os quadros e as figuras deverão ser numerados com algarismos arábicos, ser indicados seus locais no texto e anexado(as) no final do artigo. Os títulos das figuras deverão aparecer na parte inferior das folhas, antecedidos da palavra FIGURA. Os traços horizontais devem ser usados para o cabeçalho e para indicar o fim do quadro; os verticais devem ser evitados. As fotografias deverão conter, no verso, o nome do autor, o título do artigo e o número da figura, a lápis. Fotos e Figuras deverão ser exclusivamente em preto e branco (em caso de páginas coloridas será cobrado R\$100,00/página).

O texto de um *artigo científico* deverá seguir a seqüência: TÍTULO DO ARTIGO EM PORTUGUÊS, RESUMO (seguido das palavras-chave), TÍTULO DO ARTIGO EM INGLÊS, ABSTRACT (seguido de key words); 1. INTRODUÇÃO (incluindo revisão de literatura); 2. MATERIAL E MÉTODOS; 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO; 4. CONCLUSÃO (se a lista de conclusões for relativamente curta, a ponto de dispensar um capítulo específico, ela poderá finalizar o capítulo anterior); 5. AGRADECIMENTOS (se for o caso); 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS. As *notas técnicas*, que poderão constar de até duas páginas da revista (4 laudas), não serão divididas em capítulos.

Os subcapítulos, quando se fizerem necessários, serão escritos com letras iniciais maiúsculas, antecedidas de dois números arábicos e colocadas em posição de início de parágrafo.

O resumo e o abstract deverão ser do tipo informativo, expondo os pontos relevantes do texto, relacionados com os objetivos, com a metodologia, com os resultados e com as conclusões, devendo ser compostos de uma seqüência corrente de frases e conter, no máximo, 250 palavras.

No texto, a citação de referências bibliográficas deverá ser feita da seguinte forma: colocar o sobrenome do autor citado com apenas a primeira letra maiúscula, seguido do ano, entre parênteses. Quando o autor fizer parte da sentença, no final do texto colocar entre parênteses o autor, seguido do ano, separados por vírgula. As referências bibliográficas utilizadas deverão ser preferencialmente de periódicos nacionais ou internacionais de níveis A/B do Qualis. A Revista Árvore adota as normas vigentes da ABNT 2002 - NBR 6023.

O(s) autor(es) deverá(ão) remeter ao Comitê Editorial da Revista Árvore um original e três cópias do artigo (nas cópias não constará a identificação do(s) autor(es)), devidamente paginados e acompanhados de uma carta afirmando não ter sido publicado ou submetido à publicação em outros meios de divulgação e, ainda, informando o CPF e endereço dos autores.

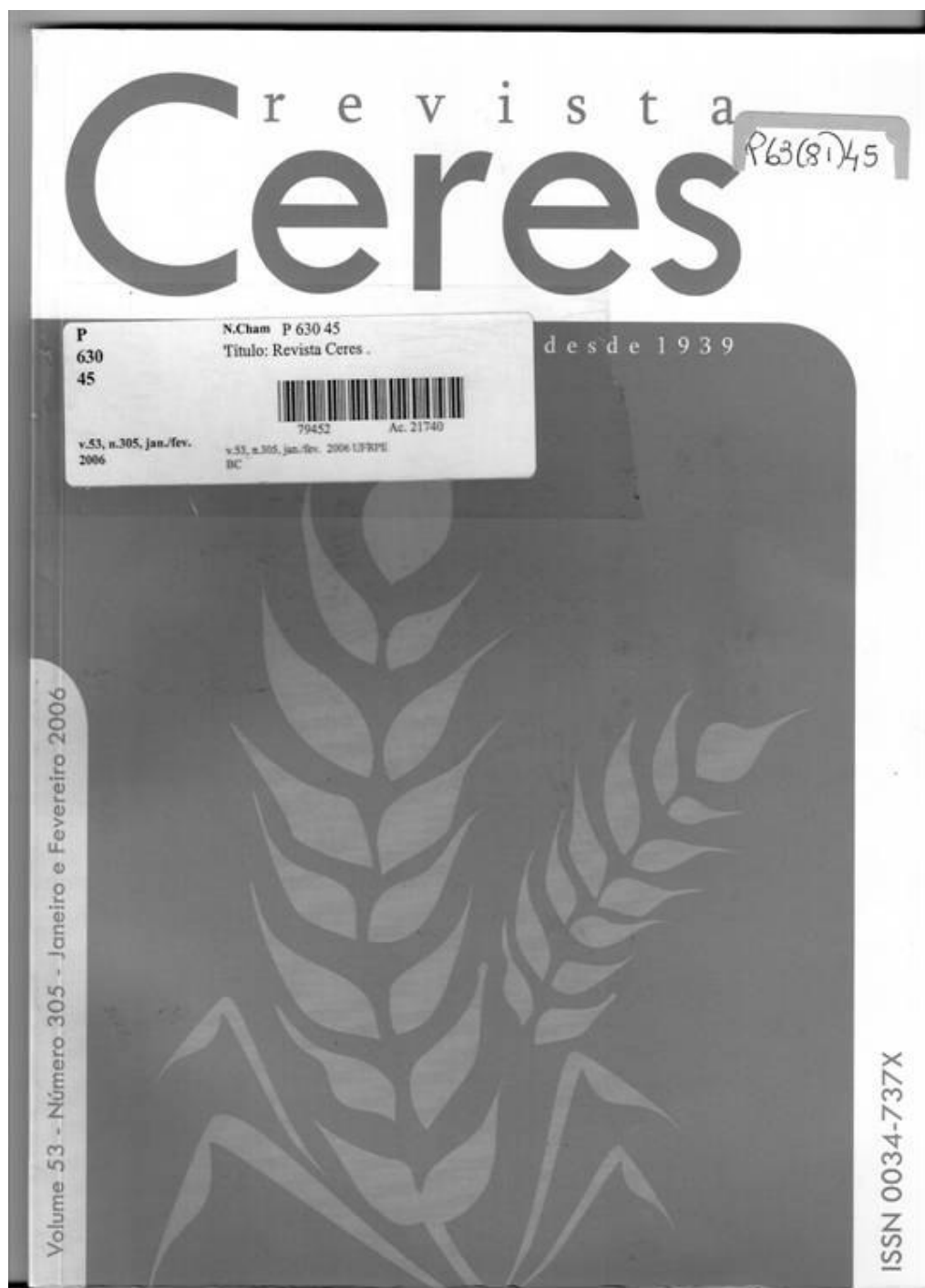
A Revista Árvore publica artigos em português, inglês e espanhol. No caso dessas duas línguas estrangeiras, será necessária declaração de revisão de um especialista, sendo obrigatório o resumo em português.

Recomenda-se consultar um exemplar recente da Revista Árvore e confirmar as normas antes de submeter o artigo.

Segunda Etapa (exigida para publicação)

Se o artigo for aceito para publicação, o(s) autor(es) deverá(ão) enviar o original, acompanhado de arquivo eletrônico, com um documento detalhando as correções efetuadas e, se for o caso, justificando aquelas não aceitas. Deverão acompanhar o artigo definitivo figuras em mídia de alta resolução. Só serão aceitos softwares compatíveis com Word for Windows.

Obs.: Os artigos que não se enquadrarem nas normas acima descritas, na sua totalidade ou em parte, serão devolvidos e perderão a prioridade da ordem seqüencial de publicação.



INSTRUÇÕES AOS AUTORES

1. São aceitos para publicação manuscritos originais de pesquisa nas áreas de ciências agrárias e biológicas (ver grandes áreas), não publicados e submetidos para publicação em outros periódicos.

2. Tipos de trabalhos

A Revista Ceres publica Artigos, Comunicações, Revisões (a convite) e Cartas ao Editor. Excetuando-se os dois últimos, os demais tipos de manuscritos são pré-analisados pela Comissão Editorial e por um Editor Associado da área específica. Os manuscritos pré-selecionados são submetidos à análise crítica de dois revisores escolhidos pelo Editor Associado. Revisões e Cartas ao Editor são pré-analisadas pela Comissão Editorial, que os enviará para revisão por dois Editores Associados.

Artigo

Deve relatar um trabalho original completo, em que a reprodutibilidade dos resultados está claramente estabelecida. O texto deve ter no máximo 25 páginas (ver item 3 para formato detalhado), incluindo-se as referências, figuras e tabelas. O texto deve ser organizado em Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Agradecimentos (se houver) e Referências. As figuras e tabelas devem ser alocadas individualmente (uma por página) após o item Referências, obedecendo a ordem de chamada no texto.

Comunicação

Deve relatar resultados conclusivos e não dados preliminares. É um formato alternativo para descrever, de forma mais concisa, resultados parciais de um trabalho mais amplo, ou de relatar resultados conclusivos baseados em um menor volume de dados. O texto completo deve ter no máximo 10 páginas (ver item 3 para formato detalhado) incluindo-se as referências, figuras e tabelas. A Comunicação conterá as informações organizadas conforme as seções de um artigo, porém sem os títulos Introdução, Material e métodos, Resultados e Discussão.

Revisão

Deve reportar, em profundidade, o estado-da-arte de determinado tema. Será apresentada a convite da

Comissão Editorial, com base em sugestões dos Editores Associados, sem limite de páginas.

Carta ao editor

Deve retratar, de forma informal, algum tema técnico-científico de interesse da comunidade de ciências agrárias ou biológicas. Sua publicação fica a critério da Comissão Editorial.

3. Estilo e Formato

Os trabalhos devem ser submetidos obrigatoriamente em dois formatos: CD-ROM e e-mail (ceres@ufv.br). O texto deve ser digitado em Microsoft Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, tamanho 12. O formato da página deverá ser A4, com margens de 3 cm.

As referências devem ser listadas por ordem alfabética. No texto, citá-las no formato (Autor, Ano), (Autor & Autor, Ano) ou (Autor *et al.*, Ano), conforme o caso.

As figuras e tabelas, todas alocadas em páginas individuais ao final do texto, devem ser numeradas com algarismos arábicos, ficando a legenda abaixo nas figuras, e acima nas tabelas. Figuras submetidas em formato eletrônico devem apresentar resolução mínima de 300 dpi, em formato TIFF ou JPG. O custo de publicação de fotografias coloridas será de responsabilidade dos autores.

As referências devem obedecer aos modelos abaixo:

a) Artigos de periódicos:

Francis CA, Prager M, Laing DR & Flor CA (1978) Genotype vs. environment in bush bean cultivars in monoculture and associated with maize. *Crop Science* 18:237-241.

b) Livros:

Walker JC (1957) *Plant pathology*, 2nd ed. New York, McGraw-Hill Book Co. 707p.

c) Capítulos em livros editados:

Costa EF, Brito RAL & Silva EM (1994) Cálculos e manejo da quimigação nos sistemas pressurizados. In: Costa