

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PPGA
NÍVEL MESTRADO

PRISCILLA ORO

**PERDA DE ELETRÓLITOS RADICULARES EM MUDAS DE *Peltophorum dubium* e
Enterolobium contortisiliquum SUBMETIDAS A DIFERENTES FREQUÊNCIAS DE
IRRIGAÇÃO DURANTE A RUSTIFICAÇÃO**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PPGA
NÍVEL MESTRADO

PRISCILLA ORO

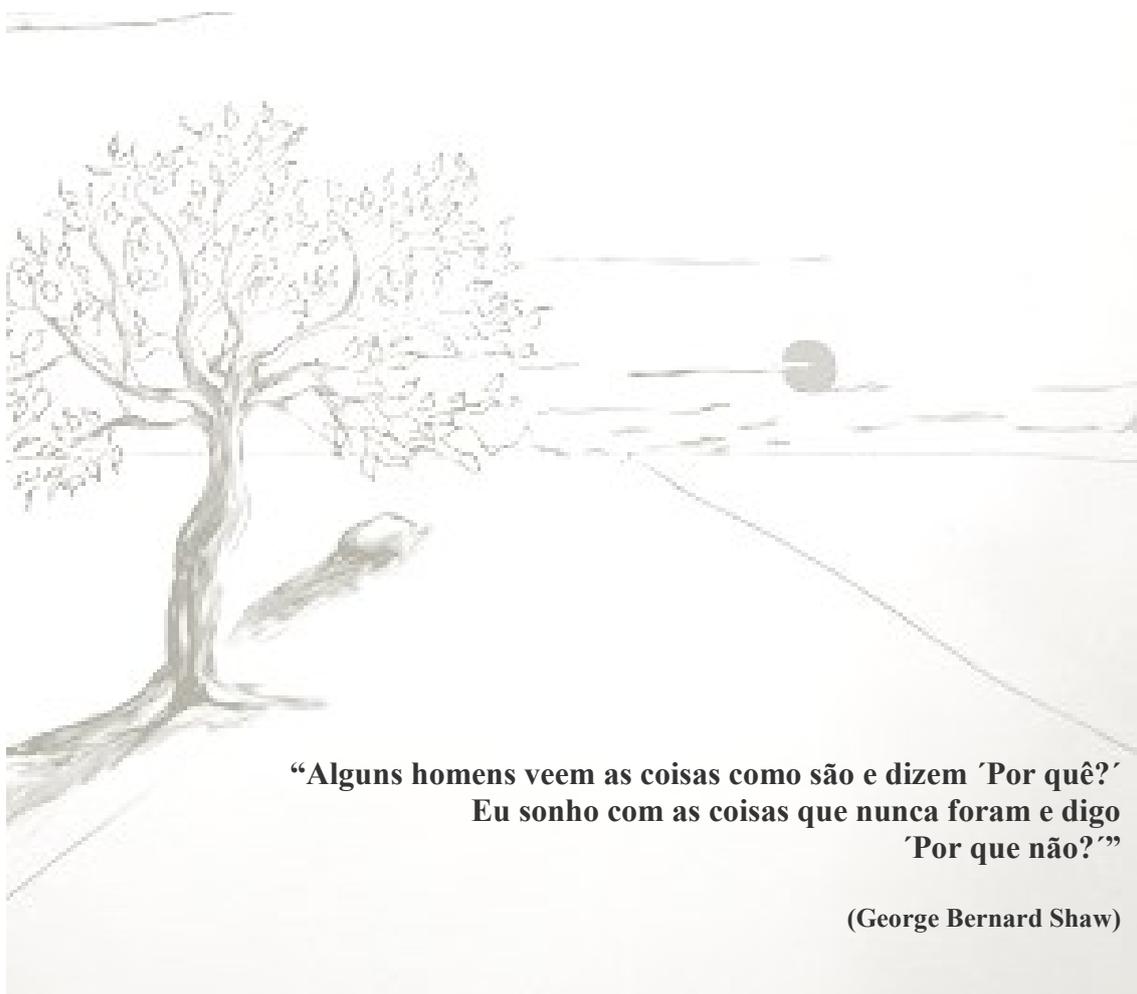
**PERDA DE ELETRÓLITOS RADICULARES EM MUDAS DE *Peltophorum dubium* e
Enterolobium contortisiliquum SUBMETIDAS A DIFERENTES FREQUÊNCIAS DE
IRRIGAÇÃO DURANTE A RUSTIFICAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte dos requisitos necessários a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Ubirajara Contro Malavasi
Co-orientadora: Marlene de Matos Malavasi

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2012



**“Alguns homens veem as coisas como são e dizem ‘Por quê?’
Eu sonho com as coisas que nunca foram e digo
‘Por que não?’”**

(George Bernard Shaw)

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Ubirajara Contro Malavasi por sua prestatividade e atenção, que sem dúvidas, foram imprescindíveis ao desenvolvimento deste trabalho. À minha co-orientadora Marlene de Matos Malavasi, principalmente pelos ensinamentos repassados em sala de aula. Sou grata pela oportunidade de ter trabalhado com vocês.

Ao departamento de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, que oportunizou a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Núcleo de Estações Experimentais pelo fornecimento das sementes.

A todos os professores do departamento de mestrado/doutorado que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

À minha mãe que ao passar de todos esses anos foi pai, mãe e amiga, me dando apoio em todos meus desejos e angústias. Meu exemplo de determinação e perseverança, te amo.

Ao pessoal do laboratório que sempre se dispôs a me ajudar de alguma forma, mas, principalmente, à minha amiga Vanessa Daniele Mattiello e ao João Lopes Dranski, que me ajudaram em todos os momentos.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho, ficam aqui meus agradecimentos.

RESUMO

A busca por testes alternativos que visem a caracterização da qualidade fisiológica de lotes de mudas florestais é de suma importância e se faz necessária. Desta forma, objetivou-se avaliar o emprego e a consistência do teste de perda de eletrólitos radiculares na caracterização fisiológica e na sobrevivência de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* e de *Peltophorum dubium* submetidas ao déficit hídrico em função de diferentes frequências de irrigação na fase de rustificação. As mudas foram submetidas a seis regimes de regas por um período de 30 dias, após o qual foram quantificados o incremento em altura e diâmetro do coleto, a relação entre a altura e o diâmetro do coleto, os incrementos na massa seca do sistema radicular, caulinar e aéreo, a relação da massa seca da parte aérea com a radicular, a massa seca total, o índice de qualidade de Dickson, assim como, o teste da perda de eletrólitos radiculares. As mudas foram transplantadas para vasos com areia e submetidas a completa restrição hídrica por 60 dias para avaliação da porcentagem de sobrevivência e correlação entre a sobrevivência e o teste de perda de eletrólitos radiculares. Os resultados indicaram correlação negativa entre o menor extravasamento de eletrólitos e a maior deposição de fotoassimilados, assim, como, com a maior porcentagem de sobrevivência, principalmente, aos 30 e 45 dias de restrição hídrica atingindo valores de -0,60 e -0,76 em mudas de *E. contortisiliquum* e de -0,70 e -0,75 em mudas de *P. dubium*. O teste de perda de eletrólitos radiculares mostrou-se consistente na avaliação da qualidade fisiológica e sobrevivência de mudas de *E. contortisiliquum* e *P. dubium* submetidas a diferentes frequências de irrigação durante a rustificação.

PALAVRAS CHAVE: déficit hídrico, aclimatação, canafístula, timburi

ABSTRACT

Root electrolyte loss in *Peltophorum dubium* and *Enterolobium contortisiliquum* seedlings subjects to irrigation frequencies during hardening

The search for alternative tests that aim to characterize the physiological quality of seedlings are important and needed. The objective of this work was to evaluate the use and consistency of root electrolyte leakage test in the physiological characterization and survival of *Enterolobium contortisiliquum* and *Peltophorum dubium* seedlings submitted to irrigation frequencies during hardening. Seedlings were submitted to six irrigation frequencies for a period of 30 days, when we evaluated increments in height and stem diameter, ratio of height to stem diameter, increments in dry biomass of root, stem and leaves, the ratio of shoot to root dry biomass, total dry biomass, Dickson quality index, and root electrolyte leakage. Seedlings were transplanted to pots with sand and water restriction for 60 days to evaluate survival percentage according to a randomized design. Results showed a negative correlation between electrolyte leakage and survival percentage after 30 and 45 days of water restriction of -0,60 and -0,76 for *E. contortisiliquum* and -0,70 and -0,75 for *P. dubium* seedlings, respectively. Root electrolyte leakage showed to be consistent to evaluate physiological quality and survival of *Enterolobium contortisiliquum* and *Peltophorum dubium* seedlings subjected to different irrigation frequencies during hardening.

KEYWORDS: deficit hidric, acclimatization, canafistula, timburi

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Representação esquemática do teste de perda de eletrólitos.....	22
FIGURA 2. Figura 2. Temperatura e umidade relativa do ar na área experimental durante o período de dezembro/2011 a maio/2012.....	23
FIGURA 3. a-b. Teste de perda de eletrólitos radiculares. a) PER em mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> , CV: 9,95. b) PER em mudas de <i>Peltophorum dubium</i> , CV: 2,39.....	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Dados experimentais iniciais de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> e <i>Peltophorum dubium</i>	24
TABELA 2. Análise de variância para incrementos em altura, diâmetro do coleto e relação altura/diâmetro do coleto em mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> e <i>Peltophorum dubium</i> submetidas a diferentes frequências de irrigação.....	28
TABELA 3. Análise de variância para incrementos de massa seca de raiz, caule e folhas em mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> e <i>Peltophorum dubium</i> submetidas a diferentes frequências de irrigação.....	29
TABELA 4. Análise de variância para relação da massa seca sobre a raiz e massa seca total em mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> e <i>Peltophorum dubium</i> submetidas a diferentes frequências de irrigação.....	29
TABELA 5. Resumo da análise de variância para o índice de qualidade de Dickson e teste de perda de eletrólitos radiculares em mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> e <i>Peltophorum dubium</i> submetidas a diferentes frequências de irrigação durante a rustificação.....	30
TABELA 6. Incrementos na altura (IH), no diâmetro do coleto (IC) e relação entre altura e diâmetro de coleto (HD) em mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> e <i>Peltophorum dubium</i> submetidas a diferentes frequências de regas durante a rustificação.....	31
TABELA 7. Incrementos nas massas secas de mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> e <i>Peltophorum dubium</i> de submetidas a diferentes frequências de irrigação durante a rustificação.....	33

TABELA 8. Relação da massa seca da parte aérea com a raiz e massa seca total de mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> e <i>Peltophorum dubium</i> submetidas a diferentes frequências de irrigação durante a rustificação.....	35
TABELA 9. Índice de qualidade de Dickson em mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> e <i>Peltophorum dubium</i> submetidas a diferentes frequências de irrigação durante a rustificação.....	36
TABELA 10. Porcentagem de sobrevivência de mudas de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> submetidas à restrição hídrica em função do tempo.....	38
TABELA 11. Porcentagem de sobrevivência de mudas de <i>Peltophorum dubium</i> submetidas à restrição hídrica em função do tempo.....	39
TABELA 12. Coeficiente de correlação de Pearson entre a perda de eletrólitos de raízes e os parâmetros de avaliação de qualidade das mudas de <i>E. contortisiliquum</i> e <i>P. dubium</i>	40
TABELA 13. Coeficiente de correlação de Pearson entre o teste a perda de eletrólitos de raízes com a porcentagem de sobrevivência de mudas submetidas a diferentes frequências de regas e mantidas sob restrição hídrica.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS

DC – diâmetro de coleto

E. contortisiliquum – *Enterolobium contortisiliquum*

H/D – relação entre altura e diâmetro do coleto

IC – incremento de diâmetro de coleto

IQD – índice de qualidade de Dickson

ID – incremento de diâmetro

IH – incremento de altura

MSR – massa seca radicular

MSC – massa seca caulinar

MSF – massa seca foliar

MSPA - massa seca parte aérea

MST – massa seca total

P. dubium – *Peltophorum dubium*

PER – perda de eletrólitos radiculares

SUMÁRIO

RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
SUMÁRIO	X
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Espécies Estudadas.....	15
2.1.1 <i>Enterolobium contortisiliquum</i>	15
2.1.2 <i>Peltophorum dubium</i>	16
2.2 Rustificação.....	17
2.3 Manejo hídrico.....	19
2.4 Teste de eletrólitos radiculares.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Características gerais da área experimental.....	24
3.2 Espécies utilizadas e obtenção das mudas.....	23
3.3 Sequência experimental.....	25
3.4 Variáveis analisadas.....	25
3.4.1 Variáveis biométricas.....	25
3.4.2 Teste de perda de eletrólitos radiculares.....	26
3.4.3 Sobrevivência após a rustificação.....	26
3.5 Delineamento estatístico.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5 CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1 INTRODUÇÃO

A produção de mudas florestais é uma das atividades mais importantes da silvicultura cujo sucesso de plantio depende de uma série de técnicas adequadas e eficazes que proporcionem a melhor adaptação das espécies no ambiente. No Brasil, existe forte demanda por mudas florestais para a recuperação de áreas degradadas e diversas espécies lenhosas nativas podem ser utilizadas para este fim (CARNEIRO, 1995) como *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium* (LORENZI, 1998).

Na fase de viveiro, as mudas passam por várias etapas de produção até serem expedidas a campo, sendo a rustificação uma delas. Realizada entre 15 e 30 dias antes da expedição a campo, visa preparar as mudas fisiologicamente para suportar o choque do plantio e das adversidades ambientais a que estão sujeitas nas primeiras semanas que o sucedem (FERRARI e SHIMIZU, 2005), promovendo mudas com crescimento volumétrico desejável (GOMES et al., 1991) e com qualidade tal que permita a sobrevivência no campo, evitando replantios e consequentes gastos desnecessários (GOMES et al., 2002).

As práticas de rustificação adotadas em viveiros durante a formação das mudas compreendem frequentemente mudanças para áreas com diferentes regimes de luz e temperatura, suspensão da fertilização nitrogenada, poda de raízes ou parte aérea e redução na frequência de regas (JACOBS e LANDIS, 2009).

A maneira como as plantas respondem a redução de água é bastante complexa, pois afeta praticamente todos os aspectos de seu desenvolvimento, incluindo modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas que, muitas vezes, podem refletir em mecanismos de adaptação a baixa quantidade de água no substrato.

A avaliação da qualidade das mudas aptas ao plantio baseia-se comumente em aspectos morfológicos que se constituem basicamente de medidas lineares de crescimento, por serem não destrutivas e de fácil repetibilidade no viveiro (GOMES et al., 2002). Contudo, essa avaliação é insuficiente, fazendo-se necessária a análise das características fisiológicas da planta (SILVA, 2004).

Um dos primeiros alvos atingidos sob condições de estresse são as membranas biológicas (BAJJI et al., 2002). A manutenção de sua integridade e estabilidade pode ser considerada um dos melhores indicadores fisiológicos de tolerância ao déficit de água (BAJJI et al., 2002; KOCHEVA et al., 2004; FARIA, 2010).

O dano ocasionado às membranas celulares na presença de um estresse pode ser facilmente estimado através da medição da liberação de eletrólitos dos tecidos vegetais (McKAY, 1992; BAJJI et al., 2002; KOCHEVA et al., 2005; RADOGLU e RAFTOYANNIS, 2000; FARIA, 2010).

Os eletrólitos são contidos dentro das membranas de células vegetais e estas membranas são sensíveis a estresses ambientais (WILSON e JACOBS, 2005). Quando as células são submetidas a condições desfavoráveis, há vazamento de eletrólitos dentro dos tecidos circundantes. Assim, uma quantificação dos íons que extravasam através das membranas celulares dos tecidos radiculares lesados pelo estresse estima as condições de integridade celular dos mesmos (PALTA et al., 1977; WILSON e JACOBS, 2005).

O efluxo dos íons é medido pela análise da condutividade da solução em que o tecido foi colocado. A condutividade da água que contém o material vegetal aumenta gradualmente com a liberação de íons a partir do citoplasma das células com permeabilidade de membrana alterada (KOCHEVA et al., 2005, FARIA, 2010).

O teste da perda de eletrólitos radiculares foi descrito pela primeira vez por Dexter et al. (1930) para estimar o dano de membrana em plantas causado por estresse por congelamento. A partir de então, vem sendo adaptado e aplicado a diferentes condições de estudos para caracterização das condições fisiológicas das mudas, sendo aplicado em situações de estresse de temperatura (BECWAR et al., 1981; McKAY, 1992; BIGRAS, 1997; PERKS e McKAY, 1997; McKAY 1998; PRÁŠIL e ZÁMECNÍK, 1998; GARRIOU et al., 2000; RADOGLU e RAFTOYANNIS, 2000; SARVAS, 2003, MOLLÁ et al., 2006), diferentes condições hídricas (GÉNÉRÉ e GARRIOU, 1999; VILLAR-SALVADOR et al., 1999; DRANSKI et al., 2010, ORO et al., 2011) e na tigmomorfogênese (DRANSKI et al., 2011; VOLKWEIS et al., 2011, JAFFE, 2012). A aplicação do teste é escassa no Brasil.

Assim, a busca por testes alternativos que visem a caracterização da qualidade fisiológica de lotes de mudas florestais é de suma importância e se faz necessária. Desta forma, objetivou-se avaliar o emprego e a consistência do teste de perda de eletrólitos radiculares na caracterização fisiológica e sobrevivência de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium* submetidas ao déficit hídrico em função de diferentes frequências de irrigação na fase de rustificação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Espécies Estudadas

2.1.1 *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae – Mimosoideae)

Enterolobium contortisiliquum também conhecido como timburi, tamboril, orelha-de-negro e timbaúva, é uma espécie decídua no inverno, heliófita, dispersa em várias formações florestais, com ocorrência desde o estado do Pará até o Rio Grande do Sul. Na floresta primária é pouco comum e é frequente em estágios mais avançados de sucessão secundária (LORENZI, 1998).

Sua madeira, devido à leveza, é própria para fabricação de barcos, canoas, brinquedos, armação de móveis e caixotarias. Em geral, a espécie pode ser empregada em reflorestamentos, recuperação de áreas degradadas e na composição de sistemas silvipastoris, além da sua importância apícola. Floresce a partir de meados de setembro, prolongando-se até novembro (LORENZI, 1998).

Os frutos, do tipo vagem, costumam atingir maturidade entre junho e julho, mas permanecem na árvore por mais uns meses. Não produzem sementes todos os anos (LORENZI, 1998). Nos frutos, é comum a incidência de insetos que ameaçam a sanidade e o potencial germinativo das sementes. Link e Costa (1995) constataram a presença de dois tipos de besouros que atacam as sementes dentro dos frutos, *Merobruchus bicoloripe* (Pic) e *Lophopoeum timbouvae* (Lameere). Wink et al. (2006) detectaram a ocorrência do Lepidoptero *Cryptophlebia carpophagoides* (Clarke). A perpetuação e regeneração natural da timbaúva acabam sendo ameaçadas por esse ataque aos seus frutos e sementes.

Sá e Campos (2009) inferiram que um fruto pesa em média 40 g e possui aproximadamente 11 sementes, sendo necessários 86 frutos para obter mil sementes, sendo totalizando 1298 sementes por kg com peso de mil sementes de 771 g. As sementes apresentam conteúdo de umidade inicial variando de 7,84% a 9,37% e a velocidade de emergência é estimada em 10 dias.

Melo et al. (2008) classificaram a espécie como pioneira no grupo de sucessão ecológica, sendo sua propagação via sementes, lenta e desuniforme, devido a dormência tegumentar (EIRA et al., 1993) que pode ser interrompida pela escarificação química ou mecânica, provocando ruptura ou o enfraquecimento do tegumento de modo a permitir a germinação (ALMEIDA e FIRMINO, 2007).

Malavasi e Malavasi (2004) verificaram que a escarificação química (tratamento com ácido por 30, 60, 120 ou 180 minutos), escarificação mecânica e escarificação mecânica seguida de embebição em água fria foram eficientes em promover a germinação.

O tratamento com ácido sulfúrico tem sido empregado em *Enterolobium contortisiliquum* (EIRA, 1993) e também em outros gêneros da família Fabaceae como *Cajanus sp*, *Calopogonium sp*, *Centrosema sp*, *Leucaena sp* e *Macroptilium sp* (SEIFFERT, 2009).

2.1.2 *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Fabaceae – Caesalpinioideae)

Popularmente conhecida como canafístula é uma espécie nativa brasileira frequente em todo o domínio da floresta estacional semidecidual. Geralmente é de grande porte e ocupa o estrato dominante do dossel em florestas primárias (PIROLI et al., 2005).

A espécie também pode ser encontrada nos Estados da Bahia, Rio de Janeiro, Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul. Sua madeira é pesada, rija, de longa durabilidade, sendo empregada na construção civil, marcenaria, tanoaria, carroceria, dormentes, serviços de torno, etc. A árvore, bastante ornamental quando em florescimento, é empregada com sucesso no paisagismo. Como é uma planta rústica é ótima para composição de reflorestamentos mistos de áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 1998).

A produção de mudas de canafístulas é fácil pela abundante produção de sementes, entretanto, estas apresentam dormência, que consiste em um dos principais problemas para produção de mudas de espécies florestais nativas, principalmente de leguminosas (OLIVEIRA, 2003).

Entre os tratamentos utilizados com sucesso para superação da dormência tegumentar de espécies florestais, destacam-se as escarificações mecânica e química, além da imersão das sementes em água quente. A aplicação e a eficiência desses tratamentos dependem do grau de dormência, que é variável entre diferentes espécies (OLIVEIRA, 2003).

Pirolí et. al (2005) recomendaram tratamentos de escarificação mecânica e escarificação química com H₂SO₄ a 10 e 15 minutos para maior índice de germinação em *Peltophorum dubium*.

2.2 Rustificação

O viveiro, de modo geral, tem a finalidade de produção, manejo e proteção das mudas até uma idade em que elas apresentem boas condições de sobrevivência no campo, exercendo controle dos patógenos e insetos e suprindo-as com os insumos necessários até atingirem qualidade tal que as possibilitem sobreviver as diferentes condições do meio natural.

No viveiro, as mudas passam por várias etapas até estarem prontas para expedição a campo e a rustificação, também chamada de aclimação ou endurecimento (DAVIDE e FARIA, 2008) é uma delas. A rustificação é realizada com o objetivo de preparar as mudas fisiologicamente para suportar o choque do plantio e das adversidades ambientais das primeiras semanas que o sucedem (FERRARI e SHIMIZU, 2005). É uma fase extremamente crítica e reflete diretamente na qualidade final das mudas (D'ÁVILA, 2008)

Na fase de rustificação, que geralmente ocorre de 15 a 30 dias antes da expedição, suspendem-se as fertilizações nitrogenadas para que se evite a expansão foliar e o crescimento em altura. Apenas o K deve ser aplicado no início da fase de rustificação. Isto porque este nutriente regula a abertura estomática, evitando perdas excessivas de umidade, além de promover o engrossamento do caule espessura de cutícula e de parede celular, maior lignificação e suberização aumentando a resistência da muda ao plantio (D'ÁVILA, 2008).

Na rustificação boa parte da energia destinada ao crescimento da parte aérea é direcionada ao desenvolvimento do sistema radicular, acarretando no engrossamento e no aumento da biomassa das raízes e servindo como órgão de armazenamento de fotossintatos que serão utilizados para o estabelecimento e crescimento após o plantio (CARNEIRO, 1995; JACOBS e LANDIS, 2009).

Quando submetidas ao plantio a campo, as mudas devem estar preparadas com reserva nutricional que lhes possibilite o pronto crescimento, bem como a tolerância aos estresses. Algumas práticas de rustificação envolvendo controle do regime de água e adubação podem minimizar esses problemas, assim como, a mudança das mudas para áreas com diferentes regimes de luz e de temperatura, poda de raízes ou de parte aérea (JACOBS e LANDIS, 2009).

Conforme Cannell (1985) citado por Davide e Faria (2008), mudas que são submetidas à rustificação a partir da disponibilidade hídrica podem apresentar dois tipos de respostas: a) positivas, quando a rustificação é realizada dentro dos padrões adequados, ocorrendo o acúmulo de carbono nas raízes em relação à parte aérea e a regulação osmótica, o que irá resultar em melhor pegamento das mudas e rápido crescimento inicial; b) negativas, quando a

rustificação em excesso leva ao fechamento dos estômatos, fazendo a muda atingir diferentes graus de dormência. Nesse caso, a muda levada a campo tem grande capacidade de pegamento, mas pouca de crescimento, mesmo sob condições ideais de campo. Este fato é indesejável, pois a taxa de crescimento inicial deve ser a maior possível, principalmente nas regiões onde o período de chuvas é curto e intenso, porque nessas situações outras espécies crescem em volta da muda e ela fica paralisada, exigindo maiores gastos com capinas.

Na categorização da qualidade das mudas aptas ao plantio, os parâmetros utilizados baseiam-se comumente em aspectos morfológicos que se constituem basicamente de medidas de crescimento, por serem não destrutivas e de fácil repetibilidade no viveiro.

Entre as variáveis morfológicas encontram-se a altura da parte aérea, diâmetro de colo, área foliar, biomassa seca da parte aérea, biomassa seca radicular e ainda morfologia das raízes. A altura da parte aérea e o diâmetro de colo são as variáveis mais utilizadas. (CARNEIRO, 1995; ALMEIDA, 2005).

Para Gomes e Paiva (2004) a rustificação pode ser avaliada pela relação da altura da muda com seu respectivo diâmetro de coleto. O valor resultante da divisão do primeiro pelo segundo, exprime um equilíbrio de crescimento também denominado quociente de robustez, que mostra o quão delgada a muda se encontra. Quanto menor o valor, maior será a capacidade das mudas de estabelecerem em campo (CARNEIRO, 1995; D'ÁVILA, 2008).

Trabalhos envolvendo a morfologia de raízes são menos frequentes, pois são muito onerosos, mas a importância que a raiz exerce sobre a muda faz com que seja dada maior ênfase a esta região da planta (CARNEIRO, 1995; ALMEIDA, 2005). O sistema radicular determina com que eficiência a planta pode aproveitar a água e os nutrientes presentes no solo/substrato (ALMEIDA, 2005).

Para Silva (2004), o conceito de qualidade baseado no comportamento morfológico não é absoluto e necessita da avaliação das características fisiológicas da planta. Pois, dentre outros, o êxito na formação de florestas de alta produção depende, em grande parte, da qualidade fisiológica das mudas plantadas, que além de terem que resistir às condições adversas encontradas no campo após o plantio deverão sobreviver e, por fim, produzir árvores com crescimento volumétrico economicamente desejável (GOMES et al., 1991), evitando gastos desnecessários com replantios (GOMES et al., 2002).

2.3 Manejo Hídrico

A quantidade de água necessária para a prática da irrigação, o decréscimo de sua disponibilidade e o custo da energia necessária à sua aplicação, tem aumentado o interesse pela racionalização desse recurso, de forma a minimizar as suas perdas no meio (FREITAG, 2007). A água é provavelmente o fator ambiental mais limitante ao estabelecimento e desenvolvimento das mudas (KERBAUY, 2008, TAIZ e ZEIGER, 2009).

O uso da irrigação depende de um programa bem elaborado de pesquisa e desenvolvimento que por sua vez, depende de muitos fatores como o clima, o tipo de irrigação, o substrato e as características de cada espécie.

O uso de tubetes na produção de mudas necessita de maior frequência de irrigação, uma vez que, a disponibilidade de água para as plantas é limitada pela pequena quantidade de substrato armazenado nos mesmos (LOPES et al., 2005). O manejo hídrico inadequado nos tubetes pode ocasionar estresse hídrico nas mudas, seja pelo encharcamento ou pela falta de água (SINDEAUX et al., 2009).

A falta de água ocasiona respostas nas plantas que podem ser tanto reversíveis quanto irreversíveis (LARCHER, 2000) sendo algumas espécies mais tolerantes a ausência de água, outras menos. À medida que a planta tolera mais a situação imposta, se torna aclimatada. A aclimação a condição ambiental imposta resulta de eventos integrados que ocorrem em todos os níveis de organização, desde o anatômico e morfológico até o celular, bioquímico e molecular (TAIZ e ZEIGER, 2009). Não há processo vital que não seja afetado de alguma forma pelo declínio da disponibilidade hídrica (LARCHER, 2000).

Muitos pesquisadores tem voltado suas pesquisas à melhoria da eficiência do uso de água pelas plantas, enfatizando a fisiologia, a bioquímica e os aspectos moleculares envolvidos na resposta das espécies a tal condição (BRAY, 1997; LI et al., 2000; CHAVES et al., 2001; BAJJI et al., 2002; SILVA et al., 2002; SILVA et al., 2004; LOPES et al., 2005; MAIA et al., 2005; TATAGIBA, 2006; FREITAG, 2007; CARVALHO, 2010; FARIA, 2010; PEREIRA et al., 2010; LOPES et al., 2011; RODRIGUES et al., 2011; SCALON et al., 2011).

O manejo hídrico racional consiste na aplicação da quantidade necessária de água às plantas (MAIA, 2005). Aplicações insuficientes ou em excesso podem resultar em perdas ou prejuízos consideráveis nas plantas e no solo. Aplicações excessivas causam o encharcamento do substrato, dificultam a aeração e as atividades de microrganismos, provocando a lixiviação

de nutrientes essenciais e o surgimento de doenças, principalmente fúngicas (RODRIGUES et al., 2011).

Por outro lado a aplicação de água abaixo dos requisitos exigidos pelas plantas, denominada déficit de irrigação (CARVALHO, 2010), pode reduzir a capacidade metabólica do vegetal, podendo levar a planta a atingir o ponto de murcha permanente e a sua morte (RODRIGUES et al., 2011).

Quando o déficit hídrico apresenta evolução suficientemente lenta para permitir mudanças nos processos de desenvolvimento, tem vários efeitos sobre o crescimento e as plantas podem apresentar diferentes resistências ao déficit de água no solo (TATAGIBA et al., 2007, LOPES et al., 2011).

Conforme Santos e Carlesso (1998), os mecanismos de resistência à falta de água nas plantas podem ser de três tipos: "evitar", "tolerar" e "escapar". No "evitar", as plantas fecham os estômatos e aprofundam o sistema radicular para explorar um volume maior de solo, diminuindo o tamanho das células, aumentando o espessamento das paredes celulares e a cerosidade da cutícula; no "tolerar" a planta mantém o equilíbrio de suas funções fisiológicas em condições de deficiência hídrica e no "escapar" a planta antecipa o ciclo de desenvolvimento.

A medida que a disponibilidade hídrica diminui, a célula reduz o volume cada vez mais, as paredes relaxam e os solutos ficam cada vez mais concentrados. A perda de turgidez é o primeiro efeito biofísico da carência hídrica e as atividades relacionadas com a turgidez são as mais sensíveis ao déficit hídrico (TAIZ e ZEIGER, 2009).

O crescimento celular é um processo dependente da turgidez e conseqüentemente é extremamente sensível à deficiência hídrica. O déficit hídrico provoca alterações na área foliar, no sistema radicular, na abertura estomática, na fotossíntese, na translocação de carboidratos, no ajustamento osmótico, resistência à condução de água e alterações na cutícula. São os chamados mecanismos de tolerância (KERBAUY, 2008, TAIZ e ZEIGER, 2009).

A disponibilidade de água afeta o crescimento das plantas por controlar a abertura dos estômatos e, conseqüentemente, a produção de biomassa seca. O decréscimo de água no solo diminui o potencial de água na folha e sua condutância estomática, promovendo o fechamento total ou parcial dos estômatos. Esse fechamento tende a bloquear o fluxo de CO₂ para as folhas, afetando o acúmulo de fotoassimilados. Contudo, uma quantidade de dióxido de carbono é produzida pela respiração e, tão logo a luz esteja disponível, ele pode ser utilizado

para sustentar um nível muito baixo de fotossíntese, mesmo com os estômatos fechados (KERBAUY, 2008).

Desta forma, a energia destinada ao crescimento da parte aérea é direcionada ao desenvolvimento do sistema radicular, acarretando no engrossamento e no aumento da biomassa das raízes e servindo como órgão de armazenamento de fotossintatos que serão utilizados para o estabelecimento e crescimento após o plantio (CARNEIRO, 1995; JACOBS e LANDIS, 2009).

Embora o déficit hídrico possa enfraquecer as funções vitais das plantas, ele pode estimular o desenvolvimento de características que as capacitem para sobrevivência em períodos prolongados de secas no campo. Contudo, é importante resaltar que o manejo hídrico não pode ser de natureza fixa e sim flexível para todas as espécies.

Assim, o desenvolvimento de pesquisas que visem aclimatar plantas a partir do manejo hídrico adequado torna-se importante para a indicação das técnicas mais viáveis que as adaptem às condições ambientais adversas.

2.4 Teste de Perda de Eletrólitos Radiculares (PER)

O teste da perda de eletrólitos radiculares foi descrito pela primeira vez por Dexter et al. (1930) para estimar o dano de membrana em plantas causado por estresse por congelamento. A partir de então, vem sendo adaptado e aplicado a diferentes condições de estudos, seja por estresse de temperatura (BECWAR et al., 1981; McKAY, 1992; BIGRAS, 1997; PERKS e McKAY, 1997; McKAY 1998; PRÁŠIL e ZÁMECNÍK, 1998; GARRIOU et al., 2000; RADOGLOU e RAFTOYANNIS, 2000; SARVAS, 2003, MOLLÁ et al., 2006), diferentes condições hídricas (GÉNÉRÉ e GARRIOU, 1999; VILLAR-SALVADOR et al., 1999; DRANSKI et al., 2010, ORO et al., 2011) ou na tigmomorfogênese (DRANSKI et al., 2011; VOLKWEIS et al., 2011, JAFFE, 2012).

O PER é um dos testes atualmente utilizados na avaliação da qualidade das mudas pelo Ministério de Recursos Naturais de Ontário, Canadá (COLOMBO et al., 2001) sendo escassa sua aplicabilidade no Brasil.

No caso de espécies florestais com propósito de uso de madeira, o teste de perda de eletrólitos tem sido empregado em tecidos caulinares, contudo, também pode ser aplicado em raízes e rebentos (WILNER, 1961; BECWAR et al., 1981).

Um dos primeiros alvos atingidos sob condições de estresse são as membranas biológicas (BAJJI et al., 2002). A manutenção de sua integridade e estabilidade pode ser

considerada um dos melhores indicadores fisiológicos de tolerância ao déficit hídrico (BAJJI et al., 2002; KOICHEVA et al., 2004; FARIA, 2010).

Nos tecidos radiculares, a água pode ser encontrada tanto no simplasto quanto no apoplasto. A água do apoplasto é quase pura enquanto a água do simplasto contém uma variedade de íons. As membranas semipermeáveis limitrofes ao simplasto permitem transporte livre da água, mas não dos íons (WILSON e JACOBS, 2005).

O controle do transporte desses íons através da membrana plasmática e endomembranas dos diferentes compartimentos celulares é desempenhado por proteínas de membrana que constituem canais, carreadores e bombas iônicas. Esses sistemas possibilitam não somente o trânsito de eletrólitos nessas membranas como também estabelecem e mantêm gradientes iônicos que são essenciais para vários processos metabólicos (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Sem danos ou estresses as células vegetais tendem a manter os eletrólitos dentro das membranas celulares (WILSON e JACOBS, 2005). Entretanto, quando a planta é exposta a situações de estresses torna-se sujeita à ocorrência de danos de membrana com consequente perda da capacidade de permeabilidade seletiva. Os danos de membrana podem ocorrer de duas formas, a primeira, a partir da alteração da membrana sem provocar fragmentação e, a segunda, pelo rompimento da membrana promovendo a formação de uma bicamada lipídica descontínua que pode ocasionar a morte celular (SENARATNA e McKERSIE, 1983; FARIA, 2010).

Quando as membranas estão completamente hidratadas se encontram na fase líquido-cristalino (KERBAUY, 2008) e sua conformidade é regida predominantemente pelos grupos fosfolipídicos (FARIA, 2010). Entretanto, conforme vai sofrendo danos advindos do déficit hídrico, a distância entre os grupos fosfolipídicos outrora solvatados diminui, levando a um aumento das interações de Van der Waals entre as cadeias acilas dos ácidos graxos (CROWE et al., 1992 citado por FARIA, 2010) que ocasionam a deformação das membranas e o aumento da permeabilidade de íons (SENARATNA e McKERSIE, 1983; FARIA, 2010).

Assim, uma quantificação dos íons que extravasam através das membranas celulares dos tecidos radiculares lesados pelo estresse estima as condições de integridade celular dos mesmos (PALTA et al., 1977; WILSON e JACOBS, 2005).

O teste da perda de eletrólitos radiculares, usualmente utilizado, é adaptado da metodologia proposta por Wilner (1955). Inicia-se com a lavagem das amostras em água corrente e posteriormente em água deionizada para remoção dos contaminantes (Figura 1). As amostras são selecionadas e colocadas em uma pequena quantidade de água deionizada por

um período de 24h a 20° C, quando então, é realizada a primeira leitura do extravasamento de eletrólitos a partir de um condutivímetro elétrico. Esta leitura resulta na condutividade viva (C_{viva}).

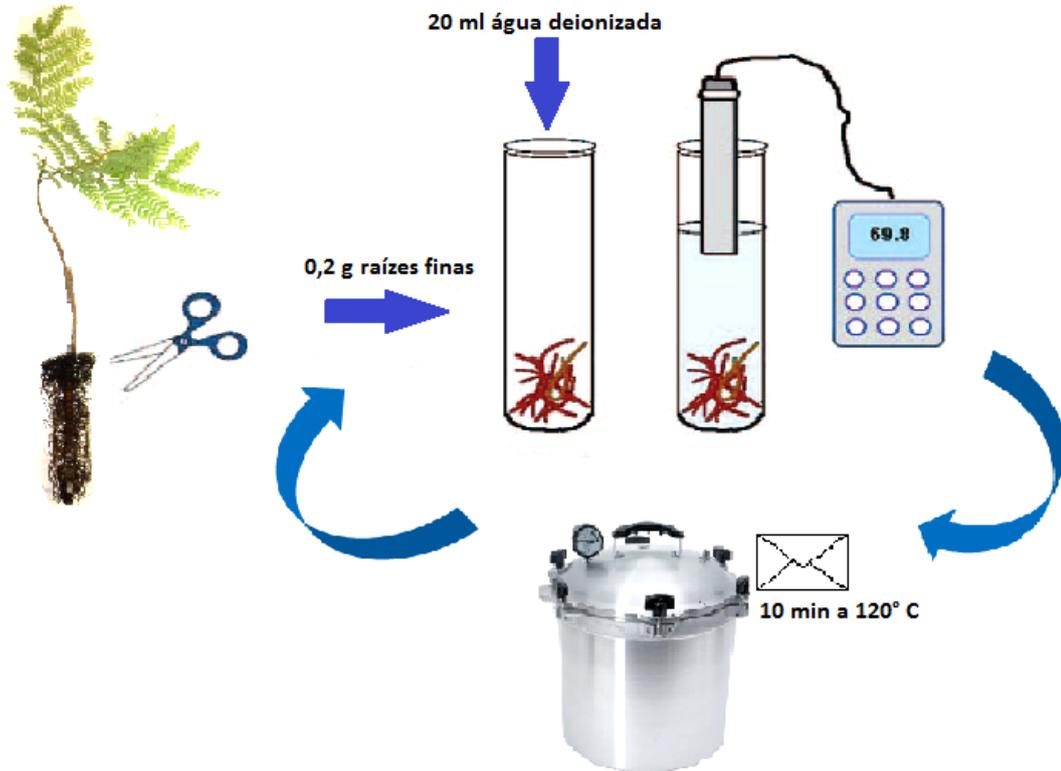


Figura 1. Representação esquemática do teste de perda de eletrólitos

Fonte: Adaptado de Radoglou et al. (2007).

O mesmo material é colocado em envelopes que ficarão 10min em autoclave a 120° C para que haja morte total dos tecidos com extravasamento de todos os eletrólitos e serão recolocados na situação anteriormente descrita. A condutividade será lida novamente (C_{morta}). O resultado da perda de eletrólitos resultará da $C_{viva}/C_{morta} \times 100$ e será expresso em %.

Assim, a condutividade da água deionizada que contém o material vegetal aumenta gradualmente com a liberação de íons a partir do citoplasma de células com permeabilidade de membrana alterada (KOCHEVA et al., 2005). Quanto mais alterada estiver, maior a liberação de eletrólitos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Características Gerais da Área Experimental

O experimento foi conduzido entre 2010 e 2012, em casa de vegetação com 50% de sombreamento na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* de Marechal Cândido Rondon.

O município está localizado na região Oeste do Paraná, tem altitude média de 420 m, latitude de 24° 33' 40" S e longitude de 54° 04' 00" W. O clima é caracterizado como subtropical úmido recebendo a classificação de Cfa, segundo Köppen, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência a concentração de chuvas nos meses de verão. A estação seca não é definida, com precipitação média anual de 1.500 mm e umidade média anual de 80%. A temperatura média anual é de 21°C, máxima média de 28°C e mínima média de 15°C. A rustificação de *E. contortisiliquum* ocorreu em dezembro de 2011 com permanência em vasos de janeiro a fevereiro de 2012 e a rustificação de *P. dubium* ocorreu em março de 2012 com permanência em vasos de abril a maio de 2012 (Figura 2).

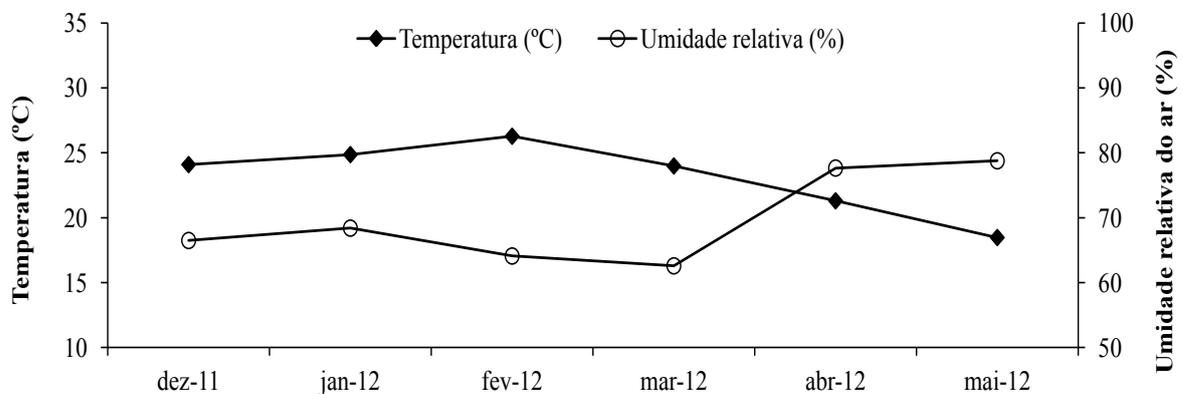


Figura 2. Temperatura e umidade relativa do ar na área experimental durante o período de dezembro/2011 a maio/2012.

3.2 Espécies utilizadas e obtenção das mudas

Para a produção das mudas foram utilizadas sementes provenientes das espécies *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium* coletadas em diferentes matrizes

localizadas na Região Oeste do Paraná por coletores do Núcleo de Estações Experimentais da UNIOESTE.

As sementes foram submetidas à quebra de dormência. Tanto para *E. contortisiliquum* (EIRA, 1993) quanto para *P. dubium* (PIROLI, 2005) utilizou-se H₂SO₄ concentrado por 15 minutos.

As mudas foram propagadas via semeadura direta em tubetes cônicos de 120 cm³ preenchidos com substrato comercial Plantmax[®] e fertilizadas de acordo com as técnicas usualmente utilizadas em viveiros. A condução utilizou raleios, eliminando-se as mudas excedentes de cada tubete deixando apenas a de maior vigor. Os tubetes foram acondicionados em bandejas plásticas suspensas em estrutura metálica a aproximadamente 1 m do solo.

Foram selecionadas 360 mudas de cada espécie, com altura entre 18 e 23 cm para maior homogeneização do ensaio e procedeu-se uma última fertilização de K (50%).

Neste estágio, 60 mudas foram submetidas à análise destrutiva de massa seca de raízes, caules e folhas. Nas outras 300, realizaram-se medições de altura e diâmetro de coleto (Tabela 1).

Tabela 1. Dados experimentais iniciais de *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium*

	ALTURA	COLETO	MSR	MSC	MSF
<i>E. contortisiliquum</i>	21,32	5,9	1,96	1,29	0,83
<i>P. dubium</i>	20,41	4,6	0,85	0,9	0,43

MSR: massa seca radicular; MSC: massa seca caulinar; MSF: massa seca foliar.

Estas 300 mudas foram submetidas às diferentes frequências de irrigação por um período de 30 dias. As regas ocorreram sempre no mesmo horário, entre 16 e 17h, até escoamento de água pela abertura inferior dos tubetes, sendo adotados os seguintes regimes hídricos:

T1: rega diária por 30 dias;

T2: rega diária durante 15 dias mais rega a cada 2 dias por 15 dias;

T3: rega diária por 15 dias mais rega a cada 3 dias por 15 dias;

T4: rega diária por 15 dias mais rega a cada 4 dias por 15 dias;

T5: rega diária por 7 dias mais rega a cada 2 dias por 21 dias;

T6: rega diária por 7 dias mais rega a cada 3 dias por 21 dias.

3.3 Sequência Experimental

Inicialmente, foram selecionadas 360 mudas a fim de obter maior homogeneidade no experimento. Destas 360 mudas, 60 foram submetidas à avaliação destrutiva de massas secas de raízes (MSR), caules (MSC) e folhas (MSF).

Nas 300 mudas, avaliaram-se a altura e diâmetro de coleto iniciais e finais. Procedeu-se a relação H/D com os valores finais.

Após 30 dias, foram selecionadas aleatoriamente 60 mudas, das 300, para análises destrutivas de MSR, MSC e MSF que foram apresentados na forma de incrementos. Destes valores resultou o Índice de Qualidade de Dickson.

Das 240 mudas restantes, mais 60 foram selecionadas aleatoriamente para análises destrutivas do teste de perda de eletrólitos radiculares.

Para análise de sobrevivência, 144 mudas das 180 restantes, foram dispostas em croqui aleatório.

3.4 Variáveis Analisadas

3.4.1 Variáveis biométricas

A altura das mudas foi obtida com régua graduada enquanto o diâmetro do coleto foi avaliado com paquímetro digital. Ambas as variáveis foram avaliadas inicialmente e após os 30 dias da implantação dos regimes hídricos. Os valores expressos no trabalho são relativos aos incrementos dos valores finais sob os iniciais.

A relação da altura com diâmetro do coleto (HD) foi calculada a partir da divisão dos valores finais do primeiro sobre o segundo.

Para avaliação das massas secas, as mudas foram separadas em raiz, caule e folhas e colocadas para secagem em estufa a 65°C, com circulação de ar, por um período de 48 horas. As massas secas foram avaliadas inicialmente e após os 30 dias de manejo hídrico, resultando na avaliação dos incrementos. Observou-se a relação da massa seca final da parte aérea sobre massa seca da raiz, assim como, a massa seca total.

Adicionalmente, o índice de qualidade de Dickson (IQD) foi determinado em função da massa seca total (MST), da altura da parte aérea (H), do diâmetro do coleto (DC), do peso de matéria seca da parte aérea (MSPA) e do peso de matéria seca das raízes (MSR), por meio da fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$\text{IQD} = \frac{\text{MST(g)}}{\text{H(cm)}/\text{DC (mm)} + \text{MSPA(g)}/\text{MSR(g)}}$$

3.4.2 Teste de perda de eletrólitos radiculares (PER)

Para o teste de PER selecionaram-se aleatoriamente 60 mudas de cada espécie, 5 repetições de 2 mudas para cada tratamento.

Depois de retiradas do recipiente, as raízes de cada muda foram lavadas em água corrente para remoção de partículas do solo e, em seguida, lavadas em água deionizada para remoção de íons nas superfícies.

A amostra para o teste da PER utilizou 0,2 g de raízes finas (<2 mm), retiradas do terço superior e acondicionadas em recipientes contendo 20 mL de água deionizada, mantidos a temperatura de 20 °C por 24 horas. A porção central do sistema radicular foi removida e descartada. Após este período, a condutividade elétrica da solução (C_{viva}) da amostra foi obtida com condutímetro termo-compensado. Em seguida, a amostra foi autoclavada a 100 °C por 10 minutos e recolocada em solução renovada nas mesmas condições anteriormente descritas.

A condutividade elétrica da solução (C_{morta}) foi quantificada da mesma maneira da C_{viva} . O valor de PER é resultado da razão: $\text{PER (\%)} = C_{\text{viva}}/C_{\text{morta}} \times 100$. Um valor baixo de PER indica alta viabilidade dos tecidos radiculares permitindo a absorção de água para amenizar o choque do pós-plantio.

3.4.3 Sobrevivência após rustificação

Após os 30 dias de rustificação, 144 mudas de cada espécie foram transplantadas para vasos de 5L, contendo areia peneirada em malha de 2 mm. As mudas foram submetidas a completa restrição hídrica por 60 dias. A sobrevivência foi acumulativa e avaliada nos dias 0, 15, 30, 45 e 60.

Quando as mudas atingiram 100% de queda foliar, caules secos e inclinados, foram consideradas mortas.

3.5 Delineamento Estatístico

Os experimentos foram analisados de acordo com um delineamento inteiramente casualizado.

Para avaliação de altura, diâmetro de coleto e relação H/D, realizaram-se 5 repetições de 10 mudas para cada tratamento.

Para MSR, MSC e MSF, 5 repetições de 2 mudas para cada tratamento.

Para o teste de perda de eletrólitos radiculares, mais 5 repetições de 2 mudas para cada tratamento.

Na avaliação da sobrevivência em vasos, foram utilizadas 4 repetições de 6 mudas para cada tratamento, sendo colocadas uma muda em cada vaso.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e submetidos à análise de variância no programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2007) e as médias, quando significativas, comparadas pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O manejo hídrico das mudas resultou em resposta significativa ($p < 0,01$) para os incrementos em altura (IH) e relação da altura com o diâmetro de coleto (H/D) para ambas as espécies. O incremento de coleto (IC) foi alterado pelos tratamentos em mudas de *E. contortisiliquum*, mas não em mudas de *P. dubium* (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância para incrementos em altura, diâmetro do coleto e relação altura/diâmetro do coleto em mudas de *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium* submetidas a diferentes frequências de irrigação

ANOVA	IH		IC		HD		
	cm		mm		cm mm ⁻¹		
	GL	QM	QM	QM	QM	QM	
		<i>sp 1</i>	<i>sp 2</i>	<i>sp 1</i>	<i>sp 2</i>	<i>sp 1</i>	<i>sp 2</i>
Tratamento	5	0,0133**	0,1193**	0,0360**	0,0167 ^{ns}	0,0350**	0,0369**
Erro	24	0,0020	0,0087	0,0038	0,0084	0,0077	0,0050
Média		0,24	0,62	0,28	0,28	3,47	3,43
C.V. (%)		18,78	14,68	22,02	32,77	32,54	2,04

IH: incremento na altura; IC: incremento de diâmetro de coleto; HD: relação entre altura e diâmetro de coleto. *sp 1*: *Enterolobium contortisiliquum*, *sp 2*: *Peltophorum* *Significativo a 5%, **Significativo a 1%, ^{NS} não significativo pelo Teste F.

E. contortisiliquum não apresentou resposta significativa ($p > 0,05$) para incremento de massa seca foliar (MSF), ao contrário do sistema radicular (MSR) e caulinar (MSC) a 1% de significância. Em *P. dubium*, tanto a MSR, MSC quanto a MSF mostraram-se alteradas pelos tratamentos (Tabela 3).

E. contortisiliquum diferiu a 5% de significância na massa seca total (MST), contudo na relação da massa seca da parte aérea com a massa seca de raízes (MSPA/MSR) mostrou a inexistência de diferenças estatísticas ($p > 0,05$). *P. dubium* diferiu ($p < 0,01$) em ambas as variáveis (Tabela 4).

Tabela 3. Análise de variância para incrementos de massa seca de raiz, caule e folhas em mudas de *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium* submetidas a diferentes frequências de irrigação

ANOVA	MSR		MSC		MSF		
	----- g muda -----						
	GL	QM		QM		QM	
		sp 1	sp 2	sp 1	sp 2	sp 1	sp 2
Tratamento	5	0,047**	0,385**	0,050**	0,081**	0,027 ^{NS}	0,290**
Erro	24	0,008	0,007	0,012	0,006	0,023	0,001
Média		0,28	0,94	0,28	1,34	-0,38	0,13
C.V. (%)		32,70	6,52	38,97	6,13	-47,5	6,43

MSR: incremento na massa seca de raiz; MSC: incremento na massa seca de caule; MSF: incremento na massa seca foliar. *sp 1: Enterolobium contortisiliquum*, *sp 2: Peltophorum* *Significativo a 5%, **Significativo a 1%, ^{NS} não significativo pelo Teste F.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para relação da massa seca da parte aérea sobre a massa seca de raiz e massa seca total em mudas de *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium* submetidas a diferentes frequências de irrigação durante a rustificação

ANOVA	MSPA/MSR		MST		
	g g ⁻¹				
	GL	QM		QM	
		sp 1	sp 2	sp 1	sp 2
Tratamento	5	0,0666 ^{NS}	0,0932**	0,6843*	0,9339**
Erro	24	0,0392	0,0025	0,2185	0,0076
Média		1,30	1,52	4,41	4,51
C.V. (%)		15,20	3,30	10,59	1,94

MSPA/MSR: relação massa seca parte aérea com massa seca de raiz. MST: massa seca total. *sp 1: Enterolobium contortisiliquum*, *sp 2: Peltophorum dubium* *Significativo a 5%, **Significativo a 1%, ^{NS} não significativo pelo Teste F.

As duas espécies diferiram ($p < 0,01$) no índice de qualidade de Dickson (Tabela 5).

Tabela 5. Análise de variância para o índice de qualidade de Dickson e teste de perda de eletrólitos radiculares em mudas de *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium* submetidas a diferentes frequências de irrigação durante a rustificação

ANOVA	IQD		PER		
	<i>sp 1</i>	<i>sp 2</i>	<i>sp 1</i>	<i>sp 2</i>	
	GL	QM	QM	QM	
Tratamento	5	0,0563**	0,0250**	104,29**	62,41**
Erro	24	0,0111	0,0004	5,34	0,25
Média		1,0072	0,90	23,24	21,13
C.V. (%)		10,71	2,41	9,95	2,39

IQD: índice de qualidade de Dickson, PER: perda de eletrólitos. *sp 1*: *Enterolobium contortisiliquum*; *sp 2*: *Peltophorum dubium* *Significativo a 5%, **Significativo a 1%, ^{ns} não significativo pelo Teste F.

As diferentes frequências de regas promoveram respostas a 1% de significância para o teste de perda de eletrólitos radiculares em ambas as espécies (Tabela 5), com coeficientes de variação experimentais considerados baixos (< 10%) segundo Gomes (2000).

Mudas submetidas a diferentes frequências de regas resultaram em menor incremento de altura. Verificaram-se as menores médias em *E. contortisiliquum* (0,21 e 0,15 cm) na rega diária por 15 dias mais rega a cada dois dias por mais 15 dias (tratamento 2) e na rega diária por 15 dias mais rega a cada três dias (tratamento 3). Em *P. dubium*, as menores médias (0,40 cm e 0,49 cm) foram verificadas com os tratamentos 3 e 4 (Tabela 6).

Enquanto *P. dubium* não mostrou diferenças estatisticamente significativas para o incremento de coleto, *E. contortisiliquum* mostrou as maiores médias 0,40 e 0,37 mm com os tratamentos 2 e 3, respectivamente.

Dentre as várias características desejáveis a se obter para sobrevivência de mudas pós-plantio, uma delas é a diminuição do crescimento em altura e aumento do diâmetro de coleto. Conforme Carneiro (1995) plantas vigorosas com menor altura e maior diâmetro de coleto tendem a sofrer menos injúrias no meio e, conseqüentemente, ter maior capacidade de sobrevivência após o plantio.

A inibição do crescimento resultante da divisão e do alongamento celular é um efeito marcante do hormônio etileno (KERBAUY, 2008) que age inibindo a ação e translocação das auxinas na parte aérea do vegetal diminuindo assim o crescimento do vegetal. Geralmente,

esta redução esta associada ao retardamento (ou mesmo inibição) da divisão celular, devido a uma maior duração da fase G1, G2 ou S. O etileno promove a reorganização dos microtúbulos e das microfibrilas de celulose da parede celular, de uma posição normalmente transversal para outra longitudinal, resultando em uma redução acentuada do alongamento longitudinal e um incremento na expansão lateral das células, fazendo com que o caule fique ao mesmo tempo mais curto e espesso. Entretanto, o equilíbrio entre a interação etileno e auxina é temporário e quando o efeito cessa a planta retorna ao estado normal (KERBAUY, 2008, TAIZ e ZIEGER, 2009) favorecendo o crescimento após o plantio.

Tabela 6. Incrementos na altura, no diâmetro do coleto e relação entre altura e diâmetro do coleto em mudas de *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium* submetidas a diferentes frequências de irrigação durante a rustificação

Frequência de regas (dias)	IH		IC		H/D	
	cm 30 dias		mm 30 dias		cm mm ⁻¹	
	sp 1	sp 2	sp 1	sp 2	sp 1	sp 2
T1: Rega diária	0,31 a**	0,83 a**	0,26 bc**	0,20 a ^{ns}	3,41 bc**	3,61 a**
T2: 15 + 15 (2 dias)	0,21 bc	0,69 ab	0,40 a	0,33 a	3,35 c	3,39 b
T3: 15 + 15 (3 dias)	0,15 c	0,40 d	0,37 ab	0,27 a	3,47 ab	3,48 ab
T4: 15 + 15 (4 dias)	0,24 ab	0,49 cd	0,25 bc	0,36 a	3,54 a	3,37 b
T5: 7 + 21 (2 dias)	0,26 ab	0,62 bc	0,22 c	0,24 a	3,56 a	3,48 ab
T6: 7 + 21 (3 dias)	0,25 ab	0,70 ab	0,18 c	0,26 a	3,50 ab	3,48 ab
DMS	0,08	0,18	0,12	0,17	0,17	0,13
C.V. (%)	18,78	14,98	22,02	32,77	2,54	2,04

sp 1: *Enterolobium contortisiliquum*; sp 2: *Peltophorum dubium*. Médias seguidas de diferentes letras nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey. *Significativo a 5%, **Significativo a 1%, ^{ns} não significativo.

Os resultados corroboram com Reis et al. (1988) que submeteram mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus camaldulensis* a ciclos de seca em tubetes até o aparecimento de sintomas drásticos de murcha foliar e verificaram redução no crescimento em altura. O mesmo foi reportado por outros autores em diferentes condições de restrição hídrica, como Chaves (2001) em diferentes clones do gênero *Eucalyptus*, Silva et al. (2002) em plantas de *Melaleuca alternifolia* Cheel, Tatagiba (2006) em clones de *Eucalyptus*, Klippel et al. (2009) em *Eucalyptus urograndis* e Scalon et al. (2011) em *Guazuma ulmifolia*.

Verificou-se maior incremento de coleto, 0,40 e 0,37mm, nas mudas de *E. contortisiliquum* submetidas aos tratamentos 2 e 3, enquanto em *P. dubium* as mudas não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 6). Possivelmente, a ação do etileno não foi suficiente para desenvolver um incremento na expansão lateral das células. O crescimento do

caule, tanto em alongamento quanto espessamento, tem sido menos estudado do que os demais órgãos das plantas (TATAGIBA, 2006; TAIZ e ZEIGER, 2009).

É bom salientar que podem existir diferenças no comportamento de resistência ao déficit em espécies diferentes. Tatagiba (2006) reportou que todos os clones tiveram redução de incremento de coleto dentro dos respectivos manejos hídricos aplicados. O mesmo foi constatado em *Eucalyptus urograndis* até 105 dias de restrição hídrica (KLIPPEL et al., 2009) e em *Guazuma ulmifolia* cultivadas com 12,5%cc aos 35 dias de avaliação (SCALON et al., 2011).

Mudas de *E. contortisiliquum* submetidas a rega diária por 15 dias mais rega a cada dois dias por mais 15 dias (tratamento 2) resultaram na menor relação altura com diâmetro de coleto, 3,35 cm mm⁻¹ (Tabela 6). Em *P. dubium* todos os tratamentos apresentaram médias estatisticamente inferiores ao tratamento controle, sendo verificadas as menores médias no tratamento 2 (3,39 cm mm⁻¹) e tratamento 4 (3,47 cm mm⁻¹).

Conforme Gomes e Paiva (2004) a relação altura/diâmetro de coleto também categoriza a qualidade das mudas, uma vez que, a divisão da altura pelo seu respectivo diâmetro de coleto exprime um equilíbrio de crescimento, conhecido como quociente de robustez, que fornece informações do quão delgada a muda esta. Quanto menor o valor, maior a capacidade destas mudas se estabelecerem a campo (CARNEIRO, 1995).

Observou-se maior incremento de massa seca radicular para as duas espécies nos tratamentos 2 e 3, com médias de 0,29 e 0,46 g em *E. contortisiliquum* e 1,03 e 1,12 g em *P. dubium*, respectivamente (Tabela 7).

A imposição da diminuição de disponibilidade hídrica reduz a alocação de biomassa das folhas e aumenta a das raízes (CARNEIRO, 1995; JACOBS e LANDIS, 2009) além de maximizar o contato da raiz pela emissão de pelos radiculares com consequente aumento da área superficial e capacidade de absorção de água (SANTOS e CARLESSO, 1998).

Como as plantas conseguem manter níveis de atividade fotossintética mesmo sob baixa disponibilidade de água, os fotoassimilados são direcionados ao sistema radicular dando sustentação ao alongamento e expansão celular que seguem direcionados às regiões de maior umidade no solo. O ácido abscísico (ABA) induz a expressão de genes que codificam a síntese de proteínas com função de evitar as perdas de água e restaurar os danos celulares, assim, há deposição de substâncias osmoticamente ativas no sistema radicular, como prolina e açúcares solúveis que conferem maior tolerância à condição de estresse, através do ajustamento osmótico (KERBAUY, 2008).

Tabela 7. Incrementos nas massas secas de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium* submetidas a diferentes frequências de regas durante a rustificação

Frequência de regas (dias)	MSR		MSC		MSF	
	----- g muda -----					
	sp 1	sp 2	sp 1	sp 2	sp 1	sp 2
T1: Rega diária	0,20 b ^{**}	0,94 bc ^{**}	0,21b ^{**}	1,37 ab ^{**}	-0,33 a ^{ns}	0,51 a ^{**}
T2: 15 + 15 (2 dias)	0,29 ab	1,03 ab	0,25 ab	1,40 ab	-0,35 a	0,35 b
T3: 15 + 15 (3 dias)	0,46 a	1,12 a	0,44 a	1,43 ab	-0,27 a	0,20 c
T4: 15 + 15 (4 dias)	0,28 b	0,93 bc	0,39 ab	1,44 a	-0,47 a	0,05 d
T5: 7 + 21 (2 dias)	0,25 b	0,79 d	0,24 ab	1,27 b	-0,43 a	-0,04 e
T6: 7+ 21 (3 dias)	0,20 b	0,83 cd	0,18 b	1,11 c	-0,43 a	-0,10 e
DMS	0,18	0,12	0,21	0,16	0,35	0,08
C.V. (%)	32,70	6,52	38,97	6,13	-47,50	26,43

MSR: massa seca de raiz, MSC: massa seca caulinar, MSF: massa seca foliar. sp 1: *Enterolobium contortisiliquum*; sp 2: *Peltophorum dubium*. Médias seguidas de diferentes letras nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey. *Significativo a 5%, **Significativo a 1%, ^{ns} não significativo.

Com exceção do tratamento 6, observou-se maior deposição de massa seca caulinar nos tratamentos submetidos a diferentes frequências de regas em *E. contortisiliquum* (Tabela 8) sendo o maior incremento (0,44g) verificado nas mudas submetidas a rega diária por 15 dias mais rega a cada 3 dias (tratamento 3).

Em *P. dubium*, verificou-se a maior massa seca (1,44g) no tratamento 4, contudo este não diferiu dos tratamentos 3 (1,43g), 2(1,40g) e 1 (1,37g). Em *Mimosa caesalpinifolia* não houve diferenças significativas em relação à alocação de biomassa de folhas e raízes enquanto os valores médios da alocação de biomassa dos caules nos tratamentos de déficits moderados e severos foram superiores ao do tratamento controle (ARAÚJO et al., 2010). O autor ainda constata que *Parapiptadenia rigida*, nas mesmas condições, mostrou médias de massa seca caulinar superiores ao tratamento controle.

Neste experimento, o incremento de massa seca foliar (Tabela 7) não diferiu estatisticamente ($p > 0,05$) em *E. contortisiliquum*. Já em mudas de *P. dubium*, o tratamento controle diferiu estatisticamente (0,51g) das diferentes frequências de regas, principalmente, dos tratamentos 5 (-0,04g) e 6 (-0,1g) que apresentaram queda negativa na MSF, possivelmente pela menor alocação biomassa nas folhas, senescência e queda foliar.

Plantas submetidas a déficit hídrico têm a senescência acelerada porque o solo seco não pode fornecer nitrogênio suficiente para suprir as necessidades de crescimento da planta e o nitrogênio do interior da planta é retranslocado das folhas mais velhas para os pontos de crescimento (WOLFE et al., 1988 apud SANTOS e CARLESSO, 1998).

Chaves (2001) observou redução de 68,6% e 31,7% na massa seca foliar de clones de eucalipto submetidos a estresse severo e moderado em função da abscisão foliar e redução da expansão foliar. Em mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* cultivadas sob 100, 50 e 25% da capacidade de recipiente não foram observadas diferenças entre os tratamentos aos 25 dias, contudo aos 50 dias, em plantas sob restrição hídrica mais severa, a produção de massa seca foliar diminuiu (SANTIAGO et al., 2002). Scalon et al. (2011) constatou 50% de diminuição da massa seca foliar de *Guazuma ulmifolia* sob disponibilidade de água de 25 e 12,5%cc aos 35 dias de desenvolvimento.

Neste trabalho, *E. contortisiliquum* não diferiu estatisticamente ($p > 0,05$) na relação da massa seca da parte aérea com a massa seca radicular. Por outro lado, verificou-se uma diminuição nas médias dos tratamentos submetidos às diferentes frequências de irrigação em relação ao tratamento controle em *P. dubium*, sendo que a menor média foi verificada no tratamento 6 (1,34g g muda⁻¹), possivelmente pelo déficit hídrico ter afetado o sistema fotossintético e conseqüentemente a deposição de fotoassimilados nas raízes.

E. contortisiliquum apresentou maior média de massa seca total no tratamento 2 (4,81g), apesar de não diferir estatisticamente dos tratamentos 1 (4,79g), 3 (4,55g), 4 (4,21g) e 5 (4,20). Em *P. dubium* o maior depósito de massa seca se deu nos tratamentos 1 (4,88g), 2 (4,93g) e 3 (4,81g). Em ambas as espécies verificam-se as menores médias no tratamento 6, possivelmente pelo déficit ter se mostrado mais severo e afetado o desenvolvimento radicular, caulinar e foliar (Tabela 9).

Chaves (2001) aferiu que a produção de matéria seca total dos clones submetidos ao déficit hídrico foi reduzida em relação às plantas irrigadas. As maiores reduções foram verificadas no tratamento severo, onde a irrigação era suspensa até que o solo atingisse o potencial hídrico de -1,5 MPa. Tatagiba (2006) também reportou que o acúmulo de matéria seca total de todos os clones de *Eucalyptus* avaliados foi reduzido pelo déficit hídrico ao final do experimento. Já Araújo et al. (2010) constataram incrementos de massa seca radicular, caulinar e foliar superiores em plantas *Parapiptadenia rigida* submetidas a estresse moderado (rega a cada 7 dias) e severo (rega a cada 14 dias).

Pimentel e Rossiello (1995) citados por Santos e Carlesso (1998) afirmaram que um ligeiro ressecamento do solo causa um aumento na concentração de ácido abscísico (ABA) no xilema, provavelmente produzido na coifa das raízes, que além de promover o crescimento das raízes e a formação de raízes laterais é transportado e redistribuído para outras partes da planta levando ao fechamento estomático e à diminuição da expansão celular foliar.

Tabela 8. Relação da massa seca da parte aérea com a raiz e massa seca total de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium* submetidas a diferentes frequências de regas por 30 dias durante a rustificação

Frequência de regas (dias)	MSPA/MSR		MST	
	g g muda ⁻¹		g muda	
	sp 1	sp 2	sp 1	sp 2
T1: Rega diária	1,32 a ^{ns}	1,74 a ^{**}	4,79 ab [*]	4,88 a ^{**}
T2: 15 + 15 (2 dias)	1,26 a	1,60 b	4,81 a	4,93 a
T3: 15 + 15 (3 dias)	1,40 a	1,47 c	4,55 ab	4,81 a
T4: 15 + 15 (4 dias)	1,41 a	1,48 c	4,21 ab	4,41 b
T5: 7 + 21 (2 dias)	1,09 a	1,46 c	4,20 ab	4,12 c
T6: 7+ 21 (3 dias)	1,31 a	1,34 d	3,89 b	3,90 d
DMS	0,38	0,09	0,91	0,17
C.V. (%)	15,20	3,30	10,59	1,94

MSPA/MSR: relação massa seca parte aérea com massa seca de raiz. MST: massa seca total. sp 1: *Enterolobium contortisiliquum*, sp 2: *Peltophorum dubium*. Médias seguidas de diferentes letras nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey. *Significativo a 5%, **Significativo a 1%, ^{ns} não significativo.

A redução da expansão celular pode se traduzir em uma estratégia de sobrevivência, com o intuito de diminuir a área disponível à transpiração. Também, pode reduzir o consumo de carbono e energia, sem afetar completamente o sistema fotossintético e, assim, distribuir uma maior proporção de assimilados vegetais ao sistema radicular (TAIZ e ZEIGER, 2009).

A análise de crescimento de um vegetal pode ser efetuada a partir da determinação do índice de qualidade de Dickson (BENINCASA, 1988) que é obtido através de uma fórmula balanceada que inclui as relações dos parâmetros morfológicos, como a biomassa seca total, a biomassa seca da parte aérea, a biomassa seca das raízes, a altura da parte aérea e o diâmetro de colo (GOMES e PAIVA, 2004).

Em *E. contortisiliquum* a maior média verificada para o índice de qualidade de Dickson (Tabela 9) foi no tratamento 2 (1,1539), contudo não diferiu estatisticamente do 1 (1,1046), 3 (1,0227) e 5 (0,9434). Em mudas de *P. dubium*, as maiores médias foram verificadas nos tratamentos 2 (0,9864) e 3 (0,9692).

O IQD é considerado um bom indicador da qualidade das mudas, pois considera para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda, com ajuste de vários parâmetros considerados importantes. Assim, considera-se de melhor qualidade mudas com valores de IQD mais elevados (GOMES e PAIVA, 2004).

Tabela 9. Índice de qualidade de Dickson de *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium* submetidas a diferentes frequências de regas por 30 dias durante a rustificação

Frequência de regas (dias)	IQD	
	<i>E. contortisiliquum</i>	<i>P. dubium</i>
T1: Rega diária	1,1046 ab ^{**}	0,9114 b ^{**}
T2: 15 + 15 (2 dias)	1,1539 a	0,9864 a
T3: 15 + 15 (3 dias)	1,0227 abc	0,9692 a
T4: 15 + 15 (4 dias)	0,9394 bc	0,9080 b
T5: 7 + 21 (2 dias)	0,9434 abc	0,8338 c
T6: 7+ 21 (3 dias)	0,8791 c	0,8089 c
DMS	0,21	0,04
C. V. (%)	10,71	2,41

Médias seguidas de diferentes letras nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ^{**}Significativo a 1%.

Os resultados do teste de perda de eletrólitos radiculares apontam uma diminuição no extravasamento de eletrólitos nos tratamentos 2 e 3 de mudas de *E. contortisiliquum* (Figura 3a) em relação ao tratamento controle, verificando-se reduções de até 7,12% no tratamento 2 e 17,91% no tratamento 3. Em mudas de *P. dubium* verificaram-se reduções de 10,38% no tratamento 2, 14,3% no tratamento 3 e 5,29% no tratamento 4 (Figura 3b).

Estes resultados expressam o desenvolvimento de maior integridade celular radicular despontando como uma estratégia de resistência das mudas ao déficit hídrico. Possivelmente, pelo aumento de enzimas antioxidantes e maior deposição de substâncias osmoticamente ativas que conferem maior tolerância celular.

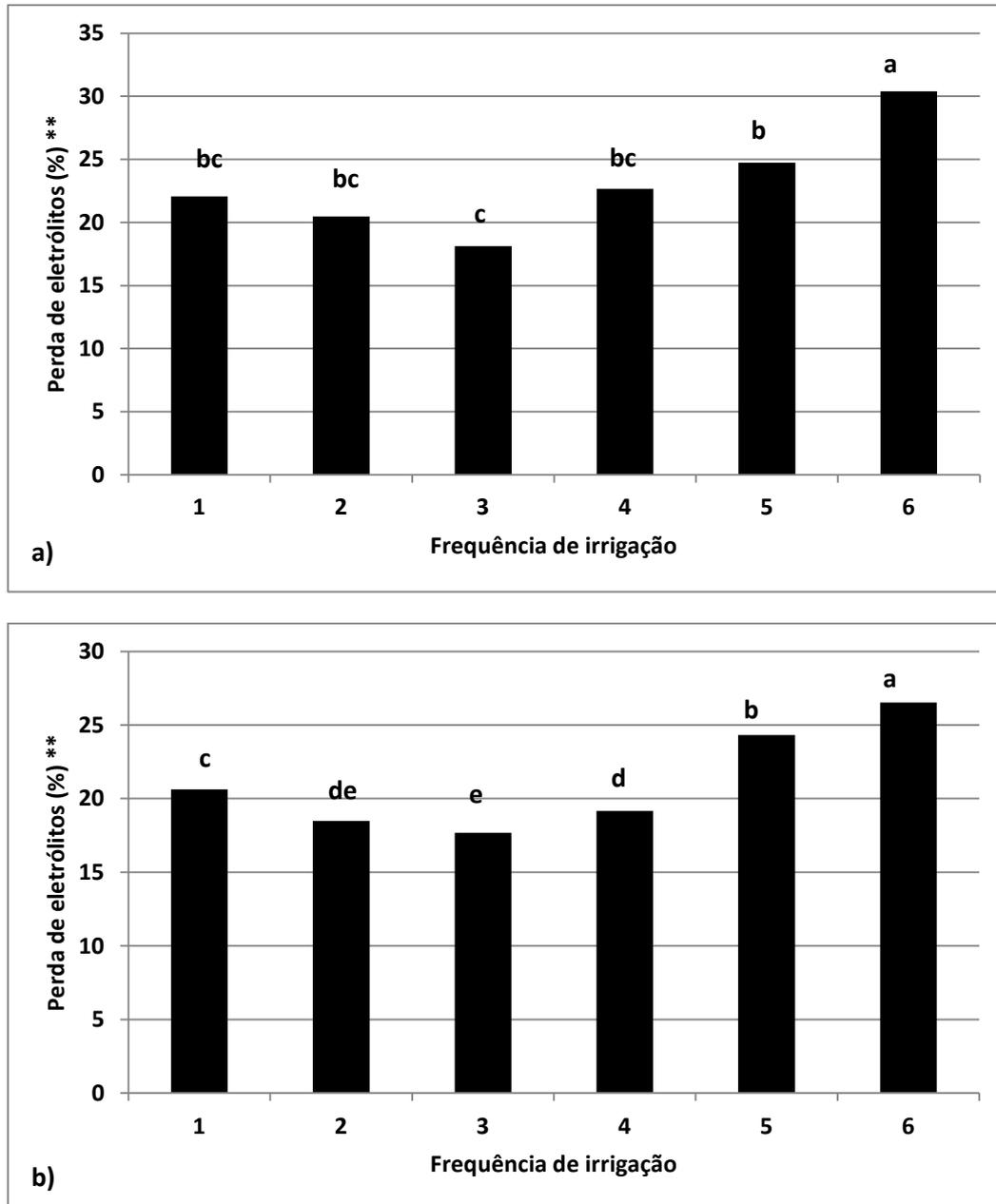


Figura 3, a-b. Teste de perda de eletrólitos radiculares. a) PER em mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, CV: 9,95. b) PER em mudas de *Peltophorum dubium*, CV: 2,39. Médias seguidas de diferentes letras nas barras diferem entre si pelo teste de Tukey. *Significativo a 5%, **Significativo a 1%.

Com a indução de um déficit hídrico gradual, há deposição adicional de substâncias osmoticamente ativas no sistema radicular, como prolina e açúcares solúveis que conferem maior tolerância à planta a partir do ajustamento osmótico. Assim como, há elevação na atividade da enzima peroxidase que desencadeia processos fisiológicos que culminam na proteção celular contra reações oxidativas, na lignificação da parede celular, na oxidação de compostos fenólicos, biossíntese de etileno e na manutenção da integridade das membranas (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Por outro lado, constata-se uma elevação no extravasamento de eletrólitos radiculares a partir do tratamento 4, em relação ao tratamento controle, resultando em aumentos de até 37,76% em *E. contortisiliquum* e de 28,59% em *P. dubium* no tratamento 6. Como as raízes são uma das partes mais frágeis e sensíveis às condições ambientais do vegetal (RICHIE e LANDIS, 2006) esta elevação pode indicar uma situação inadequada ao desenvolvimento das mudas, com possíveis danos celulares, seja pela desidratação celular ou deformação das membranas radiculares.

Segundo Kocheva et al. (2004) a desidratação pode ocasionar danos severos na membranas causando um aumento na permeabilidade e eventualmente dificultando o processo de recuperação dos tecidos após uma tentativa de reidratação.

A perda de eletrólitos esta de acordo com o desenvolvimento do IH, IC, relação H/C, MSR, MSC, MST e IQD. O PER se mostrou consistente na avaliação fisiológica das mudas de *E. contortisiliquum* e *P. dubium*. Os resultados obtidos corroboram com Becwar et al. (1981), McKay (1992), Bigras (1997), Perks e McKay (1997), Mckay (1998), Prášil e Zámecník, 1998 Généré e Garriou (1999), Villar-Salvador et al. (1999), Garriou (2000), Radoglou e Raftoyannis (2000), Sarvas (2003), Mollá et al. (2006), Räisänen et al. (2009), Dranski et al. (2011), Oro et al. (2011), Volkweis et al. (2011), Jaffe (2012) que trabalharam com diversas espécies em diferentes condições ambientais e constataram que a perda de eletrólitos radiculares se mostrou um parâmetro consistente na avaliação do grau de integridade de membranas.

A porcentagem de sobrevivência de mudas de *E. contortisiliquum* sofreu uma redução em função do tempo (Tabela 11) mostrando influência significativa do tempo dentro dos tratamentos a partir do tratamento 3.

Tabela 10. Porcentagem de sobrevivência de *Enterolobium contortisiliquum* sob restrição hídrica em função do tempo

Frequência de regas (dias)	Porcentagem de sobrevivência ----- % -----			
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
T1: Rega diária	79,16 Aa	41,66 Ab	16,66 Abcd	0 Aa
T2: 15 + 15 (2 dias)	79,16 Aa	62,49 Aa	29,16 Aab	8,33 Aa
T3: 15 + 15 (3 dias)	83,33 Aa	58,33 Ba	37,49 Ca	12,49 Da
T4: 15 + 15 (4 dias)	83,33 Aa	37,49B bc	20,82 Cbc	4,16 Da
T5: 7 + 21 (2 dias)	74,99Aa	37,49 Bbc	8,33 Ccd	0 Ca
T6: 7+ 21 (3 dias)	70,82 Aa	24,99B c	4,16 Cd	0 Ca

DMS	15,92	23,77	17,65	13,95
C. V. (%)	9,03	24,18	40,41	149,07

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 15 dias de restrição hídrica os tratamentos não diferiram entre si ($p > 0,05$). Aos 30 dias as maiores porcentagens de sobrevivência se deram nos tratamentos 2 (62,49%) e 3 (58,33%). O mesmo foi verificado aos 45 dias, tratamento 2 (29,16%) e 3 (37,49%). Enquanto que aos 60 dias a sobrevivência não diferiu entre os tratamentos, contudo, verificou-se que mudas submetidas aos tratamentos 2 (8,33%) e 3 (12,49%) resultaram nas maiores porcentagens de sobrevivência, em relação aos tratamentos 1, 5 e 6 que resultaram em morte total das mudas.

Em *P. dubium* a sobrevivência das mudas sofreu redução em função do tempo em todos os tratamentos (Tabela 12). Aos 15 dias de restrição hídrica não houve diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre as frequências de irrigação. Aos 30 dias, observaram-se as maiores médias de sobrevivência nos tratamentos 1 (54,16%), 2 (58,33%) e 3 (58,33%). Aos 45 dias, nos tratamentos 2 (37,49%) e 3 (41,66%). Na análise dos 60 dias, verificaram-se as maiores porcentagens de sobrevivência nos tratamentos 2 (16,66%), 3 (20,82%) e 4 (8,33%) que diferiram estatisticamente dos tratamentos 1 (4,16%), 5 (0%) e 6 (0%).

Tabela 11. Porcentagem de sobrevivência de *Peltophorum dubium* sob restrição hídrica em função do tempo

Frequência de regas (dias)	Porcentagem de sobrevivência ----- % -----			
	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
T1: Rega diária	79,16 Aa	54,16 Bab	24,99 Cbc	4,16 Dbc
T2: 15 + 15 (2 dias)	83,33 Aa	58,33 Ba	37,49 Cab	16,66 Dab
T3: 15 + 15 (3 dias)	83,33 Aa	58,33 Ba	41,66 Ca	20,82 Da
T4: 15 + 15 (4 dias)	83,33 Aa	41,66 Bbc	24,99 Cbc	8,33 Dabc
T5: 7 + 21 (2 dias)	79,16 Aa	37,49 Bc	16,66 Ccd	0 Dc
T6: 7 + 21 (3 dias)	74,99 Aa	29,16 Bc	8,33 Cd	0 Cc
DMS	13,96	20,23	22,94	13,95
C. V. (%)	7,71	19,34	39,73	74,55

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se que mudas de *P. dubium* tiveram porcentagens de sobrevivência superiores a *E. contortisiliquum* aos 60 dias de restrição hídrica (Tabelas 10 e 11), apesar de cada espécie

responder de maneira singular as diferentes condições do meio, o desenvolvimento do experimento em *P. dubium* contou com temperaturas mais amenas e maior umidade relativa do ar (Figura 2) que podem ter contribuído para menores perdas de água da planta para o meio externo e maior manutenção do metabolismo interno.

Assim, afirma-se que com o manejo de técnicas adequadas na produção das mudas pode-se alterar as características morfofisiológicas das plantas e realizar a seleção dos indivíduos mais vigorosos. Assim como exposto neste trabalho, vários autores tem afirmado que a aclimação das mudas a partir do manejo hídrico, tem aumentado a sobrevivência das plantas em condições de campo (CHAVES et al., 2001; TATAGIBA, 2006; FREITAG, 2007; PEREIRA et al., 2010).

Para uma melhor visualização da relação entre o teste de perda de eletrólitos radiculares (PER) e os outros parâmetros de qualidade avaliados no decorrer deste experimento, desenvolveu-se o coeficiente de correlação de Pearson (Tabela 12).

Em *E. contortisiliquum* verificou-se que a correlação entre o teste de PER e o incremento em altura (IH), relação da altura com o diâmetro de coleto (H/D) e índice de qualidade de Dickson (IQD), não mostraram diferenças estatisticamente significativas. Ao passo que, observaram-se correlações significativas negativas em todas as outras variáveis, indicando que quanto menor a perda de eletrólitos maiores os valores dos parâmetros de qualidade.

Tabela 12. Coeficiente de correlação de Pearson entre a perda de eletrólitos de raízes e os parâmetros de avaliação de qualidade das mudas de *E. contortisiliquum* e *P. dubium*

Parâmetros de qualidade	Espécies florestais	
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	<i>Peltophorum dubium</i>
IH	0,24 ^{ns}	0,36 [*]
IC	-0,64 ^{**}	-0,22 ^{ns}
H/D	0,20 ^{ns}	0,20 ^{ns}
MSR	-0,41 [*]	-0,78 ^{**}
MSC	-0,38 [*]	-0,80 ^{**}
MSF	-0,40 [*]	-0,61 ^{**}
MST	-0,48 ^{**}	-0,84 ^{**}
IQD	-0,08 ^{ns}	-0,89 ^{**}
MSPA/MSR	-0,32 [*]	-0,48 ^{**}

^{**}, ^{*}, ^{ns} Significativo a 1%, a 5% ou não significativo pelo teste t.

Em *P. dubium* (Tabela 12), constatou-se a inexistência de diferenças estatísticas entre o teste de PER e o incremento em coleto (IC) e a PER e relação da altura com o diâmetro de

coleteo (H/D). Por outro lado, da mesma forma que em *E. contortisiliquum*, os outros parâmetros de qualidade avaliados mostraram correlações significativas negativas atingindo respostas consideradas fortemente negativas (SANTOS, 2007) nas variáveis de MSC (-0,80), MST (-0,84) e IQD (-0,89).

Em ambas as espécies observou-se que conforme o extravasamento de eletrólitos foi menor, maior foi a deposição de fotoassimilados, indicando que mesmo em condições de restrição hídrica as plantas conseguem manter níveis de fotossíntese que permitem a produção de compostos que serão utilizados posteriormente para o estabelecimento e crescimento após o plantio e promoverão maiores porcentagens de sobrevivência.

Da mesma forma que os outros parâmetros avaliados, a porcentagem de sobrevivência das mudas de *E. contortisiliquum* e *P. dubium* se mostrou correlacionada à menor perda de eletrólitos radiculares (Tabela 13).

Tabela 13. Coeficiente de correlação de Pearson entre o teste a perda de eletrólitos de raízes e a porcentagem de sobrevivência de mudas submetidas a diferentes frequências de irrigação e mantidas sob restrição hídrica por 60 dias

Espécie	n	Porcentagem de sobrevivência				
		0 dias	15 dias	30 dias	45 dias	60 dias
<i>E. contortisiliquum</i>	24	0,0 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-0,60 ^{**}	-0,76 ^{**}	-0,41 [*]
<i>P. dubium</i>	24	0,0 ^{ns}	-0,42 [*]	-0,70 ^{**}	-0,75 ^{**}	-0,72 ^{**}

^{**}, ^{*} e ^{ns} Significativo a 1%, a 5% e não significativo pelo teste t.

Aos 15 dias de restrição não se observou correlação entre a PER e a sobrevivência de *E. contortisiliquum* (-0,31), ao passo que, em *P. dubium* foi significativa a 5% (-0,42), sendo valores de fraca correlação negativa em ambas as espécies (SANTOS, 2007). Os menores valores possivelmente advêm da inexistência de diferenças estatísticas na porcentagem de sobrevivência entre os tratamentos aos 15 dias de restrição hídrica, em ambas as espécies (Tabelas 10 e 11).

A porcentagem de sobrevivência diferiu entre os tratamentos a partir dos 30 dias de restrição (Tabelas 10 e 11), quando então, constatam-se de acordo com Santos (2007) respostas negativas moderadas na correlação de Pearson (Tabela 12) em ambas as espécies aos 30 e 45 dias de sobrevivência e, também, aos 60 dias em *P. dubium*.

Aos 60 dias verificou-se resposta negativa fraca (-0,41) em *E. contortisiliquum* possivelmente por não haver diferenças estatísticas entre os tratamentos na porcentagem de sobrevivência (Tabela 10).

Estes valores expõem a correlação negativa significativa entre os extravazamentos de eletrólitos e as porcentagens de sobrevivência indo de acordo com McKay e Madson (1991) que verificaram correlação altamente negativa entre a sobrevivência e a PER de mudas de Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) and Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco).

Os resultados também corroboram com McKay (1992) que verificou que a sobrevivência de mudas de Sitka Spruce, Douglas Fir e Japanese Larch estava estritamente correlacionada com a PER após dois anos de plantio. Da mesma forma que, foi constatado por Bigras (1997) na sobrevivência e rebrota de *Picea mariana* (Mill.) quando submetida a diferentes temperaturas.

Kocheva et al. (2005) afirmaram que o teste de perda de eletrólitos radiculares além de ser um método que requer pequena quantidade de material vegetal, permite a análise de um grande número de amostras em laboratório, é acurado e sensível o suficiente para reprodutibilidade dos resultados. Ritchie e Landis (2006) asseguraram que a PER é um dos testes mais rigorosos na avaliação das raízes e que pode ser utilizado na avaliação da qualidade fisiológica das mudas.

Desta forma, sugere-se a utilização de diferentes frequências de regas para obtenção de maior rusticidade às espécies, assim como, indica-se o uso do teste de perda de eletrólitos radiculares na avaliação da qualidade das mudas de *E. contortisiliquum* e *P. dubium* para maior confiabilidade da qualidade fisiológica e sobrevivência das plantas no pós plantio.

CONCLUSÕES

O teste de perda de eletrólitos radiculares apresentou consistência na avaliação da qualidade fisiológica e sobrevivência de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium* submetidas ao déficit hídrico em função das diferentes frequências de irrigação na fase de rustificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, R. S. L.; MOURA, A. R.; ROCHA, A. P.; CAETANO, S. M. C. O.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Análise de crescimento em *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (sabiá) e *Parapiptadenia rígida* Benth (Brenan) (angico monjolo) submetidas ao estresse hídrico. In X JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX 2010 – UFRPE: 2010, Recife. **Anais...** Disponível em: <http://www.sigeventos.com.br/jepex/inscricao/resumos/0001/R0818-3.PDF>
- ALMEIDA, L. S. **Avaliação morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (a. St.-Hil., a. Juss. & Cambess.) Radl. (Vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) produzidas em diferentes substratos.** Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p.96, 2005.
- ALMEIDA, R. A. M. C.; FIRMINO, J. L. Germinação de sementes de timbaúba (*Enterolobium schomburgkii* Benth) – Mimosoidae. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 7., 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu: Sociedade de Ecologia do Brasil. p.1-2. 2007.
- BAJJI, M.; KINET, J-M.; LUTTS, S. The use of electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as water stress tolerance test in durum wheat. **Journal of Plant Growth Regulation**, n.36, p.61-70, 2002.
- BARBOSA, D.C.A. Crescimento de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan. (Leguminosae-Mimosoideae). **Phyton**, v.52, n.1, p.51-62, 1991.
- BARROS, L.M.; BARBOSA, D.C.A. Crescimento de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. em casa de vegetação. **Phyton**, v.57, n.2, p.179-191, 1995.
- BECWAR, M. R.; RAJASHEKAR, C.; BRISTOW, K. J. H.; BURKE, M. J. Deep undercooling of tissue water and winter hardiness limitations in Timberline Flora. **Plant Physiology**, v.68, p.111-114, 1981.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas.** Jaboticabal: Funep, 1988. 42p.
- BIGRAS, F. J. Root cold tolerance of black spruce seedlings: Viability tests in relation to survival and regrowth. **Tree Physiology** n.17, p.311-318, 1997.
- BRAY, E. A. Plant responses to water deficit. **Trends in Plant Science**, n.2, p.48-54, 1997.
- CARNEIRO, J.G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: UFPR/UENF/FUPEF, 1995. 415p.
- CARVALHO, M. **Variações morfofisiológicas e eficiência do uso da água em *Ricinus communis* L. submetida ao déficit hídrico regulado.** Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, Ilhéus, Bahia, p.106, 2010.

CHAVES, J.H. **Crescimento, fotossíntese e relações hídricas de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, p.106, 2001.

COLOMBO SJ, SAMPSON PH, TEMPLETON WGT, MCDONOUGH TC, MENES PA, DEYOE D, GROSSNICKLE SC. Assessment of nursery stock quality in Ontario. In: WAGNER RG, COLOMBO SJ, eds. **Regenerating the Canadian forest: principles and practice for Ontario**. Markham (ON): Fitzhenry & Whiteside Limited. p.307-323, 2001.

CROWE, J. H.; HOEKSTRA, F. A.; CROWE, L. M. Anhydrobiosis. **Annual Review of Physiology**, n.54, p.570-599, 1992.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Viveiros Florestais. In: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. (Eds) **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, p.175, 2008.

D'ÁVILA, F. S. **Efeito do fósforo, nitrogênio e potássio na produção de mudas clonais de Eucalipto**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, p.53, 2008.

DEXTER, S. T.; TOTTINGHAM, W. E.; GRABER, L. F. Preliminary results in measuring the hardness of plants. **Plant Physiology**, n.5, p.215-223, 1930.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, n.36, p.10-13, 1960.

DRANSKI, J. A. L.; ORO, P; VOLKWEIS, C. R; MALAVASI, U. C; MALAVASI, M. M. Uso de ethephon na rustificação de mudas de Espinheira-santa. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA. 2, 2011, Campinas. **Anais...** São Paulo: Ipef; 2011. p.269.

EIRA, M. T. S.; FREITAS, R. W. A.; MELLO, C. M. C. Superação da dormência de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.-Leguminosae. **Revista Brasileira de Sementes**. v.15, n.2, p.177-181, 1993.

FARIA, A. P. 2010. **Avaliação ex vivo da tolerância de cultivares de mamoneira (*Ricinus Communis* L.) ao déficit hídrico**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 84, 2010.

FERRARI, M. P.; SHIMIZU, J. Y. **Cultivo do Pinus**. Embrapa Florestas – Sistemas de Produção. V. 5, 2005. Retirada de: <
http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/05_6_7_rustificacao.htm > acesso em: 10 de março de 2012.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 5.1**. Software estatístico, Lavras: DEX/ UFLA, 2007.

FIGUEIROA, J. M.; BARBOSA, D.C. A.; SIMABUKURU, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v.18, n.3, p.1-14, 2004.

FREITAG, A. S. **Frequências de irrigação para *Eucalyptus grandis* E *Pinus elliottii* em viveiro.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, p. 60, 2007.

GARRIOU, D.; GIRARDC, S.; GUEHLD, J.M.; GÉNÉRÉ, B. Effect of desiccation during cold storage on planting stock quality and field performance in forest species. **Annals of Forest Science**, v.57, n.2, p.101-111, 2000.

GÉNÉRÉ, B.; GARRIOU, D. Stock quality and field performance of Douglas fir seedlings under varying degrees of water stress. **Annals of Forest Scienc.**,v.56, n.2, p.501-510, 1999.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental.** 14. ed. Piracicaba: Ed. F P. Gomes, 2000. 477p.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; BORGES, R. C. G.; FONSECA, E. P. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em “Win-Strip”. **Revista Árvore**, v. 15, n. 1, p. 35-42, 1991.

GOMES, J. M., COUTO, L., LEITE, H. G., XAVIER, A., GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p. 655-664, 2002.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada.** Viçosa: UFV, 2004. 116 p.

JACOBS, D.F.; LANDIS, T.D. Hardening. In: DUMROESE, R.K.; LUNA, T.; LANDIS, T.D. (Eds.) **Nursery manual for native plants: Guide for tribal nurseries.** v.1. United States Department of Agriculture, Forest Service, 2009.

JAFFE, M. J. Thigmomorphogenesis: Electrical Resistance and Mechanical Correlates of the Early Events of Growth Retardation due to Mechanical Stimulation in Beans. **Zeitschrift für Pflanzenphysiologie.** Athens, Ohio, v.78, n.1, p.24-32, 2012.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal.** 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2008. 431 p.

KLIPPEL, V. H.; PIMENTA, L. R.; XAVIER, T. M. T.; TOLEDO, J. V.; PEZZOPANE, J. E. M. Avaliação do crescimento de mudas de Eucalipto submetidas a diferentes regimes de irrigação. In XIII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E IX ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO – Universidade do Vale do Paraíba, 2009. **Anais...** Paraíba, p. 1-4, 2009.

KOCHEVA, K. V.; GEOGIEV, G. I.; KOCHEV, V. K. A diffusion approach to the electrolyte leakage from plant tissues. **Physiologia Plantarum**, n.125, p.1-9, 2005.

KOCHEVA, K.; LAMBREV, P.; GEORGIEV, G.; GOLTSEV, V.; KARABALIEV, M. Evaluation of chlorophyll fluorescence and membrane injury in the leaves of barley cultivars under osmotic stress. **Bioelectrochemistry**, n.63, p.121-124, 2004.

LARCHER, W. Plantas sob estresse. In: LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: Rima, 2000. p.341-430.

- LI, C.; BERNINGER, F.; KOSKELA, J.; SONNINEN, E. Drought responses of *Eucalyptus microtheca* provenances depend on seasonality of rainfall in their place of. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v.27, n.3, p.231-238, 2000.
- LINK, D.; COSTA E. C. Danos causados por insetos em sementes de timbaúva *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Ciência Florestal**. Santa Maria. v.5, n.1, p.113-122, 1995.
- LOPES, J.L.W.; GUERRINI, I.A.; SAAD, J.C.C. Efeito de lâminas de irrigação de irrigação na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex. MAIDEN) em substrato de fibra de coco. **Irriga**, Botucatu, v.10, n.2, p.123-134, 2005.
- LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SILVA, M. R.; SAAD E, J. C. C.; LOPES, C. F. Estresse hídrico em plantio de *Eucalyptus grandis* VS. *Eucalyptus urophylla*, em função do solo, substrato e manejo hídrico de viveiro. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.1, p.31-39, 2011.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2.ed. Nova Odessa: Plantarum, 1998. v.1. 352p.
- MAIA, E. L. **Comportamento vegetativo de três espécies florestais sob estresse hídrico, com adubação orgânica em solos da região semi-árida nordestina**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB, p.53, 2005.
- MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Dormancy breaking and germination of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong seed. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, n.6, p.851-854, 2004.
- MCKAY, H.M. Electrolyte leakage from fine roots of conifer seedlings: a rapid index of plant vitality following cold storage. **Canadian Journal Forest**, n.22, p.1371–1377, 1992.
- MCKAY, H.M. Root electrolyte leakage and root growth potential as indicators of spruce and larch establishment. **Silva Fennica**, v.32, n.3, p.241-252, 1998.
- MCKAY, H.M.; MASON, W.L. Physiological indicators of tolerance to cold storage in Sitka spruce and Douglas-fir seedlings. **Canadian Journal Forest**, n. 21, p.890-901, 1991.
- MELO, R. R.; CUNHA, M. C. L.; RODOLFO JÚNIOR, F.; STANGERLIN, D. M.. Crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. sob diferentes níveis de luminosidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.2, p.138-144, 2008.
- MOLLÁ, S.; VILLAR-SALVADOR, P.; GARCIA-FAYOS, P.; RUBIRA, J. L. P. Physiological and transplanting performance of *Quercus ilex* L. (holm oak) seedlings grown in nurseries with different winter conditions. **Forest Ecology and Management**. v.237, n.1, p. 218–226, 2006.
- OLIVEIRA, L. M.; DAVIDE, A. C.; CARVALHO, M. L. M. Avaliação de métodos para a quebra da dormência e para a desinfestação de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 597-603, 2003.
- ORO, P.; DRANSKI, J. A. L.; VOLKWEIS, C. T.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Perda de eletrólitos em mudas de espinheira-santa como indicador de qualidade. In: II

ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 2, 2011. Campinas. **Anais...** São Paulo: Ipef; p.299, 2011.

PEREIRA, M. R. R.; SOUZA, G. S. F.; RODRIGUES, A. C. P.; MELHORANÇA FILHO, A. L.; KLAR, A. E. Análise de crescimento em clones de Eucalipto submetidos à restrição hídrica. **Irriga**, Botucatu, v.15, n.1, p.98-110, 2010.

PERKS, M.P.; MCKAY, H.M.; Morphological and physiological differences in scots pine seedlings of six seed origins. **Forestry**, v.70, n.3, p. 223-232, 1997.

PIROLI, E. A; CUSTÓDIO, C. C.; ROCHA, M. R. V; UDENAL J. L. Germinação de sementes de canafístula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. tratadas para superação da dormência. **Colloquium Agrariae**, v.1, n.1, p.13-18, 2005.

PRÁŠIL, I.; ZÁMECNÍK, J. The use of a conductivity measurement method for assessing freezing injury. Influence of leakage time, segment number, size and shape in a sample on evaluation of the degree of injury. **Environmental and Experimental Botany**, n.40, p.1-10, 1998.

RADOGLU, K.; CABRAL, R.; REPO, T.; KASANAGAS, N.; SUTINEN, M. L.; WAYSEL, Y. Appraisal of root leakage as a method for estimation of root viability. **Plant Biology: Official Journal of the Societa Botanica Italiana**, v.141, n.3, p.443-459, 2007.

RADOGLU, K.; RAFTOYANNIS, Y. A comparative study of plant vitality tests and field performance of eleven tree species. **Phyton**, n.40, p.163-168, 2000.

RÄISÄNEN, M.; REPO, T.; LEHTO, T. Cold acclimation of norway spruce roots and shoots after boron fertilization. **Silva Fennica**, v.43, n.2, p. 223-233, 2009.

REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; MAESTRI, M. Crescimento e relações hídricas de mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E.grandis* e *E. cloezina* spp. em tubetes sob três regimes de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa, v.12, n.2, p. 183-195, 1988.

RICHIE, G. A.; LANDIS, T. D. Seedling Quality Tests: Root Electrolyte Leakage. **Forestry nursery notes**, p. 6-10, 2006.

RODRIGUES, S. B. S.; MANTOVANI, E. C.; OLIVEIRA; R. A.; PAIVA, H. N.; ALVES, M. E. B. Necessidades hídricas de mudas de Eucalipto na Região Centro-Oeste de Minas Gerais. **Irriga**, v. 16, n. 2, p. 212-223, 2011.

SÁ, E. A; CAMPOS, R. A. S. Biometria de frutos e sementes e germinação de ximbuva (*Enterolobium contortisiliquum* Vell. Morong). In 2ª JORNADA CIENTÍFICA DA UNEMAT, 2, 2009, Cáceres. **Anais...** Disponível em: http://www.unemat.br/eventos/jornada2009/resumos_conic/Expandido_00146.pdf, 2009.

SANTIAGO, A. M. P; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LOPES, E. C. Crescimento de plantas jovens de *Mimosa caesalpinifolia* Benth cultivada sob estresse hídrico. **Revista Ecosystema**, v.26, n.1, p.23-30, 2002.

SANTOS, C. **Estatística Descritiva - Manual de Auto-aprendizagem**, Lisboa, Edições Sílabo, 2007.

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

SARVAS, M. Change of cold hardiness in bare-rooted norway spruce planting stock during autumn and its effect on survival. **Journal of Forest Science**, v49, n.3, p.133–139, 2003.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. M.; KODAME, F. M. KISSMAN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.4, p.655-662, 2011.

SENARATNA, T.; MCKERSIE, B. D. Characterization of solute efflux from dehydration injured soybean (*Glycine max* L. Merr) seeds. **Plant Physiology**, n.72, p. 911-914, 1983.

SEIFFERT, N. F. **Métodos de escarificação de sementes de leguminosas forrageiras tropicais**. Comunicado Técnico, n.13, p. 1-5. Disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/cot/COT13.html> Acesso em: 24 de março de 2012.

SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p.1363-1368, 2002.

SILVA, M.R.; KLAR, A.E.; PASSOS, J.R. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus Grandis* W. (Hill ex. Maiden). **Irriga**, v.9, n.1, p.31-40, 2004.

SINDEAUX, J.H.F; AZEVEDO, B. M.; VIANA, T. V. A.; CARVALHO, A. C. P.P.; FURLAN, R. A. Desenvolvimento de mudas micropropagadas de bananeiras submetidas a diferentes lâminas e frequência de irrigação em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v.14, n.2, p.180-189, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TATAGIBA, S. D. **Crescimento inicial, trocas gasosas e status hídrico de clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, p.108, 2006.

VILLAR-SALVADOR, P.; OCAÑA, L.; PEÑUELAS, J. L. y CARRASCO, I. Effect of water stress conditioning on the water relations, root growth capacity, and the nitrogen and non-structural carbohydrate concentration of *Pinus halepensis* Mill (Aleppo pine) seedlings. **Annals of Forest Science**, n.56 p. 459-465, 1999.

VOLKWEIS, C. T.; DRANSKI, J. A. L; ORO, P; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Perda de eletrólitos em raízes de mudas de Eucaliptos submetidas à rustificação mecânica. In II ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 2, 2011. Campinas. **Anais...** São Paulo: Ipef; p.263. 2011.

WILNER J. Results of laboratory tests for winter hardiness of woody plants by electrolyte methods. **American Society for Horticultural Science**, n.66, p.93-99, 1955.

WILNER, J. Relationship between certain methods and procedures of testing for winter injury of outdoor exposed shoots and roots of apple trees. **Canadian Journal of Plant Science**, n.41, p. 309-315, 1961.

WILSON, B. C.; JACOBS, D. F. **Electrolyte leakage from stem tissue as an indicator of hardwood seedling physiological status and hardiness**. Proceedings of the 14th Central Hardwoods Forest Conference. p.373 – 381, 2005.

WINK, C.; GUEDES, J. V. C.; MURARI, A. B.; PELENTIR, S. C. S. Ocorrência de *Cryptophlebia carpophagoides* Clarke, 1951 (Lepidoptera: Olethreutidae) em frutos de timbaúva, *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.17, n.1, p.77-79, 2006.