

**LUIZ GUSTAVO MARTINELLI DELGADO**

**INFLUÊNCIA DO ÂNGULO FOLIAR NA QUALIDADE DE MUDAS NATIVAS  
CULTIVADAS SOB DIFERENTES MANEJOS HÍDRICOS**

**Botucatu**

**2018**



**LUIZ GUSTAVO MARTINELLI DELGADO**

**INFLUÊNCIA DO ÂNGULO FOLIAR NA QUALIDADE DE MUDAS NATIVAS  
CULTIVADAS SOB DIFERENTES MANEJOS HÍDRICOS**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Ciência Florestal.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Magali Ribeiro da Silva

**Botucatu**

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

D352i Delgado, Luiz Gustavo Martinelli, 1986-  
Influência do ângulo foliar na qualidade de mudas nativas cultivadas sob diferentes manejos hídricos / Luiz Gustavo Martinelli Delgado. - Botucatu: : [s.n.], 2018  
86 p.: il., color , grafs., tabs

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018  
Orientador: Magali Ribeiro da Silva  
Inclui bibliografia

1. Espécies florestais - Mudanças. 2. Viveiros. 3. Irrigação. I. Silva, Magali Ribeiro. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

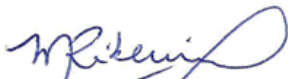
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: INFLUÊNCIA DO ÂNGULO FOLIAR NA QUALIDADE DE MUDAS NATIVAS CULTIVADAS SOB DIFERENTES MANEJOS HÍDRICOS.

**AUTOR: LUIZ GUSTAVO MARTINELLI DELGADO**

**ORIENTADORA: MAGALI RIBEIRO DA SILVA**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIA FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:



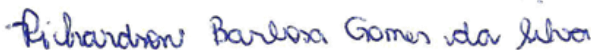
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> MAGALI RIBEIRO DA SILVA  
Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP



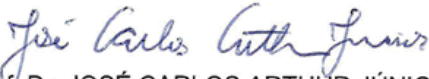
Prof. Dr. IRAÊ AMARAL GUERRINI  
Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> GISELA FERREIRA  
Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP



Pos-Doutorando RICHARDSON BARBOSA GOMES DA SILVA  
Depto de Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agrônômica - UNESP



Prof. Dr. JOSÉ CARLOS ARTHUR JÚNIOR  
Instituto de Florestas / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

Botucatu, 18 de dezembro de 2018



*Ao meu amado filho Leonardo e meus avós,  
Maria Aparecida e Antônio (in memoriam) e  
Alice e Osvaldo*

*dedico*





## AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e oportunidades a mim concedidas.

Aos meus pais Odair e Sueli (in memoriam), pelo amor incondicional, e por me impulsionarem nessa conquista.

A minha esposa Rita pela compreensão e confiança, estando sempre ao meu lado nos momentos difíceis. E a nossa maior riqueza, que Deus nos deu, nosso filho amado Leonardo.

A minha irmã Aline, meu cunhado David e meu sobrinho amado João Augusto pelos momentos felizes aos seus lados.

A Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu FCA/UNESP e ao Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal pela oportunidade de realização do doutorado.

A minha orientadora Prof. Dr<sup>a</sup>. Magali Ribeiro da Silva, a quem tenho grande admiração pelo exemplo de dedicação. Obrigado por compartilhar de seu conhecimento e juntos construirmos esse trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior por concessão da bolsa de estudos.

Ao Dr. Richardson Barbosa Gomes da Silva, que contribuiu muito com a estatística desse trabalho, a quem tenho grande apreço e admiração pelo excelente profissionalismo.

A Rodolfo D'áloia Garcia, meu grande parceiro de longas jornadas. Obrigado pela compreensão e apoio durante toda essa caminhada.

Aos professores membros da banca de qualificação, Magali e Richardson já citados e Prof. Dr<sup>a</sup>. Gisela Ferreira pela contribuição ao trabalho.

Aos professores membros da banca de defesa, Dr<sup>a</sup> Magali Ribeiro da Silva, Dr. Richardson Barbosa Gomes da Silva, Dr<sup>a</sup> Gisela Ferreira, Dr. José Carlos Arthur Júnior e Dr. Iraê Amaral Guerrini.

Ao Laboratório de Fisiologia Vegetal do Instituto de Botânica IB/UNESP em Rubião Júnior, em especial Angélica e Ângelo pelo uso dos equipamentos e ensinamentos.

Aos amigos do Grupo de Estudos e Pesquisas de Produção de Mudas – GEPPROM, Makarrão, Juan, Rafael Barroca, Gláucia, Rafael Lima.

Aos meus amigos de São Manuel Edson Avanci e Graciela, Eduardo e Eliane, Anderson e Juliana, Gentil e Maiara e também toda criançada, Lucas Avanci, Felipe e Lucas Lorençon, Pietro e Laís. Obrigado por compartilharmos momentos de descontração e muitas risadas.

Aos meus cunhados Juninho e Renata e ao sobrinho Samuel, pelas ótimas convivências na Água Nova.

Aos funcionários do viveiro de mudas da FCA, Claudinho, Dinho, Chiquinho e Sr. João e também ao já aposentado Dicão.

A todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para esse trabalho, meu muito obrigado.

## RESUMO

Devido à necessidade do cumprimento das exigências ambientais às atuais legislações, há um aumento considerável na procura de mudas florestais nativas tanto em quantidade quanto em qualidade. Assim, visando melhorar a produção de mudas em qualidade e com menor dispêndio de recursos, o objetivo do presente estudo foi avaliar como a lâmina de irrigação aplicada e o ângulo foliar das espécies influenciam nas qualidades morfológicas, fisiológicas e nutricionais de mudas florestais nativas e na fração de lixiviação. O experimento foi conduzido no Viveiro do Departamento de Ciência Florestal, Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, no município de Botucatu/SP. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7x3, sendo sete ângulos foliares (espécies) e três lâminas de irrigação (6, 9 e 12 mm), aplicadas parceladamente duas vezes ao dia. Foram avaliadas as seguintes variáveis: altura, diâmetro do colo, massas secas aérea, radicular e total, área de projeção da copa, conformação do sistema radicular, índice de qualidade de Dickson, potencial hídrico foliar, conteúdo relativo de água na folha, transpiração diária, condutância estomática, déficit de pressão de vapor, intensidade de coloração verde na folha, fração de lixiviação, condutividade elétrica da solução escoada do fundo do tubete e teor e acúmulo de nutrientes. Os dados das variáveis morfológicas, fisiológicas e fração de lixiviação foram submetidos à análise multivariada de componentes principais, sendo selecionadas aquelas que explicaram a maior parte da variabilidade dos dados. Para as variáveis selecionadas, foi realizada análise de variância, seguida do teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Os dados da conformação do sistema radicular foram comparados percentualmente e da solução escoada no fundo do tubete ao final do experimento, diariamente, durante seis dias. O grau de associação entre acúmulo de nutrientes e lâminas de irrigação foi obtido por meio da correlação de Pearson. A lâmina de irrigação aplicada e o ângulo foliar das espécies influenciaram nas qualidades morfológicas, fisiológicas e nutricionais das mudas. As mudas das espécies *Ficus luschnathiana* (166°), *Sapindus saponaria* (147°) e *Acnistus arborecens* (144°) apresentaram melhor qualidade quando submetidas à menor lâmina de irrigação diária (6mm). As mudas das espécies *Luehea*

*grandiflora* (89°) e *Alchornea glandulosa* (46°) apresentaram melhores qualidades quando cultivadas na maior lâmina de irrigação diária (12mm). A lâmina intermediária de irrigação diária (9mm) produziu mudas com melhores qualidades para as espécies *Psidium guajava* (156°) e *Cecropia pachystachya* (26°).

**Palavras-chave:** Arquitetura de mudas, irrigação, viveiro.

## ABSTRACT

Due to the current environmental laws, there has been an increase in the search for quantity and quality of native tree seedlings. Thus, in order to improve the quality in seedlings production with the lowest costs, the present research aimed to evaluate the influence of applied water depth and the leaf angles of species on the morphological, physiological and nutritional aspects from native tree seedlings and on the leaching fraction. The experiment was carried out in the nursery from Forest Science Department, at School of Agronomy UNESP, in Botucatu/SP. The experimental design was completely randomized in a 7X3 factorial scheme, with seven leaf angles (species) and three irrigation depths (6, 9, 12mm) partially applied twice a day. The following variables were considered: height, stem diameter, shoot, root and total dry mass, crown projection area, conformation root system, Dickson quality index, leaf water potential, water content on leaf, daily perspiration, stomatal conductance, vapor pressure deficit, leaf chlorophyll, leaching fraction, electrical conductivity of the solution leached from plastic tubes and nutritional accumulation. Data from morphological and physiological variables, together with the leaching fraction were submitted to a multivariate analysis of main components. The variables were selected according to a better explanation for data variability. It was carried out a variance analysis followed by the Scott-Knot test to the variables selected. Conformation data from root system were compared in percentage terms, while the solution leached from plastic tubes were daily considered. The degree of association between the nutritional accumulation and the different water depths were calculated by means of Pearson correlation. The applied irrigation depth and the leaf angle had influence on morphological, physiological and nutritional aspects from seedlings. Seedlings of *Ficus luschnathiana* (166°), *Sapindus saponaria* (147°) and *Acnistus arborecens* (144°) presented better quality when submitted to the daily lowest irrigation depth (6mm). The seedlings of *Luehea grandiflora* (89°) and *Alchornea glandulosa* presented better quality when submitted to the daily highest irrigation depth (12mm). The daily medium irrigation depth (9mm) produced better seedlings of *Psidium guajava* (156°) and *Cecropia pachystachya* (26°).

**Keywords:** Seedlings architecture, irrigation, seedling nursery

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	15
<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
Espécies florestais .....	17
<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schltl .....	17
<i>Alchornea glandulosa</i> Poeppig subsp. <i>Iricurana</i> (Casaretto) R. Secco, comb.nov. et stat. nov. ....	18
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul. ....	18
<i>Ficus luschnathiana</i> (Miq.) Miq. ....	19
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc. ....	20
<i>Psidium guajava</i> L. ....	21
<i>Sapindus saponaria</i> L. ....	21
<b>CAPÍTULO 1 – DESENVOLVIMENTO DE MUDAS NATIVAS COM DISTINTOS ÂNGULOS FOLIARES CULTIVADAS SOB DIFERENTES MANEJOS HÍDRICOS</b> .....	23
RESUMO .....	23
ABSTRACT .....	25
1.1 INTRODUÇÃO .....	27
1.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	29
1.2.1 Local e época .....	29
1.2.2 Análises preliminares e definição dos ângulos foliares .....	29
1.2.3 Definição das lâminas de irrigação e delineamento experimental .....	30
1.2.4 Instalação do experimento, insumos e fertirrigação .....	31
1.2.5 Avaliações .....	32
1.2.6 Análises estatísticas .....	34
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
1.3.1 Variáveis de desenvolvimento e fração de lixiviação .....	35
1.3.2 Conformação do sistema radicular .....	42

1.3.3 Condutividade elétrica escoada pelo fundo do tubete.....	44
1.3.4 Acúmulo de nutrientes .....	48
1.4 CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS.....	49
<b>CAPÍTULO 2 – RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE MUDAS NATIVAS COM DISTINTOS ÂNGULOS FOLIARES CULTIVADAS SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO .....</b>	<b>55</b>
RESUMO .....	55
ABSTRACT.....	57
2.1 INTRODUÇÃO .....	59
2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	60
2.2.1 Local e época .....	60
2.2.2 Análises preliminares para a escolha das espécies.....	61
2.2.3 Delineamento experimental .....	61
2.2.4 Condução do experimento e insumos.....	62
2.2.5 Avaliações realizadas ao final do ciclo de produção .....	63
2.2.6 Análises estatísticas .....	66
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	67
2.4 CONCLUSÃO.....	76
REFERÊNCIAS .....	76
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>82</b>
REFERÊNCIAS .....	83



## INTRODUÇÃO GERAL

A grande demanda por mudas florestais nativas decorrente do aumento significativo de áreas a serem vegetadas, em relação à grande perda de biodiversidade nos últimos anos, faz com que, viveiristas, atuem no sentido de produzir mudas em quantidade e qualidade, uma vez que, o plantio de mudas é a técnica mais utilizada e rápida na recuperação de áreas degradadas, por acelerar o processo de sucessão natural (ALMEIDA, 2016). O plantio de mudas é também uma forma de manter os recursos florestais e conservar o equilíbrio econômico, social e ambiental (REBOUÇAS et al., 2018).

Há necessidade de pesquisas que busquem determinar protocolos de produção que sejam eficientes e que favoreçam a produção mudas de boa qualidade (MESQUITA et al., 2011), menor dispêndio de insumos e capazes de atender aos objetivos do plantio no campo (JOSÉ et al., 2005).

O sucesso do reflorestamento ou recuperação de áreas degradadas, está na utilização de técnicas adequadas de preparo da área e manejo, no entanto, o êxito de uma boa implantação depende da espécie, das potencialidades genéticas das sementes e da qualidade da muda (FERRAZ; ENGEL, 2011), esta por sua vez, influenciada pelos manejos adotados no viveiro durante o processo de produção. A formação de mudas mais vigorosas no viveiro, permite maior chance de sucesso no estabelecimento da muda no campo (FONSECA, et al., 2002), constituindo uma das fases mais importantes do processo de implantação de povoamentos florestais, pois mudas de baixa qualidade podem comprometer todas as operações silviculturais seguintes (COSTA et al., 2008).

A muda com qualidade deve apresentar características morfofisiológicas e nutricionais adequadas para o plantio no campo. A irrigação é uma técnica que pode oferecer, desde que empregada adequadamente, possibilidade de a planta expressar seu maior potencial de crescimento, produção e qualidade das culturas (KLAR et al., 2015).

No entanto, o que ainda se observa são práticas inadequadas por parte de viveiristas no que se refere ao momento correto de irrigar e/ou a quantidade de água a ser aplicada na irrigação, afetando o desenvolvimento da muda. Além disso, a aplicação de resultados já obtidos em pesquisas com manejo da irrigação, muitas

vezes não é operacional em viveiros de mudas nativas devido a produção de diversas espécies em um mesmo período de tempo (TSUKAMOTO FILHO et al., 2013). Essa necessidade de se produzir alta diversidade de espécies em um mesmo local e espaço de tempo é devido à demanda de mercado, resultante do atendimento às normas dos órgãos ambientais na implantação de áreas a serem recuperadas.

As pesquisas que tratam do manejo de irrigação em viveiros de mudas nativas buscam obter conhecimento da necessidade hídrica das mais diferentes espécies. No entanto, não definem grupos de espécies que apresentem comportamento semelhante quanto à exigência hídrica. Uma vez definido o manejo hídrico ideal para esses grupos de espécies, viveiristas poderiam realizar irrigação de maneira mais precisa, minimizando a utilização dos recursos naturais, custos e produzindo mudas de maior qualidade.

A eficiência da irrigação está atrelada à quantidade de água aplicada na planta “alvo”, atingindo a zona de raiz e disponível pela planta, sendo afetada pelo sistema de irrigação, carga física do substrato, recipiente e uniformidade de aplicação (MATHERS et al., 2005). A irrigação em viveiros florestais pelo método da microaspersão apresenta baixa eficiência, particularmente, pelas características intrínsecas do sistema de produção: recipientes usados são pequenos, reduzindo a superfície de captação da água; muitos espaços vazios nas bandejas a fim de adequar a densidade de plantas por m<sup>2</sup>, diversidade de espécies, tanto morfológica (arquitetura e ângulo foliar que facilitam ou dificultam a chegada da água no substrato) quanto fisiológica (necessidade hídrica).

Estas características, juntamente com o receio por parte dos viveiristas em prejudicar o desenvolvimento das mudas por déficit hídrico, levam a uma irrigação superestimada baseando-se na experiência do viveirista, ou ainda, em sistemas de irrigação com turno de regas com horários pré-determinados (BEENSON Jr., 2004).

Em função de toda essa abrangência no que tange ao manejo hídrico em viveiros de mudas florestais, existem ainda espécies que são afetadas positivamente ou negativamente, ou seja, há espécies que direcionam a água até atingir o sistema radicular e outras que dificultam essa chegada da água, sendo necessário então, o aprimoramento do processo de produção de mudas nativas no Brasil quanto ao manejo da irrigação.

Assim, a hipótese do presente trabalho é de que a qualidade de mudas florestais é afetada pela lâmina de irrigação aplicada e pelo ângulo foliar da espécie, incorrendo na eficiência da irrigação.

Portanto, são objetivos do estudo: avaliar como a lâmina de irrigação aplicada e o ângulo foliar da espécie influenciam nas qualidades morfofisiológicas e nutricionais e na fração de lixiviação; se possível formar grupos de espécies que, em função da lâmina de irrigação aplicada, apresentam maior qualidade.

## REVISÃO DE LITERATURA

### Espécies florestais

#### *Acnistus arborescens* (L.) Schltidl

O gênero *Acnistus* é encontrado desde o México até a Argentina, sendo constituído de aproximadamente 50 espécies (HAWKES et al., 1991). No Brasil ocorre na floresta estacional semidecidual, na restinga, chegando até o limite inferior da Floresta Ombrófila Densa (CARVALHO et al., 2001).

A espécie *Acnistus arborescens* (L.) Schltidl (Figura 1), popularmente conhecida como Fruta-de-sabiá é uma espécie da família Solanaceae, arvoreta heliófita, pioneira, com altura de até 5 metros, com tronco de cor clara e diâmetro variando de 15 a 20 cm (CARVALHO, 2001), sendo amplamente utilizada em projetos de reflorestamento visando a recuperação de áreas degradadas, devido seu rápido desenvolvimento no campo e por ser bastante apreciada por pássaros que consomem os frutos maduros (VERÇOZA et al., 2012), pois produz frutos adocicados e carnosos (BRANDÃO et al., 2002), além de apresentar grande potencial medicinal (MINGUZZI et al., 2001; SILVEIRA; PESSOA, 2005; GARAVITO et al., 2006; DAVID et al., 2007).

**Figura 1** – Mudas de *Acnistus arborescens* (L.) Schltidl



***Alchornea glandulosa* Poeppig subsp. *iricurana* (Casaretto) R. Secco, comb. nov. et stat. nov.**

A espécie *Alchornea glandulosa* Poeppig subsp. *iricurana* (Casaretto) R. Secco, comb. nov. et stat. nov. (Figura 2), popularmente conhecida como Tapiá, é uma espécie da família Euphorbiaceae, perinifolia, pode atingir até 25 m de altura e 70 cm de diâmetro. Suas folhas são simples e alternas, medindo de 6 a 16 cm de comprimento, e seus pecíolos, com tamanho de 3 a 12 cm de comprimento. Espécie nativa no Brasil, com domínio fitogeográficos na Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (CORDEIRO; SECCO, 2015), ocorrendo geralmente em formações secundárias (capoeiras e capoeirões) e na floresta primária principalmente nas beiradas e clareiras. É muito indicada para recomposição de áreas degradadas, pois é pioneira e indicada para ambientes ripários, pois tolera inundação, além de ser utilizada de forma medicinal (CARVALHO, 2006).

**Figura 2** – Mudas de *Alchornea glandulosa* Poeppig subsp. *iricurana* (Casaretto) R. Secco, comb. nov. et stat. nov.



Foto: Luiz Gustavo M. Delgado - 2017

***Cecropia pachystachya* Trécul.**

As espécies do gênero *Cecropia*, distribuídas na região neotropical, apresentam crescimento rápido e são abundantes em áreas perturbadas e em estágios iniciais de processos sucessionais (SANTOS, 2000). Ocorrem nos estados brasileiros do Paraná, São Paulo, Espírito Santo e Sergipe (CARRASCO, 2003).

A espécie *Cecropia pachystachya* Trécul (Figura 3), popularmente conhecida como Embaúba, da família Urticaceae, perenifólia, heliófita, pioneira e seletiva higrófila, apresenta porte em altura variando de 4 a 12 m e diâmetro do caule de 15 a 30 cm, com indivíduos superiores podendo atingir 25 m de altura e 45 cm de diâmetro

Suas folhas são alternas espiraladas, concentrada no ápice dos ramos, divididas de 9 a 10 lobos, sendo que o maior lobo apresenta 40 a 43 cm e o menor 16 a 18 cm, com pecíolo comprido, medindo 16 a 25 cm (CARVALHO, 2006).

Ocorre em várias formações vegetais, preferencialmente nas matas secundárias, principalmente em solos úmidos, na borda de matas e suas clareiras, sendo rara sua presença no interior da floresta primária. Sua indicação é ótima para recomposição de áreas degradadas, em áreas de preservação permanente e com solo permanentemente encharcado ou inundável, com frutos muito apreciados por diversas espécies de pássaros e mamíferos, sendo suas folhas ainda, consumidas pelo bicho-preguiça (LORENZI, 2014). A espécie *Cecropia pachystachya* Trécul é ainda amplamente utilizada na medicina tradicional como anti-inflamatório e expectorante conforme Aragão et al. (2013).

**Figura 3** – Mudas de *Cecropia pachystachya* Trécul.



### ***Ficus luschnathiana* (Miq.) Miq.**

A espécie *Ficus luschnathiana* (Miq.) Miq. (Figura 4), popularmente conhecida por Figueira-mata-pau, família Moraceae, pioneira, caducifólia, heliófita, apresenta altura de 12 a 26 m e diâmetro do caule de 60 a 90 cm, com folhas alternas espiraladas de 12 a 15 cm de comprimento por 5 a 5 cm de largura. É uma árvore com presença de látex branco a creme (PELLISSARI; ROMANIUC NETO, 2013) que ocorre de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul em mata pluvial atlântica e nas florestas estacionais semidecíduais.

Essa espécie se desenvolve com frequência sobre o tronco de outras árvores a estrangulando-as, daí a origem de seu nome vulgar (CRUZ, 2011). Por crescer rápido

e fornecer boa sombra é indicada para reflorestamento de áreas degradadas e paisagismo rural (LORENZI, 2009).

**Figura 4** – Mudanças de *Ficus luschnathiana* (Miq.) Miq.



### ***Luehea grandiflora* Mart. & Zucc.**

A espécie *Luehea grandiflora* Mart. & Zucc. (Figura 5) popularmente conhecida por Açoita-cavalo-graúdo, família Malvaceae, semidecídua, heliófita, apresenta altura de 3 a 17m e diâmetro do caule de 30 a 50 cm. Suas folhas são simples, ovaladas e apresentam comprimento de 10 a 21 cm e largura de 8,5 a 20 cm. Ocorre da Amazônia até São Paulo em floresta semidecídua e de cerrado em formações abertas e secundárias, em terrenos altos e de rápida drenagem (LORENZI, 2014). É indicado seu plantio em recomposição de áreas degradadas, pois é uma espécie pioneira adaptada a terrenos secos e de baixa fertilidade por apresentar comportamento generalista (FERREIRA JÚNIOR et al., 2007 ; ROJAS et al., 2006).

**Figura 5** – Mudanças de *Luehea grandiflora* Mart. & Zucc.





### ***Psidium guajava* L.**

A espécie *Psidium guajava* L. (Figura 6) popularmente conhecida por Goiabeira, família das Myrtaceas, semidecídua, heliófita, apresenta altura de 3 a 6 m e diâmetro do caule de 20 a 30 cm, com folhas opostas, simples, subcoriáceas com comprimento variando de 8 a 12 cm e largura de 3 a 6 cm. Sua ocorrência no Brasil vai do Rio de Janeiro até o Rio Grande do Sul, porém, ocorre de maneira espontânea em quase todas as regiões, principalmente nas formações abertas de solos úmidos. Também é amplamente cultivada em pomares domésticos e em plantios comerciais para confecção de produtos industrializados, como sucos, doces, geléias, etc. sendo seu fruto do tipo baga, que consiste em um pericarpo e uma polpa com numerosas e pequenas sementes, podendo ser de dois tipos, vermelha e branca, sendo a vermelha mais saborosa e nutritiva (IHA et al., 2008). Também é uma espécie muito apreciada pela avifauna, dessa maneira, indispensáveis para recomposição de áreas degradadas (LORENZI, 2014).

É ainda utilizada de forma medicinal e suas folhas bastante empregadas como chás para tratamento anti-inflamatório ou até mesmo para reduzir vômitos e diarreia, além de outras finalidades descritas por diversos trabalhos (HAIDA et al., 2015 ; IHA et al., 2008; KUSKOSKI et al., 2008).

**Figura 6** – Mudas de *Psidium guajava* L.



### ***Sapindus saponaria* L.**

A espécie *Sapindus saponaria* L. (Figura 7) popularmente conhecida por Sabão-de-soldado, família Sapindaceae, é uma árvore perenifólia ou semidecídua heliófita, apresenta porte em altura de 5 a 10 m e diâmetro do caule de 30 a 40 cm podendo atingir até 16 m de altura e 80 cm de diâmetro (CARVALHO, 2014), com folhas

alternas, compostas imparipinadas, com 7 folíolos lanceolados, apresentando de 8 a 12 cm de comprimento e 3 a 4 cm de largura. Sua ocorrência no Brasil vai da região amazônica até Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul nas florestas pluvial e semidecídua, sendo também muito encontrada na arborização urbana. É uma planta rústica, de moderado crescimento e produz grande quantidade de sementes, muito apreciadas por morcegos e aves e indispensável para a recomposição de áreas degradadas (LORENZI, 2014). Seus frutos são utilizados para lavar roupa por conterem saponina, e ainda na preparação de sabonetes (GUARIM NETO et al., 2000), além de combater úlceras, feridas na pele e inflamações (TSUZUKI et al., 2007). Na exploração econômica da madeira, seus usos são empregados na construção civil e confecção de brinquedos (OLIVEIRA et al., 2012).

**Figura 7** – Mudas de *Sapindus saponaria* L.





## CAPÍTULO 1

### DESENVOLVIMENTO DE MUDAS NATIVAS COM DISTINTOS ÂNGULOS FOLIARES CULTIVADAS SOB DIFERENTES MANEJOS HÍDRICOS

#### RESUMO

O manejo hídrico tem grande importância na produção de mudas florestais nativas, pois pode influenciar tanto positiva quanto negativamente no desenvolvimento da planta. O objetivo do presente estudo foi verificar qual a lâmina de irrigação ideal para a produção de mudas de qualidade, considerando as espécies com distintos ângulos foliares e a economicidade do recurso hídrico. O experimento foi conduzido no Viveiro do Departamento de Ciência Florestal, Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP no município de Botucatu/SP. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7x3, sendo sete ângulos foliares (espécies) e três lâminas de irrigação (6, 9 e 12 mm), aplicadas parceladamente duas vezes ao dia. Foram avaliadas as variáveis: altura, diâmetro do colo, massas secas aérea, radicular e total, área de projeção da copa, conformação do sistema radicular, índice de qualidade de Dickson, fração de lixiviação, condutividade elétrica da solução escoada do fundo do tubete e acúmulo de nutrientes. Os dados das variáveis de crescimento e a fração de lixiviação foram submetidos à análise multivariada de componentes principais, sendo selecionadas, aquelas que explicaram a maior parte da variabilidade dos dados. Para as variáveis selecionadas foi realizada análise de variância, seguida do teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Os dados da conformação do sistema radicular foram comparados percentualmente e da solução escoada no fundo do tubete ao final do experimento, diariamente, durante seis dias. O grau de associação entre acúmulo de nutrientes e lâminas de irrigação foi obtido por meio da correlação de Pearson. A lâmina de irrigação aplicada e o ângulo foliar da espécie influenciaram no desenvolvimento das mudas. A lâmina de irrigação ideal para as espécies *Ficus luschnathiana* (166°), *Sapindus saponaria* (147°) e *Acnistus arborescens* (144°) é de 6mm. Para as espécies *Luehea grandiflora* (89°) e *Alchornea glandulosa* (46°) é de 12mm. Nas espécies *Psidium guajava* (156°) e *Cecropia pachystachya* (26°), a lâmina de 9mm, proporcionou mudas com maior desenvolvimento.

**Palavras-chave:** Arquitetura de mudas, irrigação, viveiro.

## ABSTRACT

Irrigation management has a great importance in native tree seedlings, since that it presents a positive as well as a negative impact on plant growth. Thus, the present research aimed at evaluating the optimal irrigation management for the production of better seedlings, considering species with specific leaf angles and the economy of water resources. The experiment was carried out in the nursery seedling from Forest Science Department, at School of Agronomy UNESP, in Botucatu/SP. The experimental design was completely randomized in a 7x3 factorial arrangement, with seven leaf angles (species) and three water depths (6, 9, 12mm) partially applied twice a day. The following variables were considered: height, stem diameter, shoot, root and total dry mass, crown projection area, conformation root system, Dickson quality index, leaching fraction, electrical conductivity of solution leached from plastic tubes and nutritional accumulation. Data from morphological variables, together with the leaching fraction were submitted to a multivariate analysis of main components. The variables were selected according to a better explanation for data variability. It was carried out a variance analysis followed by the Scott-Knot test to the variables selected. Conformation data from root system were compared in percentage terms, while the solution leached from plastic tubes were daily considered. The degree of association between the nutritional accumulation and the different water depths were calculated by means of Pearson correlation. The degree of association between the nutritional accumulation and the different water depths were calculated by means of Pearson correlation. The applied water depth and the species leaf angle had influence on seedlings growth. The optimal irrigation management for *Ficus luschnathiana* (166°), *Sapindus saponaria* (147°) and *Acnistus arborecens* (144°) is the lowest water depth (6mm), while for *Luehea grandiflora* (89°) and *Alchornea glandulosa* the highest water depth (12mm) is better. The medium water depth (9mm) produces the seedlings with a better growth for *Psidium guajava* (156°) and *Cecropia pachystachya* (26°).

**Keywords:** Seedlings architecture, irrigation, seedling nursery.



## 1.1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural cada vez mais limitado e escasso no mundo, sendo um desafio manejá-la de forma consciente em quantidade e qualidade (FISCHER et al., 2007). A agricultura por meio da irrigação, é responsável pela utilização de aproximadamente 70% do uso de água doce no mundo (FAO, 2009).

A água é o fator mais limitante para sustentabilidade dos sistemas agrícolas (PAIVA et al., 2005) e seu fornecimento via irrigação é fundamental para o crescimento das mudas em viveiros (TSUKAMOTO FILHO et al., 2013).

A irrigação é uma técnica que pode oferecer, desde que empregada adequadamente, possibilidade de a planta expressar seu maior potencial de crescimento, produção e qualidade nas culturas (KLAR et al., 2015).

O excesso de água na irrigação de mudas, além de provocar o desperdício do recurso hídrico, causa ainda, a lixiviação dos nutrientes, influenciando negativamente o desenvolvimento da muda (REGO et al., 2005), podendo acarretar perda por doenças (RODRIGUES et al., 2011). A baixa aeração pode causar também encarquilhamento e clorose das folhas e geotropismo negativo nas raízes (ALFENAS et al., 2009).

Já o déficit hídrico afeta drasticamente o metabolismo do vegetal, induzindo ao fechamento dos estômatos e a perda de água pela transpiração, o que acarreta na redução da atividade fotossintética e em outros processos fisiológicos (TAIZ; ZEIGER, 2013), podendo levar a planta ao ponto de murcha permanente e abscisão foliar, reduzindo assim a área fotossinteticamente ativa (WOLFE et al., 1988) e a sua morte (RODRIGUES et al., 2011).

Nos viveiros de mudas florestais nativas, a grande dificuldade em aplicar o manejo hídrico ideal via microaspersão para cada espécie ou grupos de espécies, está no conhecimento da necessidade hídrica, ainda incipiente, e também na arquitetura da planta, uma vez que influencia no molhamento do substrato.

A arquitetura da planta é definida como uma organização tridimensional de seu corpo como padrão de ramificação, o tamanho, a forma e posição das folhas e flores e resulta da combinação de variáveis morfológicas como ângulo foliar, o comprimento e diâmetro do pecíolo, a área, massa e espessura da lâmina foliar e densidade do sistema de nervuras (GODIN, 2000; REINHARTDT; KUHLEMEIER, 2002). As características da arquitetura da planta estão relacionadas à regulação da

temperatura e interceptação de luz, afetando a eficiência fotossintética e o crescimento da planta (CUI et al., 2003; SARLIKIOTI et al., 2011).

Os ângulos foliares são aqueles formados entre o pecíolo e o ramo, variando de 0 a 180° (SILVA, 2017) sendo regulados pela relação entre volume do pecíolo e a massa foliar, onde sua variação entre indivíduos da mesma espécie influencia diretamente na estrutura interna da folha (FALSTER; WESTOBY, 2003), sendo determinantes no processo de captura de luz e balanço energético da folha (GÁLVEZ; PEARCY, 2003). Sua medição em campo geralmente é realizada com auxílio de transferidor (BOEGER et al., 2009).

Para a água atingir o sistema radicular da planta pela microaspersão, ela tem que vencer uma barreira, que é a copa da planta, sendo a irrigação por microaspersão adotada nos viveiros de mudas bastante ineficiente nesse sentido, embora seja economicamente vantajosa do ponto de vista de ofertada água em cultivos com embalagens com tamanhos reduzidos (FULCHER et al., 2016). A quantidade de água interceptada pela planta ou recipiente varia entre 25 a 37%, sendo o restante perdido entre os espaços vazios das bandejas e evaporada (WEATHERSPOON; HARRELL, 1980). Para Beeson e Yeager (2003), apenas 20 a 40% da água aplicada por meio de microaspersão, em recipientes do tipo tubetes, ficam retidos para o uso da planta.

Ainda com a ineficiência do sistema de irrigação por microaspersão na produção de mudas, a aplicação do manejo hídrico adequado às espécies, reflete em mudas com melhor desenvolvimento e qualidade. Mudas consideradas de boa qualidade são aquelas que se apresentam vigorosas, com folhas de tamanho e coloração típica da espécie e que estejam bem nutridas (CRUZ et al., 2006).

O padrão de qualidade das mudas pode variar entre as espécies, sendo a missão do viveirista, produzir mudas em quantidade e com qualidade, que possuam capacidade de superar as condições adversas do campo resistindo a estresses pós plantio (BARBOSA et al., 2003). Assim, esse estudo tem por objetivo responder a questão: qual a lâmina de irrigação ideal para a produção de mudas de qualidade considerando espécies com distintos ângulos foliares e a economicidade da água?

## 1.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 1.2.1 Local e época

O experimento foi conduzido no viveiro de mudas do Departamento de Ciência Florestal, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), município de Botucatu-SP, com início em Abril e término em Dezembro de 2016.

O município de Botucatu-SP encontra-se nas coordenadas geográficas 22° 51' S e 48° 25' W e altitude de 786 metros. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa – clima temperado quente (mesotérmico) úmido e a temperatura média do mês mais quente são superiores a 22° C. A precipitação pluviométrica anual média é de 945,15 mm (CUNHA; MARTINS, 2009).

### 1.2.2 Análises preliminares e definição dos ângulos foliares

A escolha das espécies se deu por meio de análises preliminares no início do experimento, com medição de ângulos foliares de espécies disponíveis nos viveiros das empresas Florestando e Viveiro Imperium localizados em Lupércio-SP e São Manuel-SP, respectivamente.

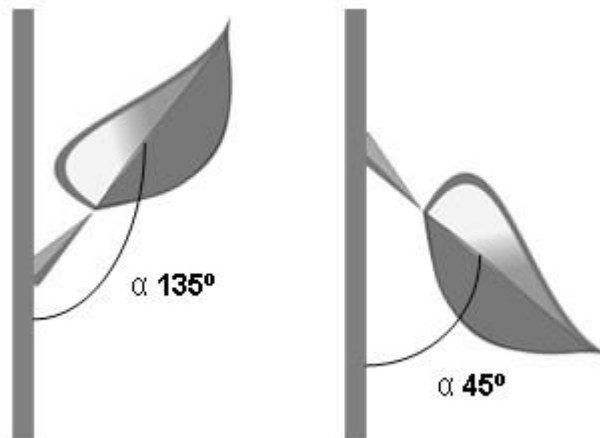
Com a experiência dos viveiristas das referidas empresas, buscou-se identificar as espécies com distintos ângulos foliares, em que para algumas espécies seu ângulo foliar favorecia a água atingir o sistema radicular e outras espécies em que o ângulo foliar dificultava que a água o atingisse. Dessa forma, foram selecionadas sete espécies, com diferentes ângulos foliares médios (Quadro 1).

**Quadro 1** - Espécies escolhidas para compor o experimento.

<b>Nome científico</b>	<b>Nome popular</b>	<b>Ângulo foliar médio (<math>\alpha</math>)</b>
<i>Ficus luschnathiana</i>	Figueira-mata-pau	166
<i>Psidium guajava</i>	Goiabeira	156
<i>Sapindus saponaria</i>	Sabão-de-soldado	147
<i>Acnistus arborescens</i>	Fruta-de-sabiá	144
<i>Luehea grandiflora</i>	Açoita-cavalo-graúdo	89
<i>Alchornea glandulosa</i>	Tapiá	46

Os ângulos foliares são formados entre o eixo caulinar e o limbo foliar, tendo sua variação entre 0° (folhas totalmente inclinadas para baixo) a 180° (folha totalmente inclinada para cima), conforme Figura 1 (SILVA, 2017).

**Figura 1** - Medida do ângulo de inclinação foliar em relação à linha vertical do caule.



Fonte – SILVA (2017, p. 41).

### 1.2.3 Definição das lâminas de irrigação e delineamento experimental

A lâmina média de irrigação foi determinada pela metodologia realizada por Silva (2017) em que foram distribuídos 114 pluviômetros de forma equidistantes ao longo dos canteiros, sendo o sistema de irrigação ativado por cinco minutos sob pressão de 3,0 bar. Como resultado obtido, a lâmina média foi de 0,81 mm por minuto. A partir desse valor determinou-se o tempo diário de irrigação para atingir a lâmina em cada tratamento.

Abaixo seguem as composições e lâminas de irrigação utilizadas durante a aplicação dos tratamentos hídricos (Quadro 2).

**Quadro 2** - Lâminas de irrigação utilizadas no experimento.

Lâminas de irrigação (mm)	Composições
6	3 mm às 10 h e 3 mm às 15 h
9	4,5 mm às 10 h e 4,5 mm às 15 h
12	6 mm às 10 h e 6 mm às 15 h



O delineamento experimental adotado no experimento foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7x3, sendo sete ângulos foliares (espécies) e três lâminas de irrigação, aplicadas duas vezes ao dia, totalizando 21 tratamentos.

Para cada tratamento, foram adotadas cinco repetições (bandejas), sendo cada bandeja ocupada em 25 % das células, onde as 9 plantas centrais foram consideradas úteis e as 18 restantes formaram a bordadura, totalizando 45 plantas úteis por tratamento e 945 plantas úteis no experimento.

#### 1.2.4 Instalação do experimento, insumos e fertirrigação

A semeadura das sete espécies ocorreu entre os meses de dezembro de 2015 e fevereiro de 2016 em bandejas plásticas de 200 células popularmente conhecidas como “plugs”. As sementes que as originaram, foram coletadas em fragmentos de Mata Atlântica e Cerrado, em um raio de 12 Km do município de Lupércio-SP. O manejo hídrico adotado na fase de emergência e início de crescimento foi de 6 a 7mm por dia, parcelados em 6 a 12 aplicações diárias.

Após esta fase, as mudas foram transplantadas em tubetes cilindro cônicos de polietileno com volume de 120 cm<sup>3</sup> e seis estrias internas, alocados em bandejas com capacidade de 108 células, previamente preenchidos com o substrato comercial Carolina Soil<sup>®</sup> (Quadro 3) composto de turfa *Sphagnum*, casca de arroz carbonizada e vermiculita na proporção 2:1:1 v:v.

**Quadro 3-** Caracterização física do substrato Carolina Soil<sup>®</sup>.

<b>Macroporos</b>	<b>Microporos</b>	<b>Porosidade Total</b>	<b>Retenção de água</b>
<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(mL / tubete)</b>
27,7	51,0	78,7	61,6

Antes da fase de aplicação do manejo hídrico diferenciado, para formar as repetições, foi realizada a mensuração da altura das mudas recém transplantadas e de modo que a média entre elas, dentro da espécie, fossem semelhantes estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) (Tabela 1).

**Tabela 1** - Altura inicial das mudas e desvio padrão das espécies utilizadas no experimento.

Ângulo foliar (°)	Nome científico	Altura (cm)	Desvio padrão (cm)
166	<i>Ficus luschnathiana</i>	1,2	± 0,6
156	<i>Psidium guajava</i>	10,0	± 1,8
147	<i>Sapindus saponaria</i>	11,5	± 2,8
144	<i>Acnistus arborescens</i>	0,5	± 0,3
89	<i>Luehea grandiflora</i>	2,4	± 0,8
46	<i>Alchornea glandulosa</i>	13,3	± 2,2
26	<i>Cecropia pachystachya</i>	1,9	± 0,7

Posteriormente, as mudas foram transferidas para canteiros suspensos, tipo mini túnel, cobertos com plástico difusor de 150 microns, e com bocais de irrigação modelo microaspersores com vazão de 129 L h<sup>-1</sup>. O sistema de irrigação foi acionado automaticamente por painel elétrico, programado para atender o tempo exigido para cada lâmina de irrigação.

As adubações, iniciadas juntamente com a aplicação das lâminas de irrigação, foram realizadas via ferti-irrigação pelo sistema de diluição Venturi 1/12, tendo periodicidade de duas vezes por semana na fase de crescimento e uma vez por semana na fase de rustificação.

A solução de macronutrientes foi composta pelos fertilizantes monoamôniofosfato purificado, sulfato de magnésio, cloreto de potássio, nitrato de cálcio e uréia nas concentrações de 295; 84; 200; 160; 38 e 52 mg L<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente e a solução de micronutrientes composta por ácido bórico, molibdato de sódio, sulfato de manganês, sulfato de zinco, sulfato de cobre e sulfato de ferro nas concentrações de 4,6; 3,9; 1,2; 0,6; 0,3; e 25 mg L<sup>-1</sup> de B, Mn, Zn, Cu, Mo, e Fe, respectivamente.

A fertilização de rustificação, composta por uma solução de 700 mg L<sup>-1</sup> de K, a partir do fertilizante cloreto de potássio, foi aplicada nos 45 dias finais do experimento.

### 1.2.5 Avaliações

Ao final do ciclo de produção, 203 dias após a aplicação das lâminas diferenciadas de irrigação, foram avaliadas: altura (do colo à gema apical), diâmetro do colo (tomadas sempre na mesma posição), massas secas aérea, radicular e total (secas a

70°C), índice de qualidade de Dickson (Dickson et al., 1960) (1), área de projeção da copa e conformação do sistema radicular, fração de lixiviação e condutividade elétrica escoada pelo fundo do tubete, teor e acúmulo de nutrientes nas mudas.

$$IQD = \frac{\text{Massa seca total}}{\left(\frac{\text{Altura da parte aérea}}{\text{Diâmetro do colo}}\right) + \left(\frac{\text{Massa seca área}}{\text{Massa seca radicular}}\right)} \quad (1)$$

Para obtenção dos valores da área de projeção da copa (APC), seguiu-se metodologia de Wink et al. (2012) (2), medindo com auxílio de régua milimetrada, dois diâmetros de copa da muda, sentido Leste-Oeste X Norte-Sul, obtendo assim o diâmetro médio da copa (dm). Em cada muda amostrada, foi calculada a APC (cm<sup>2</sup>), conforme a fórmula:

$$APC(\text{cm}^2) = \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot \text{dm}^2 \quad (2)$$

A conformação do sistema radicular foi avaliada nas mesmas as plantas utilizadas para as variáveis massas secas, conforme os conceitos qualitativos “apto e inapto para o plantio”, segundo Simões et al. (2012). O conceito das plantas consideradas “aptas” para o plantio a campo foi atribuído ao sistema radicular formado por torrão firme, bem formado, sem flexibilidade e com presença de raízes novas. Já o conceito das plantas consideradas “inaptas” para o plantio, foi atribuído ao sistema radicular desagregado, flexível e sem a presença de raízes brancas.

A fração de lixiviação, expressa em porcentagem, representa o excesso hídrico aplicado durante a irrigação (LEA-COX et al., 2001) (3), sendo calculada pelo volume de água drenado pelo fundo do tubete após a irrigação (Vd), dividido pelo volume de água total aplicado (Vt), multiplicado por 100. Para calcular a variável fração de lixiviação, o Vt é adquirido pela soma entre o volume de água retido no substrato após a irrigação e o volume drenado pelo fundo do tubete e para o Vd, mensura-se o drenado pelo fundo do tubete, conforme fórmula utilizada para calcular a variável fração de lixiviação.

$$FL(\%) = \frac{Vd}{Vt} * 100 \quad (3)$$

A condutividade elétrica (CE em  $\text{dS m}^{-1}$ ) escoada pelo fundo do tubete foi mensurada, com o auxílio de um condutímetro de bancada microprocessado nas mesmas mudas que foi avaliada a fração de lixiviado. A medição foi realizada no dia seguinte à ferti-irrigação e comparada a CE média da água sem fertilizantes ( $0,070 \text{ dS m}^{-1}$ ). A avaliação foi repetida diariamente, até que a CE da solução escoada pelo fundo do tubete, em pelo menos uma das lâminas, fosse inferior a  $0,140 \text{ dS m}^{-1}$  conforme sugerido por Bilderback (2001).

Para a análise química das mudas, procedeu-se a moagem das mudas inteiras em moinho tipo Wiley, sendo as amostras encaminhadas para ao Laboratório de Nutrição de plantas da FCA/UNESP de Botucatu para obter os teores dos macronutrientes ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) e dos micronutrientes ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ). O acúmulo de macronutrientes ( $\text{mg planta}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\mu\text{g planta}^{-1}$ ) foram calculados multiplicando a massa seca total pelo teor de nutrientes.

### 1.2.6 Análises estatísticas

Os dados das variáveis de crescimento e a fração de lixiviação, foram submetidas à análise multivariada de componentes principais, objetivando a redução de informação e selecionando apenas aquelas variáveis que explicam a maior parte da variabilidade original dos dados.

Para as variáveis selecionadas foi realizada a análise de variância em esquema fatorial, sendo que, quando o valor do teste F apresentou significância ( $p < 0,05$ ), foi aplicado o teste de Scott-Knott para comparar os tratamentos ( $p < 0,05$ ).

Os dados da conformação do sistema radicular foram comparados percentualmente em cada ângulo foliar e entre as lâminas de irrigação. Também, em cada ângulo foliar, os dados de condutividade elétrica da solução escoada pelo fundo do tubete, foram comparados diariamente.

Por fim, o grau de associação ( $p < 0,05$ ) entre acúmulo de nutrientes e as lâminas de irrigação foi obtido, em cada ângulo foliar, por meio da análise de correlação de Pearson.

## 1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1.3.1 Variáveis de desenvolvimento e fração de lixiviação

Os componentes principais CP1 (eixo x), CP2 (eixo y) e CP3 (eixo z), foram selecionados a partir da entrada das informações originais de oito variáveis: altura, diâmetro do colo, massas secas radicular, aérea e total, índice de qualidade de Dickson, área de projeção da copa e fração de lixiviação.

Os três componentes principais selecionados responderam por 87% da variância total em relação às variáveis estudadas. As variáveis que mais discriminaram os grupos de resposta foram massa seca radicular (CP1), a altura (CP2) e a fração de lixiviação (CP3), conforme a Tabela 2.

**Tabela 2** - Coeficientes de correlação, autovalores, variância explicada e acumulada (%) das variáveis fisiológicas e fração de lixiviação com os três primeiros componentes principais em função dos ângulos foliares e lâminas de irrigação.

<b>Variáveis</b>	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>	<b>CP3</b>
Altura da parte aérea	-0,074	-0,609	0,059
Diâmetro do colo	-0,398	0,118	0,414
Massa seca radicular	0,508	0,149	-0,026
Massa seca aérea	0,250	-0,543	0,171
Massa seca total	0,481	-0,256	0,094
Índice de qualidade de Dickson	0,435	0,346	0,059
Área de projeção da copa	0,197	-0,335	-0,329
Fração de lixiviação	0,238	0,028	-0,822
<b>Autovalor</b>	<b>3,43</b>	<b>2,43</b>	<b>0,99</b>
<b>Variância (%)</b>	<b>43</b>	<b>31</b>	<b>13</b>
<b>Variância Acumulada (%)</b>	<b>43</b>	<b>74</b>	<b>87</b>

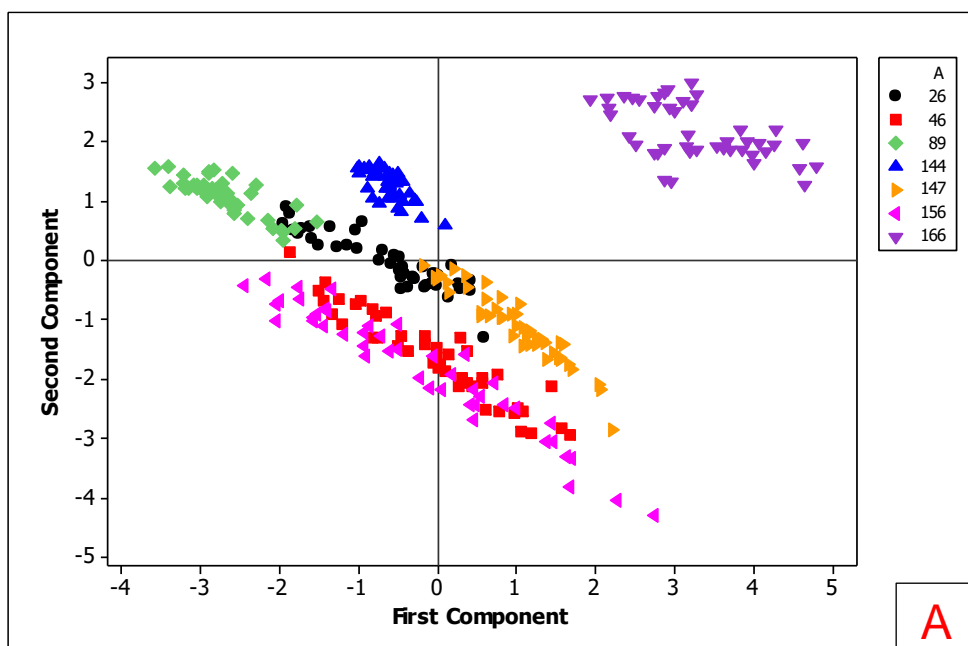
Considerando o primeiro componente principal (eixo x), discriminado pela variável massa seca radicular, tendendo para o lado direito do gráfico, observa-se que a espécie de 166° apresentou maior massa seca radicular, enquanto que tendendo para o lado esquerdo, a espécie 89° apresentou menor massa seca radicular entre as espécies estudadas (Figura 2A). No segundo componente principal (eixo y), discriminada pela variável altura, tendendo para a parte superior do gráfico, observa-se que as espécies 166, 144 e 89° apresentaram menores alturas, enquanto que tendendo para a parte inferior, as espécies 147, 156 e 46° apresentaram as maiores alturas. A espécie 26° ficou em posição intermediária.

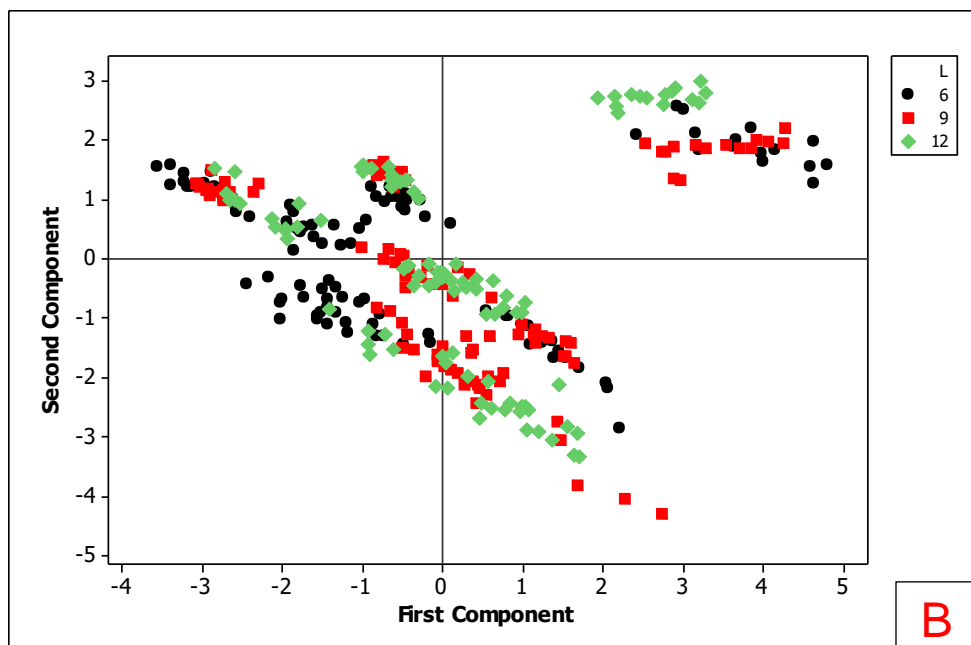
Na Figura 2B, observa-se que a lâmina de irrigação menor (6mm) produziu mudas com maior massa seca radicular na espécie de ângulo foliar 166°. Para as demais espécies de ângulos maiores o comportamento foi variado. Na espécie 156°, a lâmina de irrigação intermediária (9mm) produziu mudas com maior massa seca radicular, para a espécie de ângulo 147° as lâminas de 6 e 9mm produziram mudas com maior massa seca radicular. Já para a espécie de ângulo foliar de 144°, a massa seca radicular não diferiu independente da lâmina de irrigação aplicada.

Já para as espécies de ângulos foliares menores, a lâmina de irrigação maior produziu maior massa seca radicular para a espécie de ângulo foliar de 89° e para as espécies de ângulos foliares de 46 e 26° as lâminas de irrigação de 9 e 12mm produziram mudas com maior massa seca de raiz.

Para a variável altura (eixo y), o comportamento foi semelhante. As espécies de ângulos foliares maiores, 166, 147, 144° em diferentes níveis, apresentaram maiores alturas na lâmina de irrigação menor, enquanto que, nas espécies de ângulos menores, as alturas aumentaram com o aumento das lâminas de irrigação.

**Figura 2** - Representação gráfica dos componentes principais em função dos ângulos foliares (A) e lâminas de irrigação (B).





Na análise de variância das três variáveis selecionadas, a interação entre os ângulos foliares e as lâminas de irrigação foi significativa ( $p < 0,05$ ), indicando uma dependência entre os efeitos desses fatores.

A espécie com ângulo foliar de  $166^\circ$  foi a que apresentou a maior massa seca radicular entre todas as espécies estudadas, isso ocorreu, devido seu sistema radicular ser tuberoso e acarretar, portanto, em maior massa seca. Além disso, o manejo hídrico aplicado com lâmina de irrigação de 6mm ao dia, apresentou maior massa seca radicular (Tabela 3).

**Tabela 3** - Efeito da interação entre os ângulos foliares e as lâminas de irrigação sobre a massa seca radicular (g) ao final do ciclo de produção das mudas no viveiro.

Ângulos foliares ( $^\circ$ )	Massa seca radicular (g)		
	Lâminas de irrigação (mm)		
	6	9	12
166	6,35 Aa	5,88 Ab	5,55 Ac
156	1,80 Dc	3,24 Ca	2,63 Cb
147	3,68 Ba	3,67 Ba	3,33 Bb
144	2,29 Ca	2,13 Da	2,09 Da
89	0,87 Ec	1,10 Eb	1,45 Ea
46	1,77 Db	1,98 Da	2,09 Da
26	1,55 Db	2,18 Da	2,28 Da

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); CV (%) = 11%.

Na espécie 147<sup>o</sup>, as lâminas de 6 e 9mm, proporcionaram mudas com maior massa seca radicular, enquanto que, para a espécie 144<sup>o</sup> não houve influência da lâmina de irrigação nessa variável.

Na espécie 156<sup>o</sup>, ainda que o ângulo foliar favoreça o acesso da água ao sistema radicular, a lâmina de irrigação menor, não produziu mudas de qualidade, pois a quantidade de água fornecida não foi suficiente para a planta desempenhar suas funções metabólicas, fato este observado nos meses com temperatura mais acentuada, com o aparecimento sintomas de déficit hídrico como início da senescência e abscisão foliar.

O déficit hídrico afeta drasticamente o metabolismo do vegetal, induzindo ao fechamento dos estômatos e a perda de água pela transpiração, o que acarreta na redução da atividade fotossintética e em outros processos fisiológicos (TAIZ; ZEIGER, 2013), podendo levar a planta ao ponto de murcha permanente, abscisão foliar reduzindo assim a área fotossinteticamente ativa (WOLFE et al., 1988) e a sua morte (RODRIGUES et al., 2011).

Nas espécies com ângulos foliares menores (89, 46 e 26<sup>o</sup>) o fator limitante para menor acúmulo em massa seca radicular na lâmina de irrigação menor, está diretamente relacionado com o ângulo foliar das espécies, que dificulta o acesso da água ao sistema radicular, afetando o molhamento do substrato.

De maneira geral, para as espécies com ângulos foliares 166, 156 e 147<sup>o</sup>, a lâmina de irrigação maior (12mm) não produziu mudas com maior massa seca radicular devido à perda de nutrientes pela lixiviação, por apresentarem maior fração de lixiviação. O sistema de produção de mudas em tubetes com irrigação diária, contribui na perda de nutrientes por lixiviação (FOCHESATO et al., 2008), assim o controle da quantidade e frequência da irrigação, atrelados ao manejo nutricional, são cruciais para o bom desenvolvimento da planta, minimizando ainda, a contaminação de corpos d'água devido a percolação de nutrientes (DA ROS et al., 2017).

A interpretação dos resultados nas colunas não se faz necessário para a massa seca radicular e altura, uma vez que as variações detectadas entre as espécies, está embutido na característica genética.

A altura da parte aérea é considerada como uma das variáveis mais antigas na classificação e seleção de mudas (PARVIAINEN, 1981) e é uma das principais variáveis para determinar a qualidade morfológica de uma muda florestal, na maioria dos viveiros (GOMES et al., 2003). É uma variável não destrutiva, de fácil mensuração,



no entanto, quando analisada isoladamente, não explica as diferenças nas características das mudas (WILSON; JACOBS, 2006), quando levadas a campo.

Na variável altura, as espécies com ângulos foliares de 156, 89, 46 e 26° apresentaram menores valores na lâmina de irrigação de 6 mm ao dia (Tabela 4), enquanto que para as espécies com ângulos foliares de 166, 147 e 144°, a lâmina de irrigação maior (12mm) proporcionou mudas com menor altura, fato este, ocorrido devido à perda de nutrientes pelo processo de lixiviação. A chegada de água no substrato, aplicada por microaspersão, em mudas de *Aspidosperma polyneuron*, está relacionada com o desenvolvimento da parte aérea onde, em mudas com menor parte aérea, reduz-se a captação de água e conseqüentemente a lixiviação (SILVA; SILVA, 2015).

**Tabela 4** - Efeito da interação entre os ângulos foliares e as lâminas de irrigação sobre a altura (cm) ao final do ciclo de produção das mudas no viveiro.

Ângulos foliares (°)	Altura (cm)		
	Lâminas de irrigação (mm)		
	6	9	12
166	7,1 Fa	7,0 Fa	4,7 Fb
156	27,2 Ac	38,1 Aa	35,8 Ab
147	23,9 Ba	22,3 Cb	21,0 Cc
144	15,3 Da	12,0 Eb	10,9 Ec
89	13,4 Ec	14,6 Db	16,1 Da
46	26,7 Ab	29,9 Ba	30,2 Ba
26	19,1 Cb	21,4 Ca	21,5 Ca

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); CV (%) = 7,7%.

Oliveira et al. (2017) estudando o desenvolvimento inicial de mudas de baruzeiro (*Dypteryx alata*) em função de diferentes substratos e lâminas de irrigação aplicadas, verificaram que a menor lâmina, de 6mm ao dia, produziu mudas com maior altura e conforme aumentaram-se as lâminas de irrigação, a altura das mudas diminuiu, no entanto, as mudas que apresentaram melhor qualidade levando em consideração todas as variáveis avaliadas no estudo, foi a lâmina de irrigação maior (14 mm) com mudas com maior índice de qualidade de Dickson, para suportar as adversidade do campo. Já para Binotto et al. (2010), a análise da altura em mudas de *Eucalyptus urophylla* só foi eficiente para indicar a qualidade quando analisada juntamente com o diâmetro de colo.

Para Mexal e Landis (1990), a altura fornece uma excelente estimativa do crescimento inicial no campo, sendo aceita como uma boa medida do potencial de

desempenho das mudas. No estudo realizado por Souza et al. (2006), que avaliou o crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação, mudas maiores se desenvolvem mais rapidamente do que as de menor porte em altura, por resistirem mais a condições adversas no campo.

A fração de lixiviação, (Tabela 5) aumentou em função do aumento das lâminas de irrigação, em diferentes níveis, com exceção da espécie com ângulo 26° que não foi influenciada. Nas espécies com ângulos menores (89° e 46°) e na espécie 144°, as lâminas de 9 e 12mm produziram a mesma lixiviação.

As espécies com ângulos foliares menores, ou seja, 89, 46 e 26°, apresentaram menores frações de lixiviação, em diferentes níveis, em todas as lâminas de irrigação.

**Tabela 5** - Efeito da interação entre os ângulos foliares e as lâminas de irrigação sobre a fração de lixiviação (%) ao final do ciclo de produção das mudas no viveiro.

Ângulos foliares (°)	Fração de lixiviação (%)		
	Lâminas de irrigação (mm)		
	6	9	12
166	22,1 Bc	34,0 Bb	66,8 Aa
156	19,6 Bc	33,9 Bb	46,4 Ba
147	45,9 Ab	47,5 Ab	53,0 Ba
144	24,7 Bb	42,3 Aa	42,9 Ba
89	3,9 Db	13,5 Ca	16,8 Ca
46	11,3 Cb	17,6 Ca	19,2 Ca
26	6,5 Da	7,2 Da	7,3 Da

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); CV (%) = 23,5%.

Para as espécies 166, 147 e 144°, quando a fração de lixiviação foi maior devido ao aumento das lâminas de irrigação, o acúmulo de massa seca radicular e altura foram menores. Para essas espécies, a menor fração de lixiviação proporcionou mudas de melhor qualidade.

Já as espécies com ângulos foliares menores 89, 46 e 26° ocorreu o inverso. Quando a fração de lixiviação foi maior, obteve-se mudas com maiores massas secas radiculares e altura, do que quando nas frações de lixiviação menores. Para essas espécies que apresentam ângulos foliares que dificultam o acesso a água ao sistema radicular, a lâmina de irrigação maior foi fundamental para produzir mudas com melhor qualidade.

Para a espécie com ângulo foliar de 156° a lâmina de irrigação intermediária foi a que proporcionou mudas com maior altura e massa seca radicular, sendo a lâmina de

irrigação menor insuficiente para a espécie e a maior, a causa de lixiviação de nutrientes.

Esses resultados corroboram a importância de manejar a irrigação do viveiro de acordo com o ângulo foliar da espécie, já que este bem como a arquitetura da muda como um todo (projeção da copa, ângulo foliar, etc) proporcionam acesso da água ao sistema radicular distintos.

A eficiência de um sistema de irrigação é definida como a relação entre a quantidade de água retida no sistema radicular e quantidade total aplicada, representando a razão entre as quantidades de água envolvidas no processo (FRIZZONE; DOURADO NETO, 2003). Essa eficiência é afetada pela uniformidade de aplicação da água, manutenção deficitária dos sistemas de irrigação e pelo sistema produtivo de mudas de espécies florestais em tubetes (THEBALDI et al., 2016), sendo que a grande dificuldade de irrigar plantas cultivadas via microaspersão, em embalagens reduzidas e de baixo volume como os tubetes, está na água atingir o alvo, que no caso é o sistema radicular, fornecendo umidade suficiente para desenvolvimento do vegetal.

Mesmo não sendo selecionada como um dos componentes principais, por meio da análise multivariada, a área de projeção da copa (cm<sup>2</sup>) (Tabela 6) é uma variável importante a ser explicada, uma vez, que tem relação direta com a chegada de água ao substrato.

**Tabela 6** - Efeito da interação entre os ângulos foliares e as lâminas de irrigação sobre a área de projeção da copa (cm<sup>2</sup>) ao final do ciclo de produção das mudas no viveiro.

Ângulos foliares (°)	Área de projeção da copa (cm <sup>2</sup> )		
	Lâminas de irrigação (mm)		
	6	9	12
166	201,05 Ca	201,20 Ca	160,73 Eb
156	210,14 Cb	211,92 Cb	239,60 Ca
147	428,30 Aa	434,33 Aa	315,92 Bb
144	172,24 Db	170,89 Db	205,06 Da
89	100,70 Eb	102,16 Eb	133,11 Fa
46	260,40 Bc	312,68 Bb	350,25 Aa
26	192,77 Ca	197,80 Ca	180,62 Ea

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); CV (%) = 15,4%.

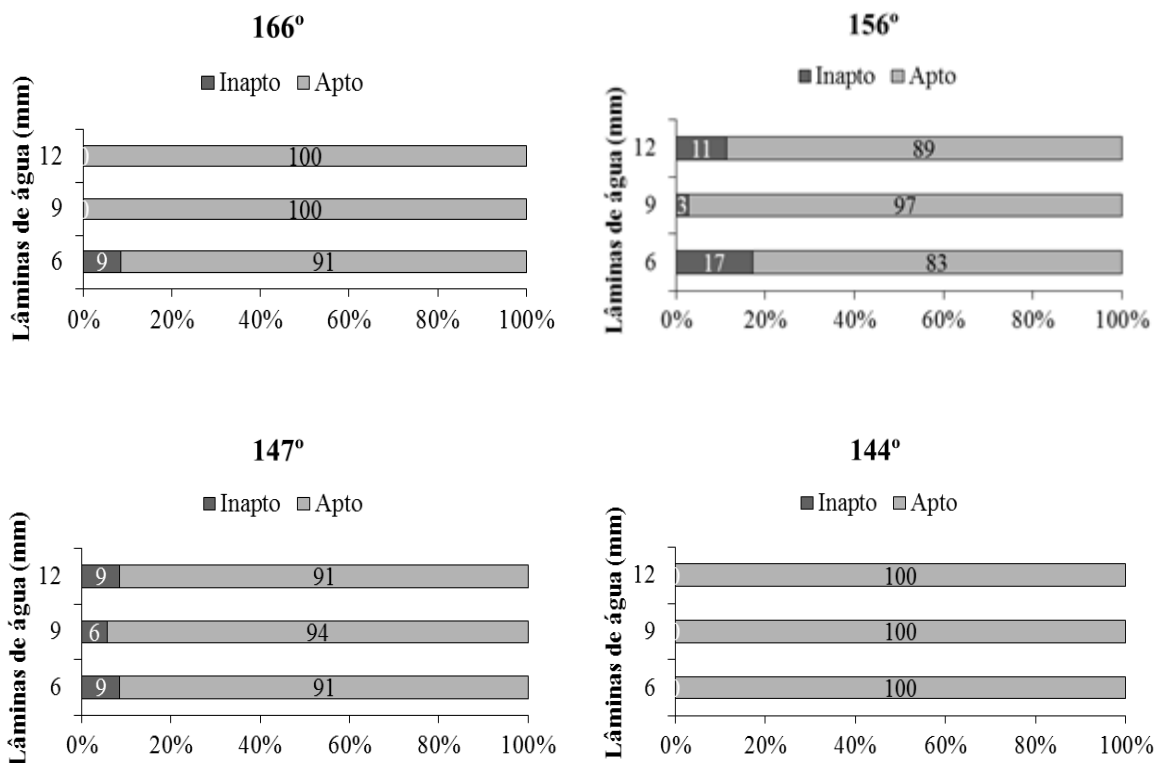
Para as espécies com ângulos foliares de 156, 144, 89 e 46°, a área de projeção da copa foi maior quando da aplicação das maiores lâminas de irrigação (9 e 12 mm), tendo como reflexo, em diferentes níveis, uma maior fração de lixiviado. Fato inverso,

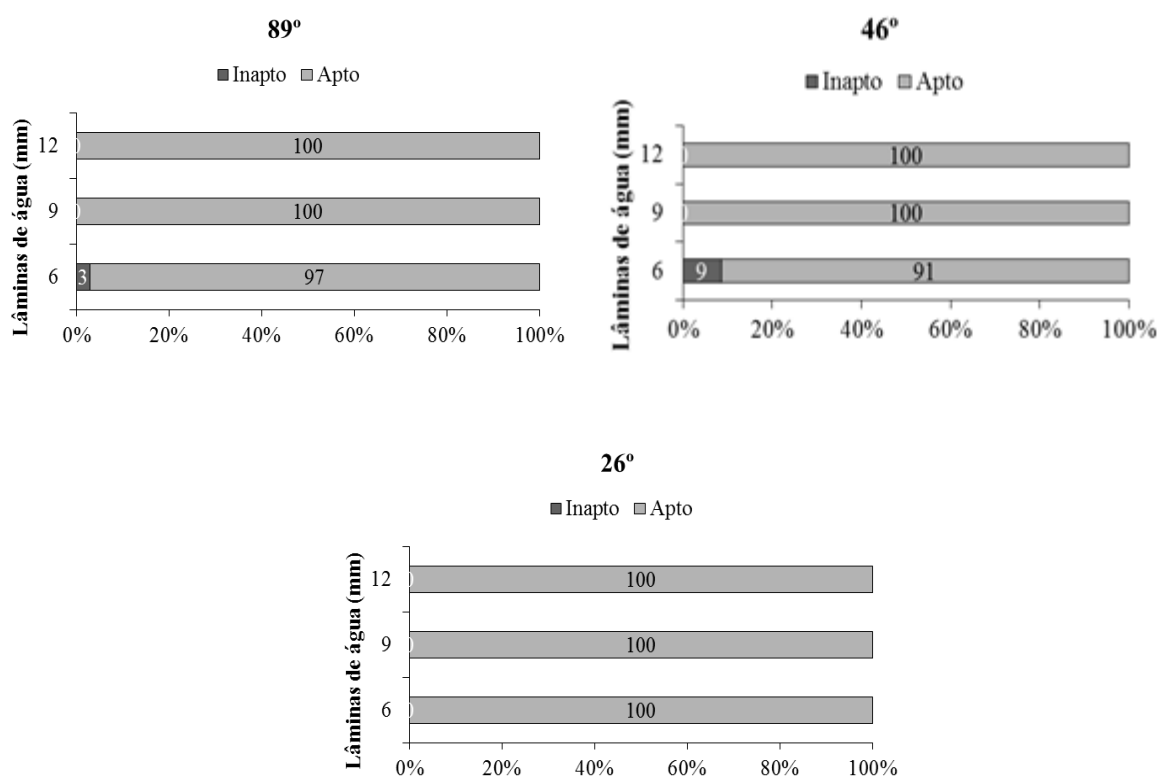
ocorreu nas espécies com ângulos foliares 166 e 147°, quando da aplicação das lâminas de irrigação menor e intermediária, produziu mudas com maior projeção de copa, com menor fração de lixiviação.

### 1.3.2 Conformação do sistema radicular

De uma maneira geral, todas as espécies apresentaram conformação ótima do sistema radicular. As espécies com ângulos 26 e 144°, independentemente da lâmina de irrigação aplicada, produziram mudas 100% aptas ao plantio a campo (Figura 3). A avaliação do sistema radicular de mudas é muito importante, uma vez que, pode ser aplicado como um bom indicador de sucesso para plantios a campo, sendo muitas das vezes, mais efetivo que outros atributos comumente utilizados para determinação de qualidade da muda (DAVIS; JACOBS, 2005).

**Figura 3** - Efeito das lâminas de irrigação, em cada ângulo foliar, sobre a conformação do sistema radicular das mudas.





As espécies com ângulos de 166, 156, 89 e 46°, apresentaram, quando irrigadas com a menor lâmina (6mm), maior porcentagem de plantas inaptas ao plantio a campo. Para as espécies com ângulos 166, 89 e 46° as lâminas de irrigação, maior (12mm) e intermediária (9mm), produziram 100% de mudas aptas. Resultado semelhante ao encontrado por Gabira (2018), na conformação do sistema radicular para a espécie *Cedrella fissilis*, na qual a lâmina de irrigação menor (6 mm), independente do substrato estudado, proporcionou maior porcentagem de mudas inaptas ao plantio a campo.

A espécie com ângulo 156° na lâmina de 6mm apresentou porcentagem elevada (17%) de mudas inaptas ao plantio, demonstrando que a lâmina de irrigação aplicada não foi adequada para agregação do sistema radicular junto ao substrato. Apesar de ser uma espécie que favorece o acesso da água ao sistema radicular devido seu ângulo foliar maior, a falta d'água foi um fator limitante para esse resultado.

O sistema radicular bem agregado, além dos benefícios no desenvolvimento da planta, favorece também, a retirada a muda da embalagem no ato do plantio (WENDLING et al., 2007), causando menos injúrias ao sistema radicular e também aumentando o rendimento operacional dessa atividade.

### 1.3.3 Condutividade elétrica da solução escoada pelo fundo do tubete

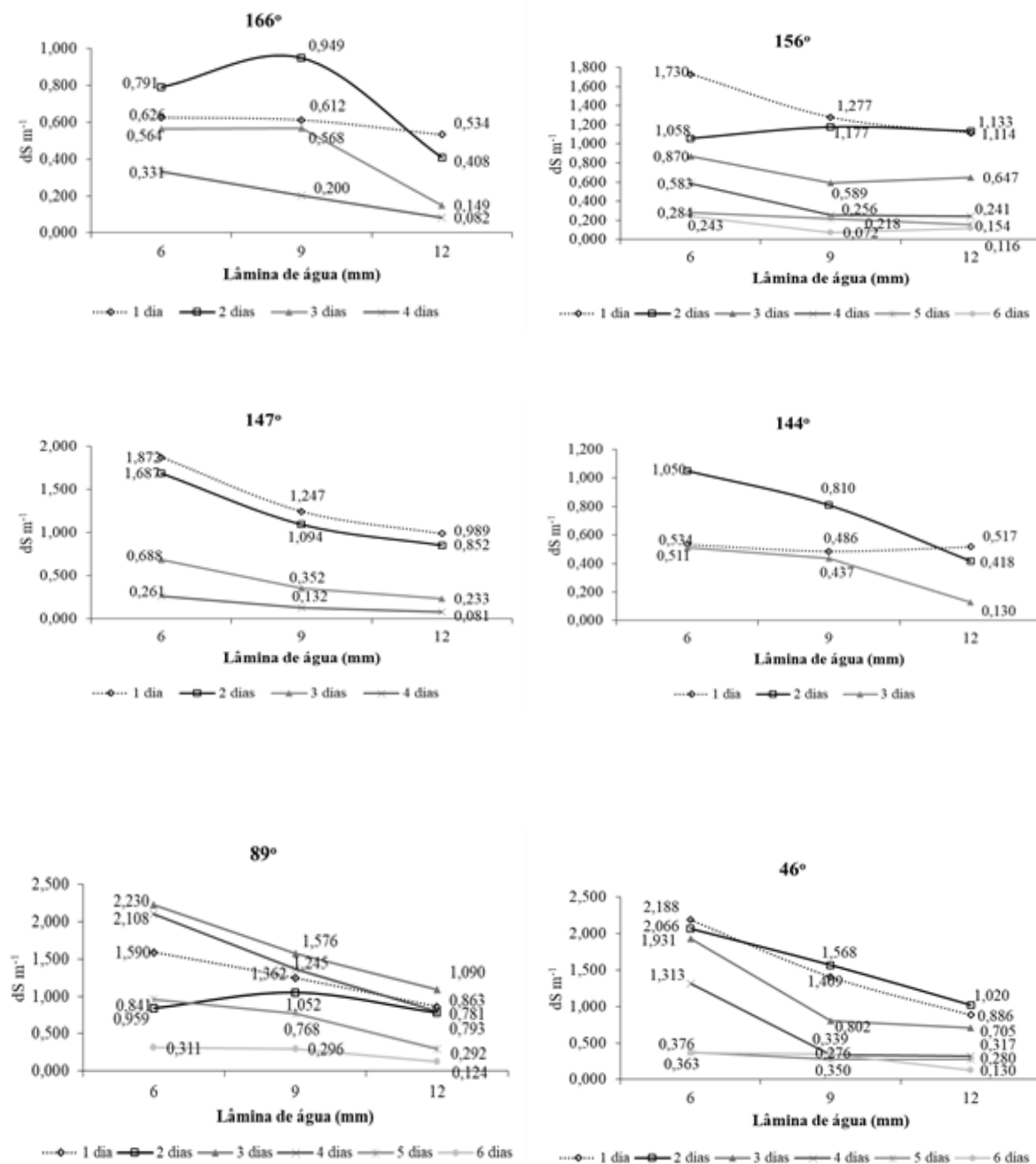
A qualidade da muda não se resume apenas aos aspectos morfofisiológicos, uma vez que a qualidade nutricional é atributo importante para o estabelecimento e desenvolvimento das mudas pós-plantio no campo (GROSSNICKLE; MACDONALD, 2018; RITCHIE et al., 2010).

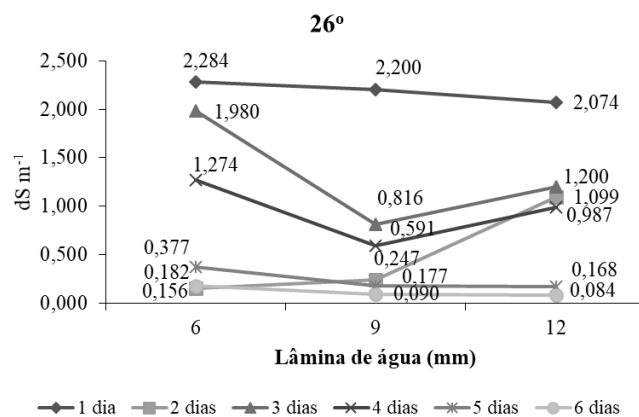
Na produção de mudas florestais, o fornecimento de nutrientes pode se dar por adubação de base que consiste em incorporar fertilizantes e corretivos ao substrato e adubação de cobertura que aplica os fertilizantes via sistema de irrigação (BERNARDI et al., 2012), por meio da fertirrigação, o que permite a aplicação de solução nutritiva menos concentrada e com menor condutividade elétrica (DANTAS et al., 2016). Sabe-se que a adubação é um fator indispensável para acelerar o desenvolvimento da planta, assim, os manejos nutricional e hídrico caminham juntos para obtenção de mudas de qualidade (SALVADOR, 2010).

O monitoramento da fertirrigação em viveiros florestais é fundamental, onde uma das técnicas adotadas no manejo nutricional é o monitoramento do lixiviado como a condutividade elétrica (CAVINS et al., 2008). Um dos maiores problemas da salinização em ambientes protegidos é causado pela falta de lâminas de irrigação que promovem a lixiviação de sais, diferentemente do que ocorre no campo Silva et al. (2013). Altas temperaturas associadas à concentração de sais na solução do solo, promovem o acúmulo de sais próximos as raízes, dificultando a absorção de água pelas plantas (SILVA et al., 2013).

Em relação a duração da avaliação de condutividade elétrica, foi possível distinguir três grupos. No primeiro, formado pelas espécies 156, 89, 46 e 26<sup>o</sup>, a avaliação foi realizada em seis dias, ou seja, no sexto dia após a fertirrigação, a CE da solução escoada pelo fundo do tubete, foi menor que 0,140 dS m<sup>-1</sup>. No segundo grupo formado pelas espécies com ângulos foliares 166 e 147<sup>o</sup>, a avaliação requereu quatro dias. Por fim, a espécie com ângulo foliar de 144<sup>o</sup>, a avaliação demandou 3 dias (Figura 4).

**Figura 4** - Comparação percentual entre a condutividade elétrica da solução lixiviada, em cada lâmina de irrigação e ângulo foliar, e a condutividade elétrica da água sem fertilizantes, dias após a fertirrigação.





No primeiro dia, nas espécies com ângulos foliares 166, 156, 147, 89, 46 e 26°, a CE das soluções escoadas foram reduzidas com o aumento das lâminas de irrigação. Isso ocorreu porque o aumento das lâminas aplicadas na irrigação elevou o volume escoado pelo fundo do tubete, tendo como consequência, a diluição dos íons na solução coletada. Fator inverso, ocorreu na aplicação de lâmina de irrigação menor, onde, segundo Podesta et al. (2010), o aumento da condutividade elétrica é devido a acumulação de sais no substrato, pois isso ocorre, devido a limitação de água em baixas lâminas fornecidas para a planta.

A partir do segundo dia, o comportamento da CE foi distinto entre as espécies. A espécie *Ficus luschnathiana* (166°) apresentou nas lâminas de 6 e 9mm um aumento da CE, enquanto que na lâmina de 12 mm houve uma diminuição. Nos demais dias, com o aumento da lâmina de irrigação fornecida, a CE diminuiu, com exceção da lâmina intermediária no terceiro dia.

*Psidium guajava* (156°) e *Sapindus saponaria* (147°), apresentaram no decorrer dos dias de avaliação, um decréscimo da CE em relação ao dia anterior de avaliação. *Acnistus arborecens* também apresentou esse comportamento com exceção da lâmina de irrigação maior (12mm) que no segundo dia de avaliação apresentou CE maior.

As espécies *Luehea grandiflora* (89°) e *Cecropia pachystachya* (26°) apresentaram o mesmo comportamento, ou seja, menor CE no segundo dia, seguido de um aumento nos terceiro e quarto dias. Nos demais dias com o aumento da lâmina de irrigação fornecida na irrigação a CE diminuiu.



Por fim na espécie *Alchornea glandulosa* (46<sup>o</sup>), a CE aumentou no segundo dia nas lâminas de irrigação de 9 e 12 mm, seguindo da diminuição da CE com o aumento das lâminas de irrigação.

Delgado et al. (2017) estudando a qualidade morfológica de mudas de ingá sob diferentes manejos hídricos, observaram que o fato de as lâminas maiores de irrigação não terem gerado mudas com porte em altura maior, pode estar relacionado com maiores lixiviações de nutrientes. Corroborando, Gonçalves et al. (2000) atestam que plantas pioneiras necessitam de maior quantidade de nutrientes para melhor se desenvolverem. Ainda no mesmo trabalho, Delgado et al. (2017) demonstraram que quando a lâmina de irrigação aplicada foi fracionada em mais vezes ao dia, ela proporcionou mudas com menor altura da parte aérea, observando que apenas a camada superior do substrato foi umedecida, ocasionando diminuição na absorção de nutrientes.

Já Bernardi et al. (2012) estudando o crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação observaram prejuízos no crescimento das mudas, indicando que a redução da lixiviação atrelada a utilização do polímero hidrotentor, ocasionou excesso de nutrientes nos substratos, causando toxicidade e limitando o desenvolvimento.

Segundo Charbonneau et al. (1988), a condutividade elétrica apresenta grande influência na absorção de água pelas plantas, especialmente em sistemas de cultivo protegido. Concentrações elevadas de fertilizantes na água de irrigação elevam os níveis de sais no sistema radicular e promovem desequilíbrio na absorção de água e soluto pelas plantas, provocando estresse (VAN IEPERIN, 1996).

Assim, cuidados no manejo hídrico devem ser tomados, uma vez que irrigações muito frequentes e em quantidades excessivas resultam na lixiviação dos nutrientes e ainda proporcionam microclima favorável ao desenvolvimento de doenças (LOPES et al., 2005), lavando os substratos e diminuindo o desenvolvimento vegetal, além de ocasionar danos ambientais devido à contaminação dos lençóis freáticos (JUNTUNEN et al., 2002). Em contrapartida, irrigações deficitárias ocasionam o estresse hídrico, além de diminuir a disponibilidade e conseqüentemente diminuir absorção de nutrientes.

### 1.3.4 Acúmulo de nutrientes

Nas espécies com ângulos foliares 156, 89 e 26°, quando significativa, a correlação foi positiva, ou seja, à medida que se aumentou a lâmina de irrigação aplicada nas mudas, maior foi o acúmulo de macro e micronutrientes (Tabela 7).

**Tabela 7** - Correlações de Pearson, em cada ângulo foliar, entre as lâminas de irrigação e o acúmulo de nutrientes ao final do ciclo de produção das mudas no viveiro.

	Ângulos foliares (°)						
	166	156	147	144	89	46	26
<b>N</b>	-0,76 **	0,09 ns	-0,57 *	-0,35 ns	0,32 ns	0,14 ns	0,22 ns
<b>P</b>	-0,81 **	-0,24 ns	-0,77 **	-0,65 **	-0,32 ns	0,26 ns	-0,49 ns
<b>K</b>	-0,68 **	0,62 *	-0,71 **	-0,01 ns	0,47 ns	0,63 *	0,21 ns
<b>Ca</b>	-0,46 ns	0,58 *	0,03 ns	0,21 ns	0,61 *	0,46 ns	0,55 *
<b>Mg</b>	-0,46 ns	0,51 ns	-0,24 ns	-0,55 *	0,54 *	-0,25 ns	0,49 ns
<b>S</b>	-0,44 ns	0,52 *	-0,56 *	-0,45 ns	0,58 *	0,67 **	0,67 **
<b>B</b>	-0,38 ns	0,32 ns	-0,39 ns	-0,31 ns	0,47 ns	0,12 ns	0,64 *
<b>Cu</b>	-0,20 ns	0,43 ns	-0,34 ns	-0,34 ns	0,64 **	0,32 ns	0,52 *
<b>Fe</b>	-0,03 ns	0,23 ns	-0,30 ns	0,09 ns	0,50 ns	-0,73 **	0,59 *
<b>Mn</b>	-0,68 **	0,32 ns	-0,46 ns	-0,41 ns	0,80 **	-0,61 *	0,54 *
<b>Zn</b>	-0,09 ns	0,40 ns	-0,12 ns	-0,20 ns	0,40 ns	0,44 ns	0,72 **

\*\* e \* = significativo ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ) e 5% ( $p < 0,05$ ) de probabilidade, respectivamente; e ns = não significativo.

Isso demonstra que a lâmina de irrigação menor, desfavoreceu o acúmulo de nutrientes e conseqüentemente redução da qualidade da muda, causando a diminuição da absorção de nutrientes e formação de biomassa, principalmente nas espécies com ângulos foliares menores por desfavorecerem o acesso da água no sistema radicular. Para a espécie de ângulo maior, o fator principal foi que a lâmina menor não supriu a demanda hídrica da espécie.

A lâmina de irrigação menor produziu mudas com baixa quantidade de raízes para essas espécies, prejudicando assim a absorção e conseqüentemente o acúmulo de nutrientes. Um sistema radicular mais volumoso tende a apresentar maior número de ápices radiculares, proporcionando maior eficiência na absorção e transporte de água e nutrientes (MALAVASI; MALAVASI, 2006), pois a alta densidade de raízes finas, aumenta a superfície de contato com o substrato aumentando a absorção de água e nutrientes (LACLAU et al., 2001).

Para as espécies com ângulos de 166, 147, 144° quando significativa, a correlação foi negativa, ou seja, a medida que houve o aumento da lâmina de irrigação aplicada a muda, menor foi o acúmulo de macro e micronutrientes. Isso se deve às lâminas maiores proporcionarem uma maior lixiviação dos nutrientes, onde ocorreu redução mais acelerada da condutividade elétrica.

Segundo Lamhamedi et al. (2001), a lixiviação de nutrientes minerais ocorre em função do aumento da quantidade de água na rizosfera. No entanto, Lopes et al. (2007) estudando a nutrição mineral de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e substrato, verificou que quanto maior foi a lâmina de irrigação aplicada nas mudas, maior foi o acúmulo de nutrientes, tanto na parte aérea como no sistema radicular.

#### 1.4 CONCLUSÃO

Para as espécies que apresentam ângulos foliares maiores, 166, 147 e 144°, é indicada a lâmina de irrigação de 6 mm, pois produz mudas com maior qualidade e menor fração de lixiviação. Já as espécies que com ângulos foliares menores, 89 e 46°, a lâmina de irrigação indicada é de 12 mm.

É indicada uma irrigação com lâmina de irrigação diária de 9 mm para as espécies de ângulos 156° e 26°, pois a lâmina de irrigação menor não supre a demanda hídrica para espécie de ângulo maior (156°) e para a espécie de ângulo menor (26°), a quantidade de água fornecida na irrigação não foi suficiente para atingir o sistema radicular e produzir mudas de maior qualidade.

#### REFERÊNCIAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Ed. Da UFV, 2009. 500p.

BARBOSA, Z.; SOARES, L.; CRISÓSTOMO, L. A. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de gravioleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 519-522, 2003.

BEESON Jr., R. C.; YEAGER, T. H. Plant canopy affects sprinkler irrigation application efficiency of container-grwn ornamentals. **Hort Science**, v. 38, n. 7, p. 1373-1377, 2003.

- BERNARDI, M. R.; SPEROTTO JÚNIOR, M.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 67-74, 2012.
- BILDERBACK, T. E. Using the PourThru procedure for checking EC and pH for nursery crops. **Horticulture Information Leaflet**, v. 401, p. 1-5, 2001.
- BINOTTO, A. F.; LÚCIO, A. D. C.; LOPES, S. J. Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010.
- BOEGER, M. R. T.; BIU, C.; GOLDENBERG, R. Arquitetura foliar comparativa de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em diferentes fitofisionomias no Estado do Paraná, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 23, n. 3, p. 657-665, 2009.
- CAVINS, T. J.; WHIPKER, B. E.; FONTENO, W. C. Pourthru: a method for monitoring nutrition in the greenhouse. **Acta Horticulturae**, v. 779, p. 289-297, 2008.
- CHARBONNEAU, J.; GOSSELIN, A.; TRUDEL, M. J. Effect of electric-conductivity of the nutriente solution on growth and development of greenhouse tomato cultivated with or without supplementary lighting. **Plant Science**, v. 68, p. 267-276, 1988.
- CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GUERRERO, R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 537-546, 2006.
- CUI, X. Y., TANG, Y. H., GU, S. SEIICHI, N. SHI, S.; ZHAO, X. Photosynthetic depression in relation to plant architecture in two alpine herbaceous species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 50, p. 125-135, 2003.
- CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, jan./mar. 2009.
- DA ROS, C. O.; SILVESTRIN, T. B.; SOMAVILLA, L.; PERRANDO, E. R.; SILVA, R. F. Perdas de nutrientes por lixiviação na produção de mudas de cedro australiano. **Floram**, v. 24, p. 1-10, 2017.
- DANTAS, R. P.; PEREIRA, K. T. O.; CAVALCANTE, A. L. G.; SOUZA, A. A. T.; SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, F. A. Fertirrigação por capilaridade em mudas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Revista Agro@ambiente On-line**. v. 10, n. 2, p. 161-167, 2016.
- DAVIS, A. D.; JACOBS, D. F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. **New Forests**, v. 30, n. 2-3, p. 295-311, 2005.
- DELGADO, L. G. M.; SILVA, R. B. G.; SILVA, M. R. Qualidade morfológica de mudas de ingá cultivadas sob diferentes manejos hídricos. **Irriga**, v. 22, n. 3, p. 420-429, 2017.

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

FALSTER, D. S.; WESTOBY, M. Leaf size and angle vary widely across species: what consequences for light interception? **New Phytologist**, v. 158, n. 3, p. 509-525, 2003.

FAO. **The resource outlook to 2050: by how much do land, water and crop yields need to increase by 2050?** In: EXPERT MEETING ON HOW TO FEED THE WORLD IN 2050. Roma, 2009. 33p.

FISCHER, G.; TUBIELLO, F. N.; van VELTHUIZEN, H.; WIBERG, D. A. Climate change impacts on irrigation water requirements: Effects on mitigation, 1990-2080. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 74, n. 7, p. 1083-1107, 2007.

FOCHESATO, M. L.; SOUZA, P. V. D.; SCHAFER, G.; MACIEL, H. S. Alterações das características químicas de três substratos comerciais na produção de mudas cítricas. **Ciência e Agrotecnologia**, vol. 32, n. 4, p. 1040-1046, 2008.

FRIZZONE, J. A.; DOURADO NETO, D. Avaliação de sistemas de irrigação. In: MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. **Irrigação**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. p. 573-652.

FULCHER, A.; LEBUDE, A. V.; OWEN Jr.; WHITE, S. A.; BEESON, R. C. The next ten years: strategic vision of water resources for nursery producers. **Hort Technology**, v. 26, n. 2, p. 121-132, 2016.

GABIRA, M. M.; **Crescimento e qualidade de mudas florestais produzidas com substratos a base de lodo de esgoto compostado**. 2018. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Estadual Paulista, Botucatu – SP, 2018.

GÁLVEZ, D.; PEARCY, R. W. Petiole twisting in the crowns of *Psychotria limonensis*: implications for light interception and daily carbon gain. **Oecologia**, v. 135, n. 1, p. 22-29, 2003.

GODIN, C. Representing and encoding plant architecture: a review. **Annals of Forest Science**, v. 57, n. 5, p. 413-438, 2000.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 113-127, 2003.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTERELLI, E. G.; NETO, S. P. M. MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. p. 309-350.

GROSSNICKLE, S. C.; MACDONALD, J. E. Why seedlings grow: influence of plant attributes. **New Forests**. v. 49, p. 1-34, 2018.

JUNTUNEN, M.L.; HAMMAR, T.; RIKALA, R. Leaching of nitrogen and phosphorus during production of forest seedlings in containers. **Journal of Environmental Quality**, v. 31, n. 6, 1868-1874, 2002.

KLAR, A. E.; PUTTI, F. F.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; SILVA JÚNIOR, J. F.; CREMASCO, C. P. The effects of diferente irrigation depths on radish crops. **Irriga**, Edição Especial, p. 150-159, 2015.

LACLAU, J. P.; ARNAUD, M.; BOUILLET, J. P.; RANGER, J. Spatial distribution of *Eucalyptus* roots in a deep sandy soil in the Congo: relationships with the ability of the stand to take up water and nutrients, **Tree Physiology**, v. 21, p. 129-136, 2001.

LAMHAMEDI, M. S.; LAMBANY, G.; MARGOLIS, H. RENAUD, M.; VEILLEUX, L.; BERNIER, P. Y. Growth, physiology, and leachate losses in *Picea glauca* seedlings (1+0) grown in air-slit container under different irrigation regimes. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 31, n. 11, p. 1968-1980, 2001.

LEA-COX, J. D.; ROSS, D. S.; TEFFEAU, K. M. A Water and Nutrient Management Planning Process for Container Nursery and Greenhouse Production Systems in Maryland. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 19, n. 4, p. 230-236, 2001.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Efeito da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**, n. 68, p. 97-106, 2005.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C.; SILVA, M. R. Nutrição mineral de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e substratos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 713-722, 2007.

MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Efeito do volume do tubete no crescimento inicial de plântulas de *Cordia trichotoma* (Vell) Arrab. Ex Steud e *Jacaranda micranta* Cham. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 1, p. 11-16, 2006.

MEXAL, J. G.; LANDIS, T. D. Target seedling concepts: height and diameter. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, Roseburg, 1990. **Proceedings**. Fort Collins: USDA, 1990. p. 17-37.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.

PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação da qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. v. 2. p. 59-90.

PODESTA, L.; VALLONE, R.; SANCHEZ, E. MORABITO, J. A. Effect of water deficit irrigation on vegetative growth of Young cheery trees (*Prunus avium* L.). **Revista de la Facultad de Ciencias Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 73-91, 2010.

OLIVEIRA, H. F. E.; SOUZA, C. L.; FÉLIX, D. V.; FERNANDES, L. S.; XAVIER, P. S.; ALVES, L. M. Desenvolvimento inicial de mudas de baruzeiro (*Dipteryx alata* Vog) em função de substratos e lâminas de irrigação. **Irriga**, v. 22, n. 2, p. 288-300, 2017.

REGO, J. L.; OLIVEIRA, E. L. L.; CHAVES, A. F.; ARAÚJO, A. P. B.; BEZERRA, F. M. L.; SANTOS, A. B.; MOTA, S. Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melância. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 155-159, 2005.

REINHARDT, D.; KUHLEMEIER, C. Plant architecture. **EMBO reports**, v. 3, n. 9, p. 846-851, 2002

RITCHIE, G. A.; LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. Assessing plant quality. In: LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. **Seedling processing, storage, and outplanting. The container tree nursery manual**. Agriculture handbook. Washington: USDA Forest Service, vol. 7, p. 17-82, 2010.

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.

SALVADOR, C. A. **Sistema de irrigação por capilaridade na produção de porta – enxertos de mudas cítricas na fase de sementeira**. 2010. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2010.

SARLIKIOTI, V.; VISSER, P. H. B.; MARCELIS, L. F. M. Exploring the spatial distribution of light interception and photosynthesis of canopies by means of a functional – structural plant model. **Annals of Botany**, v. 107, n. 5, p. 875-883, 2011.

SILVA, A. O.; KLAR, A. E.; SILVA, E. F. F.; TANAKA, A. A.; SILVA JÚNIOR, J. F. Relações hídricas em cultivares de beterraba em diferentes níveis de salinidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 1143-1151, 2013.

SILVA, R. B. G. **Ângulo foliar e lâmina de irrigação afetam a qualidade das mudas florestais**. 2017. 112p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista), Botucatu/SP, 2017.

SILVA, R. B. G.; SILVA, M. R. Effects of water management on growth irrigation efficiency and initial development of *Aspidosperma polyneuron* seedlings. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, p. 3562-3569, 2015.

SIMÕES, D., SILVA, R. B. G., SILVA, M. R. Composição do substrato sobre o desenvolvimento, qualidade e custo de produção de mudas de *Eucalyptus grandis*

Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p. 91-100, 2012.

SOUZA, C. A. M.; OLIVEIRA, R. B.; MARTINS FILHO, S.; LIMA, L. S. S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

THEBALDI, M. S.; LIMA, L. A.; SILVA, A. C.; COLARES, M. F. B.; LIMA, P. L. T. Eficiência de sistemas de irrigação em mudas de espécies florestais nativas produzidas em tubetes. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 401-410, 2016.

TSUKAMOTO FILHO, A. A.; CARVALHO, J. L. O.; COSTA, R. B.; DALMOLIN, A. C.; BRONDANI, G. E. Regime de regas e cobertura de substrato afetam o crescimento inicial de mudas de *Myracrodruon urundeuva*. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 521-529, 2013.

VAN IEPERIN, W. Dynamic effects of change in electric conductivity on transpiration and growth of greenhouse-grown tomato plants. **Journal of Horticultural Science**, v. 71, n. 1, p. 81-98, 1996.

WEATHERSPOON, D. M.; HARRELL, C. C. Evaluation of drip irrigation for container production of woody landscape plants. **Hort Science**, v. 15, n. 4, p. 488-489, 1980.

WENDLING, I., GUASTALA, D.; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para a produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 209-220, 2007.

WILSON, B. C.; JACOBS, D. F. Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings. **New Forests**, v. 31, n. 3, p. 417-433, 2006.

WINK, C.; MONTEIRO, J. S.; REINERT, D. J.; LIBERALESSO, E. Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. **Scientia Florestalis**, v. 40, n. 93, p.57-67, 2012.

WOLFE, D. W.; HENDERSON, D. W.; HSIAO, T. C. et al. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area duration, nitrogen distribution, and yield. **Agronomy Journal**, v. 80, p. 859-864, 1988.



## CAPÍTULO 2

### RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DE MUDAS NATIVAS COM DISTINTOS ÂNGULOS FOLIARES CULTIVADAS SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

#### RESUMO

É possível determinar o manejo hídrico mais adequado a partir do desenvolvimento e qualidade das mudas, sendo estes, reflexo das respostas fisiológicas a um ou mais fatores de crescimento. O objetivo do presente estudo foi analisar as respostas fisiológicas de mudas nativas com distintos ângulos foliares, cultivadas sob diferentes lâminas de irrigação e como isso reflete no acúmulo de biomassa. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 7x3 (sete espécies com diferentes ângulos foliares e três lâminas de irrigação – 6, 9 e 12 mm) em 5 parcelas de 9 mudas cada, no município de Botucatu/SP, clima Cfa. Foram avaliadas as variáveis: potencial hídrico foliar, conteúdo relativo de água na folha, transpiração diária, condutância estomática, déficit de pressão de vapor, intensidade de coloração verde na folha, fração de lixiviação e massa seca total. Os dados das variáveis fisiológicas e fração de lixiviação foram submetidos à análise multivariada de componentes principais, sendo selecionadas aquelas que explicaram a maior parte da variabilidade dos dados. Para as variáveis selecionadas e para a massa seca total, foi realizada análise de variância, seguida do teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Os três componentes principais selecionados (fração de lixiviação, condutância estomática e transpiração) responderam a 69% da variância total em relação as variáveis estudadas. Nas espécies cujos ângulos foliares favorecem a chegada de água ao sistema radicular, *Ficus luschnathiana* (166°), *Sapindus saponaria* (147°) e *Acnistus arborescens* (144°), o aumento da lâmina de irrigação proporcionou maior fração de lixiviação e menor ganho em biomassa (exceto a espécie 144°), mesmo com valores de transpiração maiores. Já as espécies que dificultam a chegada de água ao sistema radicular, com ângulos foliares menores, *Luehea grandiflora* (89°), *Alchornea glandulosa* (46°) e *Cecropia pachystachya* (26°), o aumento das lâminas de irrigação proporcionou, em diferentes níveis, maior fração de lixiviação, transpiração e acúmulo de biomassa. A espécie *Psidium guajava* (156°)

apresentou maior acúmulo de biomassa na lâmina intermediária (9mm) e as variáveis fisiológicas não foram influenciadas pelas lâminas de irrigação.

**Palavras-chave:** Arquitetura de mudas, perda de água, viveiro.

## ABSTRACT

It is possible to determine the most suitable water management by considering growth and quality of seedlings, since they reflect the physiological responses to one or more growth factors. The present study aimed at evaluating physiological responses of native seedlings with distinctive leaf angles, grown under different irrigation depths and the impact of these on biomass accumulation. The experiment was carried out designing a factorial arrangement 7x3 (seven species with different leaf angles and the irrigation depths – 6, 9 and 12mm) in five plots with nine seedlings per plot, in Botucatu-SP, Cfa climate. The variables analyzed were: leaf water potential, water content on leaf, daily perspiration, stomatal conductance, vapor pressure deficit, leaf chlorophyll, leaching fraction and total dry mass. Data from physiological variables, together with the leaching fraction were submitted to a multivariate analysis of main components. The variables were selected according to a better explanation for data variability. A variance analysis, followed by the Scott-Knot test was carried out to the variables selected as well as to the total dry mass. The three main components (leaching fraction, stomatal conductance and perspiration) presented 69% from total variance regarding to the variables studied. In the species which leaf angles help water reaching the root system, *Ficus luschnathiana* (166°), *Sapindus saponaria* (147°) and *Acnistus arborescens* (144°), the increase in the irrigation depth promoted a higher leaching fraction and a lower biomass gain (except species 144°), even with higher perspiration values. Although, the species which lower leaf angles, where water is difficult to reach the root system, *Luehea grandiflora* (89°), *Alchornea landulosa* (46°) and *Cecropia pachystachya* (26°), the increase in irrigation depths promoted, at different levels, higher leaching fraction, perspiration and biomass accumulation. *Psidium guajava* (156°) presented a higher biomass accumulation in the intermediate water depth (9mm). The irrigation depths did not have an impact on physiological variables.

**Keywords:** seedling architecture, water loss, seedling nursery



## 2.1 INTRODUÇÃO

O conhecimento de respostas de atributos fisiológicos à variação hídrica é de grande importância (PAIVA et al., 2005) para melhor compreensão do desenvolvimento da muda e para definir sua qualidade do ponto de vista fisiológico.

A água está associada a todos os processos fisiológicos das plantas, direta ou indiretamente (KRAMER; BOYER, 1995), e sua disponibilidade no substrato, afeta o crescimento por controlar a abertura dos estômatos e conseqüentemente, a produção de biomassa, pois plantas cultivadas sob déficits hídricos apresentam menor área foliar, senescência foliar mais rápida e abscisão das folhas (SANTOS; CARLESSO, 1998). Em resposta a deficiência hídrica, as plantas alteram seus processos fisiológicos e morfológicos, influenciando a capacidade de tolerar às condições adversas do meio (PIMENTEL, 2005). Elas se adaptam fisiologicamente e determinam respostas de ordem anatômica e morfológica, resistindo ao déficit hídrico utilizando de mecanismos que reduzem a perda de água (LEVITT, 1980).

Dessa maneira, um decréscimo da água no solo ou no substrato, faz com que reduza a quantidade de água na parte aérea da planta, promovendo o fechamento estomático, bloqueando o fluxo de CO<sub>2</sub> e afetando na produção de fotoassimilados (KERBAUY, 2008). No entanto, as plantas apresentam diferentes respostas a déficit ou excesso de água, onde a intensidade e duração são variáveis em cada espécie e fase de desenvolvimento, sendo também fortemente influenciada pela condição ambiental (TAIZ; ZEIGER, 2013). Os fatores abióticos afetam a atividade fisiológica da planta em diferentes fases de crescimento (GONÇALVES et al., 2009), como a alta irradiância por exemplo, consorciada a uma baixa disponibilidade hídrica ou nutricional, torna mais difícil o estabelecimento da muda no campo (SANTOS JÚNIOR et al., 2006).

O manejo da irrigação em viveiros de mudas florestais, principalmente de espécies nativas, ainda apresenta problemas por aplicação de volume de água sub ou principalmente superestimado. Isto ocorre devido a duas principais razões: à grande diversidade de espécies produzidas, cujas demandas hídricas nem sempre são conhecidas; a dificuldade na logística de locação das mudas no viveiro, levando a agrupamentos de mudas muito distintas no que se refere à idade, à demanda hídrica e à arquitetura da parte aérea.

A miscelânea de espécies que são produzidas em um viveiro de mudas nativas, com plantas de arquiteturas mais diversas, aumenta ainda mais, a dificuldade do viveirista na irrigação. A arquitetura da planta é definida como uma organização tridimensional de seu corpo como padrão de ramificação, o tamanho, a forma e posição das folhas e flores, e resulta da combinação de variáveis morfológicas como ângulo foliar, o comprimento e diâmetro do pecíolo, a área, massa e espessura da lâmina foliar e densidade do sistema de nervuras (GODIN, 2000; REINHARTDT; KUHLEMEIER, 2002). Esta arquitetura pode facilitar ou dificultar a chegada da água ao sistema radicular, quando aplicada via irrigação por microaspersão.

Estudos com ângulos foliares, que por definição são aqueles formados entre o pecíolo e o ramo, variando de 0 a 180° (SILVA, 2017), focam no efeito que estes têm sobre o processo de captura de luz (LARCHER, 2006; WERNER et al., 2001) e o balanço energético da folha (GÁLVEZ; PEARCY, 2003), mas poucos são os estudos que mostram os efeitos dos ângulos foliares na eficiência de captação de água e conseqüentemente nas relações hídricas que se estabelecem entre as plantas e o substrato.

Assim, o objetivo do trabalho foi analisar as respostas fisiológicas de mudas nativas com distintos ângulos foliares, cultivadas sob diferentes lâminas de irrigação e como isso reflete no acúmulo de biomassa.

## **2.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.2.1 Local e época**

O experimento foi conduzido no viveiro de mudas do Departamento de Ciência Florestal, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), município de Botucatu-SP, com início em Abril e término em Dezembro de 2016.

O município de Botucatu-SP encontra-se nas coordenadas geográficas 22° 51' S e 48° 25' W' e altitude de 786 metros. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa – clima temperado quente (mesotérmico) úmido e a temperatura média do mês mais quente são superiores a 22° C. A precipitação pluviométrica anual média é de 945,15 mm (CUNHA; MARTINS, 2009).

## 2.2.2 Análises preliminares para a escolha das espécies

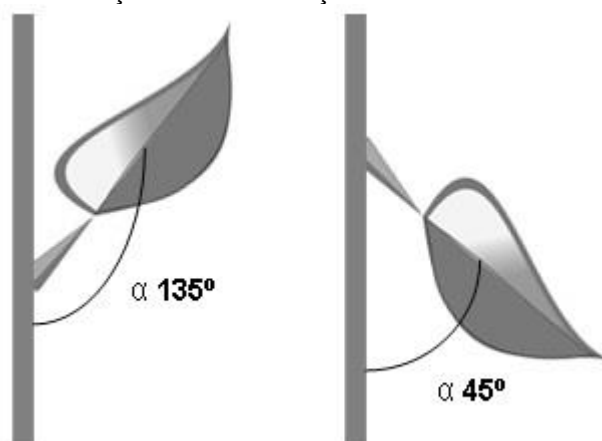
As espécies foram escolhidas a partir de análises preliminares, buscando espécies cujos ângulos foliares favorecessem e dificultassem a chegada da água ao sistema radicular. Dessa forma, foram selecionadas sete espécies, com diferentes ângulos foliares médios (Quadro 1).

**Quadro 1** - Espécies escolhidas para compor o experimento

<b>Nome científico</b>	<b>Nome popular</b>	<b>Ângulo foliar médio (<math>\alpha</math>)</b>
<i>Ficus luschnathiana</i>	Figueira-mata-pau	166
<i>Psidium guajava</i>	Goiabeira	156
<i>Sapindus saponaria</i>	Sabão-de-soldado	147
<i>Acnistus arborescens</i>	Fruta-de-sabiá	144
<i>Luehea grandiflora</i>	Açoita-cavalo-graúdo	89
<i>Alchornea glandulosa</i>	Tapiá	46
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embaúba	26

Os ângulos foliares foram medidos seguindo a metodologia de Silva (2017) conforme Figura 1.

**Figura 1** - Medida do ângulo de inclinação foliar em relação à linha vertical do caule



Fonte – SILVA (2017, p. 41).

## 2.2.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado no experimento foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7x3, sendo sete espécies com ângulos foliares

(Quadro 1) e três lâminas de irrigação (6, 9 e 12mm) aplicadas parceladamente em duas vezes ao dia, totalizando 21 tratamentos.

Para cada tratamento, foram adotadas cinco repetições (bandejas), sendo cada bandeja ocupada em 25% das células, onde as 9 plantas centrais foram consideradas úteis e as 18 restantes formaram a bordadura, totalizando 45 plantas úteis por tratamento e 945 plantas úteis no experimento.

#### 2.2.4 Condução do experimento e insumos

As sementes foram coletadas em fragmentos de Mata Atlântica e Cerrado, em um raio de 12 Km do município de Lupércio-SP e após beneficiamento foram semeadas em bandejas plásticas com células de 4 cm<sup>3</sup> preenchidas com substrato a base de casca de arroz carbonizada, vermiculita, composto orgânico e fibra de coco. A semeadura das sete espécies ocorreu no período de dezembro de 2015 e fevereiro de 2016. Esta fase inicial foi realizada no Viveiro Florestando no mesmo município, e o manejo hídrico adotado neste período, foi de 6 a 7mm por dia, parcelados em 6 a 12 aplicações diárias.

Quando as mudas apresentavam sistema radicular apto para o transplante, as mesmas foram trazidas ao viveiro do Departamento de Ciência Florestal da FCA-Unesp e foram transplantadas para tubetes cilindro cônicos de polietileno, com volume de 120 cm<sup>3</sup> com seis estrias internas, acondicionados em bandejas com capacidade de 108 células, previamente preenchidos com o substrato comercial Carolina Soil® (Quadro 2) composto de turfa *Sphagnum*, casca de arroz carbonizada e vermiculita na proporção 2:1:1 v:v.

**Quadro 2-** Caracterização física do substrato Carolina Soil®.

<b>Macroporos</b>	<b>Microporos</b>	<b>Porosidade Total</b>	<b>Retenção de água</b>
<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(mL / tubete)</b>
27,7	51,0	78,7	61,6

Antes de iniciar a aplicação das distintas lâminas de irrigação, foi realizada a mensuração da altura das mudas recém transplantadas, e formadas as bandejas (repetições) com média da altura semelhantes estatisticamente pelo teste de Skott-nott ( $p < 0,05$ ), dentro de cada espécie (Tabela 1).



**Tabela 1** - Altura inicial das mudas e desvio padrão das espécies utilizadas no experimento

Ângulo foliar (°)	Nome científico	Altura (cm)	Desvio padrão (cm)
166	<i>Ficus luschnathiana</i>	1,2	± 0,6
156	<i>Psidium guajava</i>	10,0	± 1,8
147	<i>Sapindus saponaria</i>	11,5	± 2,8
144	<i>Acnistus arborescens</i>	0,5	± 0,3
89	<i>Luehea grandiflora</i>	2,4	± 0,8
46	<i>Alchornea glandulosa</i>	13,3	± 2,2
26	<i>Cecropia pachystachya</i>	1,9	± 0,7

Posteriormente, as mudas foram transferidas para canteiros suspensos, tipo mini túnel, cobertos com plástico difusor de 150 micron, e com bocais de irrigação modelo microaspersores com vazão de 129 L h<sup>-1</sup> e iniciado a aplicação das lâminas de irrigação. O sistema de irrigação foi acionado automaticamente por painel elétrico, programado para atender o tempo exigido para cada lâmina de irrigação.

As adubações realizadas no experimento foram via ferti-irrigação pelo sistema de diluição Venturi 1/12, em tambor de solução de 50 litros sendo aplicadas com periodicidade de duas vezes por semana na fase de crescimento e uma vez por semana na fase de rustificação.

No momento em que se iniciou a aplicação das lâminas de irrigação no experimento, iniciou-se também a fertilização de crescimento com a solução de macronutrientes composta pelos fertilizantes monoamoniofosfato purificado, sulfato de magnésio, cloreto de potássio, nitrato de cálcio e uréia nas concentrações de 295; 84; 200; 160; 38 e 52 mg L<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente e a solução de micronutrientes composta por ácido bórico, molibdato de sódio, sulfato de manganês, sulfato de zinco, sulfato de cobre e sulfato de ferro nas concentrações de 4,6; 3,9; 1,2; 0,6; 0,3; e 25 mg L<sup>-1</sup> de B, Mn, Zn, Cu, Mo, e Fe, respectivamente.

### 2.2.5 Avaliações realizadas ao final do ciclo de produção

Ao final do ciclo de produção, 203 dias após a aplicação das lâminas diferenciadas de irrigação, foram avaliados o potencial hídrico foliar, intensidade de coloração verde das folhas, transpiração diária, conteúdo relativo de água na folha, condutância estomática, déficit de pressão de vapor da folha e fração de lixiviação.

O potencial hídrico foliar em MPa foi avaliado com auxílio de psicrômetro modelo Dewpoint Potential Meter (WP4-T). Foram coletadas as 12:00 horas (Midday), as duas folhas recém maduras da muda central de cada repetição, totalizando cinco mudas por tratamento. As folhas coletadas foram armazenadas em cápsulas de amostragem circular (4 cm de diâmetro e 1 cm de altura) e alocadas em caixa de isopor com gelo. Em seguida, foram transportadas para o Laboratório de Fisiologia Vegetal, do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Unesp de Botucatu. Para realizar a medição no equipamento WP4-T, as folhas foram cortadas em pequenos retângulos e inseridas na cavidade do equipamento.

A avaliação da condutância estomática  $g_s$  ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) foi realizada com auxílio de um Porômetro em estado de equilíbrio dinâmico Leaf Porometer (Decagon/EUA) as 10:00 h. As medições foram feitas nas faces adaxial e abaxial das folhas, localizadas no terço superior das mudas, expostas a radiação solar. A condutância estomática total da folha foi obtida admitindo-se que as condutâncias abaxial e adaxial agem em série, efetuando-se o somatório da condutância das duas faces da folha. Foi analisada uma planta por repetição, totalizando cinco plantas por tratamento.

As folhas completamente expandidas e expostas foram amostradas para determinar o conteúdo relativo de água da folha (CRA, em %) (1). Duas folhas de cada planta tiveram seus limbos cortados em forma de retângulo (3 x 4 cm) e pesados imediatamente para obtenção da massa fresca (MF). Em seguida as amostras foram colocadas em placas de Petri, com papel de filtro, imersos em água deionizada e acondicionados por 24 horas a 5°C para reidratação, de acordo com Elsheery e Cao (2008). Após esse período as amostras foram pesadas obtendo a massa turgida (MT) e em seguida levadas a estufa (temperatura  $\approx 70^\circ\text{C}$  até peso constante) para obtenção de massa seca (MS) das amostras. Foi utilizada balança analítica com precisão de 0,0001 g para determinação das massas fresca, túrgida e seca. A determinação do CRA foi feita de acordo com Smart e Bingham (1974), utilizando-se a fórmula:

$$\text{CRA}(\%) = \frac{(\text{MF}-\text{MS})}{(\text{MT}-\text{MS})} * 100 \quad 1)$$

A transpiração diária ( $\text{mg de água m}^{-2} \text{ foliar s}^{-1}$ ) (2), foi avaliada pelo método das pesagens (SILVA et al., 2004). Foram utilizadas 2 mudas por repetição, totalizando 10 mudas por tratamento. As plantas escolhidas foram irrigadas por capilaridade até a

saturação completa do substrato e em seguida deixadas para drenagem as 18:00 horas. Uma vez drenadas, os tubetes foram envolvidos por sacos plásticos e vedados com fita crepe no colo da muda, visando impedir a perda de água pela evaporação. As 7 horas da manhã do dia seguinte, a massa inicial constituída de muda+tubete+saco plástico+fita crepe, foi pesada com auxílio de balança eletrônica com precisão de duas casas e em seguida mantida a pleno sol. As pesagens foram realizadas ao longo do dia, com intervalos de duas horas até as 17:00 horas. A última pesagem foi realizada 24 horas após a primeira pesagem, e posteriormente, as folhas de cada muda foram destacadas da haste e feito a medição da área foliar. A área foliar, foi obtida com o auxílio do equipamento Area Meter LI-COR®, modelo LI-3100C.

O cálculo da transpiração diária foi realizado utilizando a fórmula:

$$T(\text{mg m}^{-2}\text{s}^{-1}) = \frac{\text{Massa inicial-Massa final}}{\frac{\text{Área foliar}}{\text{Tempo}}} \quad (2)$$

A intensidade de coloração verde das folhas foi analisada com auxílio do aparelho Soil Plant Analysis Development (SPAD), realizando quatro medições por folha na região central do limbo foliar de cada muda. As folhas utilizadas para medição foram as recém maduras.

O déficit de pressão de vapor (DPV, em KPa) (3) foi calculado seguindo modelo adotado por Jones (1992), utilizando-se das mesmas plantas da condutância estomática, conforme fórmula:

$$\text{DPV(Kpa)} = 0,61137e^t * \left(1 - \frac{\text{UR}}{100}\right) \quad (3)$$

Em que t (4) é calculado pela equação em função da temperatura do ar, em °C:

$$t = \frac{17,502*(\text{Tar})}{240,97+\text{Tar}} \quad (4)$$

A fração de lixiviação (5), expressa em porcentagem, representa o excesso hídrico aplicado durante a irrigação (LEA-COX et al., 2001), sendo calculada pelo volume de água drenado pelo fundo do tubete após a irrigação (Vd), dividido pelo volume de água total aplicado (Vt), multiplicado por 100. Para calcular a variável fração de lixiviação,

o  $V_t$  é adquirido pela soma entre o volume de água retido no substrato após a irrigação e o volume drenado pelo fundo do tubete e para o  $V_d$ , mensura-se o drenado pelo fundo do tubete, conforme fórmula utilizada para calcular a variável fração de lixiviação.

$$FL(\%) = \frac{V_d}{V_t} * 100 \quad (5)$$

Para esta medição, os tubetes com as mudas foram embalados com sacos plásticos e estes por sua vez amarrados com elásticos na região mediana dos tubetes. Cada conjunto (tubete+muda+saco plástico+elástico) foi pesado antes e depois da irrigação. A água escoada pelo fundo do tubete também foi pesada separadamente.

A massa seca do sistema radicular e da parte aérea (g) foram medidas, a partir do seccionamento na região do colo da muda. Após esse processo o sistema radicular foi lavado em água corrente sobre peneira. Uma vez limpo das partículas do substrato, os sistemas radiculares, assim como as folhas e caule (parte aérea), foram embalados em sacos de papel e levados a estufa de circulação forçada a 70 °C, até atingirem massa constante, as quais foram pesadas em balança eletrônica de precisão de duas casas. Com os valores obtidos das massas secas da parte aérea e radicular, foi determinada a massa seca total (g) das mudas.

Para a análise do teor de nutrientes, procedeu-se a moagem das folhas em moinho tipo Wiley, sendo as amostras encaminhadas para ao Laboratório de Nutrição de plantas da FCA/UNESP de Botucatu para obter os teores dos macronutrientes ( $g Kg^{-1}$ ) e dos micronutrientes ( $mg Kg^{-1}$ ).

### **2.2.6 Análises estatísticas**

Os dados das variáveis fisiológicas e a fração de lixiviação foram submetidas à análise multivariada de componentes principais, objetivando a redução de informação e selecionando apenas aquelas variáveis que explicam a maior parte da variabilidade original dos dados.

Para as variáveis selecionadas e a massa seca total, foi realizada a análise de variância em esquema fatorial, sendo que, quando o valor do teste F apresentou

significância ( $p < 0,05$ ), foi aplicado o teste de Scott-Knott para comparar os tratamentos ( $p < 0,05$ ).

O grau de associação ( $p < 0,05$ ) entre a transpiração diária e o teor dos nutrientes foi obtido, para cada ângulo foliar, por meio da análise de correlação de Pearson.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os componentes principais CP1 (eixo x), CP2 (eixo y) e CP3 (eixo z), foram selecionados a partir da entrada das informações originais de 7 variáveis: potencial hídrico foliar, conteúdo relativo de água na folha, condutância estomática, déficit de pressão de vapor, intensidade de coloração verde das folhas, transpiração diária e fração de lixiviação.

Os três componentes principais selecionados responderam por 69% da variância total em relação as variáveis estudadas. As variáveis que mais discriminaram os grupos de resposta foram fração de lixiviação (CP1), condutância estomática (CP2) e a intensidade de coloração verde das folhas e a transpiração (CP3), conforme a Tabela 2.

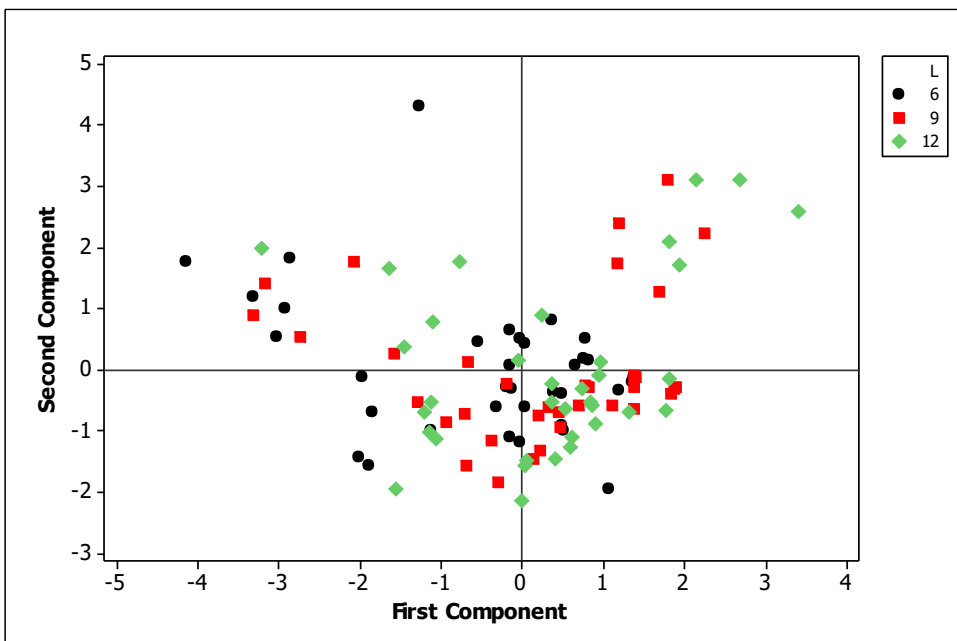
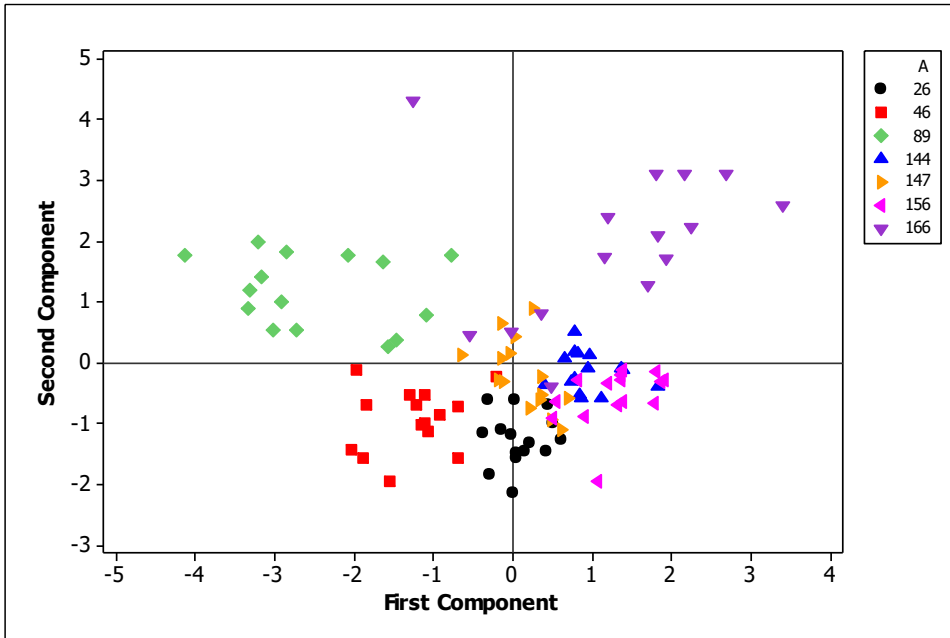
**Tabela 2** - Coeficientes de correlação, autovalores, variância explicada e acumulada (%) das variáveis fisiológicas e fração de lixiviação com os três primeiros componentes principais em função dos ângulos foliares e lâminas de irrigação.

<b>Variáveis</b>	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>	<b>CP3</b>
Potencial hídrico foliar ( $\psi_w$ )	0,376	-0,424	-0,151
Conteúdo relativo de água (CRA%)	0,254	-0,481	-0,231
Condutância estomática ( $g_s$ )	0,377	0,510	-0,138
Déficit de pressão de vapor (DPV)	0,330	-0,444	0,475
Intensidade da coloração verde das folhas (SPAD)	0,406	0,209	0,581
Transpiração diária (E)	0,419	0,048	-0,583
Fração de lixiviação (FL)	0,449	0,293	0,042
<b>Autovalor</b>	2,17	1,56	1,12
<b>Variância (%)</b>	31	22	16
<b>Variância acumulada (%)</b>	31	53	69

Considerando o primeiro componente principal (eixo x), discriminado pela variável fração de lixiviação, as espécies com ângulos foliares menores, ou seja, 26, 46 e 89° apresentaram menores frações de lixiviação se localizam predominantemente na porção central/esquerda do gráfico, enquanto que as espécies dos demais ângulos foliares apresentaram maiores frações de lixiviação e se localizam

predominantemente na porção central direita do gráfico (Figura 2). No segundo componente (eixo y), discriminado pela variável condutância estomática, temos as espécies com maior condutância estomática tendendo para a parte superior do gráfico e as espécies com menor condutância estomática para a parte inferior.

**Figura 2** - Representação gráfica dos componentes principais em função dos ângulos foliares (A) e lâminas de irrigação (L).



Na análise de variância das três variáveis selecionadas, a interação entre os ângulos foliares e as lâminas de irrigação foi significativa ( $p < 0,05$ ), indicando uma dependência entre os efeitos desses fatores.

As espécies com os ângulos de 26, 46 e 89°, em todas as lâminas de irrigação aplicadas, apresentaram menores frações de lixiviação, indicando dessa maneira que esses ângulos dificultaram a chegada da água ao substrato, em diferentes níveis. No trabalho realizado por Silva (2017), onde se estudou o ângulo foliar e a lâmina de irrigação na qualidade das mudas florestais, observou-se o mesmo comportamento, ou seja, espécies com ângulos menores apresentaram fração de lixiviação menor (Tabela 3).

Nas espécies com ângulos maiores (166, 156, 147 e 144°), a fração de lixiviação aumentou com o aumento das lâminas diárias de irrigação. Nas espécies com ângulos menores (89 e 46°) a menor fração de lixiviado foi na lâmina de 6mm e as lâminas de 9 e 12 mm não diferiram. A exceção foi da espécie com ângulo 26° que não teve a fração de lixiviação influenciada pelas lâminas de irrigação.

**Tabela 3** - Efeito da interação entre os ângulos foliares e as lâminas de irrigação sobre a fração de lixiviação (%) ao final do ciclo de produção das mudas no viveiro.

Ângulos foliares (°)	Fração de lixiviação (%)		
	Lâminas de irrigação (mm)		
	6	9	12
166	22,1 Bc	34,0 Bb	66,8 Aa
156	19,6 Bc	33,9 Bb	46,4 Ba
147	45,9 Ab	47,5 Ab	53,0 Ba
144	24,7 Bb	42,3 Aa	42,9 Ba
89	3,9 Db	13,5 Ca	16,8 Ca
46	11,3 Cb	17,6 Ca	19,2 Ca
26	6,5 Da	7,2 Da	7,3 Da

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); CV (%) = 23,5%.

Cabe ressaltar a influência do ângulo foliar na irrigação das mudas, pois as espécies de ângulos maiores, 166, 147 e 144°, produziram mudas com maior biomassa nas lâminas de irrigação menores. Fato inverso ocorreu para as espécies com ângulos foliares menores, 89, 46 e 26°, que necessitaram das lâminas maiores para produzir as maiores biomassas (Tabela 4).

**Tabela 4** - Efeito da interação entre os ângulos foliares e as lâminas de irrigação sobre a massa seca total (g) ao final do ciclo de produção das mudas no viveiro.

Ângulos foliares (°)	Massa seca total (g)		
	Lâminas de irrigação (mm)		
	6	9	12
166	9,85 Aa	9,26 Aa	7,66 Bb
156	5,18 Cc	9,12 Aa	7,82 Bb
147	8,52 Ba	8,22 Ba	7,09 Cb
144	4,49 Da	3,67 Eb	4,13 Ea
89	2,36 Fb	2,54 Fb	3,37 Fa
46	5,56 Cc	7,07 Cb	8,52 Aa
26	3,88 Eb	5,87 Da	6,43 Da

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); CV (%) = 12,9%.

A eficiência de um sistema de irrigação é definida como a relação entre a quantidade de água retida no sistema radicular e quantidade total aplicada, representando a razão entre as quantidades de água envolvidas no processo (FRIZZONE; DOURADO NETO, 2003). Dumroese et al. (1995) citam que em um viveiro florestal de plantas cultivadas em tubetes, utilizando sistema de irrigação por microaspersão, perde-se de 49% a 72% da água aplicada. Em estudo mais recente, Dumroese et al. (2006) analisando os sistemas de subirrigação (capilaridade) e de irrigação suspensa (microaspersão) verificaram que no sistema suspenso, houve uma perda de água de 70%, ou seja, que não foi interceptada e direcionada ao substrato.

Viveiristas preferem aplicar grandes quantidades de água na irrigação de mudas em tubetes, excedendo a necessidade hídrica na planta, do que em baixas quantidades de fornecimento de água (YEAGER et al., 2010). Como o consumo de água é elevado e o sistema de microaspersão apresenta altas perdas, tanto de água quanto de nutrientes (BUMGARNER et al., 2008), pode haver contaminação por altos níveis principalmente de nitrato e fósforo que podem causar sérios problemas na qualidade de águas superficiais (PARK et al., 2012).

Para a variável condutância estomática ( $g_s$ ), independente da lâmina de irrigação aplicada, as espécies com ângulos de 156, 147, 144, 46 e 26° não apresentaram diferenças significativas, entretanto as espécies com ângulos de 166 e 89° apresentaram menor  $g_s$  na lâmina de irrigação de 6mm e as lâminas de 9 e 12 mm não diferiram entre si (Tabela 5).

Na espécie de ângulo 166°, apesar de a lâmina de irrigação menor proporcionar menor  $g_s$ , as mudas produzidas apresentaram maior biomassa. Já para espécie de



ângulo menor 89°, foi o inverso, pois a menor  $g_s$  na lâmina de irrigação menor, produziu mudas com menor biomassa.

**Tabela 5** - Efeito da interação entre os ângulos foliares e as lâminas de irrigação sobre a condutância estomática ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ao final do ciclo de produção das mudas no viveiro.

Ângulos foliares (°)	Condutância estomática ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )		
	Lâminas de irrigação (mm)		
	6	9	12
166	145,3 Ab	331,7 Aa	359,7 Aa
156	186,1 Aa	159,9 Ba	144,5 Ba
147	72,7 Ba	108,8 Ca	132,5 Ba
144	155,8 Aa	171,2 Ba	178,9 Ba
89	52,7 Bb	141,0 Ba	179,2 Ba
46	64,0 Ba	146,3 Ba	101,5 Ca
26	97,7 Ba	72,6 Ca	82,1 Ca

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); CV (%) = 19,7%.

A  $g_s$  pode ser entendida como importante mecanismo das plantas vasculares para regular a perda de água, ajustando a transpiração a níveis compatíveis com o suprimento hídrico (FRANCO; LÜTTGE, 2002). O comportamento referente ao controle estomático das plantas está associado à sua alta relação com a fixação de carbono, com a irradiação, com o potencial hídrico da planta, com o déficit de pressão de vapor da atmosfera e com a concentração de  $\text{CO}_2$  (TAIZ; ZEIGER, 2013; LANDSBERG; SANDS, 2011).

Segundo Larcher (2006), a  $g_s$  é influenciada diretamente pela luz e o potencial hídrico, que se relacionam com a umidade do solo e do ar e, indiretamente, com a temperatura. Os maiores valores de  $g_s$  ocorrem quando a radiação solar é máxima, até que o potencial hídrico da folha reduza, induzindo o fechamento estomático (FERREIRA et al., 1999). A demanda evaporativa da atmosfera apresenta alta significância sobre a  $g_s$  em plantas lenhosas (BALDOCHI et al., 1991), onde a umidade do ar e temperatura afetam o déficit de pressão de vapor (DPV) próxima à superfície da folha, influenciando dessa forma na abertura e fechamento dos estômatos. Em estudo realizado por Shirke e Pathre (2004), houve uma relevante diminuição da  $g_s$  sob altos valores de DPV.

Para a variável DPV, observa-se na Tabela 6, que nas espécies de ângulos foliares de 147, 144, 89 e 26°, em diferentes níveis, conforme aumentou-se a lâmina de irrigação, maior foi o DPV. Nas demais espécies, ângulos foliares 166, 156 e 46°, o DPV não foi influenciado pelo fornecimento da lâmina de irrigação.

Os estômatos respondem diretamente à taxa de perda de água da folha devido às mudanças na demanda evaporativa. O papel importante que os estômatos desempenham entre a perda de água e a absorção de CO<sub>2</sub>, está relacionado à sua extrema sensibilidade a fatores ambientais como o DPV (CHAVES et al., 2003).

**Tabela 6** - Efeito da interação entre os ângulos foliares e as lâminas de irrigação sobre o déficit de pressão de vapor (KPa) ao final do ciclo de produção das mudas no viveiro.

Ângulos foliares (°)	Déficit de pressão de vapor (KPa)		
	Lâminas de irrigação (mm)		
	6	9	12
166	1,75 Ba	1,75 Ba	1,77 Ca
156	2,17 Aa	2,06 Aa	2,18 Aa
147	1,79 Bb	2,12 Aa	1,99 Ba
144	1,59 Cb	1,80 Ba	1,79 Ca
89	1,33 Dc	1,50 Cb	1,79 Ca
46	1,87 Ba	1,83 Ba	1,82 Ca
26	1,87 Bb	2,03 Aa	2,11 Aa

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); CV (%) = 5,87%.

Altos valores de déficit hídrico e de DPV são os maiores limitadores do ganho de carbono nas plantas (GHOLZ; LIMA, 1997), pois nessas condições os estômatos devem controlar sua abertura, de modo que ocorra o equilíbrio entre perda de água pela transpiração e absorção de CO<sub>2</sub> (LIMA et al., 2003). Quando ocorre maior demanda de evaporação da atmosfera, a planta estrategicamente reduz a  $g_s$ , minimizando perdas excessivas de água pela transpiração. Essa redução da  $g_s$  além de afetar a transpiração, pode prejudicar o fluxo de seiva para a parte aérea da planta, reduzindo o teor de água e a oferta de nutriente, e conseqüentemente a produção de biomassa vegetal (LISAR et al., 2012).

Corroborando, em seu estudo com plantas de *Myracrodruon urundeuva* submetidas a dois regimes de água, Mariano et al. (2009) relataram que o fechamento de estômatos durante a suspensão da irrigação ocasionou uma menor  $g_s$ , que resultou em menor difusão de CO<sub>2</sub> para o interior das folhas, reduzindo a fotossíntese e conseqüentemente o desenvolvimento da planta. O estresse hídrico pode afetar a  $g_s$ , e desencadear a síntese do ácido abscísico (PIMENTEL, 2004) e a perda de água nas células guardas modifica seu turgor sendo a abertura e fechamento dos estômatos afetados, causando redução nas trocas gasosas e interferindo no desenvolvimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Segundo Flexas e Medrano (2002), o decréscimo na disponibilidade hídrica na planta, ocasiona queda no potencial da água nas folhas, levando à perda da turgescência e, conseqüentemente, à redução da  $g_s$ , sendo frequentemente utilizada como indicador de deficiência hídrica da planta (McDERMIT, 1990). Oliveira Júnior et al. (2011) estudando o efeito do déficit hídrico na fotossíntese, condutância estomática e transpiração de pupunheira (*Bactris gasipaes*) relataram que o efeito da deficiência hídrica reduziu a  $g_s$  e a transpiração, além da queda do potencial de água na folha.

Paralelamente, no estudo realizado por Ferreira et al. (1999) em mudas de eucalipto, altos valores de  $g_s$  encontrados ocorreram quando a radiação solar foi máxima e o potencial hídrico da folha não atingiu os valores mínimos passíveis de induzir o fechamento estomático. Isso ocorre em espécies que apresentam sistemas eficientes sobre a perda de água pela transpiração (SOARES; ALMEIDA, 2001). Tenhunen et al. (1980) estudando a influência do potencial hídrico na  $g_s$  e transpiração em *Arbustus unedo* ao longo do dia, observaram intensa redução na  $g_s$ , quando havia elevados valores de temperatura e DPV.

Estudando a ecofisiologia de três espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica em diferentes regimes de água, Tonelo e Teixeira Filho (2012) concluíram que o padrão da transpiração e DPV foram afetados pelo déficit hídrico nas plantas sob estresse hídrico, pois mantiveram baixas taxas de transpiração e  $g_s$ , mesmo com aumento da demanda evaporativa.

Na variável transpiração diária (Tabela 7), as espécies com ângulos foliares 166, 147, 144 e 46°, apresentaram maior transpiração com o aumento da lâmina de irrigação. Já as espécies 89 e 26° apresentaram transpiração semelhante nas lâminas de 9 e 12mm e superiores a lâmina de 6mm. A espécie com ângulo foliar de 156°, independente da lâmina de irrigação aplicada, a variável transpiração não apresentou variação.

**Tabela 7** - Efeito da interação entre os ângulos foliares e as lâminas de irrigação sobre a transpiração diária ( $\text{mg água m}^{-2} \text{ foliar s}^{-1}$ ) ao final do ciclo de produção das mudas no viveiro.

Ângulos foliares (°)	Transpiração diária ( $\text{mg água m}^{-2} \text{ foliar s}^{-1}$ )		
	Lâminas de irrigação (mm)		
	6	9	12
166	8,41 Bc	9,78 Db	15,00 Ba
156	11,10 Aa	10,76 Ca	11,15 Da
147	7,41 Cc	8,43 Eb	10,07 Ea
144	11,72 Ac	14,91 Ab	16,63 Aa
89	6,57 Cb	9,57 Da	8,83 Fa

46	6,52 Cc	9,45 Db	11,44 Da
26	11,15 Ab	12,64 Ba	12,37 Ca

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); CV (%) = 6,7%.

A transpiração das plantas é definida como a quantidade de água evaporada por uma unidade de área foliar em um determinado período de tempo (SOUZA, 2008). Em condições normais a taxa de transpiração foliar é determinada especialmente pela radiação, DPV e pela  $g_s$  (MARIANO et al., 2009). Assim, tendo água disponível no solo, atrelada à uma maior incidência de radiação sobre a folha, aumenta - se a temperatura foliar, aumentando a diferença de pressão de vapor entre o ar e a folha, facilitando a transpiração (SCHOCK, 2014).

O movimento de abertura e fechamento dos estômatos é o principal mecanismo de controle de trocas gasosas entre as plantas, atuando como reguladores da perda de água pela transpiração, pois perdem água para a atmosfera quando se abrem para fixar CO<sub>2</sub> para o processo de fotossíntese, no entanto a atmosfera relativamente seca pode desidratar a planta (TAIZ; ZEIGER, 2013).

No trabalho desenvolvido por Vellini et al. (2008) avaliando as respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação, observou-se que, sob condições não limitantes de água, os estômatos se mantiveram abertos, favorecendo a transpiração, assimilando mais CO<sub>2</sub>, resultando assim em maior crescimento e acúmulo de biomassa.

Para as espécies com ângulos foliares 166 e 147°, a maior transpiração das mudas não proporcionou maior acúmulo de biomassa, mostrando maior eficiência na incorporação de biomassa, com menor quantidade de água. Já para as espécies com ângulos foliares 89, 46 e 26° ocorreu o inverso, ou seja, a maior transpiração bem como o maior acúmulo de biomassa, se deu nas lâminas de irrigação maiores.

Delgado et al. (2016) estudando o efeito do manejo hídrico na transpiração de mudas de *Inga vera*, relataram que a maior lâmina de irrigação aplicada (14mm) proporcionou maior transpiração das mudas, corroborando com o trabalho Scalon et al. (2011), que estudando o estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de *Guazuma ulmifolia* chegou ao mesmo resultado, quando o fornecimento da água para as mudas foi maior.

A espécie com ângulo foliar 144° apresentou comportamento distinto das situações anteriores, ou seja, conforme aumentou-se a lâmina de irrigação, maior foi

a transpiração, no entanto, o acúmulo de biomassa foi maior nas lâminas de 6 e 12mm. Já a espécie com ângulo foliar 156° apresentou maior acúmulo de biomassa na lâmina intermediária (9mm), ainda que a variável transpiração não apresentou diferença significativa.

Analisando a correlação em cada ângulo foliar entre a transpiração das mudas e os teores de N, K e Ca (Tabela 8), observa-se que para o teor de N, quando houve correlação significativa, ela foi positiva apenas para a espécie de ângulo foliar 147° e negativa para as espécies de ângulos foliares 144, 89, 46 e 26°, ou seja, quanto menor o teor de N, menor a transpiração das mudas.

Existe uma forte relação entre a condutância estomática máxima e a concentração de nitrogênio foliar e, portanto, na capacidade fotossintética das plantas (CHAVES et al., 2003). Tanto a transpiração quanto a fotossíntese são afetadas pelo fornecimento de água e nitrogênio (WU et al., 2008). O nitrogênio é um elemento essencial para o crescimento vegetal e está fortemente relacionado com a capacidade fotossintética e carboxilação constituindo a enzima Rubisco (NIINEMETS et al., 2006; ONODA, et al., 2004).

**Tabela 8** - Correlações de Pearson, em cada ângulo foliar, entre a transpiração diária e o teor de N, K e Ca ao final do ciclo de produção das mudas no viveiro.

Ângulos foliares (°)	Teor de nutriente x transpiração diária		
	N	K	Ca
166	0,10 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>*</sup>
156	0,30 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	-0,63 <sup>ns</sup>
147	0,84 <sup>*</sup>	-0,91 <sup>*</sup>	0,80 <sup>*</sup>
144	-0,97 <sup>*</sup>	-0,97 <sup>*</sup>	0,47 <sup>ns</sup>
89	-0,99 <sup>*</sup>	-0,95 <sup>*</sup>	0,64 <sup>ns</sup>
46	-0,99 <sup>*</sup>	-0,91 <sup>*</sup>	0,18 <sup>ns</sup>
26	-0,89 <sup>*</sup>	-0,83 <sup>*</sup>	0,35 <sup>ns</sup>

\* = significativo ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) de probabilidade e <sup>ns</sup> = não significativo.

Para o nutriente K, quando houve correlação significativa, ela foi negativa para as espécies de ângulos foliares 147, 144, 89, 46 e 26°, acompanhando o ocorrido com o nutriente nitrogênio. No entanto, esse é um resultado já esperado, mudas com menor teor de K apresentam uma maior transpiração. O nutriente K é fundamental na eficiência do uso da água pela planta, estando associado na regulação da turgidez, abertura e fechamento dos estômatos e controle da transpiração (NELSON et al., 2005).

Silva et al. (2004) estudando os efeitos do manejo hídrico e a aplicação do potássio em mudas de *Eucalyptus grandis* durante a fase de rustificação verificaram sob condições de pouca deficiência hídrica, que o potássio foi importante na redução da perda de água pela planta. Já quando ocorre a indisponibilidade hídrica, as células guardas perdem a turgescência resultando no fechamento estomático, diminuindo a absorção de CO<sub>2</sub>, limitando assim a fotossíntese e, conseqüentemente, acúmulo de biomassa (FAVARETTO et al., 2011).

O cálcio teve pouca correlação com a transpiração. Somente nas espécies de ângulos 166 e 147°, ocorreu correlação positiva, ou seja, quanto maior o teor do nutriente, maior a transpiração das mudas. O cálcio é nutriente essencial para a integridade da membrana plasmática das células vegetais, onde na sua deficiência, perde-se a integridade da membrana, afetando a absorção de íons, principalmente o K<sup>+</sup> (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

## 2.4 CONCLUSÃO

Nas espécies cujos ângulos foliares favorecem a chegada de água ao sistema radicular, *Ficus luschnathiana* (166°), *Sapindus saponaria* (147°) e *Acnistus arborescens* (144°), o aumento da lâmina de irrigação proporcionou maior fração de lixiviação e menor ganho em biomassa (exceto espécie 144°), mesmo com valores de transpiração maiores. Já as espécies que dificultam a chegada de água ao sistema radicular, com ângulos foliares menores, *Luehea grandiflora* (89°), *Alchornea glandulosa* (46°) e *Cecropia pachystachya* (26°), o aumento das lâminas de irrigação, proporciona em diferentes níveis, maior fração de lixiviação, transpiração e acúmulo de biomassa.

A espécie *Psidium guajava* (156°) apresenta maior acúmulo de biomassa na lâmina intermediária (9mm) e as variáveis fisiológicas não são influenciadas pelas lâminas de irrigação.

## REFERÊNCIAS

BALDOCHI, D. D.; LUXMOORE, R. J.; HATFIELD, J. L. Discerning the forest from the trees: an essay on scaling canopy stomatal conductance. **Agriculture and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 54, p. 197-226, 1991.

BUMGARNER, M. L.; SALIFU, K. F.; JOCOBS, D. F. Subirrigation of *Quercus rubra* seedlings: nursery stock quality, media chemistry, and early field performance. **HortScience**, v. 43, p. 2179-2185, 2008.

CHAVES, M. M.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J. S. Understanding plant responses to drought from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, v. 30. p. 239-264, 2003.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, jan./mar. 2009.

DELGADO, L. G. M.; SILVA, R. B; SILVA, M. R. Efeito do manejo hídrico na transpiração de mudas de ingá do brejo (*Inga vera* Willd. Subsp. *affinis* (DC.) T.D. Penn). In: Jornada Científica Tecnológica, 5., 2016, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FATEC, 2016.

DUMROESE, R. K.; WENNY, D. L.; PAGE-DUMROESE, D. S. Nursery waste water. The problem and possible remedies. In: NATIONAL PROCEEDINGS FOREST AND CONSERVATION NURSERY ASSOCIATION, 1995, Portland. **Proceedings...** Portland: USDA Forest Service, 1995. p. 89-97.

DUMROESE, R. K.; PINTO, J. R.; JACOBS, D. F.; DAVIS, A. S.; HORIUCHI, B. Subirrigation reduces water use, nitrogen loss, and moss growth in container nursery. **Native Plants**, v. 7, n. 3, p. 253-261, 2006.

ELSHEERY, N.I.; CAO, E.K.F. Gas exchange, chlorophyll fluorescence, and osmotic adjustment in two mango cultivars under drought stress. **Acta Physiology Plant**. v.30, p.769-777. 2008.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FAVARETTO, V. F.; MARTINEZ, C. A.; SORIANI, H.H.; FURRIEL, R. P. M. Differential responses of antioxidante enzymes in pionner and late-successional tropical tree species grown under sun and shade conditions. **Environental and Experimental Botany**, v. 70, n. 1, p. 20-28, 2011.

FERREIRA, C. A. G; DAVIDE, A. C.; CARVALHO, L. R. Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook, em tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos. **Cerne**, v. 5, n. 2, p. 95-104, 1999.

FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Drought – inhibition of photosynthesis in C<sub>3</sub> plantas: stomatal and non stomatal limitations revisited. **Annais of Botany**, v. 89, n. 2, p. 183-189, 2002.

FRANCO, A. C.; LÜTTGE, U. Midday depression in savana trees: coordinated adjustments in photochemical efficiency, photorespiration, CO<sub>2</sub> assimilation and water use efficiency. **Oecologia**, v. 131, n.3, p. 356-365, 2002.

FRIZZONE, J. A.; DOURADO NETO, D. Avaliação de sistemas de irrigação. In: MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. **Irrigação**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. p. 573-652.

GÁLVEZ, D.; PEARCY, R. W. Petiole twisting in the crowns of *Psychotria limonensis*: implications for light interception and daily carbon gain. **Oecologia**, v. 135, n. 1, p. 22-29, 2003.

GHOLZ, H. L.; LIMA, W. P. The ecophysiological basis for productivity in the tropics. In: NAMBIAR, E. K. S.; BROWN, A. G. **Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests**. Canberra: ACIAR, 1997. p. 213-246.

GODIN, C. Representing and encoding plant architecture: a review. **Annals of Forest Science**, v. 57, n. 5, p. 413-418, 2000.

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C. E. M.; GUIMARÃES, D. G. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas a deficiência hídrica e a reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 8-14, 2009.

JONES, H. G., **Plants and microclimate**: A quantitative approach to environmental plant physiology. Second Edition. Cambridge University Press. 1992. 428p.

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

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soil**. San Diego: Academic Press: 1995. 495p.

LANDSBERG, J. J.; SANDS, P. J. **Physiological ecology of forest production**: principles, processes, and models. London: Academic Press, 2011. 331p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2006. 531p.

LEA-COX, J. D.; ROSS, D. S.; TEFFEAU, K. M. A Water and Nutrient Management Planning Process for Container Nursery and Greenhouse Production Systems in Maryland. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 19, n. 4, p. 230-236, 2001.

LEVITT, J. **Response os plants to enviromental stress. II**: Water radiation, salt and other stress. New York: Academic Press, 1980. 606p.

LIMA, W. P.; JARVIS, P.; RHIZOPOULOU, S. Stomatal response of *Eucalyptus* species to elevated CO<sub>2</sub> concentration and drought stress. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 2, p. 231-238, 2003.

LISAR, S. Y. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M. M.; RAHMAN, I. M. M. Water stresse in plants: causes, effects and responses. In: ISMAIL, M. M. R.; HASEGAWA, H. Water stresse. Rijeka: In Tech, 2012. p. 1-14.



MARIANO, K. R. S.; BARRETO, L. S.; SILVA, A. H. B.; NEIVA, G. K. P.; RIBEIRO, A. J.; AMORIM, S. M. C. Fotossíntese e tolerância protoplasmática foliar em *Myracrodruon urundeuva* FR. ALL. **Floresta**, v. 39, n. 4, p. 853-859, 2009.

MCDERMID, D. K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. **HortScience**, v. 25, n. 12, p. 1538-1548, 1990.

NELSON, K. A.; MOTAVALLI, P. P.; MANJULA, N. Response of no-till soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] to timing of preplant and foliar potassium applications in a claypan soil. **Agronomy Journal**, v. 97, n. 3, p. 832-838, 2005.

NIINEMETS, U.; CESCATTI, A.; RODEGHIERO, M. Complex adjustments of photosynthetic potential and internal diffusion conductance to current and previous availabilities and leaf age in Mediterranean evergreen species *Quercus ilex*. **Plant, Cell and Environment**, v. 29, n. 6, p. 1159-1178, 2006.

OLIVEIRA JÚNIOR, O. A.; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B. Características morfofisiológicas associadas a qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v. 35, n. 6, p. 1173-1180, 2011.

ONODA, Y.; HIKOSAKA, K.; HIROSE, T. Allocation of nitrogen to cell walls decreases photosynthetic nitrogen-use efficiency. **Functional Ecology**, v. 18, p. 419-425, 2004.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.

PARK, B. B.; CHO, M. S.; LEE, S. W.; YANAI, R. D.; LEE, D. K. Minimizing nutriente leaching and improving nutriente use efficiency of *Liriodendron tulipifera* and *Larix leptolepis* in a container nursery system. **New Forests**, v. 43, p. 57-68, 2012.

PIMENTEL, C. A. **A relação da água com a planta**. Seropédica: Edur, 2004.191p.

PIMENTEL, C. Respostas fisiológicas à falta d'água: limitação difusiva ou metabólica? In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. de L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T.; **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, Impr. Universitária, 2005. p. 13-21.

REINHARDT, D.; KUHLEMEIER, C. Plant architecture. **EMBO reports**, v. 3, n. 9, p. 846-851, 2002.

SANTOS JÚNIOR, U. M.; GONÇALVES, J. F. C.; FELDPAUSCH, T. R. Growth leaf nutriente concentration and photosynthetic nutriente use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 226, p. 299-309, 2006.

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

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

SCHOCK, A. A.; RAMM, A.; MARTINAZZO, E. G.; SILVA, D. M.; BACARIN, M. A. Crescimento e fotossíntese de plantas de pinhão-mansão cultivadas em diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 3-9, 2014.

SHIRKE, P. A.; PATHRE, U. V. Influence of leaf-to-air vapour pressure deficit (VPD) on the biochemistry and physiology of photosynthesis in *Prosopis juliflora*. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 405, p. 2111-2120, 2004.

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

SILVA, R. B. G. **Ângulo foliar e lâmina de irrigação afetam a qualidade das mudas florestais**. 2017. 112p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu/SP, 2017.

SMART, R. E.; BINGHAM, G. E. Rapid estimates of relative water content. **Plant Physiology**, v. 53, p. 258-260, 1974.

SOARES, J. V.; ALMEIDA, A. C. Modeling the water balance and soil water fluxes in a fast growing *Eucalyptus* plantation in Brazil. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 253, p. 130-147, 2001.

SOUZA, C. D. **Comportamento ecofisiológico de espécies arbóreas nativas do cerrado e exóticas**. 2008. 176p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TENHUNEN, J. D.; LANGE, O. L.; BRAUN, M.; MEYER, A.; LÖSCH, R.; PEREIRA, J. S. Midday stomatal closure in *Arbustus unedo* leaves in a natural macchia and under simulated habitat conditions in an environmental chamber. **Oecologia**, v. 47, p. 365-367, 1980.

TONELLO, K. C.; TEIXEIRA FILHO, J. Ecofisiologia de três espécies arbóreas nativas da mata atlântica do Brasil em diferentes regimes de água. **Irriga**, v. 17, n. 1, p. 85-101, 2012.

VELLINI, A. L. T. T.; PAULA, N. F.; ALVES, P. L. C. A.; PAVANI, L. C.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. Resposta fisiológica de diferentes clones

de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 651-663, 2008.

WERNER, C.; RYEL, R. J.; CORREIA, O.; BEYSCHLAG, W. Structural and functional variability within the canopy and its relevance for carbon gain and stress avoidance. **Acta Oecologia**, v. 22, n. 2, p. 129-138, 2001.

WU F.; BAO, W.; LI, F.; WU, N. Effects of drought stress and N supply on the growth, biomass partitioning and water-use efficiency of *Sophora davidii* seedlings. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, n 1-3, p. 248-255, 2008.

YEAGER, T.; MILLION, J.; LARSEN, C.; STAMPS, B. Florida nursery best management practices: past, present and future. **HortTechnology**, v. 20, p. 82-88, 2010.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A lâmina de irrigação aplicada e o ângulo foliar da espécie influenciam na qualidade morfológica, fisiológica e nutricional das mudas.

Com base nesses critérios, é possível formar o primeiro grupo de espécies que são *Ficus luschnathiana* (166°), *Sapindus saponaria* (147°) e *Acnistus arborecens* (144°) que apresentam melhor qualidade das mudas quando submetidas à menor lâmina de irrigação diária (6mm).

O segundo grupo é formado pelas espécies *Luehea grandiflora* (89°) e *Alchornea glandulosa* (46°) apresentaram melhor qualidade de mudas quando cultivadas na maior lâmina de irrigação diária (12mm).

A lâmina intermediária de irrigação diária (9mm) produz mudas com melhor qualidade para as espécies *Psidium guajava* (156°) e *Cecropia pachystachya* (26°).

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da mata atlântica (online)**. 3. ed. Ilhéus, BA: Editus, 2016. 182p.
- ARAGÃO, D. M. O.; LIMA, I. V. A.; SILVA, J. M.; BELLOZI, P. M. Q.; COSTA, J. C.; CARDOSO, G. M. M.; SOUZA-FAGUNDES, E. M.; SCIO, E. Efeitos anti-inflamatórios, antinociceptivos e citotóxicos do extrato de metanol de *Cecropia pachystachya* Trécul. **Phytotherapy Research**. v. 27, n. 6, p. 926-930, 2013.
- BEESON JR., R. C. Modeling actual evapotranspiration of *Ligustrum japonicum* from rooted cuttings to commercially marketable plants in 12 liter black polyethylene containers. **Acta Horticulture**, v. 664, p. 71-77, 2004.
- BRANDÃO, M.; LACA-BUENDÁI, J. P.; MACEDO, J. F. **Árvores nativas e exóticas do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002. 528p.
- CARRASCO, P. G. **Produção de mudas de espécies florestais de restinga, com base em estudos florísticos e fitossociológicos, visando a recuperação de áreas degradadas, em Ilha Comprida – SP**. 2003. 210p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2003.
- CARVALHO, L. A. F.; COSTA, L. H. P.; DUARTE, A. C. Diversidade taxonômica e distribuição geográfica das solanáceas que ocorrem no sudeste brasileiro (*Acnistus, Athenaea, Aureliana, Brunfelsia e Cyphomandra*), **Rodriguésia**, v. 52, n. 80, p. 31-45. 2001.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas. 2001. 1040 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas. 2006. 627p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 5. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas. 2014. 634p.
- CORDEIRO, I.; SECCO, R. 2015. Alchornea in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB17456>>. Acesso em: 29 nov. 2017.
- COSTA, E. C.; D'AVILA, M.; CANTARELLI, E. B.; MURARI, A. B.; MANZONI, C. G. **Entomologia florestal**. Santa Maria, RS: Ed. da UFSM, 2008. 240 p.
- CRUZ, R. C. **Compostos fenólicos e atividade antimicobacteriana das folhas de *Ficus benjamina* L. e *Ficus luschnathiana* (MIQ.) MIQ.** 2011. 59p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2011.

DAVID, J. P.; MEIRA, M.; DAVID, J. M.; BRANDÃO, H. N.; BRANCO, A.; AGRA, M. F.; BARBOSA, M. R. V.; QUEIROZ, L. P.; GIULIETTI, A. M. Radical scavenging, antioxidant and cytotoxic activity of Brazilian Caatinga plants. **Fitoterapia**, v. 78, n. 3, p. 215-218, 2007.

FERRAZ, A. V.; ENGEL, V. L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.), Ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Sandl.) e Guarucuia (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan). **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 413-423, 2011.

FERREIRA JÚNIOR, W. G.; SILVA, A. F.; MEIRA NETO, J. A. A.; SCHAEFER, C. E. G. R.; DIAS, A. S.; IGNÁCIO, M.; MEDEIROS, M. C. M. P. Composição florística da vegetação arbórea de um trecho de floresta estacional semidecídua em Viçosa, Minas Gerais, e espécies de maior ocorrência na região. **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, p. 1121-1130, 2007.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N. COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

GARAVITO, G.; RINCÓN, J.; ARTEAGA, L.; HATA, Y.; BOURDY, G.; GIMENEZ, G.; PINZÓN, R.; DEHARO, E. Antimalarial activity of some Colombian medicinal plants. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 107, p. 460-462, 2006.

GUARIM NETO, G.; SANTANA, S. R.; SILVA, J. V. B. Notas etnobotânicas de espécies de Sapindaceae Jussieu. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 327-334, 2000.

HAIDA, K. S.; HASS, J.; MELLO, S. A.; HAIDA, K. S.; ABRÃO, R. M.; SAHD, R. Compostos fenólicos e atividade antioxidante de goiaba (*Psidium guajava* L.) fresca e congelada. **Revista Fitos**, v. 9, n. 1, p. 1-72, 2015.

HAWKES, J. G.; LESTER, R. N.; NEE, M.; ESTRADA, N., Solanaceae III: Taxonomy, Chemistry, Evolution. **Royal Botanic Garden**, Kew: Great Britain, 1991.

IHA, S. M.; MIGLIATO, K. F.; VELLOSA, J. C. R.; SACRAMENTO, L. V. S.; PIETRO, R. C. L. R.; ISAAC, V. L. B.; BRUNETTI, I. L.; CORRÊA, M. A.; SALGADO, H. R. N. Estudo fitoquímico de goiaba (*Psidium guajava* L.) com potencial antioxidante para o desenvolvimento de formulação fitocosmética. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 3, p. 387-393, 2008.

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

KLAR, A. E.; PUTTI, F. F.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; SILVA JÚNIOR, J. F.; CREMASCO, C. P. The effects of diferente irrigation depths on radish crops. **Irriga**, Edição Especial, p. 150-159, 2015.

KUSKOSKI, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, p. 194-201, 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 1. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum. 2009. 384p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 6. ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 2014. 384p.

MATHERS, H. M.; YEAGER, T. H.; CASE, L. T. Improving irrigation water use in container nurseries. **Hort Technology**, v. 15, n. 1, p. 8-12, 2005.

MESQUITA, J. B.; SANTOS, M. J. C.; RIBEIRO, G. T.; MOURA, A. O. Avaliação da composição de substrates e recipientes na produção de mudas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Natural Resources**, v.1, n.1, p. 37-45, 2011.

MINGUZZI, S.; BARATA, L. E. S.; SHIN, Y.G.; JONAS, P. F.; CHAL, H. B.; PARK, E. J.; PEZUTTO, J. M.; CORDELL, G. A. Cytotoxic withanolides from *Acnistus arborescens*. **Phytochemistry**, Elmsford, v. 59, n. 6, p. 635-641, 2001.

OLIVEIRA, L. M.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, K. R. G.; SILVA, V. D. M.; FERRARI, C. S.; SILVA, G. Z. Germinação e vigor de sementes de *Sapindus saponaria* L. submetidas a tratamentos pré-germinativos, temperaturas e substratos. **Ciência Rural**, v. 42, n. 4, p. 638-644, 2012.

PELLISSARI, G.; ROMANIUCNETO, S. *Ficus* (Moraceae) da serra da Mantiqueira, Brasil. **Rodriguésia**, v. 64, n. 1, p. 91-111, 2013.

REBOUÇAS, J. R. L., FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. S.; GOMES, J. W. S.; GURGEL, G. C. S.; QUEIROZ, I. S. R. Qualidade de mudas de sabiá irrigadas com efluente doméstico. **Floresta**, v. 48, n. 2, p. 173-182, 2018.

ROJAS, E. P.; SIQUEIRA, J. O.; SANTOS, G. D. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com espécies arbóreas tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 413-424, 2006.

SANTOS, F. A. M.; Growth and leaf demography of two *Cecropia* species. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 23, n. 2, p. 133-141, 2000.

SILVEIRA, E. R.; PESSOA, O. D. L. **Constituintes micromoleculares de plantas do nordeste com potencial farmacológico com dados de RMN <sup>13</sup>C**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2005. 216p.

TSUKAMOTO FILHO, A. A.; CARVALHO, J. L. O.; COSTA, R. B.; DALMOLIN, A. C.; BRONDANI, G. E. Regime de regas e cobertura de substrato afetam o crescimento inicial de mudas de *Myracrodruon urundeuva*. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 521-529, 2013.

TSUZUKI, J. K.; SVIDZINSKI, T. I. E.; SHINOBU, C. S.; SILVA, L. F. A.; RODRIGUES FILHO, E.; CORTEZ, D. A. G.; FERREIRA, I. C. P. Antifungal activity of the extracts and saponins from *Sapindus saponária* L. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 79, n. 4, p. 577-583, 2007.

VERÇOZA, F. C.; DIAS, A. R.; MISSAGIA, C. C. C. Ecologia da polinização e potenciais dispersores da "marianeira" - *Acnistus arborescens* (L.) Schlttdl. (Solanaceae) em área de Floresta Atlântica do Rio de Janeiro. **Natureza on line**, v. 10, n. 2, p. 59-64, 2012.