

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**INFLUÊNCIA DA LÂMINA DE ÁGUA E CONSUMO HÍDRICO DE  
CINCO ESSÊNCIAS FLORESTAIS EM ESTÁGIO INICIAL**

**JEFFERSON GOMES DA SILVA**

VITÓRIA DA CONQUISTA  
BAHIA – BRASIL  
AGOSTO – 2016

**JEFFERSON GOMES DA SILVA**

**INFLUÊNCIA DA LÂMINA DE ÁGUA E CONSUMO HÍDRICO DE  
CINCO ESSÊNCIAS FLORESTAIS EM ESTÁGIO INICIAL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

**Orientador: Prof. Cristiano Tagliaferre (UESB)**

VITÓRIA DA CONQUISTA  
BAHIA – BRASIL  
AGOSTO – 2016

Aos meus pais, Aelson e Maria, pela base, dedicação e amor incondicional e ao meu irmão Felipe, pela amizade e todo companheirismo longe do lar...

Dedico e Ofereço!

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, fonte de vida e sabedoria, porto seguro em todos os momentos.

A toda a minha família, pelos incentivos e compreensão toda vez em que estive ausente.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, pela oportunidade do aprender.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e aos professores integrantes do programa, pelo empenho e dedicação com seus alunos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao meu orientador, Cristiano Tagliaferre, pelos ensinamentos, pela paciência e pelo exemplo de profissionalismo.

Ao Co-orientador, Alessandro de Paula, pelas contribuições e parceria desde a graduação.

A Amon Costa, estagiário dedicado e fundamental para o desenvolvimento do trabalho de campo.

A Saad Miranda, pela disponibilidade no transporte das mudas.

Aos antigos e novos amigos e colegas de Mestrado, em especial: Francisnei Brilhante (Nei), Liliane Roque (Liu), Willyan e Suellen Batista (Will e Suh), Mislene Barbosa (Miss), Larissa Rocha (Lari), Emerson Iuri (Guh), Maída Cynthia (Dinha).

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2:

**Tabela 1** - Evapotranspiração média da cultura e consumo hídrico das espécies eucalipto, cedro, mogno, umbu e angico. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 72

**Tabela 2** - Coeficiente de correlação linear simples entre os valores médios de altura da planta e diâmetro do coleto com os valores médios de radiação solar, velocidade do vento e déficit de pressão de vapor do ar, dentro e fora da casa de vegetação, para as cinco espécies florestais. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 88

### ANEXO

**Tabela 1** - Análise Química do Solo do substrato usado no experimento – Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia..... 98

**Tabela 2** - Análise Física do Solo do substrato usado no experimento – Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia..... 98

**Tabela 3** - Análise de variância das variáveis: Altura (ALT), Diâmetro do Coleto (DCO), Diâmetro da Copa (DCP), Número de Folhas (NF), Matéria Fresca (MFF) e Matéria Seca de Folha (MSF), Matéria Fresca (MFC) e Matéria Seca de Caule (MSC), Matéria Fresca (MFR) e Matéria Seca de Raiz (MSR), Taxa de Crescimento Absoluto (TCA), Taxa de Crescimento Relativo (TCR) e suas interações a 5% de probabilidade..... 99

**Tabela 4** - Análise de variância das variáveis: Altura (ALT), Diâmetro do Coleto (DCO) e Matéria Seca Total (MST), dentro (100% da  $ET_0$ ) e fora da casa de vegetação e suas interações a 5% de probabilidade..... 100

**Tabela 5** - Análise de variância das variáveis: Altura (ALT), Diâmetro do Coleto (DCO) e Matéria Seca Total (MST), dentro (150% da  $ET_0$ ) e fora da casa de vegetação e suas interações a 5% de probabilidade..... 100

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1:

- Figura 1** - Disposição dos vasos no interior da casa de vegetação. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 30
- Figura 2** - Valores diários da evapotranspiração de referência, obtidos pelo método de Penman – Monteith – FAO 56. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 33
- Figura 3** - Valores médios diários de Radiação Solar e Velocidade do Vento. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 33
- Figura 4** - Valores diários de temperatura máxima, mínima e média e umidade relativa média do ar. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 34
- Figura 5** - Altura das plantas em função das lâminas de irrigação **(A)** e altura das espécies submetidas a cada lâmina de irrigação **(B)**. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 35
- Figura 6** - Diâmetro do coleto em função das lâminas de irrigação **(A)** e diâmetro do coleto das espécies submetidas a cada lâmina de irrigação **(B)**. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 38
- Figura 7** - Diâmetro de copa em função das lâminas de irrigação **(A)** e diâmetro de copa das espécies submetidas a cada lâmina de irrigação **(B)**. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 40
- Figura 8** - Número de folhas das espécies em função das lâminas de irrigação **(A)** e número médio de folhas das espécies submetidas a cada lâmina de irrigação **(B)**. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 41
- Figura 9** - Matéria Fresca de Folhas **(A)** e **(B)**, Matéria Seca de Folhas **(C)** e **(D)** em função das lâminas de irrigação. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 43

**Figura 10** - Matéria Fresca de Caule **(A)** e **(B)** e Matéria Seca de Caule **(C)** e **(D)** em função das lâminas de irrigação. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 45

**Figura 11** - Matéria Fresca de Raiz **(A)** e **(B)** e Matéria Seca de Raiz **(C)** e **(D)** em função das lâminas de irrigação e das espécies florestais, respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 47

**Figura 12** - Taxa de crescimento absoluto em altura em função das lâminas de irrigação **(A)** e Taxa de crescimento absoluto em altura das espécies submetidas a quatro lâminas de irrigação **(B)**. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 49

**Figura 13** - Taxa de crescimento relativo em altura em função das lâminas de irrigação aos 60, 120 e 180 dias **(A, C e E)** e taxa de crescimento relativo em altura entre as espécies florestais aos 60, 120 e 180 dias **(B, D e F)** para cada lâmina de irrigação. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 50

## **CAPÍTULO 2:**

**Figura 1** - Disposição dos vasos nas bancadas na área experimental. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 66

**Figura 2** - Valores diários de temperatura máxima, mínima e média do ar e precipitação. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 70

**Figura 3** - Valores diários de umidade relativa máxima, mínima e média do ar e velocidade média do vento. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 71

**Figura 4** - Desenvolvimento do eucalipto no interior do vaso. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 74

**Figura 5** - Evapotranspiração média mensal da cultura (ETc) para as espécies eucalipto, mogno, angico, umbu e cedro, obtidos em minilímetro de drenagem. Vitória da Conquista/BA, 2015..... 75

<b>Figura 6</b> - Valores diários de radiação solar e evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ). Vitória da Conquista/BA, 2015.....	76
<b>Figura 7</b> - Médias mensais de $K_e$ , de $K_{cb}$ e de $K_c$ para eucalipto, mogno, angico, umbu e cedro, e sua relação com altura. Vitória da Conquista/BA, 2015.....	78
<b>Figura 8</b> - Altura de planta (A), diâmetro do coleto (B) e matéria seca total (C) para os experimentos conduzidos dentro (100% da $ET_0$ ) e fora da casa de vegetação para as espécies mogno, cedro, eucalipto, umbu e angico. Médias seguidas pela mesma letra dentro da espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015.....	81
<b>Figura 9</b> - Altura planta (A), diâmetro do coleto (B) e matéria seca total (C) para os experimentos conduzidos dentro (150% da $ET_0$ ) e fora da casa de vegetação para as espécies mogno, cedro, eucalipto, umbu e angico. Médias seguidas pela mesma letra dentro da espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015.....	82
<b>Figura 10</b> - Valores diários de radiação solar obtidos dentro e fora da casa de vegetação. Vitória da Conquista/BA, 2015.....	84
<b>Figura 11</b> - Valores de velocidade média diária do vento dentro e fora da casa de vegetação. Vitória da Conquista/BA, 2015.....	86
<b>Figura 12</b> - Valores diários de déficit de pressão de vapor (DPV) dentro e fora da casa de vegetação. Vitória da Conquista/BA, 2015.....	87

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABRAF	Associação Brasileira de Produtores de Florestas
°C	Graus Celsius
cc	Capacidade de campo
Cm	Centímetro
cm d <sup>-1</sup>	Centímetro por dia
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
DPV	Déficit de Pressão de Vapor
ET <sub>0</sub>	Evapotranspiração de referência
ET <sub>c</sub>	Evapotranspiração da cultura
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
G	Gramas
g/cm <sup>3</sup>	Gramas por centímetro cúbico
Ha	Hectare
IBA	Indústria Brasileira de Árvores
Kc	Coeficiente da cultura
Kcb	Coeficiente da cultura basal
Ke	Coeficiente de evaporação do solo
Kg	Quilograma
Kg/m <sup>3</sup>	Quilograma por metro cúbico
kPa	Quilo Pascal
L	Litros
L H <sup>-1</sup>	Litros por hora
M	Metros
mm	Milímetro
mm d <sup>-1</sup>	Milímetro por dia
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
MFC	Matéria Fresca Caule
MFF	Matéria Fresca Folha
MFR	Matéria Fresca Raiz
MJ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	Mega joule por metro quadrado por dia
MSC	Matéria Seca Caule
MSF	Matéria Seca Folha
MSR	Matéria Seca Raiz
MST	Matéria Seca Total
PIB	Produto Interno Bruto
s m <sup>-1</sup>	Segundo por metro
TCA	Taxa de Crescimento Absoluto
TCR	Taxa de Crescimento Relativo
W m <sup>-2</sup>	Watts por metro quadrado

## RESUMO

SILVA, Jefferson Gomes da, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, agosto de 2016. **Influência da lâmina de água e consumo hídrico de cinco essências florestais em estágio inicial.** Orientador: Cristiano Tagliaferre. Co-orientador: Alessandro de Paula.

O setor florestal encontra-se em expansão para atender à crescente demanda por diversos produtos madeireiros. Para isso, o conhecimento acerca da necessidade hídrica de cada espécie e suas respostas aos fatores ambientais, visando a uma máxima produção de acordo as condições edafoclimáticas do local de implantação, são fundamentais. O presente estudo teve como objetivo avaliar a influência de diferentes lâminas de irrigação, no crescimento inicial e no consumo hídrico das espécies *Khaya ivorensis* (mogno), *Toona ciliata* (cedro), híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (eucalipto), *Spondias tuberosa* (umbu) e *Anadenanthera colubrina* (angico). O estudo foi dividido em dois experimentos, o primeiro avaliou o crescimento morfológico e produção de fitomassa em função das lâminas de irrigação, realizado em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, sob esquema fatorial 5x4, sendo composto pelas cinco essências florestais citadas e quatro lâminas de irrigação (10, 50, 100 e 150% da ET<sub>0</sub>), com três repetições. O segundo experimento, para a determinação do consumo hídrico, foi realizado em bancadas a céu aberto, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco espécies e três repetições. Os vasos foram preenchidos com solo e conectados a recipientes de captação, exercendo a condição de minilímetro de drenagem, em que foram determinadas a evapotranspiração das essências florestais e a evaporação da água do solo, em três vasos auxiliares. No primeiro estudo, foi observado um crescimento linear das espécies em função das lâminas de irrigação aplicadas, entretanto, cada espécie respondeu de modo diferente em função das disponibilidades hídricas. Na avaliação de fitomassa, destaque para o eucalipto, que demonstrou alta produção de folha, e para o umbu, com maior matéria seca de raiz, em razão de suas estruturas de reserva (túberas), apresentando-se como a espécie de melhor adaptação ao estresse hídrico. A espécie ainda obteve, ao lado do angico, os melhores resultados no crescimento em altura e taxa de crescimento em altura (TCA). Todas as espécies

apresentaram melhor crescimento com lâmina de irrigação de 150% da  $ET_0$  e crescimento reduzido em lâminas de irrigação menores do que 100%  $ET_0$ . A evapotranspiração da cultura aumentou em função do crescimento das espécies. O eucalipto apresentou o maior consumo hídrico, com aproximadamente  $14 \text{ mm d}^{-1}$ , valores considerados elevados, devido principalmente ao efeito buque. A espécie ainda apresentou crescimento rápido e teve o volume do vaso considerado insuficiente para o seu desenvolvimento durante o período de experimento. O coeficiente médio da cultura ( $K_c$ ) obtido foi de 3,06, 1,85, 1,28, 1,25 e 1,25 para eucalipto, mogno, cedro, umbu e angico, respectivamente. Entre os fatores ambientais estudados, a diferença de radiação solar entre os dois experimentos (dentro e fora da casa de vegetação), foi o que mais influenciou no crescimento inicial das espécies, principalmente nas espécies eucalipto e mogno.

**Palavras-chave:** Lâmina de irrigação; evapotranspiração da cultura; crescimento inicial; espécies florestais.

## ABSTRACT

SILVA, Jefferson Gomes da, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, august, 2016. **Influence of water blade and water consumption of five forest species in early stage.** Adviser: Cristiano Tagliaferre. Co-Adviser: Alessandro de Paula.

The forest sector is expanding to meet the growing demand for various wood products. For this, the knowledge about the water requirement of each species and their responses to ambient factors aiming at maximum production, according soil and climatic conditions of the site are crucial. This study aimed to evaluate the influence of different irrigations in the initial growth and in water consumption of the species *Khaya ivorensis* (Mahogany), *Toona ciliata* (cedar), hybrid of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (eucalypt), *Spondias tuberosa* (umbu) and *Anadenanthera colubrina* (angico). The study was divided into two experiments, the first evaluated the morphological growth and the biomass production as a function of irrigation, was conducted in a greenhouse in a completely randomized design on a factorial 5 x 4, is composed of the five cited forest species and four irrigation blade (10, 50, 100 and 150% of  $ET_0$ ) with three replications. The second experiment, for the determination of water consumption, It was held benches in the open sky in a completely randomized design with three replications. The pots were filled with soil and connected the collection containers, exercising condition of drainage mini lysimeters, to determine to evapotranspiration of forest trees and evaporation of water from the soil, in three auxiliary vase. In the first study, was observed a linear growth of species depending on the applied irrigation blades, however each responds differently depending on water availability. In evaluating of biomass, featured for eucalyptus with high production of sheets and the umbu with greater root dry matter, due to their booking structures (truffles), introducing himself as the species best adapted to drought stress. The species also had beside the angico best result in the growth in height and TCA. All species had better growth in irrigation with 150% of  $ET_0$  and reduced growth in smaller blades than 100%  $ET_0$ . The crop evapotranspiration increases with the growth of the species. Eucalyptus has a higher water consumption, with approximately 14 mm d<sup>-1</sup>, values considered high, mainly due to the buque effect. The specie still grew rapidly and had the vessel volume considered

insufficient for its development during the experiment. The average crop coefficient (Kc) obtained was 3.06, 1.85, 1.28, 1.25 and 1.25 for eucalyptus, mahogany, cedar, umbu and angico, respectively. Among the environmental factors studied, the difference in solar radiation between the two experiments (inside and outside the greenhouse), was the most influenced the early growth of the species, evident mainly in species eucalypt and mahogany.

**Keywords:** Irrigation blade; crop evapotranspiration; initial growth; forest species.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	XI
ABSTRACT .....	XIII
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 <i>Khaya ivorensis</i> .....	4
2.2 <i>Tona ciliata</i> .....	5
2.3 <i>Eucalyptus urophylla</i> .....	6
2.3.1 Clone I144.....	6
2.4 <i>Spondias tuberosa</i> .....	7
2.5 <i>Anadenanthera colubrina</i> .....	8
2.6 Evapotranspiração.....	9
2.6.1 Evapotranspiração de referência (ET <sub>0</sub> ) .....	9
2.6.2 Evapotranspiração da cultura (ET <sub>c</sub> ).....	10
2.6.3 Coeficiente da cultura (K <sub>c</sub> ).....	11
2.7 Influência da água no crescimento vegetal .....	12
2.8 Influência dos fatores ambientais no crescimento vegetativo .....	13
REFERÊNCIAS .....	15
CAPÍTULO 1: INFLUÊNCIA DA LÂMINA DE ÁGUA NO CRESCIMENTO INICIAL DE CINCO ESSÊNCIAS FLORESTAIS.....	25
RESUMO.....	25
ABSTRACT.....	26
1. INTRODUÇÃO.....	27
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
2.1 Localização do Experimento.....	29
2.2 Obtenção das Mudanças.....	29
2.3 Delineamento Experimental e Tratamentos.....	29
2.4 Manejo do Experimento.....	30

2.5 Parâmetros Avaliados.....	31
2.6 Condições Climáticas.....	32
2.7 Análise Estatística.....	34
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>35</b>
3.1 Altura da Planta.....	35
3.2 Diâmetro do Coleto.....	37
3.3 Diâmetro de Copa.....	39
3.4 Número de Folhas.....	41
3.5 Matéria Fresca e Seca de Folha.....	42
3.6 Matéria Fresca e Seca de Caule.....	44
3.7 Matéria Fresca e Seca da Raiz.....	46
3.8 Taxa de Crescimento Absoluto em Altura.....	48
3.9 Taxa de Crescimento Relativo em Altura.....	50
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>
<b>CAPÍTULO 2: CONSUMO HÍDRICO E INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS NO CRESCIMENTO INICIAL DE CINCO ESSÊNCIAS FLORESTAIS.....</b>	<b>61</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>61</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>62</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>63</b>
<b>2. MATERIAL E METÓDOS.....</b>	<b>65</b>
2.1 Localização do Experimento.....	65
2.2 Delineamento Experimental e Tratamentos.....	65
2.3 Manejo do Experimento.....	65
2.4 Condições Climáticas.....	70
2.5 Análise Estatística.....	71
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>72</b>
3.1 Evapotranspiração da Cultura (ETc).....	72
3.2 Coeficiente da Cultura (Kc).....	76

3.3 Influência dos Fatores Ambientais no Crescimento Vegetativo.....	80
4. CONCLUSÕES.....	90
REFERÊNCIAS .....	91
CONCLUSÕES GERAIS .....	97
ANEXO.....	98

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

As florestas existentes no mundo somam cerca de quatro bilhões de hectares, cobrindo aproximadamente 30% da superfície terrestre. Cinco países concentram mais da metade da área florestal total: Rússia, Brasil, Canadá, Estados Unidos e China (FAO, 2010). No Brasil, a cobertura florestal corresponde a 56,1% da área territorial. As plantações florestais ocupam apenas 0,91% do território nacional, somando 7,74 milhões de ha, sendo 5,56 milhões com Eucalipto, 1,59 milhões com Pinus e 590 mil de outras espécies (IBÁ, 2015).

A atividade florestal brasileira contribui significativamente na economia nacional, participando com 1,1% do Produto Interno Bruto brasileiro (PIB) e 5,5% do PIB industrial, ou seja, R\$ 60,7 bilhões (IBÁ, 2015). Essa importância deve-se ao fato de que o país possui enorme riqueza e diversidade em recursos florestais, tanto em espécies nativas, com destaque para as áreas de florestas localizadas nos estados que compõem a Amazônia Legal, como no crescente aumento do cultivo de espécies exóticas, sob a forma de reflorestamento.

Os produtos oriundos dos sistemas florestais são os mais variados. Segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Floresta (ABRAF), oito cadeias produtivas principais são responsáveis pela exploração florestal no país. São elas: chapas e compensados, óleos e resinas, fármacos e cosméticos, alimentos, carvão, lenha e energia, papel e celulose, madeira e móveis (ABRAF, 2009). Porém, a demanda de madeira nos mercados brasileiro e internacional revela um grande déficit. Esse fato pode ser atribuído a diversas questões, dentre elas, destaca-se o uso irracional dos recursos florestais, em que o desmatamento indiscriminado e a exploração predatória das espécies, exauriram grande parte dos recursos florestais brasileiros (ZIECK, 2008), requerendo, portanto, a implantação de florestas.

Para a implantação de florestas, é necessário buscar técnicas mais eficientes para maximizar o uso da terra e o rendimento das culturas florestais, dessa forma, diminuindo os impactos em novas áreas de floresta nativa.

Procurando atender a um novo mercado (madeira mais nobre), além do já consolidado que envolve os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, a introdução de espécies como cedro australiano (*Toona ciliata* var. *australis* F. Muell.) e mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chevalier), mostra-se promissora e tecnologicamente

importante, além de substituir a supressão de madeiras nobres nativas, como o mogno (*Swietenia macrophylla*) e o cedro (*Cedrella odorata*) (ZIECH, 2008).

Outros estudos com espécies nativas tornam-se relevantes pelo seu potencial produtivo no semiárido brasileiro, com destaque para o umbu (*Spondias tuberosa* Arruda) e o angico (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* Altschut). A primeira representa uma riqueza para a agricultura familiar, que através de sua significativa produção, possibilita uma renda complementar a partir do extrativismo do seu fruto (MÉLO, 2005). Já a segunda tem importância econômica e cultural, principalmente por ser a única espécie utilizada na região Nordeste para a produção de taninos, compostos utilizados no curtimento do couro e na indústria de petróleo, com a função de agente dispersante, controlando a viscosidade de argilas na perfuração de poços (PAES et al., 2006).

Entretanto, a definição da espécie a ser plantada em um projeto de reflorestamento ou mesmo de subsistência familiar, deve-se levar em consideração além do objetivo da produção, as condições edafoclimáticas da região, uma vez que o crescimento e o desenvolvimento das plantas são influenciados por diversos processos fisiológicos que são controlados pelas condições ambientais e características genéticas de cada espécie vegetal (TONELLO e TEIXEIRA FILHO, 2007).

Outro fator importante a ser considerado é o consumo hídrico das espécies, principalmente no início do seu desenvolvimento, fase em que apresenta maior sensibilidade ao estresse hídrico. Para Lopes (2004), a água pode ser considerada como um ponto limitante para o desenvolvimento de mudas, onde a escassez pode resultar em um estresse hídrico e, conseqüentemente, na diminuição do crescimento e menor absorção de nutrientes. Por outro lado, o excesso pode acarretar a lixiviação dos mesmos e percolação de água para as camadas mais profundas e também propiciar um microclima favorável ao desenvolvimento de doenças.

Nessa perspectiva, o conhecimento do manejo hídrico na produção de mudas e na introdução de plantios é determinante para uma produção com qualidade, visto que espécies diferentes entre si em função da classificação ecológica, apresentam necessidades hídricas diferentes no processo de produção (DELGADO, 2012).

As necessidades hídricas de uma planta podem ser determinadas por sua evapotranspiração, denominada evapotranspiração da cultura (ETc), que consiste na

ocorrência de dois processos simultâneos, a evaporação do solo e a transpiração das plantas (MEDEIROS, 2002) em determinada fase de desenvolvimento; ou pela evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), variável mais simples de ser quantificada e muito importante em estudos hidrológicos, indicando a demanda atmosférica de um determinado local. A partir da relação entre a  $ET_c$  e  $ET_0$ , determina-se o coeficiente da cultura ( $K_c$ ), que engloba todas as diferenças existentes entre a cultura específica e a cultura de referência (grama batatais). Essas variações é que provocam as diferenças no real consumo hídrico das espécies vegetais.

Mesmo diante da crescente consolidação do cultivo de espécies como *Khaya ivorensis*, *Toona ciliata* e híbridos de *Eucalyptus*, no país, e do potencial de espécies como *Spondias tuberosa* e a *Anadenanthera colubrina* para o semiárido brasileiro, são escassos os estudos sobre evapotranspiração da cultura e a lâmina ótima de irrigação na fase inicial de campo dessas espécies. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência de diferentes lâminas de irrigação no crescimento inicial e o consumo hídrico das espécies *Khaya ivorensis*, *Toona ciliata*, híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, *Spondias tuberosa* e *Anadenanthera colubrina*.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 *Khaya ivorensis*

Originário da costa oeste africana, o mogno africano, como é vulgarmente conhecido, é uma espécie da família Meliaceae. Além disso, é importante destacar que essa espécie pode apresentar dificuldade em sua identificação, uma vez que outras espécies do gênero *Khaya* (*K. anthotheca*, *K. nyasica*, *K. senegalensis*) também conhecidas como mogno africano, apresentam potencial econômico para a indústria madeireira (GUIMARÃES et al., 2004).

Botanicamente, *K. ivorensis* caracteriza-se como árvore de fuste reto, cilíndrico e grande porte, com média de 30 metros, mas podendo atingir 60 metros de altura e diâmetro à altura do peito (DAP) de até 210 cm, espécie monoica que apresenta casca marrom e superfície áspera, entrecasca rosa avermelhada e ramos glabros. As folhas são alternas, compostas, paripinadas, com pecíolos de 1 a 4 cm de comprimento, ráquis de 6 a 20 cm de comprimento dispostas em espiral (LEMMENS, 2008).

A madeira possui alta durabilidade e é fácil de secar e de se trabalhar, o que confecciona bons acabamentos, com densidade a 12% de umidade, variando de 0,57 a 0,80 g/cm<sup>3</sup> (570 a 800 kg/m<sup>3</sup>), sendo considerada moderadamente pesada. O cerne apresenta coloração marrom-avermelhada e o alburno, marrom-amarelada. A madeira apresenta porosidade difusa, parênquima indistinto e resina (TEIXEIRA, 2011).

A espécie tem crescimento melhor em solos bem estruturados, no entanto, consegue se desenvolver em condições nas quais os teores de argila atingem até 68% e breves períodos de alagamento. Suporta bem condições de estiagem normais, de quatro a seis meses. Não suporta bem sombreamento, podendo reduzir em até 60% seu crescimento, se comparado com plantios a pleno sol (TROPICAL FLORA, 2010).

Com a proibição da comercialização e exploração do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) desde o ano 2000, o mogno africano tem se tornado um produto cada vez mais alternativo e promissor, principalmente por sua

resistência à broca do ponteiro (*Hypsipyla grandella* Zeller), principal praga da espécie brasileira (GASPAROTTO et al., 2001).

A espécie tem crescimento inicial relativamente rápido e grande potencial para utilização em sistemas consorciados, sendo indicada pela Embrapa Amazônia Oriental, para plantios comerciais e sistemas agroflorestais e silvipastoris (FALESI e BAENA, 1999).

## 2.2 Tona ciliata

De ocorrência no sudoeste asiático (Paquistão, Índia, Malásia e sul da China) até a Austrália, o cedro australiano, como é conhecido, é uma espécie florestal exótica. Da família Meliaceae, tem características como: altura variando entre 20 a 35 m; tronco ereto e cilíndrico; folhas compostas paripinadas de 30 a 50 cm e frutos do tipo cápsulas lenhosas e elipsoides (VILELA e STEHLING, 2013).

O cerne é marrom-avermelhado e o alburno, claro, sendo que a madeira após o corte exala odor característico. Apresenta rápido crescimento, boa qualidade da madeira e ainda vantagem sobre cedros nativos, uma vez que possui imunidade ao broqueador das pontas (*Hypsipyla grandella*), tornando-se uma espécie promissora no que se refere às plantações comerciais (MANGIALOVARI et al., 2003).

A espécie se adapta bem em altitudes que variam de 500 a 1500 metros e regime pluviométrico de 800 a 1800 mm, em um período de até seis meses de estiagem. Segundo Silva (2010), o cedro australiano não consegue desenvolver-se em solos argilosos compactados ou arenosos de fertilidade baixa. Para, além disso, em solos mal drenados pode ocorrer a morte radicular, alcançando bom desenvolvimento tanto em terrenos planos como acidentados.

No Brasil, segundo Ziech (2008), a espécie apresenta alta produção de madeira, devido às boas condições de desenvolvimento vegetativo. Introduzida pela Aracruz Celulose, nos anos 1980, é cultivada em todo o Sudeste, principalmente em Minas Gerais, Espírito Santo e no sul da Bahia.

A sua propagação era realizada exclusivamente por sementes, mesmo tendo sua ocorrência de forma sazonal e viabilidade curta (LORENZI et al., 2003).

Contudo, atualmente são grandes os avanços no desenvolvimento de protocolos para a propagação vegetativa (MALULEQUE, 2014).

### **2.3 Eucalyptus urophylla**

Pertencente à família Myrtaceae, essa espécie tem sua ocorrência natural originária do arquipélago Sonda, onde as populações estabelecidas entre 500 a 2960 m de altitude têm maior produtividade (PIGATO e LOPES, 2001). O gênero possui mais de 600 espécies adaptadas a variadas condições de clima e solo, sendo uma espécie bastante difundida no Brasil devido ao seu rápido crescimento, alta produtividade e qualidade da madeira, além de boa adaptação às condições edafoclimáticas (PREVEDELLO et al., 2013).

Apresenta características como: altura variando de 45 a 55 m, o caule geralmente cresce de forma reta e a casca tem variações que depende da umidade e altitude, mas geralmente é persistente, suave, marrom-avermelhado ao marrom, com fissuras longitudinais rasas (PROSEA, 1993).

De acordo com Scanavaca Júnior e Garcia (2003), essa espécie além de ser uma das mais plantadas no Brasil, é a espécie que tem o maior potencial de crescimento e possui características favoráveis para as fronteiras florestais, como as regiões Norte e Nordeste, destacando-se ainda pela tolerância ao fungo causador do cancro do eucalipto (*Cryphonectria cubensis*).

#### **2.3.1 Clone I144**

Com grande impulso na década de 1990, a clonagem em eucalipto, principalmente do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, é responsável pelo aumento do ritmo de crescimento florestal e base da clonagem no Brasil, a partir de matrizes originárias de outros continentes (SEREGHETTI, 2012), uma vez que a hibridação interespecífica é a forma mais rápida e eficiente na obtenção de ganhos genéticos dentro do melhoramento de espécies no gênero *Eucalyptus* (ASSIS, 2014).

O *Eucalyptus urophylla* se destaca pela boa adaptação no país e por apresentar estabilidade genética, além de uma plasticidade operacional (TONACO,

2002). E a junção do *E. grandis* com o *E. urophylla* torna-se uma das melhores combinações híbridas que, através de um manejo adequado da densidade populacional, assegura uma alta produtividade (PALUDZYSZYN FILHO et al., 2006).

Sendo que, as duas espécies, juntamente com seus híbridos, ocuparam 75% da área plantada no Brasil (CAMPOS et al., 2011).

Dentro dessa perspectiva, o clone utilizado no presente estudo é um híbrido de base genética *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, desenvolvido pela empresa ACESITA, que apresenta características de Incremento Médio Anual (IMA) potencial de 42 m<sup>3</sup>/ha/ano, densidade básica de 515 kg/m<sup>3</sup>, tolerante ao psillideo de concha (*Glycaspis brimblecombei*) e à ferrugem do eucalipto.

Segundo Gazola (2014), o clone I144 apresenta alto teor de lignina em sua composição, sendo amplamente qualificado para a produção de carvão vegetal, além de possuir, junto com o clone I220, maiores densidades básicas da madeira, tornando-os indicados para a produção de bioenergia (NEVES et al., 2011).

## **2.4 Spondias tuberosa**

A espécie pertence à família Anacardiaceae e é endêmica da região semiárida brasileira, popularmente denominada como: imbu, umbu, imbuzeiro, umbuzeiro ou ombu (SILVA et al., 2005). Considerada árvore de pequeno porte, variando entre 4 a 6 m de altura, com tronco curto e copa umbeliforme, variando de 10 a 15 m de diâmetro, que projeta uma sombra densa sobre o solo (NEVES e CARVALHO, 2005).

Devido à queda de suas folhas e as raízes em forma de batata, o umbuzeiro adapta-se perfeitamente a períodos de seca prolongada e tem seu desenvolvimento em regiões de clima quente, com temperaturas entre 12°C e 38°C, umidade relativa do ar entre 30 e 90% e 400 a 800 mm de chuva (BARRETO e CASTRO, 2010).

As folhas são compostas e alternas, imparipenadas, e com uma coloração avermelhada no início da estação seca. As flores são brancas e periféricas, melíferas e actinomorfas, os ramos da inflorescência e o pedicelo são finamente pilosos (LIMA, 1989). Os frutos possuem em média 2 a 4 cm de diâmetro, 10 a 20 g de peso, sendo constituídos de 22% de casca, 68% de polpa e 10% de caroço, a

sua casca possui cor amarelo-esverdeada, com uma polpa branco-esverdeada e consistência mole, de sabor agridoce (ABUD e NAIRAN, 2009).

O umbu é considerado um símbolo no meio rural do semiárido brasileiro, principalmente pela capacidade de reservar água em suas raízes, em épocas de seca, assim como a prática de coleta dos frutos, utilizados na alimentação e complementação da renda familiar (BARRETO e CASTRO, 2010).

Para Maia (2004), do umbuzeiro praticamente se aproveita tudo, uma vez que a madeira é empregada na fabricação de móveis rústicos, telhado e sustentação de casa de taipa, além de carvão e lenha. Já a forragem, as folhas, os frutos e as túberas, servem de alimento para os animais domésticos.

## **2.5 *Anadenanthera colubrina***

Com ocorrência em vários biomas brasileiros e em alguns países sul-americanos, a *Anadenanthera colubrina* pertence à família Leguminosae (Fabaceae) e à subfamília Mimosóidea, sendo conhecida popularmente como angico (NEPOMUCENO et al., 2009), angico branco ou cobí. Tal espécie é caracterizada por ser decídua, heliófita e pioneira (GUIMARÃES, 2009). A variedade *cebil* é a mais encontrada no bioma caatinga, em altitudes que variam de 300 a 800 m, exercendo o porte de planta dominante na caatinga arbórea, área de sua principal ocorrência (SILVA et al., 2014).

De acordo com Lorenzi e Mattos (2002), a espécie é caracterizada ainda por apresentar porte arbóreo de pouca ramificação, podendo chegar a até 20 m de altura. Sua casca é pardo-avermelhada grossa, com alta rugosidade na fase adulta, e a presença de acúleos quando jovem. As folhas são bipinadas, alternadas, com 15-20 jugas (pinas) e cada uma apresentando de 20 a 80 pares de folíolos, com 4-6 mm de comprimento. O pecíolo possui glândula vermelha basal e elipsoide. As flores variam entre brancas a amareladas e estão dispostas em inflorescências terminais. Seus frutos são legumes, achatados, grandes (com até 25 cm de comprimento), que contêm de 5 a 10 sementes, lisas e escuras.

No mercado, a espécie possui grande demanda para fins medicinais, madeireiros, ornamentais, forrageiras resiníferas e como fornecedora de tanino (ALBUQUERQUE e ANDRADE, 2002).

A madeira possui alta densidade ( $0,93 \text{ g/cm}^3$ ), de modo que é composta por fibras grossas e reversas, apresentando boa durabilidade, portanto, sendo usada na construção civil, confecções de dormentes, carpintaria e lenha (LORENZI, 1992). Entretanto, apesar de boas características, a madeira pode encontrar um baixo aproveitamento comercial devido ao seu longo período necessário para a secagem (CARVALHO, 2002).

## **2.6 Evapotranspiração**

### **2.6.1 Evapotranspiração de referência ( $ET_0$ )**

A evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) é considerada um processo no qual a perda de água para a atmosfera ocorre através de uma superfície natural e padrão (grama), sem que haja restrições hídricas às necessidades da evaporação e da transpiração, considerando apenas o balanço vertical de energia (SMITH, 1991).

Doorenbos e Pruitt (1977) definem  $ET_0$  como a taxa de evapotranspiração de uma superfície extensa de grama com 8 a 15 cm de altura, com crescimento ativo e uniforme, cobrindo completamente o solo e onde não existe limitação de água.

Smith (1991) e Allen et al. (1998) propõem uma definição padronizada para a evapotranspiração de referência, com base numa cultura hipotética, possuindo uma altura fixa de 0,12 m, albedo igual a 23% e resistência da superfície ao transporte de vapor de água igual a  $70 \text{ s m}^{-1}$ , que representaria a evapotranspiração de um gramado verde, de altura uniforme, em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo e sem limitação de água.

Os métodos de cálculo da evapotranspiração são variáveis e diferem principalmente em função dos dados disponíveis. Pereira et al. (2007) citam vários métodos empíricos de estimativa da  $ET_0$ , como: o Método de Thornthwaite, o Método de Camargo, o Método do Tanque Classe A, o Método de Hargreaves e Samani, o Método de Priestley-Taylor, o Método de Penman-Monteith (Padrão FAO - 56). Para os autores, a escolha do melhor método de estimativa da evapotranspiração de referência depende de uma série de fatores, dentre eles, a disponibilidade de dados meteorológicos, visto que métodos considerados complexos, ou seja, que exigem grande número de variáveis, somente terão aplicabilidade quando houver disponibilidade de todos os dados necessários. Outro

fator é a escala de tempo requerida. Normalmente, métodos como os de Thornthwaite e de Camargo, estimam bem a  $ET_0$  na escala mensal, enquanto que os métodos que envolvem o saldo de radiação apresentam boas estimativas também nas escalas diária e horária.

Os autores afirmam ainda que, para utilizar os métodos empíricos, é necessário conhecer as condições climáticas da região. A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) utiliza como padrão o método de Penman-Monteith. Este é um método micro meteorológico que foi adaptado por Allen et al. (1998) para realizar a estimativa da evapotranspiração de referência na escala diária.

O método de Penman-Monteith FAO 56 inclui parâmetros relacionados à troca de energia correspondente ao fluxo do calor latente (evapotranspiração) na vegetação uniforme e extensa (ALLEN et al., 1998). De acordo com Materán et al. (2009), grande parte desses parâmetros podem ser calculados através de dados meteorológicos e da equação que normalmente é utilizada para calcular a evapotranspiração das culturas, levando em consideração a aerodinâmica e a resistência de cada cultura específica.

### **2.6.2 Evapotranspiração da cultura (ETc)**

O consumo de água pelas plantas depende de muitas variáveis do sistema solo-planta-clima, por exemplo: a duração das fases fenológicas e do ciclo total da cultura, condições climáticas, disponibilidade hídrica na zona radicular, condições fitossanitárias e disponibilidade de nutrientes, além dos sistemas de cultivo empregados (FERREIRA, 2010).

A transpiração é regulada pelas características biológicas específicas de cada espécie (área foliar, tipo de folha, estômatos, etc.) e de vários parâmetros ambientais, como umidade relativa e temperatura do ar, a radiação solar, a velocidade do vento, a quantidade de água e fluxo de calor no solo, entre outros fatores (BIUDES, 2006).

A determinação da evapotranspiração da cultura (ETc) torna-se fundamental no planejamento do plantio e manejo dos recursos hídricos, para se outorgar, dimensionar e manejar a irrigação de uma cultura, sendo que esses valores irão

variar a depender da disponibilidade energética da localidade, da cultura e da sua idade (SILVA et al., 2006).

Para a mensuração da evapotranspiração das plantas, além dos modelos empíricos, utiliza-se os lisímetros, caracterizados como reservatórios contendo solo e superfície coberta por vegetação, para que seja determinada a evapotranspiração de uma cultura em crescimento, e com solo descoberto, para a determinação da evaporação (BERNARDO et al., 2006; MATERÁN et al., 2009).

Considerado como o método mais preciso e indicado como instrumento padrão para a determinação da evapotranspiração, os lisímetros podem ser classificados em três categorias: os não-pesáveis com lençol freático de nível constante; os não-pesáveis com drenagem livre; e os lisímetros pesáveis, nos quais a variação de massa do sistema é determinada por um mecanismo de pesagem (ABOUKHALED et al., 1986; HOWELL et al., 1991).

### **2.6.3 Coeficiente da cultura ( $K_c$ )**

Uma das ferramentas disponíveis para estimar o consumo de água pelas plantas é o emprego do coeficiente da cultura ( $K_c$ ), pois converte as estimativas da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) em evapotranspiração da cultura (ALLEN et al., 1998). O  $K_c$  representa a integração dos efeitos das características que diferem a  $ET_c$  da  $ET_0$ , como a altura da cultura, resistência da superfície e albedo da superfície cultura-solo (PEREIRA e ALLEN, 1997).

Medeiros et al. (2004) relataram que o  $K_c$  é um parâmetro que está relacionado aos fatores ambientais e fisiológicos das plantas e assim deve ser determinado para as condições da região onde se pretende estabelecer a cultura.

Entretanto, exige grande quantidade de informações, controles e monitoramentos necessários ao balanço hídrico, tendo os lisímetros como melhor forma de determinação do coeficiente. Assim, informações sobre  $K_c$ , são fundamentais para o manejo de irrigação em função da quantificação da necessidade hídrica das plantas. Mesmo com informações reunidas pela FAO sobre o coeficiente de culturas em todo o mundo, pesquisas sobre o tema, em especial com relação a espécies nativas, tornam-se importantes para a irrigação em plantios comerciais (SILVA, 2012).

## 2.7 Influência da água no crescimento vegetal

Principal componente do tecido vegetal, a água equivale até a 95% da massa nas plantas herbáceas e 50% nas lenhosas, com isso, apresenta-se como elemento fundamental na translocação e transporte de soluto, abertura e fechamento de estômatos e metabolismo vegetal. Entretanto, apenas cerca de 3% da água que é absorvida pela planta é utilizada no crescimento, fotossíntese e demais processos metabólicos, enquanto a maior parte é evaporada pelo fenômeno da transpiração (TAIZ e ZEIGER, 2009).

No crescimento inicial das plantas, assim como em estágios mais tardios, tem-se a diminuição da disponibilidade hídrica como fator limitante, tanto na dimensão das folhas individuais, como no número de folhas, crescimento do caule e o número e taxas de crescimento dos ramos (TAIZ e ZEIGER, 2004). Isso ocorre, pois, em situações de déficit hídrico, o processo de crescimento vegetal é afetado, uma vez que a expansão das células para posterior divisão é dependente da turgescência celular (NOGUEIRA et al., 2005), assim como a síntese da parede celular e síntese proteica nos tecidos de crescimento (SADRAS e MILROY, 1996).

Segundo Marengo e Lopes (2005), para assegurar a turgescência das folhas e das raízes, a fim de que todas as atividades bioquímicas garantam a sobrevivência da planta, a mesma deve ter toda a água perdida pela transpiração, restabelecida através das raízes, de forma contínua.

Diversos pesquisadores procuram estabelecer a quantidade considerada ideal de água no desenvolvimento inicial das plantas. Maia (2005), avaliando em casa de vegetação o estresse hídrico em mudas de *Azadirachta indica*, concluiu que a área foliar e a produção de fitomassa da parte aérea e da raiz, diminuiriam após 90 dias do plantio. Martins et al. (2010), estudando plantas jovens, da mesma espécie, em um período de 60 dias e sob diferentes regimes hídricos (100%, 80%, 60%, 40% e 20% da capacidade de pote, suspensão de rega e re-irrigado), observaram que o déficit hídrico diminuiu a altura, o número de folhas e o diâmetro do caule nos tratamentos mais severos, concluindo que a espécie deve ser cultivada na fase inicial com 80% da capacidade do pote.

Antolin et al. (2013) observaram um crescimento vegetativo linear em plantas de *Khaya ivorensis* em função de diferentes quantidades de água na irrigação (20, 30, 35,40, 50, 58, 70 e 90 L.H<sup>-1</sup>).

Martins et al. (2007), analisando o estresse hídrico em mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, determinaram que o crescimento e o desenvolvimento de mudas são afetados pela deficiência hídrica, imediatamente após o início do déficit hídrico no solo.

## **2.8 Influência dos fatores ambientais no crescimento vegetativo**

Sob boas condições hídricas, fitossanitárias e nutricionais, a diferença de crescimento em uma mesma espécie é relacionada aos fatores ambientais em que está inserida. Todos os processos fisiológicos (germinação, fotossíntese, respiração, transpiração, floração, frutificação e senescência) de alguma forma são afetados por fatores ambientais, por exemplo, a luz, a temperatura, (PES e ARENHARDT, 2015), a radiação solar, a velocidade do vento, a umidade relativa e o déficit de pressão do ar.

A energia necessária para a realização da fotossíntese e o processo que transforma o CO<sub>2</sub> atmosférico em energia metabólica, é originária da radiação solar (TAIZ e ZIEGER, 2004), além de processos como a taxa respiratória, a ativação de enzimas e os movimentos estomáticos (CASSAROLI et al., 2007), qualificando-a como um dos principais fatores ambientais que influenciam no crescimento das plantas.

Em conjunto com a radiação solar, a velocidade do vento pode influenciar tanto em aspectos positivos, quanto negativos, no crescimento das culturas.

Segundo Pereira et al. (2002), em baixas ou até moderadas velocidades, o vento contribui para a renovação do suprimento de CO<sub>2</sub> e para a manutenção da transpiração das plantas. Em contrapartida, quando atingem velocidades excessivas, há uma elevação da transpiração das plantas, o que ocasiona o fechamento dos estômatos, a redução do número de folhas e da área foliar, bem como a diminuição da fotossíntese. De forma prática, ventos excessivos e contínuos são considerados como um grande problema para o desenvolvimento de atividades agrícolas e florestais (PEREIRA et al., 2007).

Outra importante variável ambiental que influencia o crescimento das plantas é o déficit de pressão vapor (DPV), exercendo alta influência no controle de abertura e fechamento dos estômatos, medindo quão seca é a atmosfera circundante (SILVA, 2009). Na prática, em condição de alto DPV, há uma elevada demanda evaporativa da atmosfera, em que as plantas apresentam alta taxa de transpiração, requerendo maior fluxo de água do solo, para suprir essa transpiração (RAY et al., 2002), apresentando respostas a essa variável, de forma diferente entre as espécies e até mesmo entre genótipos de uma mesma espécie.

Assim, ao se pensar na busca por respostas fisiológicas das plantas às mudanças em decorrência das variáveis ambientais, o DPV torna-se fundamental para predizer o crescimento de uma floresta e para uma seleção mais precisa de espécies a ser introduzidas em áreas que apresentem condições ambientais adversas (NGUGI et al., 2004), como o nordeste brasileiro, região que apresenta épocas de severo déficit hídrico.

## REFERÊNCIAS

- ABOUKHALED, A.; ALFARO, A.; SMITH, M. **Los lisímetros**. Roma, FAO Paper 39, 1986, 59 p.
- ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2009**. Ano base 2008. Brasília. 2009. 67 p.
- ABUD, A. K. S.; NARAI, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian Journal Of Food Technol**, v. 12, n. 4, p.257-265, 2009.
- ALBUQUERQUE, U. P.; ANDRADE, L. H. C. Conhecimento botânico tradicional e conservação em uma área de caatinga no Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 16, n. 3, p. 273-285, 2002.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requeriments**. Rome, FAO Paper Irrigation and drainage 56, 1998, 310 p.
- ANTOLIN, L. A. S.; ALVES JR, J.; BARBOSA, L. H. A.; ROSA, F. O.; COSTA, F. R. Controle de irrigação e avaliação do crescimento de plantas de mogno africano (*Khaya ivorensis*) irrigadas por micro aspersão na Região do Cerrado. In: 10 ° CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO, **ANAIS...** GOIÂNIA – GO, 2013.
- ASSIS, T. F. Melhoramento genético de Eucalyptus: Desafios e perspectivas. In: 3° ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA. Embrapa Floresta. **Anais...** Campinas – SP, 2014.
- BARRETO, L. S.; CASTRO, M. S. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do umbu** – Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010, 64 p.

BARROS JUNIOR, G.; GUERRA, H. O. C.; CAVALCANTI, M. L. F.; LACERDA, R. D. Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 12, n. 4, p.350-355, 2008.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.H.; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 7ª ed. Editora Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2006, 611 p.

BIUDES, M. S. **Estimativa da transpiração de plantas de mangabeira**. 2006. 93 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso – MT.

CAMPOS, D. T. S.; SILVA, M. C. S.; LUZ, J. M. R.; TELESFORA, R. J.; KASUYA, M. C. M. Colonização micorrízica em plantios de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 35, n. 5, p. 965-974, 2011.

CARVALHO, P. E. R. **Angico-branco**: taxonomia e nomenclatura. Colombo, Embrapa Floresta, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Circular Técnica, n. 56, 2002.

CASAROLI, D.; FAGAN, E. B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S. P.; MANFRON, P. A.; DOURADO NETO, D.; LIER, Q. J.; MULLER, L.; MARTIN, T. N. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja – Uma revisão. **Revista da FZVA**, v. 14, n. 2, p. 102-120, 2007.

DELGADO, L. G. M. **Produção de mudas nativas sob diferentes manejos hídricos**. 2012. 96 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrônomicas – SP.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J.O. **Crop water requeriment**. Rome, FAO, 1977, 144p.

FALESI, I.C.; BAENA, A.R.C. **Mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999, 52 p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010. Disponível em: <<https://www.fao.org.br>>. Acesso em: 22 de abr. 2016.

FERREIRA, J. O. P. **Evapotranspiração e coeficientes de cultura da melancia irrigada por gotejamento em Alvorada do Gurguéia – PI**. 2010. 121 p. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Jaboticabal – SP.

GASPAROTTO, L.; HANADA, R. E.; ALBUQUERQUE, F. C.; DUARTE, M. L. R. Mancha areolada causada por *Thanatephorus cucumeris* no mogno-africano. **Revista Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 3, p. 660-661, 2001.

GAZOLA, R. N. **Adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na cultura do eucalipto (clone I144 – E. grandis)**. 2014. 92 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – SP.

GUIMARÃES, R. C. **Anatomia do lenho de Anadenanthera Colubrina em diferentes fitofisionomias da Floresta Atlântica no Estado do Rio de Janeiro: Ilha Grande e Itatiaia – Rio de Janeiro**. 2009. 44 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro - Escola Nacional de Botânica Tropical – RJ.

GUIMARÃES, K. V.; MARINHO, P. S. B.; SILVA, M. F. G. V.; FERNANDES, J. B.; VIEIRA, P. C.; MÜLLER, M. W. Limonóides isolados na família Meliaceae. In: XXVI REUNIÃO ANUAL SOBRE EVOLUÇÃO, SISTEMÁTICA E ECOLOGIA MICROMOLECULARES. **Anais...** Niterói– RJ. 2004.

HOWELL, T. A.; SCHNEIDER, A. D.; JENSEN, M. E. History of Lysimeter design and use for evapotranspiration. In: Lysimeter for evapotranspiration and environment measurements, **ASCE**, p. 1-19, 1991.

IBÁ. INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Anuário estatístico 2015**. Ano base 2014.

LEMMENS, R. H. M. J. 2008. *Khaya ivorensis* A. Chev. Disponível em: <[Http://database.prota.org/search.htm](http://database.prota.org/search.htm)>. Acesso em: 22 de jan. 2015.

LIMA, D. A. Imbuzeiro: plantas da caatinga. **Academia Brasileira de Ciências** - Rio de Janeiro, p.166-169, 1989.

LOPES, J. L. W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação.** 2004. 100 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 1992, 352 p.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil:** nativas e exóticas cultivadas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002, 512 p.

LORENZI, H. SOUZA, H. M. TORRES, M. A. V. **Árvores exóticas no Brasil:** madeiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003, 385 p.

MAIA, G. N. **Caatinga:** árvores e arbustos. Ed. Leitura e Arte, São Paulo, 2004, 354-363 p.

MAIA, E. L. **Comportamento vegetativo de três espécies florestais sob estresse hídrico, com adubação orgânica em solos da região semiárida nordestina.** 2005. 53 p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba CCA/UFPB, Areia - PB.

MALULEQUE, I. F. **Qualidade de mudas e produtividade de minicepas de clones de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roemer var. *australis*) tratadas com paclobutrazol.** 2014. 104 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

MANGIALAVORI, A.; MINETTI, M.; MOSCOVICH, F.; CRECHI, E. Dasometria em plantaciones comerciales de Toona (*Toona ciliata* var. *australis*) em la Provincia de Salta. In: JORNADAS TECNICAS FORESTALES Y AMBIETALES. **Anais...**10. 2003.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. UFV, Viçosa, 2005, 451 p.

MARTINS, F. B. **Desenvolvimento e estresse hídrico em mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus saligna* Smith**. Santa Maria - UFSM. 2007. 73 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria – RS.

MARTINS, M. O.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D.; SANTOS, M. G. Crescimento de plantas jovens de Nim-Indiano (*Azadirachta indica* a. Juss. - Meliaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 771-779, 2010.

MATERÁN, F. J. V.; OLIVEIRA, R. A.; CECON, P. R.; SEDIYAMA, G. C.; MARTINEZ, H. E. P.; TAGLIAFERRE, C. Lisímetro com lençol freático constante operando com Irrigâmetro modificado para medida da evapotranspiração de referência. **Revista UDO Agrícola**, v. 9, n. 2, p. 364-375, 2009.

MEDEIROS, A.T. **Estimativa de evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE**. 2002. 103 p. Tese (Doutorado). Escola Superior Agrícola Luiz de Queiroz, Piracicaba –SP.

MEDEIROS, G. A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Relações entre o coeficiente de cultura e cobertura vegetal do feijoeiro: erros envolvidos e análises para diferentes intervalos de tempo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 513-519, 2004.

MÉLO, D. L. F. M. **Potencial biotecnológico do umbu**: Perspectivas para o semiárido. 2005. 82 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Sergipe – SE.

NEPOMUCENO, C. F.; RIOS, A. P. S.; QUEIROZ, S. R. O.D.; PELACANI, C. R.; SANATNA, J. R. F. Respostas morfofisiológicas in vitro de plântulas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 481-490, 2009.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G; **Tecnologia da produção do umbuzeiro (*Spondia tuberosa Arr. Cam.*)**. Lavras. Ano 9, n. 127, 2005.

NEVES, T. A.; PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V. O.; VIEIRA, C. M. M. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, p. 319-330, 2011.

NGUGI, M. R.; HUNT, D. D.; DOLEY, D.; RYAN, P.; DART, P. Selection of species and provenances for low-rainfall areas: physiological responses of *Eucalyptus cloeziana* 900 and *Eucalyptus argophloia* to seasonal conditions in subtropical Queensland. **Forest Ecology and Management**, v. 193, p. 141-156, 2004.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA, E. C. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Universidade Federal Rural Pernambuco, Imprensa Universitária, 2005, p. 22-31.

PADILHA, C; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; ANDRADE, H. B. Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus urophylla* para utilização em pisos. **Scientia Forestalis**, n. 71, p. 141-147, 2006.

PAES, J. B.; DINIZ, C. E. F.; MARINHO, I. V.; LIMA, C. R. Avaliação do potencial tanífero de seis espécies florestais de ocorrência no semiárido brasileiro. **Revista Cerne**, v. 12, n. 3, p. 232-238, 2006.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T.; FERREIRA, C. A. **Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 45 p.

PEREIRA, L.S.; ALLEN, R.G. Novas aproximações aos coeficientes culturais. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 16, n. 4, p. 118-43, 1997.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia – fundamentos e aplicações práticas**. Ed. Agropecuária, Guaíba, 2002, 478 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP, 2007. 125 p.

PEREZ, S. C. J. G. A.; MORAES, J. A. P. V. Determinação do potencial hídrico, condutância estomática e potencial osmótico em espécies dos estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo de um cerradão. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, p.27-37, 1991.

PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H. **Fisiologia Vegetal**. Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Rede e-Tec Brasil, 2015, 81 p.

PILLAR, V. D. **Clima e vegetação**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Departamento de Botânica. 1995, 11 p.

PIGATO, S. M. P. C.; LOPES, C. R. Caracterização silvicultural, botânica e avaliação da variabilidade genética por meio do marcador molecular RAPD em um teste de progênies de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Scientia Forestalis**, n. 60, p. 135-148, 2001.

PREVEDELLO, J.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; VOGELMANN, E. S.; FONTANELA, E.; REICHERT, J. M. Manejo do solo e crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* Hill ex - Maiden em argissolo. **Revista Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 129-138, 2013.

PROSEA. Timber trees: Minor commercial timbers. In: SEIN, C. C; MITLOHNER, R. **Eucalyptus urophylla S.T. Blake: Ecology and silviculture in Vietnam**. CIFOR, Bogor, Indonesia, 1993.

RAY, J. D.; GESCH, R. W.; SINCLAIR, T. R.; ALLEN, L. H. The effect of vapor pressure deficit on maize transpiration response to a drying soil. **Plant and Soil**, v. 239, p. 113-121, 2002.

SADRAS, V. O.; MILROY, S. P. Soil-water thresholds for the responses of leaf expansion and gas exchange: A review. **Field Crops Research**, v. 47, p. 253-266, 1996.

SCANAVACA JUNIOR, L. **Caracterização silvicultural, botânica e tecnológica do *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e de seu potencial para uso em serraria.** 2001. 127 p. Dissertação (Mestrado). ESALQ/USP, Piracicaba – SP.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Potencial de melhoramento genético em *Eucalyptus urophylla* procedente da Ilha das Flores. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 23-32, 2003.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO CIÊNCIA E TECNOLOGIA/CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES (SEPLANTEC/CEI). Informações básicas dos municípios baianos: região sudoeste. Salvador, 1994, 540 p.

SEREGHETTI, G. C. **Biomassa inicial do híbrido *Eucalyptus urophylla* vs. *Eucalyptus grandis* em diferentes espaçamentos.** 2012. 41f. Dissertação (Mestrado). UNESP. Botucatu – SP.

SILVA, J. R. R. **Comportamento ecofisiológico de plantas jovens de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) Sob dois regimes hídricos.** 2009, 44 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Amazônia – AM.

SILVA, C. M.; ALVES JÚNIOR, J.; SILVA, T. J. A.; FOLEGATTI, M. V.; CAMPECHE, L. F. S. M. Variação sazonal na evapotranspiração de plantas jovens de lima ácida 'Tahiti'. **Irriga**, v. 11, n. 1, p. 26-35, 2006.

SILVA, C. A. **Desenvolvimento inicial de três espécies nativas do Cerrado em função de lâminas de irrigação e tamanhos de recipientes.** 2012. 181 p. Tese (Doutorado). ESALQ. Piracicaba – SP.

SILVA, M. P. S. **Qualidade das mudas produzidas por mini estaquia e produtividade de mini cepas de Cedro Australiano, manejadas em canaletões e tubetes.** 2010. 49 p. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campo dos Goytacazes - RJ.

SILVA, E. B.; GONÇALVES, N. P.; PINHO, P. J. Limitações nutricionais para crescimento de mudas de umbuzeiro em Latossolo Vermelho distrófico no Norte de Minas. **Acta Scientiarum**. Agronomy Maringá, v. 27, n. 1, p. 55-59, 2005.

SILVA, R. A. C.; SOUSA, T. O.; LUSTOSA, M. C. G.; CITÓ, M. G. L. Alcaloides das cascas do caule de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil*. In: 37ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química - Sociedade Brasileira de Química. **Anais...** 2014.

SMITH M. **FAO: Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements**. FAO, Roma, 1991, 45 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. Fatos e números do Brasil florestal. São Paulo, 2007, 110 p.

SOUZA, M. O. A.; SILVA, J. C.; LUCIA, R. M.D.; EVANGELISTA, W. V. Avaliação da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake em ensaios de usinagem, visando a produção moveleira. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, p. 751-758, 2009.

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

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

TEIXEIRA, V. C. M. **Avaliação da usinagem da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.)**. 2011. 45 p. Monografia (Graduação) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica - RJ.

TONACO, I. A. N. **Macho esterilidade em *Eucalyptus urophylla***. 2002. 51 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras - MG.

TONELLO, K. C.; TEIXEIRA FILHO, J. Respostas fisiológicas de dois clones de eucalipto submetidos a diferentes potenciais hídricos. IN: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: O EUCALIPTO E O CICLO HIDROLÓGICO. **Anais...**Taubaté: UNITAU, 2007, p. 287-294.

TROPICAL FLORA. Mogno africano.2010. Disponível em: < <http://www.tropicalflora.com.br/tropicalflora/pt/ajaxDetTexto.php?codtexto=33ecodcategoria=25> >. Acesso em: 22 de jan. de 2015.

VILELA, E. S., STEHLING, E. C. Recomendação de plantio para Cedro Australiano – Bela Vista Florestal. 2013. Disponível em: < <http://www.belavistaflorestal.com.br> > Acesso em: 30 de jan. 2015.

ZIECH, R. Q. **Características tecnológicas da madeira de Toona ciliata produzida no sul do estado de Minas Gerais**. 2008. 91 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras – MG.

## CAPÍTULO 1: INFLUÊNCIA DA LÂMINA DE ÁGUA NO CRESCIMENTO INICIAL DE CINCO ESSÊNCIAS FLORESTAIS

### RESUMO

O conhecimento acerca das necessidades hídricas das espécies florestais em estágio inicial de desenvolvimento é de suma importância para o sucesso na implantação de plantios comerciais. Sendo assim, neste estudo, objetivou-se avaliar a influência da lâmina de irrigação no crescimento vegetativo e na produção de fitomassa de cinco essências florestais em estágio inicial de desenvolvimento. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 5x4, sendo cinco essências florestais: híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (eucalipto), *Toona ciliata* (cedro), *Khaya ivorensis* (mogno), *Spondias tuberosa* (umbu) e *Anadenanthera colubrina* (angico) e quatro lâminas de irrigação: 10, 50, 100 e 150% da  $ET_0$ , com três repetições, totalizando 60 parcelas. O experimento foi conduzido dentro da casa de vegetação e teve duração de 180 dias. As mudas foram plantadas dentro de baldes plásticos e receberam, diariamente, as lâminas de irrigação correspondentes a cada tratamento, de modo que durante e ao final do período experimental, foram realizadas as análises morfológicas e de fitomassa. A lâmina de irrigação afetou o desenvolvimento inicial de todas as espécies, com crescimento de forma linear, indicando que a lâmina ótima de irrigação é superior às lâminas que foram utilizadas. No diâmetro do coleto, houve redução no crescimento da variável em torno de 76% para o eucalipto, 78,1% para o cedro, 67,5 % para o mogno, 73,8% para o umbu e 85,94% para o angico, entre os tratamentos T1 e T4. A espécie eucalipto se destacou pela alta produção de folhas em relação às demais espécies, e a espécie umbu, pelo crescimento em altura e produção de matéria seca da raiz sob baixa disponibilidade hídrica, em função principalmente de suas túberas, que armazenam água e conseguem manter seu crescimento mesmo em déficit hídrico. De modo geral, o tratamento T4 (150%  $ET_0$ ), proporcionou os melhores resultados e as lâminas de irrigação inferiores a 100% da  $ET_0$ , afetaram o crescimento inicial de todas as espécies avaliadas.

**Palavras-chave:** Lâmina de irrigação, estresse hídrico, crescimento inicial, espécies florestais.

## **CHAPTER 1: INFLUENCE OF WATER BLADE IN INITIAL GROWTH OF FIVE FOREST SPECIES**

### **ABSTRACT**

The knowledge about water needs of forest species at an early stage of development is critical to the successful implementation of commercial plantations. Therefore, this study aimed to evaluate the influence of irrigation depth in the vegetative growth and biomass production of five forest species in early stages of development. The experiment was a completely randomized design in a factorial 5 x 4, five forest species: hybrid of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (eucalypt), *Toona ciliata* (cedar), *Khaya ivorensis* (mahogany), *Spondias tuberosa* (umbu) and *Anadenanthera colubrina* (angico) and four irrigation levels: 10; 50; 100 e 150% of  $ET_0$  with three replications, totaling 60 installments. The experiment was conducted within the greenhouse with a duration of 180 days. The seedlings were planted in plastic buckets received daily irrigation slides corresponding to each treatment and during and at the end of the experiment were carried out performed morphological analysis and biomass at the end of this period. The water depth affected the early development of all kinds, with linear growth, indicating a great irrigation upper blade slides that were used. In collar diameter, a reduction in the growth of variable around 76% for eucalyptus, 78,1% for cedar, 67,5% for mahogany, 73,8% to 85,94% and umbu for angico between T1 and T4. The eucalypt specie stands out for high production of leaves in relation to other species and the specie umbu by height growth and dry matter production of roots on low water availability, mainly due to their tubers that store water and can keep your same growth in a state of drought. In general, treatment T4 (150%  $ET_0$ ), provided the best results and the water depths less than 100% of  $ET_0$  affected the initial growth of all species evaluated.

**Keywords:** Irrigation Blade, water stress, initial growth, forest species.

## 1. INTRODUÇÃO

As florestas são recursos naturais considerados renováveis e imprescindíveis ao homem, a nível econômico, social, ambiental e cultural, mas a expansão populacional e a degradação ambiental, tem tornado cada vez mais finitos esses elementos. Nessa perspectiva, o consumo tanto nacional, quanto internacional de produtos madeireiros apresenta uma demanda crescente, o que requer uma alta produção, de forma legal e constante, a fim de proteger áreas florestais nativas e ao mesmo tempo suprir o mercado consumidor (BORGES, 2013).

O uso de florestas plantadas, tanto de espécies nativas, quanto de espécies exóticas se torna um meio viável para contornar a demanda de produtos madeireiros. Entretanto, para o sucesso comercial desse segmento, é preciso atentar-se às características edáficas e climáticas de cada região, levando-se em conta os fatores limitantes para a produção florestal, como a restrição hídrica. Xavier (2010) relatou que plantios com o gênero *Eucalyptus* são constantemente introduzidos em locais com alta demanda atmosférica e com índices anuais de precipitação escassos e irregulares, o que compromete a sua produtividade.

A água está ligada diretamente a todos os processos do sistema produtivo florestal, desde a fase de irrigação em viveiros, até à implantação das mudas em campo, que ocorre em períodos sem precipitação (GOMES, 2013), tornando fundamental o estudo desse recurso para o desenvolvimento do setor.

Nesse contexto, a água possui papel de extrema importância no desenvolvimento dos vegetais e no processo fotossintético (MARTINEZ, 2001), sendo necessária para a maioria das funções vitais e das reações e rotas metabólicas, o que classificamos como sendo um recurso natural valioso (CARLESSO e ZIMMERMANN, 2000). Isso torna complexo o efeito da deficiência hídrica sobre as plantas (NOGUEIRA et al., 2005), pois compromete o seu crescimento através da diminuição da turgescência celular (TAIZ e ZEIGER, 2004; LARCHER, 2006), da alteração do metabolismo e da interação entre a abertura estomática e a produção de matéria seca (NEPONUCENO et al., 2001), induzindo as espécies a passarem por processos adaptativos à escassez de água, como a redução do potencial hídrico em conjunto com adaptações fisiológicas e morfológicas (NOGUEIRA et al., 2005).

Em contrapartida, o excesso de água pode acarretar uma série de desvantagens para a produção florestal. Lenhard et al. (2010) citam que, com a saturação do solo, a planta tem seu desenvolvimento afetado através da diminuição do crescimento das raízes e da parte aérea. Além disso, reduz a taxa de oxigênio do solo com a ocupação dos seus poros (KERBAUY, 2004) e a lixiviação de nutrientes solúveis (DIAS et al., 2004).

Assim, pressupondo que exista uma lâmina ótima de água que maximize a produtividade da planta, juntamente com a escassez de estudos sobre o efeito de diferentes lâminas de irrigação em espécies florestais na fase inicial, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento vegetativo e a produção de fitomassa em mudas de *Khaya ivorensis*, *Toona ciliata*, híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, *Spondias tuberosa* e *Anadenanthera colubrina*, submetidas a diferentes lâminas de irrigação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização do Experimento

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, com filme de 150 micra e transparência de 90%, com bloqueio dos raios ultravioleta, dimensões de 8 m de largura, 20 m de comprimento e altura de 3 m, localizada no campo experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, situada no município de Vitória da Conquista – BA, cujas coordenadas geográficas são 14°51' 58" de latitude Sul e 40°50'22" de longitude Oeste e altitude de 850 m.

O clima do município, segundo classificação de Köppen, é tropical de altitude (Cwb), com concentração de chuvas no período de novembro a abril, com média anual de 700 mm, enquanto, os meses seguintes aparecem como os mais secos, com temperatura média anual de 19,6°C, média máxima de 23,5°C e mínima de 15,1°C.

### 2.2 Obtenção das Mudanças

Foram utilizadas mudas das espécies florestais com idade de plantio no campo, obtidas de viveiros instalados na região, com condições edafoclimáticas semelhantes ao local do experimento.

As mudas de eucalipto foram produzidas e fornecidas pelo Viveiro Vereda Florestal, localizado no município de Águas Vermelhas – MG. O mogno foi produzido e fornecido pelo Viveiro Jacarandá, situado no município de Cândido Sales – BA e as mudas de cedro, umbu e angico, foram produzidas e fornecidas pelo Viveiro Florestal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

### 2.3 Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 5x4, sendo cinco espécies florestais: híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (clone AEC 144) (eucalipto), *Toona ciliata* (cedro), *Khaya ivorensis* (mogno) *Spondias tuberosa* (umbu) e *Anadenanthera colubrina* (angico) e quatro lâminas de irrigação: T<sub>1</sub>: 10 % da ET<sub>0</sub>; T<sub>2</sub>: 50% da ET<sub>0</sub>; T<sub>3</sub>: 100%

da  $ET_0$  e  $T_4$ : 150% da  $ET_0$ , com três repetições, totalizando 60 parcelas experimentais.

## 2.4 Manejo do Experimento

As parcelas experimentais foram compostas por vasos plásticos com capacidade de 21 litros, perfurados no fundo e colocados em cima de blocos, para facilitar a drenagem da água, dispostos equidistantes, conforme a Figura 1. O substrato utilizado para preencher os vasos foi composto por terra de subsolo e esterco bovino, que foram peneirados em malhas de 4 mm, misturados e homogeneizados. A proporção da mistura foi de quatro partes de terra para uma de esterco.



**Figura 1** - Disposição dos vasos no interior da casa de vegetação. Vitória da Conquista/BA, 2015.

Após análise química e física da mistura de solo (Anexo A e B, Tabelas 1 e 2), foi realizada a adubação do solo no momento do transplante, com 120g de superfosfato simples e 40g de cloreto de potássio, de acordo com as recomendações para plantios comerciais e proporcionalmente para a quantidade de substrato em cada vaso, sendo levada em consideração a análise de solo. Durante o

experimento, mais duas adubações de cobertura com 40g de NPK (20-00-20) foram realizadas aos 60 e aos 90 dias.

O transplântio das mudas para os vasos foi realizado quando as mesmas estavam no ponto de serem plantadas em campo, mantendo o solo dentro do vaso, na capacidade de campo por 20 dias para aclimatação, para que posteriormente começassem a receber os tratamentos, que foram iniciados no dia 27/06/2015 e terminaram no dia 24/12/2015, tendo o experimento duração de 180 dias.

A irrigação foi realizada diariamente às 08:00 horas da manhã e os tratamentos fitossanitários foram efetuados de acordo com a necessidade.

A lâmina de irrigação foi obtida com base na evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), estimada por meio da equação de Penman-Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 2006), acrescida das porcentagens estabelecidas nos tratamentos. Os dados climáticos necessários para obter a  $ET_0$  foram obtidos com o uso de uma estação meteorológica automática Davis Vantage Pro 2, instalada dentro da casa de vegetação.

## **2.5 Parâmetros Avaliados**

Considerando que as mudas das espécies florestais utilizadas apresentavam altura, diâmetro do coleto e diâmetro da copa diferentes, realizou-se uma medição no início da aplicação dos tratamentos, para servir de base para as futuras medições. Assim, para as avaliações dessas características, utilizou-se o incremento dos valores, ou seja, a diferença dos valores obtidos entre a medição final e a inicial.

Durante o experimento, foram avaliados mensalmente o diâmetro do coleto, medido a 5 cm do solo, por meio de um paquímetro digital; a altura da planta, medida da base do coleto ao ápice, com uma régua graduada; o número de folhas, através de contagem simples do órgão e o diâmetro da copa, medindo a distância de um ramo mais remoto ao outro, passando pelo centro.

Ao fim do experimento, as plantas tiveram seus órgãos colhidos e separados em folhas, caules e raízes, que foram pesados para a obtenção da matéria fresca e acondicionados em sacos de papel para secagem em estufa, com temperatura de 65 °C, até atingir um peso constante para a extração da matéria seca, objetivando

que fossem calculadas, posteriormente, as alocações de biomassa nas folhas, caule e raízes.

Foram avaliadas a Taxa de Crescimento Absoluto em Altura (TCA) e a Taxa de Crescimento Relativo em Altura (TCR), em 3 avaliações (60, 120 e 180 dias do transplântio) obtidas de acordo com Cairo et al. (2008), conforme as Equações 1 e 2, respectivamente:

$$TCA = \frac{Alt2 - Alt1}{t2 - t1} \quad (1)$$

Em que:

TCA = Taxa de crescimento absoluto em altura (cm d<sup>-1</sup>);

Alt 2 e Alt 1 = Altura final e inicial da planta, respectivamente (cm);

t2 e t1 = Variação de tempo (dias).

$$TCR = \frac{(Alt2 - Alt1)/Alt1}{t2 - t1} \quad (2)$$

Em que:

TCR = Taxa de crescimento relativo em altura (cm cm d<sup>-1</sup>).

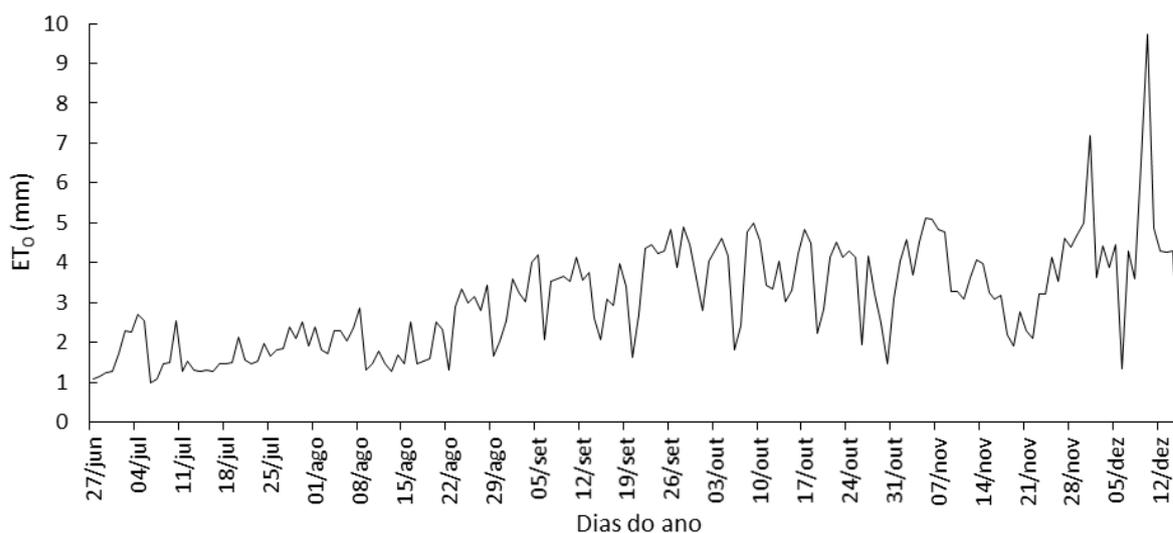
Alt 2 e Alt 1 = Altura final e inicial da planta;

t2 e t1 = Variação de tempo (dia).

## 2.6 Condições Climáticas

Na Figura 2, encontram-se os valores da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), obtidos durante o período de experimento. A evapotranspiração máxima do período foi de 9,73 mm d<sup>-1</sup> e a mínima de 0,78 mm d<sup>-1</sup>, com média de 3,05 mm d<sup>-1</sup>.

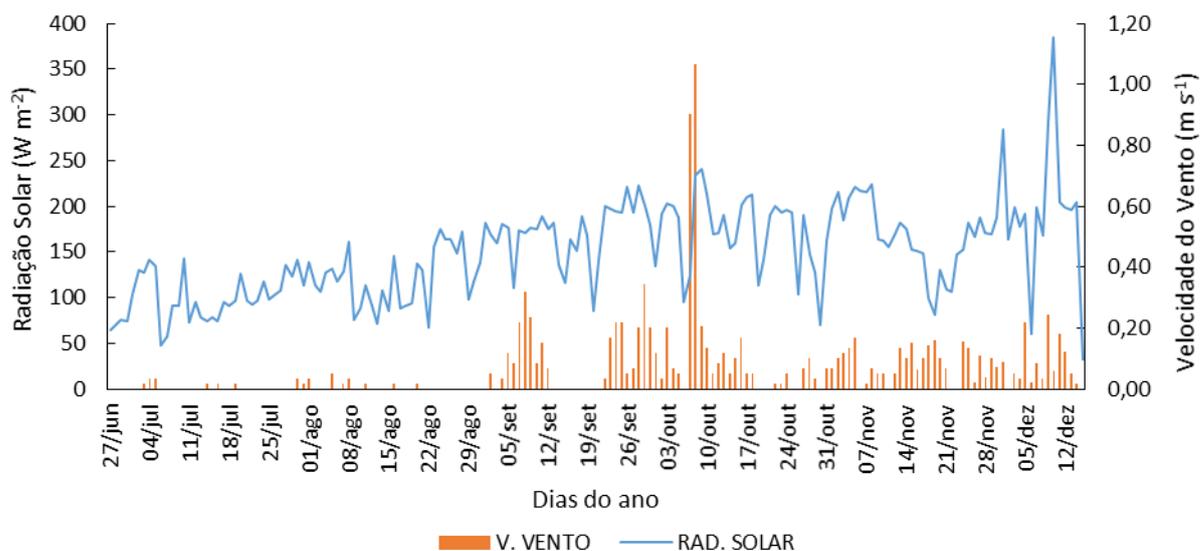
De acordo com a demanda climática e com os tratamentos T1, T2, T3 e T4 empregados, houve um consumo hídrico de 52,17; 260,83; 521,66 e 782,49 mm, respectivamente, durante o período experimental.



**Figura 2** - Valores diários da evapotranspiração de referência, obtidos pelo método de Penman – Monteith – FAO 56. Vitória da Conquista/BA, 2015.

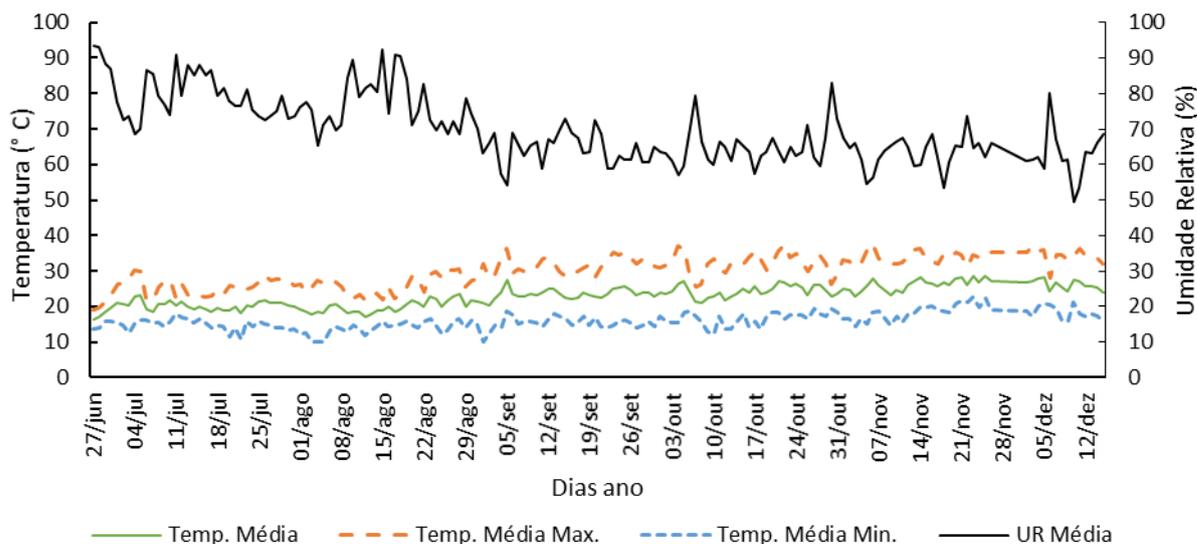
Na Figura 3, encontram-se os valores de radiação solar e velocidade do vento, registrados pela estação automática instalada dentro da casa de vegetação. A radiação oscilou entre  $31,9 \text{ W m}^{-2}$  a  $385,2 \text{ W m}^{-2}$ , verificados no mês de dezembro.

Referente à velocidade do vento, os seus valores foram inexpressivos, devido à proteção de malha que a casa de vegetação apresenta em sua lateral. Os maiores valores para esse parâmetro foram obtidos no mês de outubro, com máxima velocidade de  $1,07 \text{ m s}^{-1}$ .



**Figura 3** - Valores médios diários de Radiação Solar e Velocidade do Vento. Vitória da Conquista/BA, 2015.

Na Figura 4, encontram-se os valores de temperatura do ar obtidos durante o experimento, destacando-se o valor máximo de temperatura de 37,8 °C, registrado em novembro/2015 e mínimo de 9,9 °C, obtido no início de setembro/2015.



**Figura 4** - Valores diários de temperatura máxima, mínima e média e umidade relativa média do ar. Vitória da Conquista/BA, 2015.

## 2.7 Análise Estatística

Os dados obtidos nas avaliações foram submetidos aos testes de homogeneidade (Cochran), normalidade da distribuição de erros (Lilliefors) e a análise de variância. Para o fator qualitativo, as médias foram submetidas ao teste de médias Skott Knott a 5% de probabilidade e, para o fator quantitativo, empregou-se a análise de regressão, adotando-se um nível de significância de 5% de probabilidade.

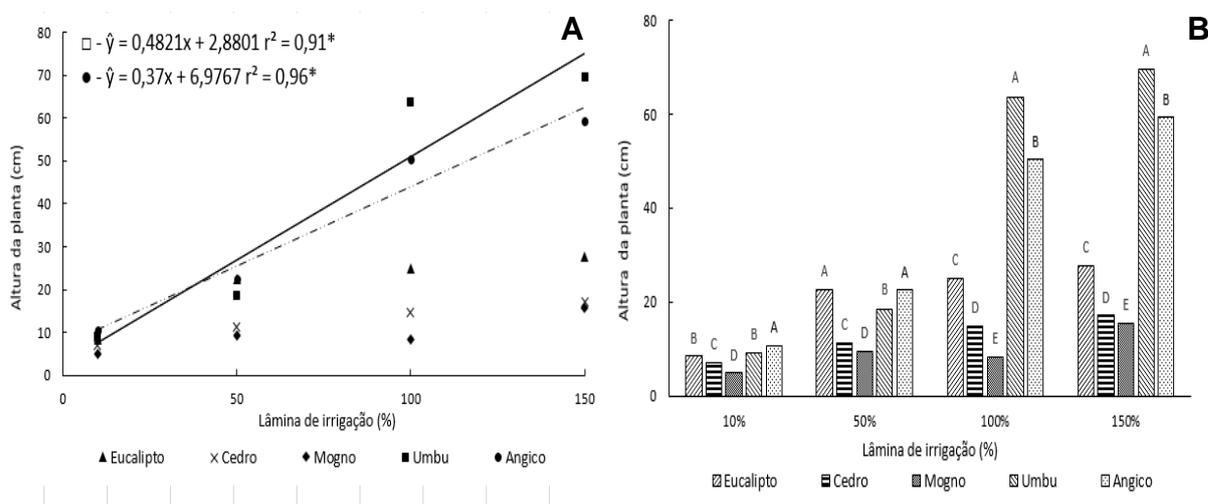
Para a execução das análises estatísticas, foi utilizado o programa SAEG (Sistemas para Análises Estatísticas e Genéticas), versão 9.1. (SAEG, 2007).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Altura da Planta

Os resultados das análises de variância para os parâmetros avaliados encontram-se no Anexo C, Tabela 3. Quando a interação e os fatores foram significativos, desdobrou-se a interação, estudando um fator dentro do outro e quando a interação foi não significativa, os fatores foram estudados isoladamente.

Verificou-se para as espécies umbu e angico, que o comportamento da altura da planta em função das lâminas de irrigação foi linear e positiva, ou seja, com o aumento da disponibilidade hídrica, há um maior crescimento vegetativo em altura. O mogno, apesar de ter sido influenciado pelas lâminas de irrigação, não teve o mesmo comportamento (Figura 5A). As demais espécies não tiveram seu crescimento em altura influenciado pelos tratamentos.



**Figura 5** - Altura das plantas em função das lâminas de irrigação (A) e altura das espécies submetidas a cada lâmina de irrigação (B). Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015.

Entre os tratamentos, todas as espécies apresentaram o mesmo padrão de crescimento para o tratamento de menor disponibilidade hídrica (10% da  $ET_0$ ) e nos tratamentos de maior disponibilidade hídrica (100 e 150% da  $ET_0$ ), em que a ordem de crescimento entre as espécies foi a mesma. O umbu apresentou os maiores valores em incremento da altura, seguido das espécies angico, eucalipto, cedro e mogno, respectivamente (Figura 5B).

Umbu e angico apresentaram os maiores incrementos em altura, com 69,5 e 59,27 cm, respectivamente, para o tratamento T4 (150% da  $ET_0$ ), com isso, destacaram-se entre as demais espécies, principalmente a partir do tratamento T3 (100%  $ET_0$ ) obtendo altura final de 132 e 109,1 cm, respectivamente.

Essa diferença no crescimento entre as espécies provavelmente se deve a fatores fisiológicos inerentes a cada uma delas (ENCIDAS et al.,2005), posto que os fatores ecológicos foram aplicados igualmente a todas. Martinotto et al. (2012), avaliando o crescimento inicial em campo, de espécies nativas do cerrado, entre elas, a *Anadenanthera colubrina* (angico), encontraram valores similares para a altura, aos seis meses de estudos, sendo 90 cm em consórcio com mandioca e 116 cm em monocultura.

Observando-se o crescimento em altura do mogno, umbu e angico (Figura 5B), constata-se um incremento em altura do tratamento T1 para o T4, de 219% para o mogno, 653% para o umbu e 461% para o angico. Larcher (2006) explica que as plantas têm uma tendência ao melhor desenvolvimento quando possuem condições hídricas adequadas, uma vez que o estresse hídrico está associado à diminuição da turgescência celular e à redução do metabolismo, provocando a interrupção da divisão celular e assim afetando o processo de crescimento, particularmente o crescimento em extensão.

Para todos os tratamentos, as espécies eucalipto e cedro apresentaram o mesmo desempenho em crescimento, não sendo influenciadas pela disponibilidade hídrica (Figura 5A), corroborando com resultados encontrados por Gomes (2013), que avaliou diferentes regimes hídricos para clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, nos primeiros 50 dias de experimento. Entretanto, em observações de campo, foram constatadas a morte de mudas das espécies eucalipto, cedro e angico, a partir dos 60 dias de experimento nos tratamentos T1 e T2, o que evidencia uma menor tolerância dessas espécies a períodos de baixa disponibilidade hídrica. Mas, quando se analisa o crescimento do eucalipto dentro de cada lâmina de irrigação, constata-se que à medida que a disponibilidade hídrica aumenta do tratamento de 10 para o de 50% da  $ET_0$ , ocorre um grande aumento no crescimento da espécie, tendendo a se estabilizar nos demais tratamentos. Isso confirma a sensibilidade da cultura à deficiência hídrica.

Belo (2011), trabalhando com gabirola (*Campomanesia* sp.) sob tratamentos de déficit hídrico, de disponibilidade hídrica normal e hipóxia (baixa concentração de oxigênio no solo, através de irrigação por alagamento) também não identificou um crescimento em altura significativo. O autor atribuiu esse comportamento à variação de tamanho das mudas ainda na fase de viveiro e a classificação da espécie como secundária inicial ou tardia. Entretanto, no presente estudo, esses são fatos descartados para o comportamento das espécies eucalipto e cedro, uma vez que os tamanhos das mudas foram uniformes dentro de cada espécie.

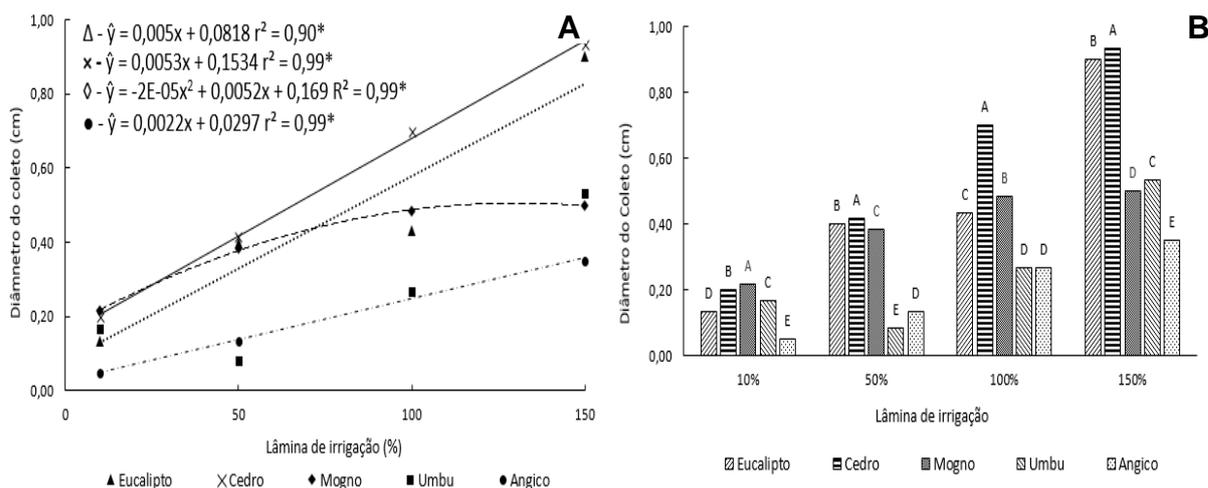
Em contrapartida, os resultados encontrados divergem de outros estudos com espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Khaya*, em que as variações de parâmetros morfológicos, como altura, são sensivelmente perceptíveis quanto à variação do manejo hídrico (TATAGIBA et al., 2009; SANTOS NETO, 2014; BARBOSA, 2014).

Essa discrepância de resultados entre os estudos pode estar relacionada às diferentes condições em que foram executados os experimentos, além do tempo de avaliação adotado pelos autores.

### **3.2 Diâmetro do Coleto**

O diâmetro do coleto apresentou interação significativa entre as espécies e as lâminas de irrigação aplicadas (Anexo C, Tabela 3), verificando que durante o experimento, o déficit hídrico promoveu a redução do incremento em diâmetro do coleto.

Com exceção da espécie umbu, que apresentou um declínio no diâmetro do coleto para tratamento T2 (50%  $ET_0$ ), as espécies eucalipto, cedro e angico, apresentaram correlações lineares positivas de crescimento entre a variável e os tratamentos empregados (Figura 6A). O mogno se diferenciou das espécies supracitadas por apresentar um comportamento quadrático, com máximo crescimento do diâmetro do coleto obtido com lâmina de irrigação a 130% da  $ET_0$ . Sendo assim, há uma resposta positiva no aumento do diâmetro do coleto em função do aumento da lâmina de irrigação até esse valor.



**Figura 6** - Diâmetro do coleto em função das lâminas de irrigação **(A)** e diâmetro do coleto das espécies submetidas a cada lâmina de irrigação **(B)**. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015.

Ao observar a influência da irrigação em cada espécie (Figura 6A), nota-se que todas apresentaram maiores diâmetros do coleto com o aumento da lâmina de irrigação. No tratamento com 150% da  $ET_0$  (T4), o incremento no diâmetro do coleto do eucalipto foi de 0,93 cm, sendo a espécie que mais se destacou nesta característica, acompanhada pelo cedro com 0,90 cm, enquanto mogno com 0,53 cm, umbu com 0,50 cm e angico com 0,35 cm, apresentaram crescimento inferior.

No tratamento sob estresse hídrico T1 (10%  $ET_0$ ), as mudas apresentaram os menores incrementos em diâmetro de coleto, com redução em torno de 76% para o eucalipto, 78,1% para o cedro, 67,5 % para o mogno, 73,8% para o umbu e 85,94% para o angico, em relação ao tratamento T4 (150%  $ET_0$ ). Lopes et al. (2007) confirmaram um crescimento linear do diâmetro do coleto em função do aumento da lâmina de irrigação em mudas de *E. grandis*. Diferentes níveis de água no solo (20, 40, 60 e 90% da capacidade de campo) também influenciaram no crescimento desse parâmetro em mudas do gênero *Khaya* (SANTOS NETO, 2014).

Mendonça (2014), avaliando o crescimento inicial em campo, de espécies florestais sem irrigação, entre elas *Khaya ivorensis* (mogno) e *Toona ciliata* (cedro), encontrou valores inferiores de diâmetro do coleto de 1,2 e 1,01 cm, respectivamente, demonstrando que há variação desse parâmetro em função da utilização de irrigação ou não, na introdução dessas espécies no campo. Essa diferença está relacionada ao fato do crescimento das plantas ser reduzido pela

baixa atividade fisiológica ligada à divisão e crescimento celular que o estresse hídrico acarreta (NAVROSKI et al., 2015), além de afetar indiretamente a disponibilidade de carboidratos e influenciar na produção de reguladores de crescimento (GONÇALVES e PASSOS, 2000).

Na Figura 6B, ao observar as espécies dentro de cada lâmina de irrigação, cedro e angico apresentaram os maiores e os menores valores em diâmetro do coleto, respectivamente, em todos os tratamentos, com exceção do tratamento T1, com mogno sendo a espécie de maior incremento em diâmetro e no tratamento T2, no qual o umbu apresentou o menor incremento em diâmetro.

A partir do tratamento T3, observa-se que o cedro apresenta maior incremento desse parâmetro, enquanto que umbu e angico, diferente da altura, apresentaram os menores incrementos em diâmetro do coleto, evidenciando suas características de espécies pioneiras (LORENZI, 2002), que priorizam o crescimento em altura para se estabelecer.

Destaca-se ainda a diferença no incremento em diâmetro do coleto entre os tratamentos T3 e T4, para o eucalipto e cedro (Figura 6B), demonstrando elevada resposta dessas espécies ao aumento da disponibilidade hídrica, o que permite determinar que irrigação inferior a 150% da  $ET_0$  é insuficiente para o crescimento regular das espécies.

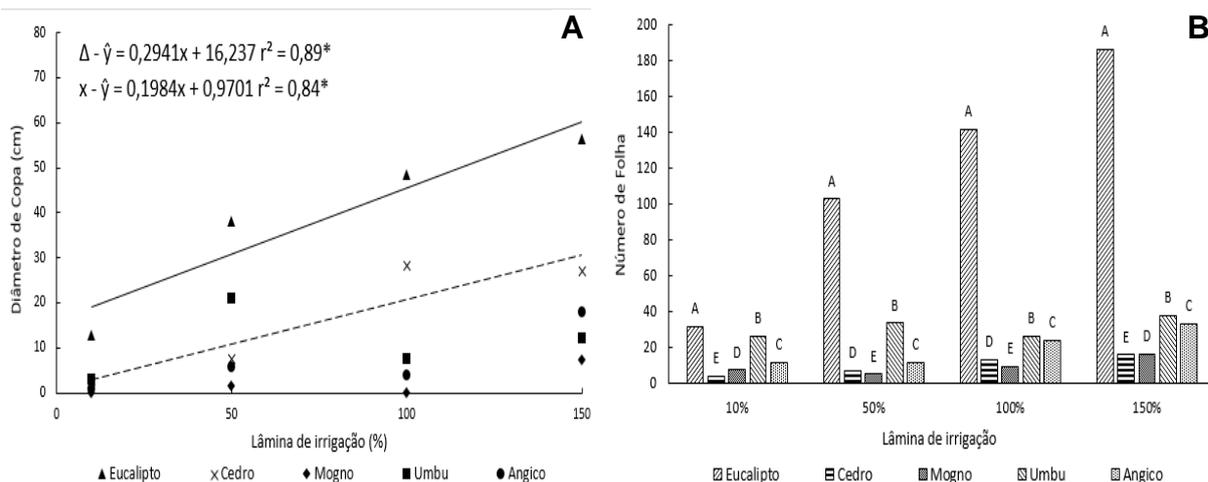
Todas as espécies avaliadas foram influenciadas pelos tratamentos, o que evidencia que o diâmetro do coleto é mais afetado pela disponibilidade hídrica do que a altura. Isso faz crer que esse parâmetro expressa melhor o efeito do estresse hídrico no crescimento vegetativo, corroborando com resultados obtidos por Reis et al. (2006); Vellini et al. (2008) e Xavier et al. (2011), para espécies do gênero *Eucalyptus*.

### **3.3 Diâmetro de Copa**

Para a variável diâmetro de copa, observa-se que houve interação significativa entre as espécies e os tratamentos aplicados (Anexo C, Tabela 3). As espécies eucalipto e cedro apresentaram crescimento linear positivo de diâmetro de copa, não sendo constatado o mesmo comportamento para as demais espécies, que

apresentaram pouca variação para esse parâmetro entre as lâminas de irrigação aplicadas (Figura 7A).

Wyzykowski et al. (2015) relatam diferenças no diâmetro de copa em cafeeiros (*Coffea arabica*) com diferentes níveis de irrigação ao longo do ano. Esse comportamento ocorre porque plantas em estado de déficit hídrico tendem a sofrer processos de adaptação, como a diminuição da área foliar e fechamento do estômato, além de decréscimo na taxa de crescimento de ramos (TAIZ e ZEIGER, 2009) para se estabelecerem.



**Figura 7 -** Diâmetro de copa em função das lâminas de irrigação (A) e diâmetro de copa das espécies submetidas a cada lâmina de irrigação (B). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015.

Entre as espécies, o eucalipto apresenta o maior incremento em diâmetro de copa dentre todos os tratamentos, seguido pelo cedro, umbu, angico e mogno, respectivamente (Figura 7B). O eucalipto se destaca por apresentar crescimento de ramos superior às demais espécies, sendo uma característica da espécie.

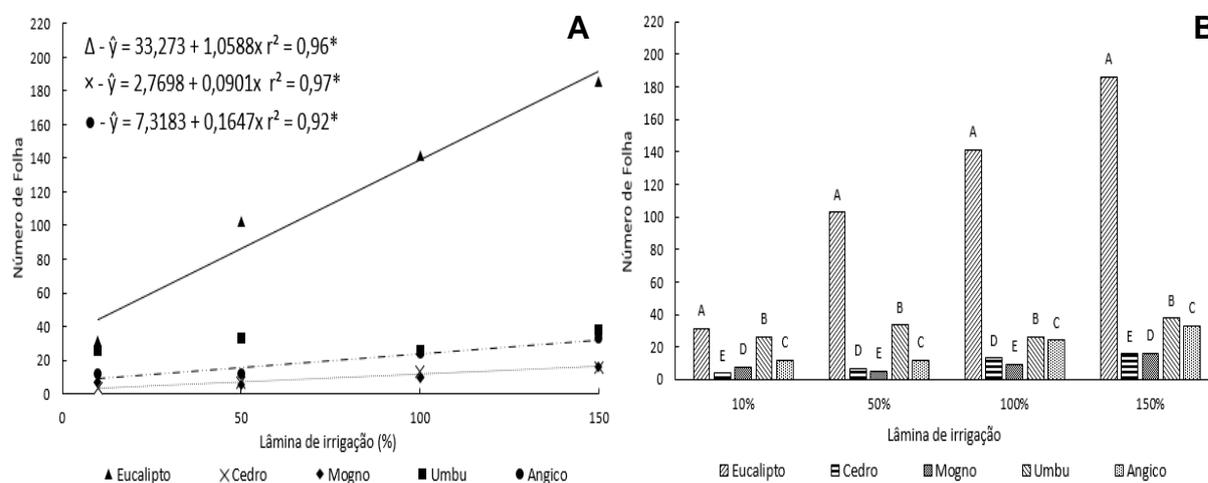
O menor crescimento em diâmetro de copa, apresentado pelo mogno, pode estar associado ao tamanho mais elevado das mudas no início do experimento. Outro fator que pode estar relacionado, trata-se do grupo ecológico em que a espécie está inserida (secundárias iniciais a tardias), uma vez que, segundo Ludvichak et al. (2012), normalmente a diferença no crescimento em diâmetro de copa entre espécies é dependente do grupo ecológico a que pertencem, e que de maneira geral, espécies pioneiras apresentam crescimento mais rápido do que as espécies secundárias ou clímax.

### 3.4 Número de Folhas

O número de folhas apresentou interação significativa entre as espécies e as lâminas de irrigação aplicadas (Anexo C, Tabela 3).

Na Figura 8A, é possível identificar que o número de folhas de todas as espécies se manteve de forma constante entre as lâminas de irrigação empregadas, com exceção do eucalipto, que apresentou alta resposta aos diferentes tratamentos, com um incremento estimado em torno de 500% entre as lâminas de irrigação do tratamento 1 e 4 (10% e 150% ET<sub>0</sub>).

Schwinder et al. (2013), em estudo com híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*, em três microclimas, confirmam uma maior produção de folhas em condições de 75 a 90% de capacidade de campo (cc) e redução na produção de folhas na fração de estresse hídrico com 10% da cc. Butrinowski et al. (2013) obtiveram em seus estudos um crescimento linear no número de folhas em *E. grandis* até o tratamento com 250% da ET<sub>0</sub>.



**Figura 8** - Número de folhas das espécies em função das lâminas de irrigação (A) e número médio de folhas das espécies submetidas a cada lâmina de irrigação (B). Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015.

Mesmo não se ajustando um modelo de regressão aos dados de número de folhas para as demais espécies (Figura 8A) sob tratamento de estresse hídrico (T1), foi evidente a redução no número de folhas produzidas pelas espécies.

Em observações de campo, indivíduos de cedro e umbu, sob esse tratamento, apresentaram abscisão foliar total, enquanto que em indivíduos de

angico e eucalipto, foram constatadas murchas permanentes e, conseqüentemente, perda de área foliar.

Dantas (2014) relata situação semelhante em estudo com mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*). Apesar de não comprovar estatisticamente a redução do número de folhas para a espécie, a mesma apresentou abscisão foliar em irrigações de estresse hídrico (1,5 mm d<sup>-1</sup>).

Taiz e Zeiger (2009) afirmam que, similar ao que acontece com o diâmetro da copa, o número de folha reduzido em estado de estresse hídrico, pode ser considerado um mecanismo de adaptação. A abscisão foliar é um meio de diminuir a evapotranspiração pelas folhas e o consumo de água da planta (LAGO et al., 2011), além de promover o aumento na síntese de ácido abscísico (ABA) e estimular o crescimento de raiz, fornecendo à planta, uma maior capacidade de absorção de água e nutrientes para tentar se restabelecer (CORREIA e NOGUEIRA, 2004).

Entre as espécies, o eucalipto apresentou a maior produção de folhas em todos os tratamentos, seguido por umbu e angico, respectivamente. As espécies cedro e mogno se alternaram entre os tratamentos como as espécies com menor produção de folhas (Figura 8B). O número de folhas é um dos fatores que influencia diretamente na área foliar e na taxa fotossintética, e conseqüentemente, afeta o crescimento da planta em geral, como afirmam Araújo e Castro Neto (2002), em estudos com *Spondia tuberosa* (umbu), Figuerôa et al. (2004), com *Myracrodruon urundeuva* e Otto et al. (2013), com clones de *Eucalyptus*.

### **3.5 Matéria Fresca e Seca de Folha**

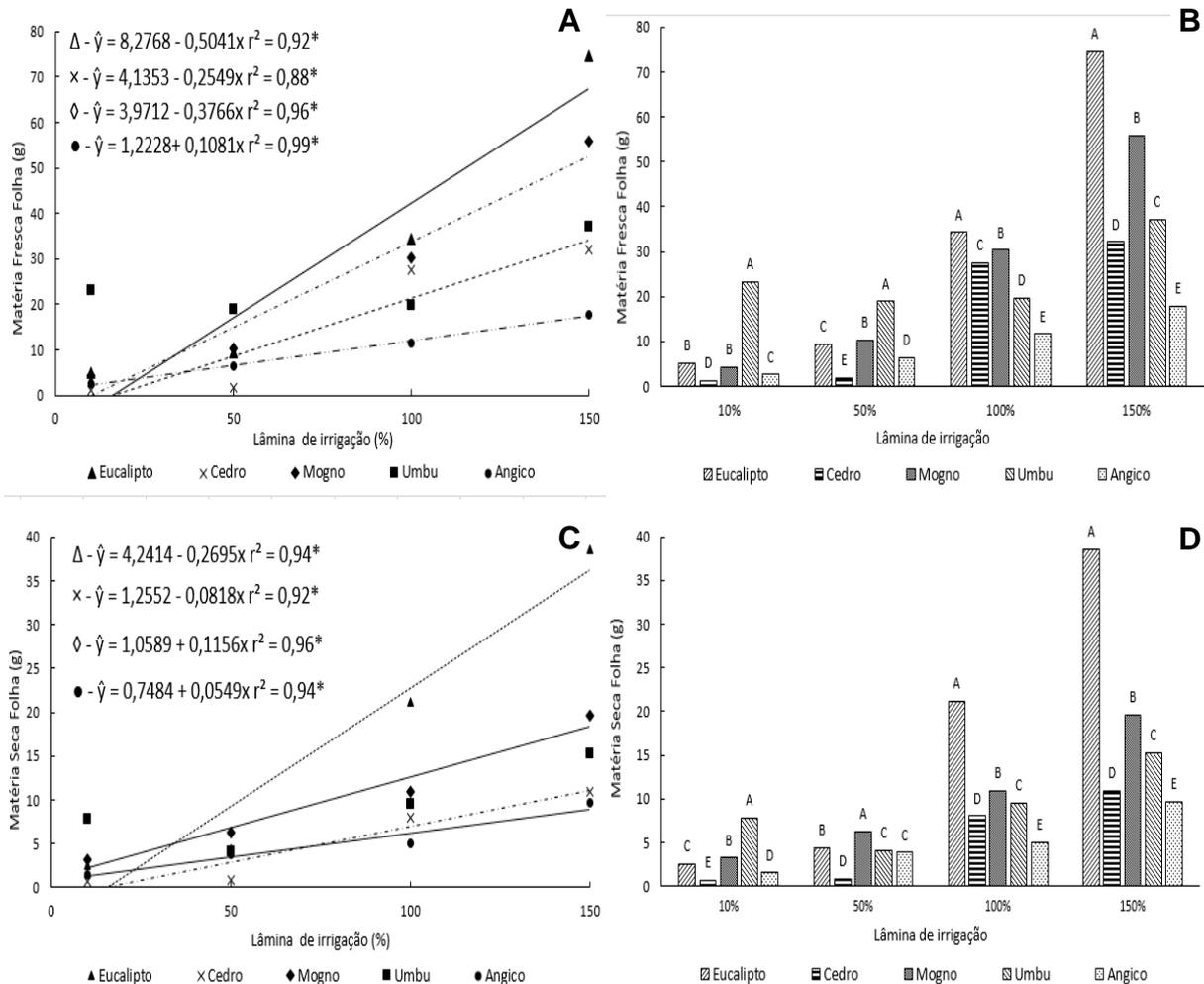
A matéria fresca e seca das folhas apresentou interação significativa entre as espécies e as lâminas de irrigação aplicadas (Anexo C, Tabela 3).

A produção de matéria fresca e seca em todas as partes da planta está estritamente relacionada com a disponibilidade hídrica. No presente estudo, a produção de matéria fresca e seca de folhas, caule e raiz, apresentam-se de forma distinta, frente aos efeitos da água na planta.

Os resultados mostraram que houve crescimento linear em função das lâminas de irrigação, tanto em matéria fresca (MFF) quanto em matéria seca da folha (MSF), em todas as espécies estudadas, com exceção do umbu, que

decreceu nos tratamentos 2 e 3 (50% e 100% da  $ET_0$ ), voltando a crescer no tratamento 4 (150%  $ET_0$ ), conforme mostram as Figuras 9A e 9C.

O cedro demonstrou alta variação na produção de MFF e MSF entre as lâminas de menor disponibilidade hídrica (T1 e T2) em relação às irrigações superiores (T3 e T4). Isso ocorreu devido à abscisão foliar que a espécie apresentou em tratamentos de menor disponibilidade hídrica.



**Figura 9** - Matéria Fresca de Folhas (A) e (B), Matéria Seca de Folhas (C) e (D) em função das lâminas de irrigação. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015.

O eucalipto se destacou entre as espécies pela alta taxa de alocação de matéria seca nas folhas, sendo superior em 254% ao cedro, 97% ao mogno, 152% ao umbu e 298% ao angico, quando são comparadas as espécies dentro do tratamento de maior disponibilidade hídrica (T4) (Figura 9D). Ao se observar o efeito dos tratamentos sob a espécie, nota-se um aumento de MSF em torno de 1400%

entre o tratamento T1 (2,58g) e o tratamento T4 (38,56g), seguindo a tendência da variação apresentada no número de folhas, ou seja, quanto menor o número de folhas, menor será a produção de matéria seca de folhas (Figura 9D). A depender da magnitude do estresse, para manter a sua sobrevivência, as plantas podem consumir suas reservas para conservar a taxa respiratória e a estabilidade metabólica, interrompendo o crescimento e a produção de matéria seca em geral (XAVIER, 2010).

Gomes (2013), avaliando clones de eucalipto, evidenciou uma variação de matéria seca da parte aérea em função das lâminas aplicadas, sendo a lâmina de 75% da  $ET_0$ , superior em 130% à lâmina 50% da  $ET_0$ . Vellini et al. (2008) relacionam a redução do crescimento da planta à deficiência hídrica, observada justamente na redução de matéria seca da planta, além do decréscimo do crescimento em diâmetro, altura e diminuição do número de folhas.

Em relação ao comportamento das espécies em cada lâmina de irrigação, verifica-se que o umbu e o cedro apresentaram, respectivamente, a maior e a menor MSF em tratamentos de menor disponibilidade hídrica (10 e 50%  $ET_0$ ). A partir do tratamento T3, o eucalipto passa a ser a espécie com maior MSF, seguida pelo mogno, umbu, cedro e angico, nessa ordem, conforme a Figura 9D.

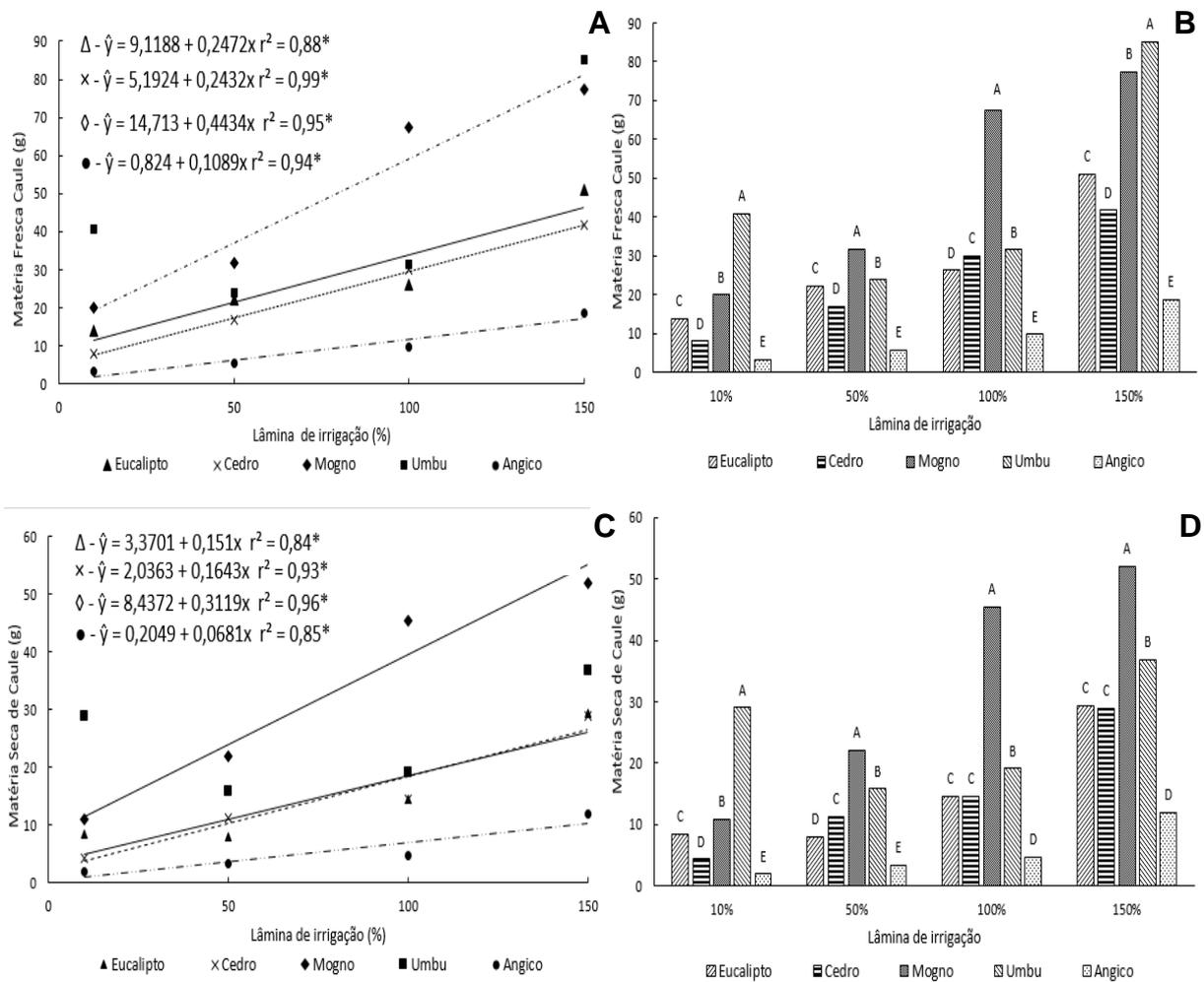
### **3.6 Matéria Fresca e Seca de Caule**

A matéria fresca e seca do caule apresentou interação significativa entre as espécies e as lâminas de irrigação aplicadas (Anexo C, Tabela 3).

Nas Figuras 10A e 10C, observou-se que similar ao ocorrido nas avaliações de MFF e MSF, todas as espécies, com exceção do umbu, apresentaram crescimento linear, tanto da matéria fresca (MFC), quanto da matéria seca do caule (MSC) em função das lâminas de irrigação.

O umbu apresentou os maiores valores para matéria seca do caule (MSC) no tratamento sob estresse hídrico T1 (10%  $ET_0$ ), do que nos tratamentos de lâminas intermediárias T2 e T3 (50% e 100%  $ET_0$ ) (Figura 10C). Isso acontece, pois, espécies xerófilas como o umbu, possuem mecanismos de adaptação, como controle estomático (CAVALCANTE et al., 2009) e o acúmulo de água e solutos

orgânicos nos xilopódios (SILVA et al., 2008), que garantem o desenvolvimento da espécie, mesmo em situação adversa.



**Figura 10** - Matéria Fresca de Caule (A) e (B) e Matéria Seca de Caule (C) e (D) em função das lâminas de irrigação. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015.

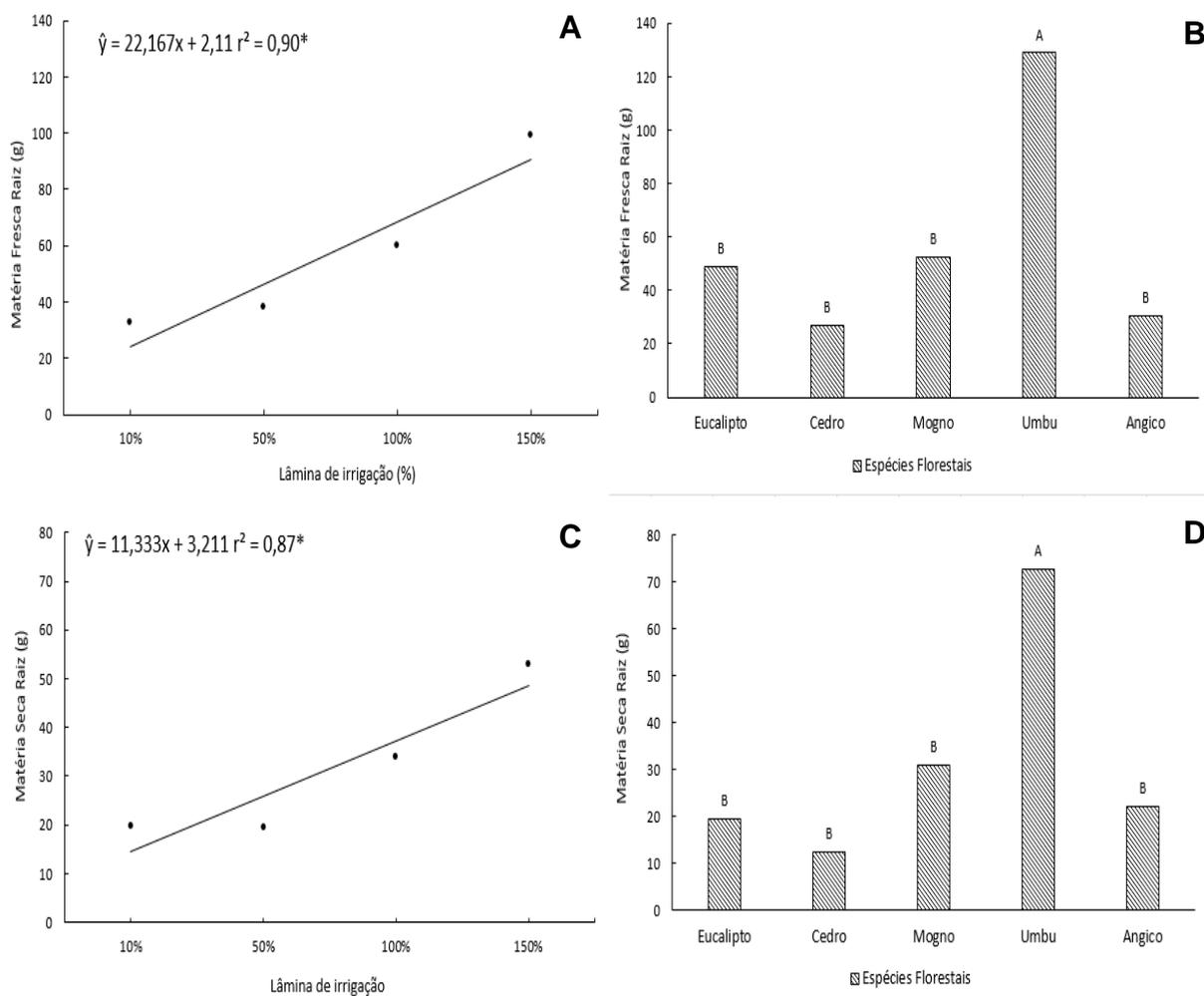
Ao se estudar o efeito das espécies dentro de cada lâmina de irrigação, o angico apresentou o mesmo comportamento encontrado para MFF e MSF, apresentando os menores valores de MFC e MSC, enquanto que o eucalipto e o cedro apresentaram aumento expressivo de MSC no tratamento 4 (150% ET<sub>0</sub>), não demonstrando diferença significativa entre os demais tratamentos (Figura 10D).

Pereira et al. (2006) e Xavier (2010) comprovaram que o estresse hídrico provoca a redução na MSC em híbrido de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*). Scalon et al. (2011) identificaram uma redução de 50% de matéria seca da parte aérea em mutambo (*Guazuma ulmifolia*) sob estresse hídrico (12,5% cc) em relação à disponibilidade hídrica normal (100% cc).

Na Figura 10D, ao avaliar as espécies dentro dos tratamentos, com exceção do tratamento 1 (10%  $ET_0$ ), em que o umbu apresentou maior produção de MSC, o mogno apresentou a maior produção de MSC, corroborando com o diâmetro de coleto, em que a espécie apresentou os maiores resultados. A espécie angico, apesar de maior crescimento em altura, obteve menores valores em diâmetro de coleto, culminando em menor crescimento para essa variável, semelhante aos resultados de MFF e MSF e diâmetro de copa. Com relação ao mogno, os resultados encontrados podem ser divididos em dois grupos, T3 e T4, com uma maior produção de MSC, e T1 e T2, com valores inferiores estatisticamente.

### **3.7 Matéria Fresca e Seca da Raiz**

Em contraste com os resultados da parte aérea (folha + caule), não houve interação significativa entre as espécies e as lâminas de irrigação avaliadas para a produção de matéria fresca e seca da raiz. Entre os tratamentos, tanto MFR quanto MSR, apresentaram o mesmo comportamento (Figura 11A e 11C), no qual a irrigação do tratamento T4 (150%  $ET_0$ ) proporcionou valor superior às demais irrigações.



**Figura 11** - Matéria Fresca de Raiz **(A)** e **(B)** e Matéria Seca de Raiz **(C)** e **(D)** em função das lâminas de irrigação e das espécies florestais, respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015.

Sob estresse hídrico, espera-se um menor crescimento da planta, entretanto, isso não ocorreu quando se avaliou a matéria fresca e seca das raízes, que entre os tratamentos 1 e 2 não apresentaram diferença marcante. A produção de fitomassa da raiz equivalente entre os tratamentos pode ser correlacionada ao fato de as plantas apresentarem tendência a alocar mais energia para as raízes, sob estresse hídrico, visando à manutenção do crescimento das raízes em direção às partes do solo com maior umidade (MACHADO, 2004; BELO, 2011).

Entre as espécies, tanto a MFR quanto a MSR foram maiores no umbu, enquanto as demais espécies não apresentaram diferenças entre si (Figura 11B e 11D). Essa superioridade está associada ao desenvolvimento inicial do umbuzeiro, que tende a acumular maior MSR, buscando o crescimento das estruturas de

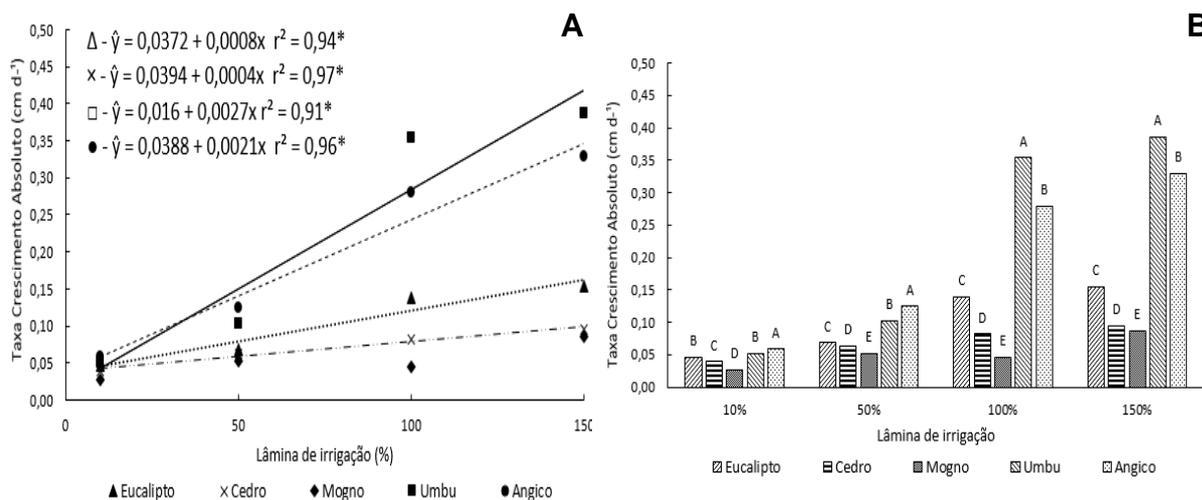
reservas de água e nutrientes (túberas), características da espécie (MELO et al., 2012).

A diferença entre as espécies pode estar ligada à resposta das plantas ao estado de estresse hídrico que, de acordo com Pimentel (2004), vai depender do estado fenológico e genético das mesmas, da magnitude e da intensidade do estresse. Taiz e Zeiger (2004) relataram que independente da espécie, o acúmulo de biomassa nas raízes é vital para o sucesso no plantio em campo, pois mudas com essa característica têm maior chance de sobreviver ao estresse hídrico da estação de seca.

### **3.8 Taxa de Crescimento Absoluto em Altura**

A taxa de crescimento absoluto em altura apresentou interação significativa entre as espécies e as lâminas de irrigação aplicadas (Anexo C, Tabela 3).

Na Figura 12A, é possível observar que a taxa de crescimento absoluto em altura (TCA) segue o padrão linear positivo de crescimento em todas as espécies, em função das lâminas de irrigação, exceto para a espécie mogno, que além de apresentar um decréscimo da TCA no tratamento 3 (100%  $ET_0$ ), obteve os menores valores dentre as espécies, para esse parâmetro. Isso ocorre, segundo Santos Neto (2014), porque o mogno é considerado uma espécie secundária tardia, apresentando crescimento mais lento que as demais espécies estudadas, classificadas como pioneiras.



**Figura 12** - Taxa de crescimento absoluto em altura em função das lâminas de irrigação **(A)** e taxa de crescimento absoluto em altura das espécies submetidas a quatro lâminas de irrigação **(B)**. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015.

Na Figura 12, destacam-se as taxas de crescimento inicial em altura do umbu e do angico, com 0,39 e 0,33 cm planta<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>, respectivamente, para o tratamento 4 (150% ET<sub>0</sub>), representando um aumento de cerca de 200% para ambas as espécies, em relação ao tratamento sob estresse hídrico T1 (10% ET<sub>0</sub>) (Figura 12A). As demais espécies não apresentaram diferenças expressivas entre os tratamentos para esse parâmetro.

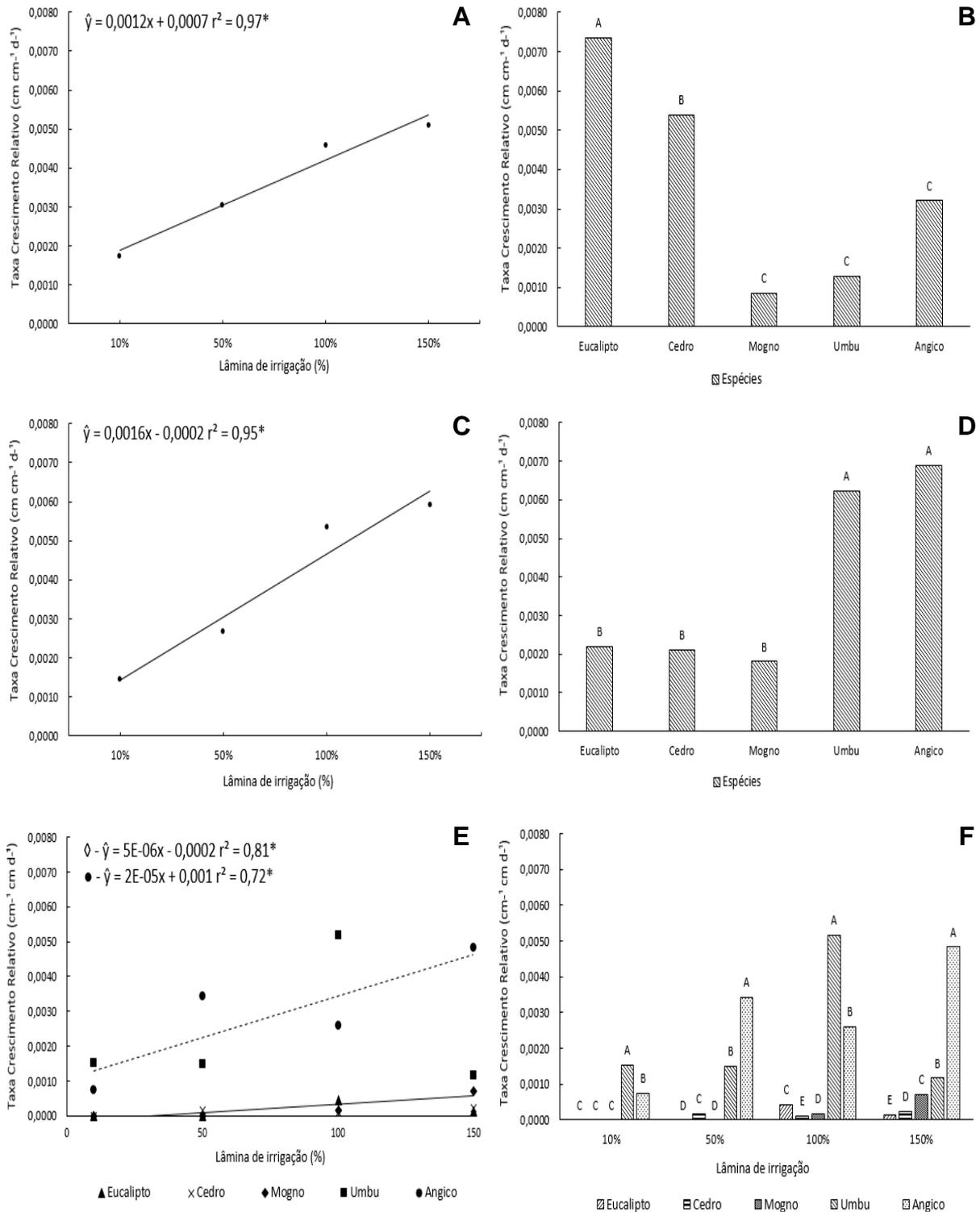
Campelo (2014), estudando o efeito da época de sequeiro e da estação chuvosa em espécies florestais, também evidenciou uma variação de TCA em função da disponibilidade hídrica e das diferentes espécies. Entretanto, Pimentel et al. (2011), não correlacionaram a elevação da taxa de crescimento absoluto em altura, da espécie cumaru (*Amburana cearenses*), com diferentes lâminas de irrigação (0,25; 0,50; 0,75; 1,00 e 1,25 da ET<sub>0</sub>). Os autores afirmaram que a espécie possui um padrão de crescimento da parte aérea diferente das culturas tradicionais, apresentando sucessivas fases de declínio e crescimento em altura das plantas, de modo que esse comportamento do crescimento em altura pode ser associado a estresses, como o transplântio das mudas, fase em que ocorre acentuada queda foliar. No presente estudo, o mogno apresentou esse padrão de crescimento observado em espécies como o cumaru.

### 3.9 Taxa de Crescimento Relativo em Altura

Não houve interação significativa entre as espécies e os tratamentos com as lâminas de irrigação aplicadas aos 60 e 120 dias, sendo verificada interação significativa apenas para taxa de crescimento relativo aos 180 dias (Anexo C, Tabela 3).

Na Figura 13A e C, verificou-se a influência da água no crescimento relativo em altura para 60 e 120 dias, quando são comparados os dois tratamentos com lâminas maiores em relação aos dois com lâminas menores. As lâminas de irrigação dos tratamentos 3 (100%  $ET_0$ ) e 4 (150%  $ET_0$ ) não apresentaram diferença marcante, mas proporcionaram um incremento de 200 e 70% (60 dias) e 322 e 118,5% (120 dias), em relação aos tratamentos 1 (10%  $ET_0$ ) e 2 (50%  $ET_0$ ), respectivamente.

Rodrigues et al. (2008) determinaram um crescimento linear da TCR em função do aumento do nível de disponibilidade hídrica para a mamona (*Ricinus communis*). Vieira e Gomes (2011) observaram um decréscimo da TCR no desenvolvimento inicial de pau-terra-do-cerrado (*Qualea grandiflora*) entre os regimes hídricos 100 e 12,5% da capacidade de campo (cc).



**Figura 13** - Taxa de crescimento relativo em altura em função das lâminas de irrigação aos 60, 120 e 180 dias (**A**, **C** e **E**) e taxa de crescimento relativo em altura entre as espécies florestais aos 60, 120 e 180 dias (**B**, **D** e **F**) para cada lâmina de irrigação. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015.

Em relação às espécies, na primeira avaliação, aos 60 dias, o eucalipto e o cedro apresentaram a maior taxa de crescimento relativo, respectivamente,

seguidos das demais espécies, que não divergiram entre si. A partir da segunda avaliação (120 dias), o umbu e o angico passam a ser as espécies com maior crescimento, enquanto que as demais espécies não divergiram entre si.

Os resultados demonstram um desenvolvimento mais rápido do eucalipto e do cedro, enquanto o umbu e o angico apresentam crescimento inicial mais lento, muito em função da abscisão foliar que essas espécies apresentaram nos primeiros meses de experimento. A partir da segunda avaliação (60 dias), com a brotação de novas folhas, o umbu e o angico passaram a ser as espécies de maior crescimento, como verificado na avaliação do incremento em altura (Figura 5B).

Os resultados corroboraram com os valores encontrados na TCA, em que o umbu e o angico também apresentaram crescimento superior às demais espécies.

Já o mogno, em ambas as avaliações apresentou os menores valores de TCR (Figura 13B e D), que podem estar ligados à sua classificação ecológica (secundária tardia), como observado no incremento em altura e em diâmetro do coleto.

Para a terceira e última avaliação, realizada aos 180 dias (Figura 13E), com interação significativa entre as espécies e as lâminas de irrigação, o mogno e o angico foram as únicas espécies que apresentaram crescimento linear positivo, enquanto nas demais espécies, a taxa de crescimento relativo em altura pouco variou.

Entre os tratamentos, o umbu e o angico alternaram-se com a maior taxa de crescimento relativo. As demais espécies apresentaram menor crescimento ou crescimento nulo quando submetidas a menores disponibilidades hídricas (10 e 50% de ET<sub>0</sub>) aos 180 dias de avaliação, podendo essas espécies ter chegado ao limite da capacidade do vaso.

Diante do exposto, é notória a influência da lâmina de irrigação no crescimento das espécies estudadas, assim como a variabilidade do comportamento do crescimento em função das diferentes espécies. Gomes (2013) enfatiza que a melhor lâmina a ser utilizada deve ser considerada em função da espécie, do ambiente e do método empregado para a obtenção da lâmina de irrigação.

#### 4. CONCLUSÕES

Todas as espécies apresentaram comportamento linear positivo para as variáveis avaliadas, em função dos tratamentos aplicados.

Dentre os tratamentos avaliados, o T4 (150% da  $ET_0$ ) foi o que proporcionou os melhores resultados para o crescimento inicial e produção de fitomassa, em todas as espécies avaliadas, ocorrendo comportamento contrário para as lâminas de irrigação inferiores a 100% da  $ET_0$ .

A espécie umbu apresentou maior tolerância ao estresse hídrico, devido a processos de adaptação característicos da espécie.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración Del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de água de lós cultivos**. FAO, Roma, 2006, 298 p.

ARAÚJO, F. P.; CASTRO NETO, M. T. Influência dos fatores fisiológicos de plantas-matrizes e época do ano no pegamento de diferentes métodos de enxertia do umbuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 752-755, 2002.

BARBOSA, L. H. A. **Irrigação em plantas jovens de mogno africano (*Khaya ivorensis*) no cerrado**. 2014. 66 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás – GO.

BELO, E. S. **Efeito do estresse hídrico no metabolismo de gabirobeira**. 2011. 131 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Jataí – GO.

BORGES, J. S. **Análise comparativa do proteoma e metaboloma de raízes de dois clones de *E. grandis* x *E. camaldulensis*, sendo um tolerante e um susceptível a condições de estresse hídrico**. 2013. 199 p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz. Piracicaba – SP.

BUTRINOWSKI, R. T.; BUTRINOWSKI, I. T.; SANTOS, E. L.; PICOLOTTO, P. R.; PICOLOTTO, R. A.; SANTOS, R. F. Disponibilidade hídrica no desenvolvimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis* em ambiente protegido. **Revista Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, n. 3, p. 84-93, 2013.

CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Edições UESB, Vitória da Conquista, 2008, 72 p.

CAMPELO, D. H. **Crescimento e trocas gasosas de seis espécies florestais sob dois regimes hídricos no perímetro irrigado baixo Acaraú – CE**. 2014. 116 p.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, Fortaleza – CE.

CARLESSO, R.; ZIMMERMANN, L.F. **Água no solo**: parâmetros para dimensionamento de sistemas de irrigação. Imprensa Universitária, Santa Maria, 2000, 88 p.

CAVALCANTE, A. C. R.; CAVALLINI, M. C.; LIMA, N. R. C. B. **Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Documentos Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral – CE. 2009, 50 p.

CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido ao déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 1-7, 2004.

DANTAS, S. G. **Crescimento inicial e morfologia foliar em plantas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. E *Erythrina velutina* Mart. Ex. Benth, sob estresse hídrico**. 2014. 39 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Macaíba – RN.

DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; ALVES JUNIOR, J.; MELO, R. F. Água no meloeiro. **Revista Cultivar Hortaliças e Frutas**, v. 5, n. 27, p. 10-12, 2004.

ENCIDAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores**. Universidade de Brasília – Departamento de Engenharia Florestal, Comunicações Técnicas Florestais, v. 7, n. 1, 2005, 47p.

FIGUERÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Acta Botânica Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 573-580, 2004.

GOMES, D. R. **Resposta de mudas clonais de eucalipto cultivadas com hidrocorretor em diferentes níveis de disponibilidade hídrica**. 2013. 89 p.

Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro – ES.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 3. ed.: Ed. UFV, Viçosa, 2004, 116p.

GONÇALVES, M. R.; PASSOS, C. A. M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, p. 145-161, 2000.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. 1ª ed. Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2004, 472 p.

LAGO, I.; STRECK, N. A.; BISOGNIN, D. A.; SOUZA, A. T.; SILVA, M. S. Transpiração e crescimento foliar de plantas de mandioca em resposta ao déficit hídrico no solo. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 11, p. 1415-1423, 2011.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: Prado, C. H. B. A. Ed. Rima, São Carlos, 2006, 531 p.

LENHARD, N. R.; SCALON, P. Q.; NOVELHO, J. O. Crescimento inicial de mudas de pau ferro (*Caesalpinia férrea* MART. ex Tul. var. *leiostachya* Benth.) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Ciência e Agrotécologia**, v. 34, n. 4, p. 870-877, 2010.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I.A.; SAAD, J.C.C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 4 ed. Vol. 1. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2002, 368 p.

LUDVICHAK, A. A.; TOPANOTTI, L. R.; JUNG, P. H.; BRUN, E. J. Comportamento inicial da área de copa de espécies nativas do Paraná em plantio homogêneo. In: IV Congresso Florestal Paranaense. **Anais...** Curitiba – PR. 2012.

MACHADO, A. V. **Efeito do estresse hídrico em plantas jovens de *Hedyosmum brasiliense* Mart. (Chloranthaceae)**. 2004. 65 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC.

MARTINEZ, C. A. Efeito do aumento do CO<sub>2</sub> atmosférico no crescimento das plantas. **Revista Ação Ambiental**, Sequestro de CO<sub>2</sub>. Editora UFV. Ano IV, n. 21, p. 16-19, 2001.

MARTINOTTO, F.; MARTINOTTO, C.; COELHO, M. F. B.; AZEVEDO, R. A. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas do Cerrado em consórcio com mandioca. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 47, n. 1, p. 22-29, 2012.

MELO, A. P. C.; SELEGUINI, A.; CASTRO, M. N.; MEIRA, F. A.; GONZAGA, J. M. S.; HAGA, K. I. Superação de dormência de sementes e crescimento inicial de plântulas de umbuzeiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 4, p. 1343-1350, 2012.

MENDONÇA, B. R. **Potencial de estabelecimento de espécies arbóreas em sistema silvipastoril na região de Lavras, sul do Estado de Minas Gerais**. 2014. 65 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras. Lavras – MG.

NAVROSKI, M. C.; ARAUJO, M. M.; FIOR, C. S.; CUNHA, F. S.; BERGHETTI, A. L. P.; PEREIRA, M. O. Uso de hidrogel possibilita redução da irrigação e melhora o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Scientia Forestalis**, v. 43, n. 106, p. 467-476, 2015.

NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; OYA, T. Tolerância à seca em plantas: mecanismos fisiológicos e moleculares. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 23, p. 12-18, 2001.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. DE L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Universidade Federal Rural de Pernambuco - Recife, **Imprensa Universitária**, p. 22-31, 2005.

OTTO, M. S. G.; VERGANI, A. R.; GONÇALVES, A. N.; VRECHI, A.; SILVA, S. R.; STAPE, J. L. Fotossíntese, condutância estomática e produtividade de clones de *Eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas. **Revista Árvore**, v. 36, v. 37, n. 3, p. 431-439, 2013.

PEREIRA, M. R. R.; KLAR, A. E.; SILVA, M. R.; SOUZA, R. A.; FONSECA, N. R. Comportamento Fisiológico e Morfológico de *Eucalyptus Urograndis* submetidos à diferentes níveis de água no solo. **Irriga** (UNESP. CD-ROM), v. 11, p. 518-531, 2006.

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

PIMENTEL, J. V. F.; GUERRA, H. O. C. Irrigação, matéria orgânica e cobertura morta na produção de mudas de cumaru (*Amburana cearensis*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 9, p. 896-902, 2011.

REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; FONTAN, I.C.I.; MONTE, M.A.; GOMES, N.A.; OLIVEIRA, C.H.R. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus* spp. submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore**, v. 30, p. 921-931, 2006.

RESENDE, S. A. A.; RESENDE JUNIOR, J. C. Interferência dos ventos no cultivo de plantas: efeitos prejudiciais e práticas preventivas. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, 2011.

RODRIGUES, L. N.; NERY, A. P.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. M. Taxas de crescimento em altura de mamoneira submetidas ao estresse hídrico-salino. In: III Congresso Brasileiro de Mamona. **Anais...** Salvador – BA. 2008.

SAEG. **Sistemas para análises estatísticas**, 7.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, UFV/DBG, 2007.

SANTOS NETO, A. P. **Crescimento inicial de mogno africano (*Khaya* spp.) sob diferentes condições microclimáticas associadas à deficiência hídrica**. 2014. 64 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo – ES.

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

SCHWIDER, Y. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; CORREA, V. B.; TOLEDO, J. V.; XAVIER, T. M. T. Efeito do déficit hídrico sobre o crescimento de eucalipto em diferentes condições microclimáticas. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, p. 888, 2013.

SILVA, E.C.; NOGUEIRA, R.J. M. C.; ARAUJO, F. P.; MELO, N. F.; AZEVEDO NETO, A. D. Physiological Responses To Salt Stress in Young umbu plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, p. 147-157, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Artmed, Porto Alegre, 2004, 722 p.

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

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F.; PENCHEL, R. M. Desempenho de clones de eucalipto em resposta à disponibilidade de água no substrato. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 17, p. 179-189, 2009.

VIEIRA, E. A.; GOMES, A. S. Desenvolvimento inicial de plantas jovens de pau-terra-do-cerrado sob diferentes regimes hídricos. **Revista Evolução e Conservação da Biodiversidade**, v. 2, p. 58-65, 2011.

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

WYZYKOWSKI, J.; CUSTODIO, A. A. P.; CUSTODIO, A. A. P.; GOMES, N. M.; MORAIS, A. R. Análise do diâmetro de copa do cafeeiro recepado utilizando um modelo não linear misto. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 33, n. 3, p. 243-256, 2015.

XAVIER, T. M. T. **Efeito da restrição hídrica sobre o crescimento de clones de eucalipto**. 2010. 80 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo – Programa de Pós-Graduação em produção vegetal. Alegre – ES.

XAVIER, T. M. T.; PEZZOPANE, J. E. M.; PENCHEL, R. M.; CALDEIRA; M. V. W; KLIPPEL; V. H; TOLEDO, J. V.; SILVA, M. R. Crescimento do eucalipto sob diferentes níveis de déficit hídrico. In: Congresso Brasileiro de Fisiologia. **Anais...** Búzios-RJ, 2011.

## CAPÍTULO 2: CONSUMO HÍDRICO E INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS NO CRESCIMENTO INICIAL DE CINCO ESSÊNCIAS FLORESTAIS

### RESUMO

A determinação do consumo hídrico de cada espécie é essencial para o manejo hídrico adequado e o sucesso na implantação de novas espécies em locais com condições edafoclimáticas específicas. O presente estudo teve como objetivos determinar a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) e o coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>), além de avaliar a influência dos fatores ambientais na fase inicial de desenvolvimento de cinco espécies florestais. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, com cinco essências florestais: híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (eucalipto), *Toona ciliata* (cedro), *Khaya ivorensis* (mogno) *Spondias tuberosa* (umbu) e *Anadenanthera colubrina* (angico), com três repetições, totalizando 15 parcelas. Adicionalmente, foram utilizados três vasos sem mudas para determinar a evaporação da água do solo. Os vasos foram dispostos em bancadas e ligados a recipientes de captação de água, semelhante a um minilímetro de drenagem, em que foram medidos a evapotranspiração de cada espécie (ET<sub>c</sub>). O eucalipto apresentou o maior valor de ET<sub>c</sub> dentre as espécies, com 13,93 mm d<sup>-1</sup>. Os valores médios de K<sub>c</sub> das espécies, foram de 3,06, 1,85, 1,28, 1,25 e 1,25 para eucalipto, mogno, cedro, umbu e angico, respectivamente. Com a determinação do K<sub>c</sub> duplo, o cedro, umbu e angico demonstraram que a maior parte da sua evapotranspiração é proveniente da evaporação da água do solo, diferentemente das espécies eucalipto e mogno, em que o maior consumo ocorreu devido à transpiração efetiva da planta. Entre os fatores ambientais avaliados, a radiação solar, com diferença de 42% entre os ambientes, foi a variável que mais influenciou no crescimento inicial das espécies.

**Palavras-chave:** Evapotranspiração da cultura; coeficiente da cultura; fatores ambientais; espécies florestais.

## CHAPTER 2: WATER CONSUMPTION AND INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE INITIAL GROWTH OF FIVE FOREST SPECIES

### ABSTRACT

Determination of water consumption of each species is essential for proper water management and the successful implementation of new species in areas with specific soil and climate conditions. The present study had as the objectives determine the crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>), the crop coefficient (K<sub>c</sub>) and to evaluate the influence of environmental factors in early development of five forest species. The experiment was a completely randomized design with five forest species: hybrid of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (eucalypt), *Toona ciliata* (cedar), *Khaya ivorensis* (mahogany), *Spondias tuberosa* (umbu) and *Anadenanthera colubrina* (angico) with three repetitions and three vase, totaling 15 installments. Additionally, three vases were used to determine the evaporation of water from the soil. The vase were placed on stand and connected to water catchment containers, similar to a drain mini Lysimeter, in which were measured evapotranspiration of each species (ETC). Eucalyptus presented the highest value of ET<sub>c</sub> among species with 13.93 mm d<sup>-1</sup>. The average values of K<sub>c</sub> were 3.06, 1.85, 1.28, 1.25 and 1.25 for eucalyptus, mahogany, cedar, umbu and angico, respectively. With the determination the dual K<sub>c</sub>, the cedar, umbu and angico they showed that most of evapotranspiration is obtained by evaporation of water from the soil, different of species eucalyptus and mahogany wherein the highest consumption was due in favor of plant transpiration effective. Among the environmental factors measured solar radiation with a difference of 42% between the environments, was the variable that most influenced the early growth of the species.

**Keywords:** Evapotranspiration culture, crop coefficient, environmental, forest species.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população mundial, é cada vez maior a demanda por alimento, energia, bens manufaturados e produtos de origem florestal, sobrecarregando o uso dos recursos hídricos. Essencial para a manutenção da vida no planeta, o uso de forma racional da água permite, além de tudo, uma maximização de todos os recursos naturais (COUTO et al., 2015). Assim, o planejamento com uma maior eficácia em otimizar o uso e metodologias que estimem a quantidade exata de água a ser aplicada às diversas culturas, mostra-se cada vez mais necessário (COLETTI et al., 2012).

Para a determinação das necessidades hídricas de uma cultura, devem ser levadas em consideração as características do solo, do clima, da qualidade da água e da planta, de forma simultânea. Ao se estimar a evapotranspiração da cultura, na verdade, se estará quantificando o volume de água necessário a repor, a fim de suprir as perdas hídricas devido à demanda atmosférica (evapotranspiração da cultura) (FERREIRA, 2010).

Para um manejo de irrigação mais racional e eficiente, torna-se imprescindível a utilização de informações, como a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) e a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), conforme retrataram Pinheiro et al. (2015). A  $ET_0$  é calculada pelas variáveis climáticas, como temperatura, radiação solar ou métodos combinados (radiação e temperatura), com destaque para o método de Penman-Monteith (FAO-56), referência internacional que permite a obtenção de resultados confiáveis do potencial de evapotranspiração de um determinado local (SILVA et al., 2011).

A quantificação da  $ET_c$ , sem restrições hídricas, nutritivas e de fitopatologias (condições ideais) é realizada geralmente através de lisímetros (FERREIRA, 2010), que são constituídos de uma caixa impermeável, contendo um volume de solo com a cultura de interesse, que permita determinar com precisão a variação do balanço hídrico do volume amostrado. Os lisímetros mais utilizados são o de lençol freático constante, o de pesagem e o de drenagem ou percolação (PEREIRA et al., 2002).

Com a relação dessas duas variáveis ( $ET_c$  e  $ET_0$ ), pode-se determinar o coeficiente da cultura ( $K_c$ ), que irá representar a integração das características que influenciam na diferença entre evapotranspiração de referência com a da cultura,

que são: a altura da cultura, a evaporação da água na superfície do solo, a resistência do dossel vegetativo e o albedo da superfície cultura-solo (ALLEN et al., 1998).

Diante do conhecimento das necessidades hídricas de cada espécie e a garantia de que a planta receba os suprimentos tanto de água quanto nutritivos necessários ao seu desenvolvimento, a diferença no crescimento dentro da mesma espécie passará a ser a influência dos fatores climáticos. Dentre eles, destacam-se a radiação solar, umidade relativa do ar, temperatura do ar e a velocidade do vento (LACERDA et al., 2010).

Os efeitos desses fatores podem ser dimensionados através de estudos em campo ou em ambientes protegidos. Para Montes (2008), nesse tipo de ambiente, a evapotranspiração das plantas é menor do que em áreas livres, devido à opacidade da cobertura plástica, provocando a diminuição da radiação solar incidente e a redução do efeito dos ventos.

Com o intuito de agregar conhecimento à crescente linha de pesquisa envolvendo as espécies florestais, em conjunto com as condições edafoclimáticas da região Sudoeste da Bahia, o presente estudo tem como objetivo determinar a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) e o coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>), além avaliar a influência dos fatores ambientais na fase inicial de desenvolvimento de cinco espécies florestais: *Khaya ivorensis*, *Toona ciliata*, híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, *Spondias tuberosa* e *Anadenanthera colubrina*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização do Experimento

O experimento foi desenvolvido no campo experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, situada no município de Vitória da Conquista – BA, cujas coordenadas geográficas são 14°51'58" de latitude Sul e 40°50'22" de longitude Oeste e altitude de 850 m.

O clima do município, segundo classificação de Köppen, é tropical de altitude (Cwb), com concentração de chuvas no período de novembro a abril, com média anual de 700 mm e temperatura média anual de 19,6°C, média máxima de 23,5°C e mínima de 15,1°C.

### 2.2 Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto de cinco essências florestais: híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (clone AEC 144) (eucalipto), *Toona ciliata* (cedro), *Khaya ivorensis* (mogno), *Spondias tuberosa* (umbu) e *Anadenanthera colubrina* (angico), com três repetições, totalizando 15 parcelas. Foram usados três vasos sem mudas para determinar a evaporação do solo.

### 2.3 Manejo do Experimento

As parcelas experimentais foram compostas por vasos plásticos com capacidade de 20 litros, perfurados no centro e conectados individualmente a recipientes de dois litros, por meio de uma mangueira de meia polegada, constituindo os minilímetros de drenagem.

Os vasos foram dispostos equidistantes, em três bancadas de 0,5 m de largura, 0,5 m de altura e 5 m de comprimento, conforme a Figura 1. Cada vaso recebeu em seu interior uma camada de 5 cm de espessura de brita zero e outra camada de areia grossa de mesma espessura, utilizadas para melhorar a drenagem, evitando que a compactação do solo, no decorrer do experimento, prejudicasse o escoamento do excesso de água do vaso.



**Figura 1** - Disposição dos vasos nas bancadas na área experimental. Vitória da Conquista/BA, 2015.

O substrato utilizado para preencher os vasos foi composto por terra de subsolo e esterco bovino, peneirados em malhas de 4 mm, que foram misturados e homogeneizados. A proporção da mistura foi de quatro partes de terra para uma de esterco.

Após a análise química e física da mistura de solo, foi realizada a correção do solo, com 120 g de superfosfato simples e 40g de cloreto de potássio, no momento do transplântio, de acordo com as recomendações para plantios comerciais, e proporcionalmente para a quantidade de substrato em cada vaso, sendo levada em consideração a análise de solo. Durante o experimento, mais duas adubações de cobertura com 40g de NPK (20-00-20) foram realizadas, especificamente, aos 60 e aos 90 dias.

As mudas foram selecionadas quanto à uniformidade de tamanho e número de folhas dentro da mesma espécie. O transplântio das mudas para os vasos foi realizado quando as mesmas estavam em condições de serem plantadas no campo.

O solo dentro do vaso foi mantido na capacidade de campo por um período de 20 dias, para aclimatação das mudas, de modo que, posteriormente, fossem realizadas as avaliações, com intervalo de 30 dias, que se iniciaram no dia 13/07/2015 e terminaram no dia 15/12/2015, tendo o experimento duração de 150 dias.

A cada 15 dias os vasos foram trocados de lugar, aleatoriamente, para que fossem recebidas as mesmas condições experimentais e evitar o efeito do sombreamento entre as mudas.

A irrigação e a coleta da água drenada foram realizadas diariamente às 08:00 horas da manhã e os tratos fitossanitários foram efetuados de acordo com a necessidade. A irrigação das plantas foi baseada no balanço hídrico do solo, calculada diariamente conforme a Equação 1. Ainda com o uso dessa equação, calculou-se a evapotranspiração das espécies florestais (ET<sub>c</sub>), obtida pela diferença entre a irrigação e a água drenada diariamente. A água coletada na drenagem foi adicionada à água de irrigação seguinte, com o intuito de aproveitar possíveis nutrientes lixiviados durante a drenagem.

$$ET_c = \frac{I+P-D}{S} \quad (1)$$

Onde:

ET<sub>c</sub> = Evapotranspiração da cultura (mm d<sup>-1</sup>);

I = Irrigação do vaso (L);

P = Precipitação pluviométrica (L);

D = Água drenada do vaso (L);

S = Área do vaso (m<sup>2</sup>).

A Evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) foi calculada diariamente usando a Equação 2, segundo o modelo de Penman-Monteith – FAO 56 (ALLEN et al., 1998), utilizando dados meteorológicos obtidos de uma estação meteorológica automática instalada próxima ao experimento, em que os parâmetros temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento foram mensurados.

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u^2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0,34u^2)} \quad (2)$$

Onde:

ET<sub>0</sub> = Evapotranspiração de referência, mm dia<sup>-1</sup>;

R<sub>n</sub> = Radiação líquida na superfície das culturas, MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>;

G = Fluxo de calor no solo, MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>;

$T$  = Temperatura média diária do ar a 2 m de altura, °C;  
 $u_2$  = Velocidade do vento a 2 m de altura, m s<sup>-1</sup>;  
 $e_s$  = Pressão da saturação de vapor, kPa;  
 $e_a$  = Pressão parcial de vapor, kPa;  
 $e_s - e_a$  = Déficit de saturação de vapor, kPa;  
 $\Delta$  = Declividade da curva da pressão de vapor versus temperatura, kPa °C<sup>-1</sup>;  
 $\gamma$  = Constante psicrométrica, kPa °C<sup>-1</sup>.

A precipitação pluviométrica foi medida com o uso de um pluviômetro do tipo Ville de Paris, instalado a 1,5 m de altura em relação ao solo, sendo as coletas de água realizadas na manhã seguinte à precipitação. Nos dias em que houve precipitação, as leituras de água dos vasos foram desconsideradas.

O coeficiente da cultura ( $K_c$ ) de cada espécie foi obtido usando-se a Equação 3.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (3)$$

Adicionalmente, calculou-se o coeficiente duplo da cultura, que consiste em dividir o  $K_c$  em um coeficiente basal de cultura ( $K_{cb}$ ) e um coeficiente de evaporação do solo ( $K_e$ ), conforme a metodologia proposta pelo Boletim FAO-56 (Allen et al., 1998), que determina o coeficiente da cultura utilizando a seguinte equação:

$$K_c = K_{cb} + K_e \quad (4)$$

O coeficiente basal de cultura ( $K_{cb}$ ) das espécies avaliadas foi determinado de acordo com a equação proposta por Allen et al. (1998):

$$K_{cb} = \frac{ET_c}{ET_o} - K_e \quad (5)$$

A evaporação da água do solo ( $K_e$ ) foi determinada nos vasos com solo descoberto, pela diferença entre a água aplicada e a drenada, diariamente. Já a transpiração das espécies foi obtida pela diferença entre a evapotranspiração da cultura e a evaporação da água do solo dos vasos.

Para avaliar a influência das variáveis ambientais no desenvolvimento das espécies, utilizou-se dados de radiação solar, velocidade do vento, temperatura média e umidade relativa média diária, medidas por duas estações meteorológicas automáticas, instaladas dentro e fora da casa de vegetação. De posse dos dados, foi calculado o déficit de pressão de vapor do ar (DPV), de acordo as equações, propostas por Pereira et al. (2002).

$$DPV = es - ea \quad (6)$$

Onde:

es = pressão de saturação de vapor, kPa.

ea = pressão parcial de vapor, kPa.

A pressão de saturação de vapor (es), a parcial de vapor (ea) e a umidade relativa do ar (UR) foram calculadas de acordo com as seguintes equações:

$$es = 0,6108 \times 10^{\frac{7,5 \times Tar}{237,3 + Tar}} \quad (7)$$

Em que:

Tar = temperatura do ar, °C.

$$ea = UR \times \frac{es}{100} \quad (8)$$

As características utilizadas para avaliar a influência dos fatores ambientais no crescimento vegetativo foram o diâmetro do coleto, medido a 5 cm do solo, com um paquímetro digital e a altura da planta, medida da base do coleto ao ápice, com uma régua graduada. Para esses parâmetros, foi utilizada a variação de crescimento (medida final – medida inicial do experimento), visto que as plantas apresentavam tamanhos diferentes.

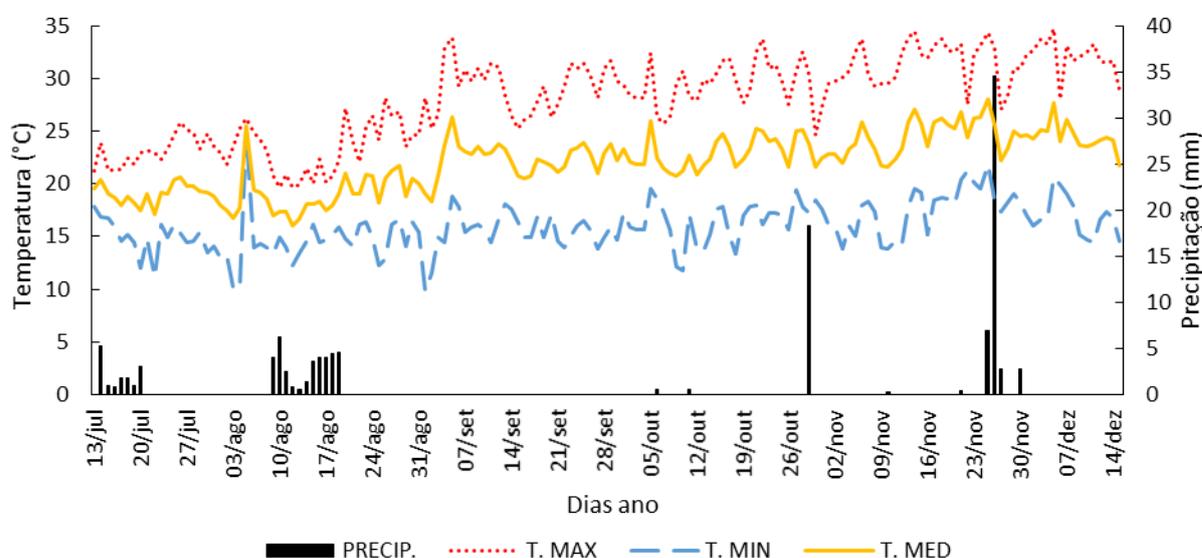
A matéria seca total (MST) foi obtida ao fim do experimento, em que as plantas tiveram seus órgãos colhidos e separados em folhas, caules e raízes, e após isso, foram acondicionadas em sacos de papel para a secagem em estufa, a uma temperatura de 65°C, até atingir peso constante para a obtenção da matéria seca.

É importante destacar que essas características foram obtidas para os experimentos conduzidos fora e dentro da casa de vegetação.

Para comparar as características avaliadas do experimento conduzido fora da casa de vegetação com as obtidas dentro da casa de vegetação, utilizaram-se os dados dos tratamentos 100 e 150% da  $ET_0$ , pois representa a condição mais próxima entre os dois experimentos, em termos de disponibilidade de água no solo.

## 2.4 Condições Climáticas

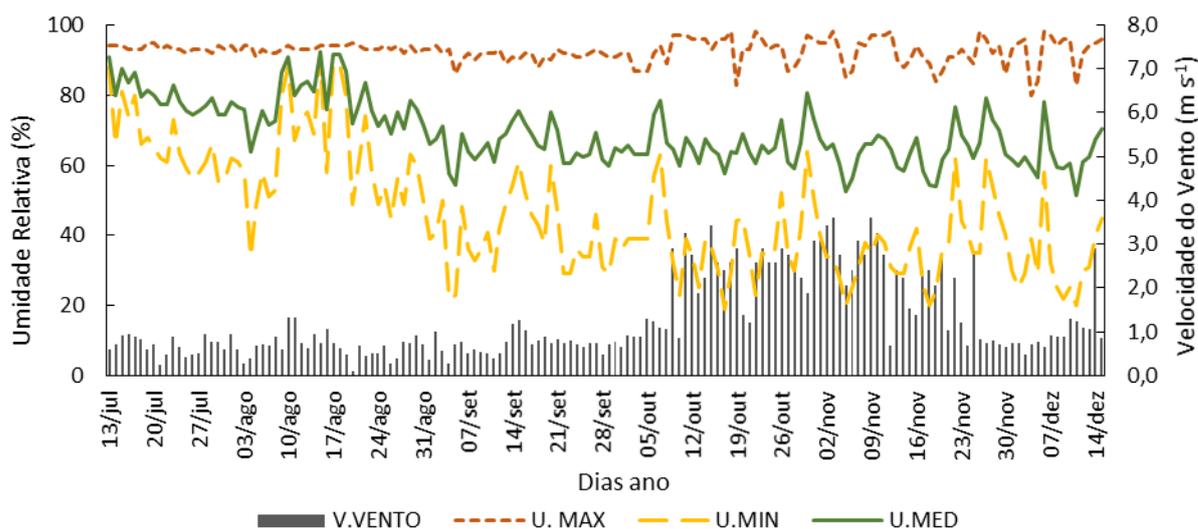
Na Figura 2 é possível observar a oscilação das temperaturas máximas, mínimas e médias diárias, além da precipitação ocorrida durante o período do experimento. A precipitação total nesse período foi de 117,72 mm, distribuídos, principalmente, em dias agrupados (14/07 a 20/07; 09/08 a 19/08).



**Figura 2** - Valores de temperatura máxima, mínima e média diárias do ar e precipitação. Vitória da Conquista/BA, 2015.

A temperatura máxima média foi de  $28,06^{\circ}\text{C}$ , com pico de  $34,7^{\circ}\text{C}$ , em dezembro/2015, a temperatura mínima média foi de  $15,96^{\circ}\text{C}$ , com mínima de  $9,8^{\circ}\text{C}$ , no início de setembro/2015. A temperatura média durante todo o experimento foi de  $22,01^{\circ}\text{C}$ .

Os valores diários de umidade relativa do ar e velocidade do vento encontram-se na Figura 3. A umidade relativa máxima média foi de 92,5%, com picos máximos de 98%, mínima média de 45,96%, e média durante o período experimental de 69,28%. A velocidade média do vento foi de  $1,31 \text{ m s}^{-1}$ .



**Figura 3** - Valores de umidade relativa máxima, mínima e média diárias do ar e velocidade média do vento. Vitória da Conquista/BA, 2015.

## 2.5 Análise Estatística

Os dados obtidos a partir das avaliações foram submetidos aos testes de homogeneidade (Cochran), normalidade da distribuição de erros (Lilliefors) e a análise de variância, adotando-se o esquema fatorial (5x2), sendo dois ambientes e cinco espécies florestais, em que as médias foram submetidas ao teste de médias Skott Knott a 5% de probabilidade.

Foi realizada uma correlação linear simples para verificar o grau de relação entre as variáveis de crescimento morfológicas com as ambientais. Para a execução das análises estatísticas, foi utilizado o programa SAEG (Sistemas para Análises Estatísticas e Genéticas), versão 9.1. (SAEG, 2007).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Evapotranspiração da Cultura (ETc)

Na Tabela 1, encontra-se a evapotranspiração média diária da cultura e o consumo hídrico das espécies avaliadas durante o período de cinco meses. O eucalipto é a espécie com maior demanda de evapotranspiração e consumo hídrico, ultrapassando os 1800 mm durante o período avaliado, tendo média de 14 mm d<sup>-1</sup>, seguido pelas espécies mogno, cedro, umbu e angico, respectivamente.

**Tabela 1** - Evapotranspiração média da cultura e consumo hídrico das espécies eucalipto, cedro, mogno, umbu e angico. Vitória da Conquista/BA, 2015.

<b>Espécie</b>	<b>ETc Média (mm d<sup>-1</sup>)</b>	<b>Consumo Hídrico Total (mm)</b>
Eucalipto	13,93	1842,60
Cedro	5,47	713,09
Mogno	8,38	1105,79
Umbu	5,33	693,13
Angico	5,31	690,85

Atualmente, na literatura, são escassos os estudos sobre evapotranspiração das espécies florestais, principalmente na fase inicial de campo, não tendo sido encontrados resultados precisos para efeito de comparação. Estudos com espécies florestais requerem um longo prazo de avaliação e elevados custos, ficando geralmente restritos a espécies altamente produtivas, como as do gênero *Eucalyptus*.

Entretanto, pode-se interpretar que os valores encontrados no presente estudo, para o eucalipto e o mogno, sejam considerados elevados quando comparados a algumas espécies frutíferas e arbóreas. Teixeira et al. (2003) avaliando uma goiabeira (*Psidium guajava*) de dois anos de idade, determinaram que a ETc média foi de 4,53 mm d<sup>-1</sup>, através do método da razão de Bowen, enquanto Campos et al. (2008), trabalhando com pomares de mangueira (*Mangifera indica*) adulta e na fase de frutificação, obtiveram ETc média de 4,0 mm d<sup>-1</sup>, obtidos através do método de balanço hídrico no solo.

O eucalipto apresentou rápido crescimento e, conseqüentemente, maior consumo hídrico, o que resultou em valores considerados elevados (13,93 mm d<sup>-1</sup>).

Carneiro (2004), em estudos com *Eucalyptus grandis*, na região da bacia do Rio Doce, encontrou ET<sub>c</sub> máxima diária através do método de Penman – Monteith, variando entre 3,96 mm d<sup>-1</sup> a 8,60 mm d<sup>-1</sup>, em plantações com dois anos de idade, fase de desenvolvimento da espécie em que teoricamente há uma maior taxa de evapotranspiração se comparada com a fase inicial do presente estudo. Souza (2006), através do método da Razão de Bowen, também obteve resultados similares (5,54 mm d<sup>-1</sup>), durante o primeiro ano de desenvolvimento da espécie.

A principal causa para a divergência dos resultados pode estar associada ao efeito buque. De acordo com Sedyama (1996), as plantas tendem a crescer mais no interior do lisímetro ou além dos limites de sua borda, resultando em uma perturbação maior no movimento horizontal do ar, aumentando o grau de turbulência do calor sensível do ar sobre a cultura, o que eleva a transpiração do vegetal e ocasiona uma maior interceptação da radiação solar (Figura 4). Mendonça et al. (2007), observaram esse fenômeno na determinação do coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) para o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), com a área foliar maior do que os limites do lisímetro, possibilitando uma maior taxa evaporativa, o que gerou uma superestimativa entre o K<sub>c</sub> calculado pelos autores e o tabelado por Allen et al. (1998).

Ressalta-se no presente estudo que as espécies apresentaram comportamentos diferentes em seu crescimento, em que o eucalipto produziu muitos galhos e ramos e, conseqüentemente, maior área foliar. Essas características podem condicionar um maior consumo hídrico da espécie em relação às outras.

É importante mencionar que as demais espécies não apresentaram seu desenvolvimento influenciado por esse efeito, tendo consumo hídrico bem inferior ao do eucalipto, que pode estar relacionado às características fisiológicas das espécies em relação ao controle de perda de água. Varejão-Silva (2006) citou que quando o solo está úmido, o albedo e a rugosidade interferem no balanço de energia e na turbulência provocados pelo vento. Quando a superfície fonte é vegetada, as características biológicas como a espécie, idade e fase de desenvolvimento, área foliar, estado fitossanitário e a densidade de população também influenciam a evapotranspiração.

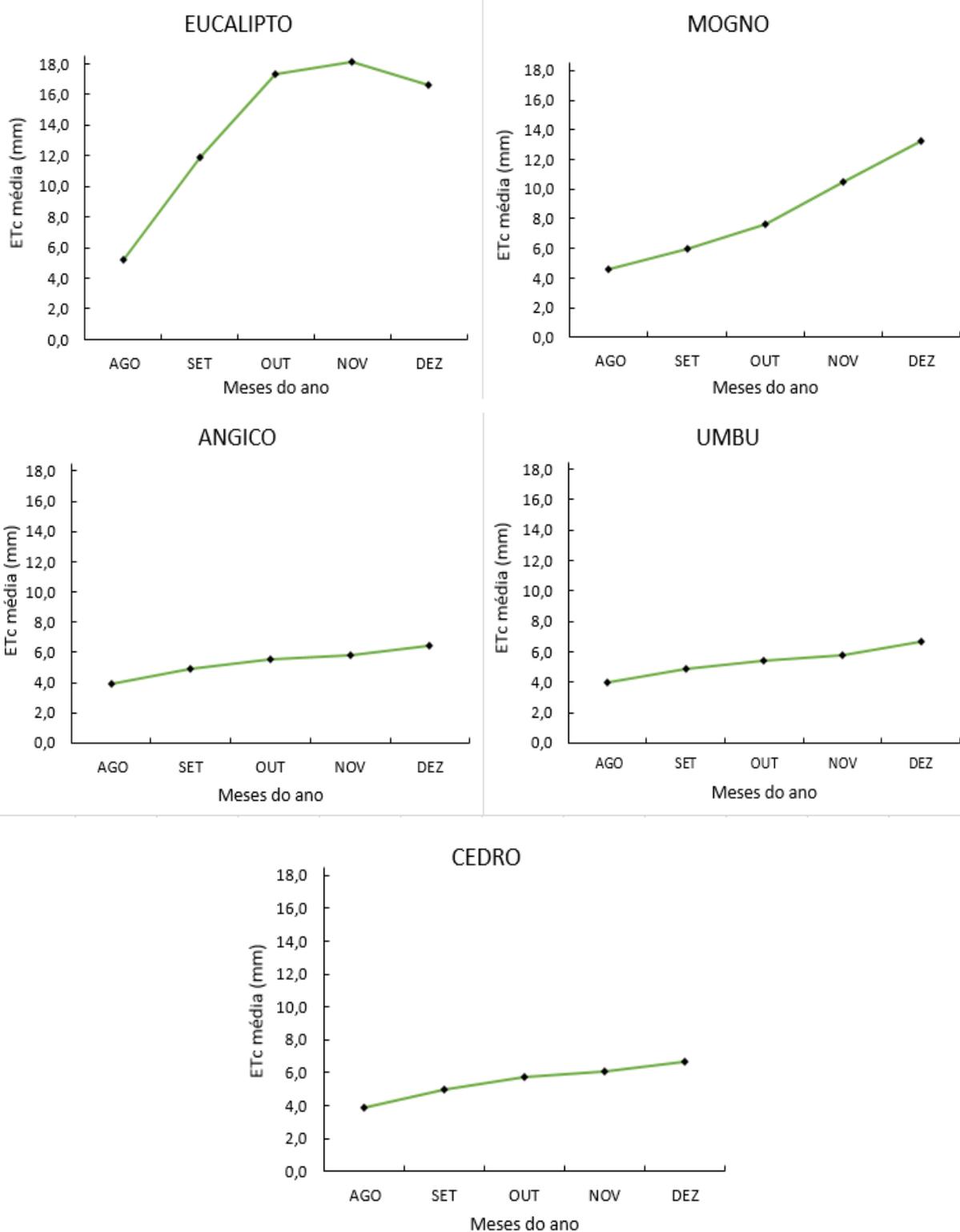
Ainda autores como Allen et al. (1998) e Bernardo et al. (2008) relataram que a frequência de irrigação na fase inicial das culturas influencia muito o consumo

hídrico, pois, há maior evaporação da água do solo quando as irrigações são mais frequentes. Neste caso, o solo dos vasos para a espécie eucalipto poderia ter ficado mais exposto à radiação solar do que nas outras espécies devido à arquitetura da planta.



**Figura 4** - Desenvolvimento do eucalipto no interior do vaso. Vitória da Conquista/BA, 2015.

Desconsiderando o efeito buque identificado na espécie eucalipto, todas as espécies apresentaram um aumento da  $ET_c$  em decorrência do crescimento (Figura 5). O eucalipto, a partir do mês de novembro, apresentou diminuição da  $ET_c$ , fato que pode estar associado ao seu rápido crescimento aéreo e radicular, de forma que a partir desta data, o volume ou a capacidade do vaso limitou o seu crescimento, sendo constatado queda e murcha foliar (Figura 5A).

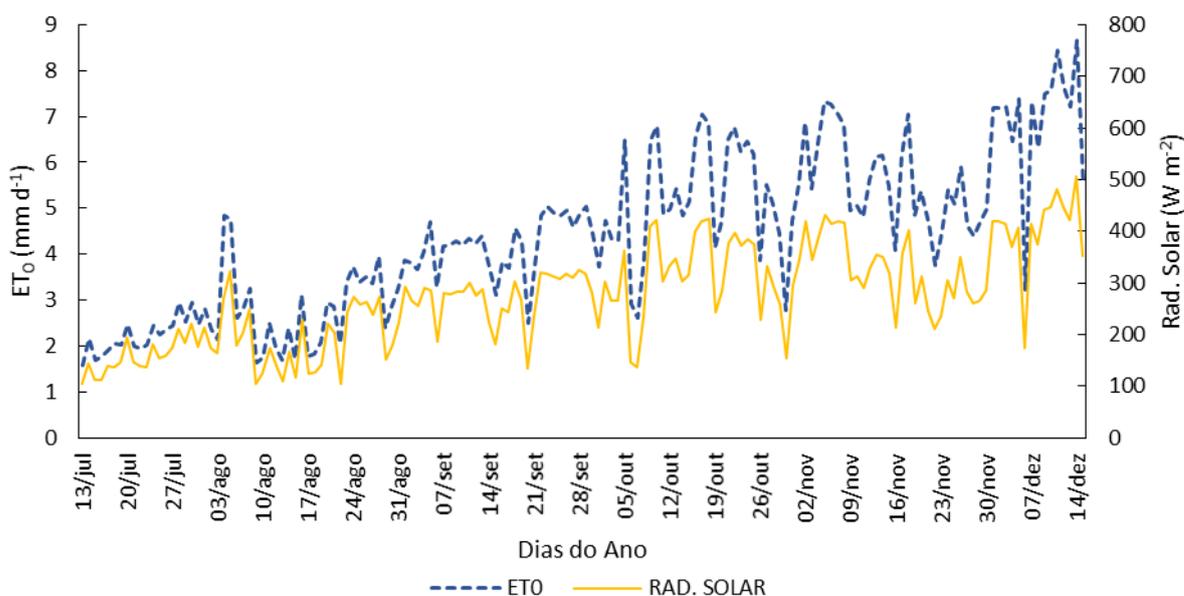


**Figura 5** - Evapotranspiração média mensal da cultura (ETc) para as espécies eucalipto, mogno, angico, umbu e cedro, obtidos em minilímetro de drenagem. Vitória da Conquista/BA, 2015.

O aumento da ETc está ligado, principalmente, ao crescimento da espécie, o que acarreta um maior consumo hídrico. Moreira et al. (2013), avaliando a evapotranspiração em soja, concluíram que o aumento dos valores de coeficiente da

cultura e de sua evapotranspiração é proporcional ao aumento da área foliar. Fato corroborado com o estudo de Ferneda et al. (2015) em mudas de *Parkia platycephala*, *Parkia pendula*, *Tabebuia roseo-alba*, *Tabebuia impetiginosa* e *Adenanthera pavonina*.

Outros fatores relacionados ao aumento da  $ET_c$ , são os ambientais, posto que no presente estudo foi possível observar que, com a chegada da primavera, há um aumento de radiação solar (Figura 6), temperatura do ar (Figura 2) e diminuição da umidade relativa do ar (Figura 3), afetando diretamente os valores de  $ET_0$  e  $ET_c$ .



**Figura 6** - Valores diários de radiação solar e evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ). Vitória da Conquista/BA, 2015.

### 3.2 Coeficiente da Cultura ( $K_c$ )

Com a determinação da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) através do uso de minilímetro de drenagem e com a estimativa da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) determinada através do método de Penman-Monteith FAO 56, foi possível determinar o coeficiente da cultura ( $K_c$ ), com o uso da Equação 3. Com a proposta apresentada por Allen et al. (1998) para determinar o  $K_c$ , separando-o em evaporação do solo ( $K_e$ ) e transpiração da planta ( $K_{cb}$ ), com uso da Equação 4, foi possível uma maior precisão para a determinação desse parâmetro.

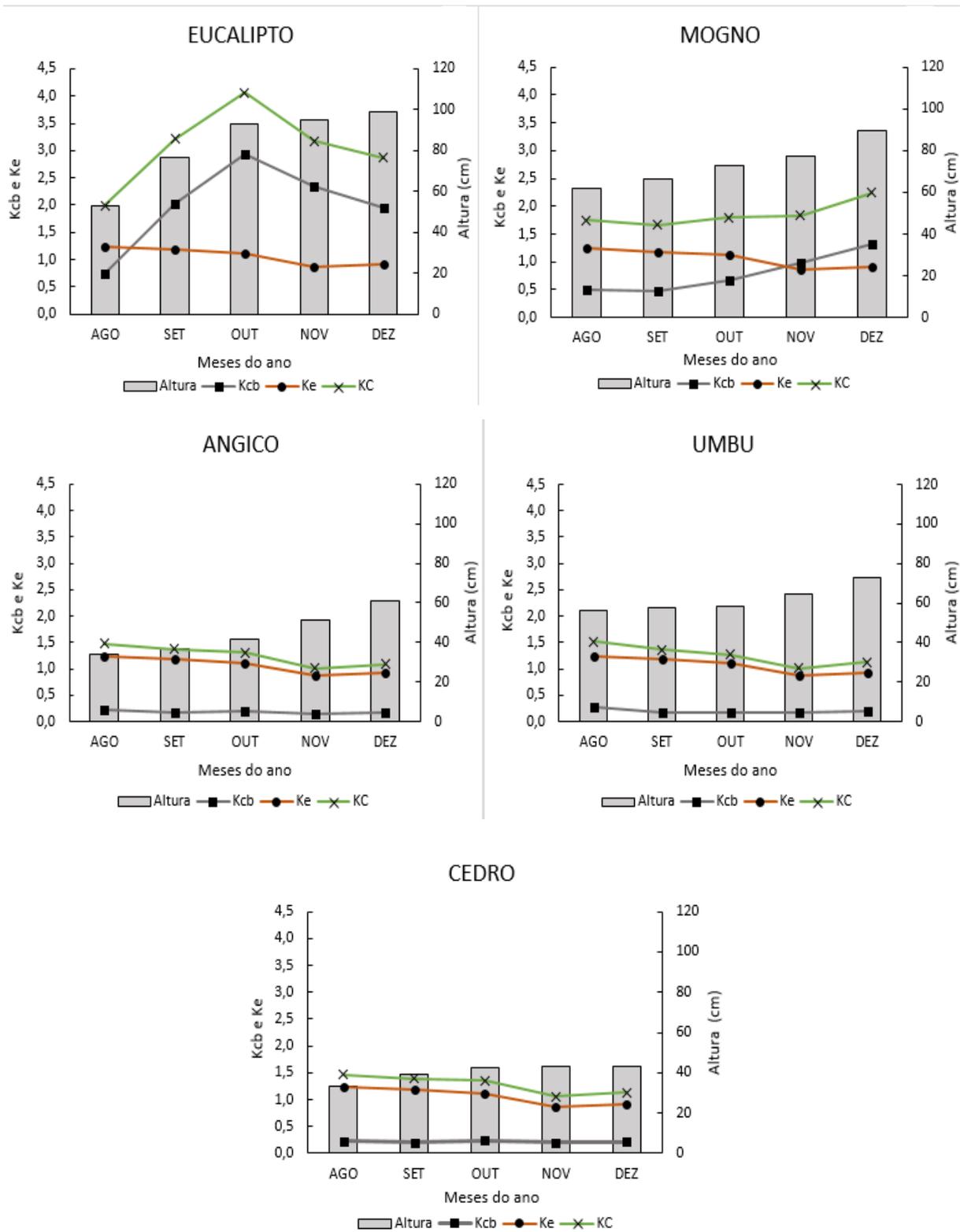
Os valores médios de  $K_c$  das espécies estudadas durante período do experimento foram de 3,06, 1,85, 1,28, 1,25 e 1,25 para eucalipto, mogno, cedro umbu e angico, respectivamente. Assim como já observado na determinação da

ETc, o resultado de Kc para eucalipto é desproporcional aos encontrados na literatura. Para o eucalipto em fase inicial (180 dias), Alves et al. (2013) determinaram Kc de 0,7, enquanto, Tatagiba et al. (2015), ainda na fase de viveiro, obtiveram Kc de 1,25, pelo método gravimétrico (pesagem diária). Esses valores são bem inferiores ao encontrado no presente estudo, para a espécie. Coletti et al. (2012), em estudo com pinhão manso (*Jatropha curcas*), através do auxílio de lisímetros de drenagem encontraram Kc médio de 2,66, com máximo de 3,04 na fase reprodutiva, considerado elevado pelos autores.

Alves (2009) relatou que não existem estudos determinando com precisão o Kc de espécie florestais e devido a isso, alguns pesquisadores, através de compilação de informações de diversos estudos, chegaram a um valor médio de Kc = 1,5. Allen et al. (1998) não apresentam Kc para espécies florestais específicas, mas determinam valor de 0,95 para o grupo das coníferas.

Assim, constata-se que cada cultura possui um coeficiente de cultura específico que, de acordo com Teixeira et al. (1999), vai variar em função do manejo cultural, sistema de irrigação, variedade, cobertura do tipo de solo e do método de cálculo da ET<sub>0</sub>. Thebaldi (2011) destaca que a área do recipiente adotado em experimentos pode ser fonte de variação, de modo que em seus estudos com dois tamanhos de tubetes, 110 e 300 cm<sup>3</sup>, obteve na formação de mudas de espécies florestais um maior Kc com um menor consumo de água (ETc) no tubete menor e resultados inversos para o tubete maior.

Na Figura 7 é possível observar o comportamento do Ke, do Kcb e do Kc, ao longo do período de experimento, associado ao crescimento em altura das espécies. Nota-se que a tendência do Ke é diminuir à medida que as plantas se desenvolvem, variando de 1,24 no início do experimento a 0,92, no final. Allen et al. (1998) relataram que em condições de alto teor de umidade no solo, o Ke está próximo da unidade, com máximo de 1,2. Essa diminuição ocorre, uma vez que, com o crescimento da planta e aumento da área foliar, o solo fica menos exposto, diminuindo a taxa de evaporação do solo. Em contrapartida o Kcb (transpiração da planta), similar ao Kc, tende a aumentar com o ganho de área foliar e ultrapassar o Ke (SILVA et al., 2013). Este comportamento foi observado nas espécies eucalipto, no primeiro mês (agosto) e mogno, a partir do mês de novembro, conforme a Figura 7.



**Figura 7** - Médias mensais de Ke, de Kcb e de Kc para eucalipto, mogno, angico, umbu, e cedro e sua relação com altura. Vitória da Conquista/BA, 2015.

Para as espécies angico, umbu e cedro, que possuem um crescimento menor de copa, não foi observado o mesmo padrão de crescimento do eucalipto e mogno, que foram as que mais cresceram em altura, evidenciando o seu maior consumo

hídrico. Nessas espécies, o Kcb influenciou de maneira constante e pequena no Kc durante a fase inicial de crescimento, com Kcb médio de 0,19, 0,20 e 0,22, respectivamente. Nas demais espécies, o Kcb ficou em torno de 2,00 para o eucalipto e 0,79 para o mogno (Figura 7). Isso comprova que estas duas espécies possuem mecanismos fisiológicos que permitem manter seus estômatos abertos para facilitar a transpiração, acarretando em maiores consumos de água, como apresentado na Tabela 1.

No eucalipto, evidenciou-se uma queda brusca do Kcb a partir do mês de outubro/2015, que pode estar associado ao rápido crescimento da espécie e ao tamanho do recipiente, que não forneceu espaço suficiente para o seu desenvolvimento, como foi observado na determinação da ETc. Em consequência disso, o crescimento em altura (Figura 6) foi cessado ou diminuído a partir desse mês.

As espécies angico e umbu apresentaram uma diminuição do Kcb e um crescimento em altura paralisado no primeiro e no segundo mês do experimento (Figura 7), ocasionados pela abscisão foliar que as espécies têm no inverno (período seco), que coincidiu com o início do experimento, sendo retomado o seu crescimento a partir do terceiro mês, com o início da primavera e a brotação de novas folhas.

Por meio da utilização do método do Kc duplo, é possível determinar, em plantações dessas espécies (cedro, umbu e angico), quando encontram-se em fase inicial de crescimento, que o maior componente da evapotranspiração é a evaporação da água do solo e não o consumo efetivo da planta (transpiração), sendo que a evaporação da água do solo é influenciada pela área de solo descoberto pela cultura e ainda, por uma maior frequência de molhamento ou irrigação.

Essas informações são importantes para o produtor, pois permitem a adoção de técnicas de manejo do solo e água que minimizem a perda de água do solo e conseqüentemente, provocam a redução do consumo hídrico da planta. Assim, práticas conservacionistas, como o plantio direto, que visam, dentre outras coisas, reduzir a evaporação da água nas camadas superficiais do solo, mostram-se interessantes (OLIVEIRA et al., 2010).

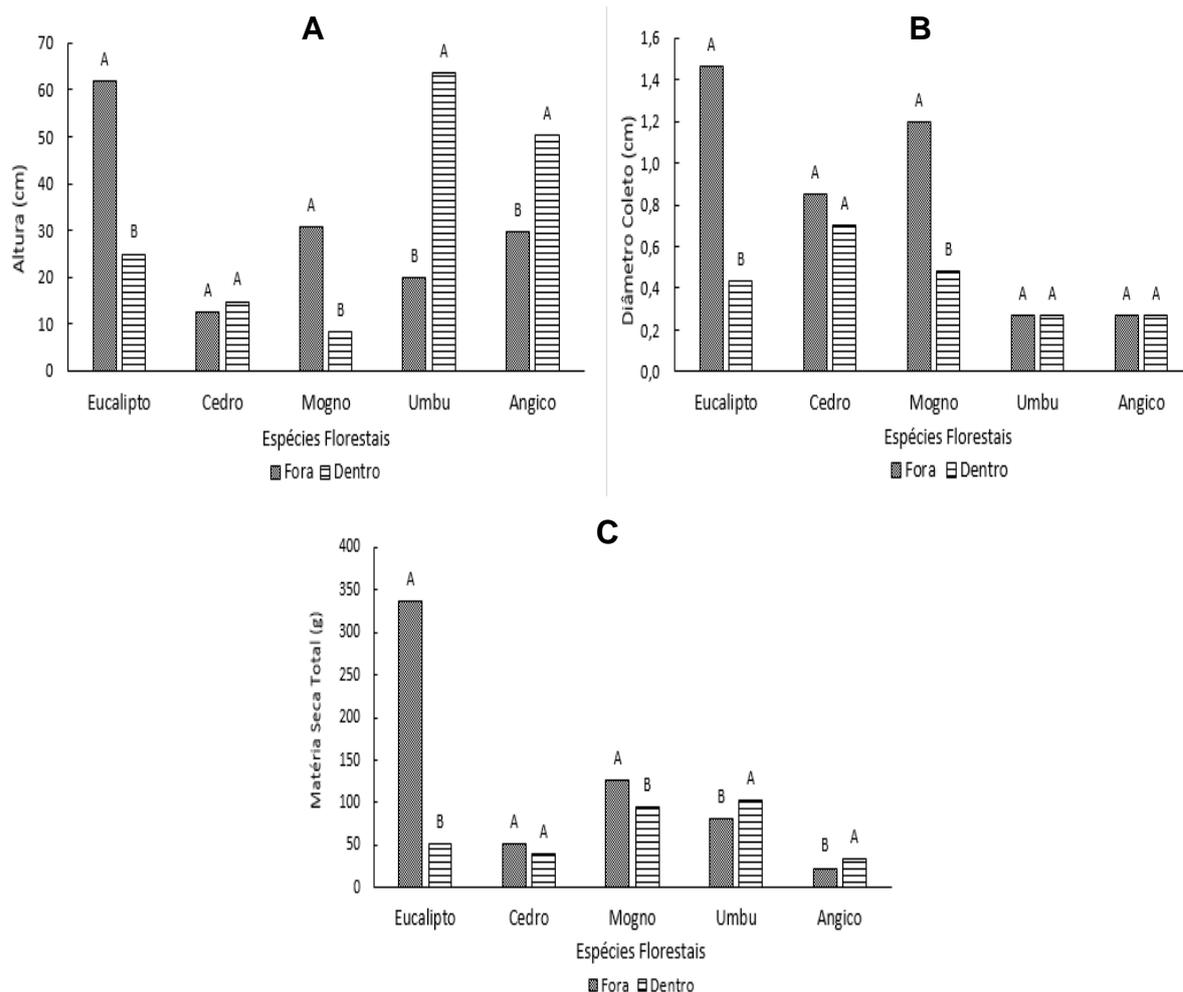
Apesar do valor do  $K_c$  ser considerado elevado para a espécie eucalipto, os resultados dos coeficientes de cultura obtidos neste estudo podem estar correlacionados à demanda hídrica, característica das espécies avaliadas na fase inicial de desenvolvimento em campo, visto que não foram encontrados outros estudos com essas informações. Neste caso, destaca-se a necessidade de ampliar as pesquisas sobre o tema, em decorrência dos estágios de desenvolvimento das culturas em questão e das condições climáticas. Oliveira et al. (2014) citam que deve-se levar em consideração as variações de  $K_c$  em favor da espécie avaliada, do tipo e da cobertura do solo, do manejo da cultura e do método de estimativa da  $ET_0$  utilizado na estimativa do  $K_c$ .

### **3.3 Influência dos Fatores Ambientais no Crescimento Vegetativo**

Assumindo-se que os dois experimentos discutidos nos Capítulos 1 e 2 foram conduzidos em condições semelhantes no que diz respeito às lâminas de irrigação, solo e tratos culturais utilizados, destaca-se a diferença dos fatores ambientais causados, principalmente, pela estrutura da casa de vegetação presente no primeiro experimento, como fonte de variação no crescimento inicial e na produção de fitomassa das espécies avaliadas. Beckmann et al. (2006) citaram que as variáveis como radiação solar, temperatura do ar e umidade relativa do ar, são alteradas com o uso de estufas plásticas (casa de vegetação), afetando diretamente o crescimento, o desenvolvimento e a produção das plantas.

Partindo dessas informações, selecionou-se dentre os dados obtidos para o experimento conduzido dentro da casa de vegetação, os irrigados com lâmina iguais a 100 e 150% da  $ET_0$ , pois, são as lâminas que mais se aproximam da utilizada no experimento conduzido fora da casa de vegetação, que foi a própria  $ET_c$  das espécies.

Na Figura 8, encontram-se os pares de valores da altura da planta, diâmetro do coleto e matéria seca total (folha + caule + raiz) para o experimento conduzido dentro da casa de vegetação para a lâmina 100% da  $ET_0$  e para o conduzido fora da casa de vegetação.



**Figura 8** - Altura de planta **(A)**, diâmetro do coleto **(B)** e matéria seca total **(C)** para os experimentos conduzidos dentro (100% da  $ET_0$ ) e fora da casa de vegetação para as espécies mogno, cedro, eucalipto, umbu e angico. Médias seguidas pela mesma letra dentro da espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015.

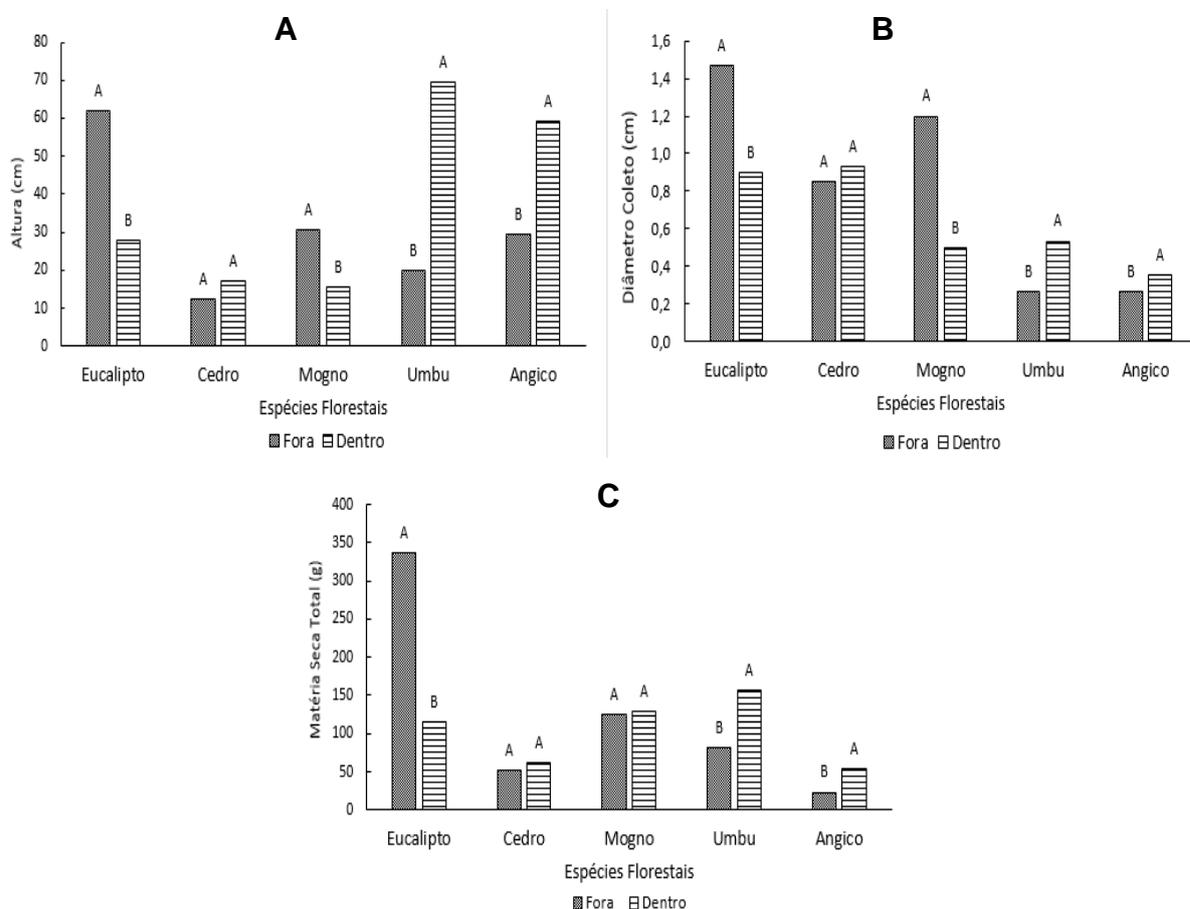
O eucalipto e o mogno apresentaram maiores taxas de crescimento em altura, diâmetro do coleto e produção de fitomassa, fora da casa de vegetação, enquanto o umbu e o angico apresentaram comportamento contrário para a altura e matéria seca total e não apresentaram diferença entre os locais para o diâmetro do coleto. A espécie cedro não demonstrou diferença significativa entre os locais de experimento pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

O eucalipto apresentou no experimento conduzido a céu aberto um crescimento superior de aproximadamente 148,3% em altura, 242,1% em diâmetro de coleto e 543% em matéria seca total (MST), enquanto o mogno obteve aumento de 273% em altura, 150% em diâmetro do coleto e 33% em MST, quando comparado com experimento de dentro da casa de vegetação. Lopes et al. (2013) não encontraram diferença significativa no crescimento em altura em mudas de

Copaíba (*Copaifera langsdorffii*) plantadas dentro e fora da casa de vegetação, entretanto, observaram uma maior produção de folhas da espécie fora da casa de vegetação.

A espécie umbu apresentou fora da casa de vegetação um crescimento inferior de aproximadamente 70,2% em altura e 21,4% na MST, enquanto que na espécie angico essa inferioridade foi de 41,3% em altura e 31,2% na MST, em relação ao experimento conduzido dentro da casa de vegetação.

Na Figura 9 é possível observar os pares de valores da altura da planta, diâmetro do coleto e matéria seca total (MST) para o experimento conduzido dentro da casa de vegetação, para a lâmina 150% da  $ET_0$  e para o conduzido fora da casa de vegetação.



**Figura 9** - Altura de planta (A), diâmetro do coleto (B) e matéria seca total (C) para os experimentos conduzidos dentro (150% da  $ET_0$ ) e fora da casa de vegetação para as espécies mogno, cedro, eucalypto, umbu e angico. Médias seguidas pela mesma letra dentro da espécie não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista/BA, 2015.

Os resultados apresentados nesta comparação foram similares aos observados na comparação anterior, com lâmina de irrigação de 100% da  $ET_0$ , mas com valores superiores para as características avaliadas, ressaltando-se, como apresentado no Capítulo 1, a significância nos seus valores, sendo que o eucalipto e o mogno apresentaram crescimento superior em mudas conduzidas fora da casa de vegetação, quando comparado com o de dentro, com exceção da MST para a espécie mogno, que não demonstrou diferença significativa entre os ambientes.

Ao observar as Figuras 8 e 9, tanto para a espécie eucalipto, quanto para o mogno, foi possível constatar que as lâminas de irrigação 100 e 150% da  $ET_0$  não são suficientes para proporcionar uma máxima produção em altura, diâmetro do coleto e MST, corroborando com os altos valores de  $K_c$  obtidos. Com o aumento da lâmina de irrigação, a diferença nos resultados obtidos fora e dentro da casa de vegetação diminuíram, inferindo que, ao elevar a lâmina de irrigação, a tendência é promover o crescimento vegetativo para essas espécies e que a lâmina ótima de irrigação deva ser maior do que 150 % da  $ET_0$ .

Na avaliação realizada fora da casa de vegetação, o eucalipto apresentou crescimento superior em torno de 123,1% em altura, 63,5% em diâmetro e 192,5% em MST, enquanto o mogno obteve aumento de 96,4% em altura e 140% em diâmetro. Ramos et al. (2004), relataram maior crescimento em altura e diâmetro do coleto para mudas de cumaru (*Amburana cearensis*), em tratamentos realizados fora da casa de vegetação, devido à maior disponibilidade luminosa (radiação solar).

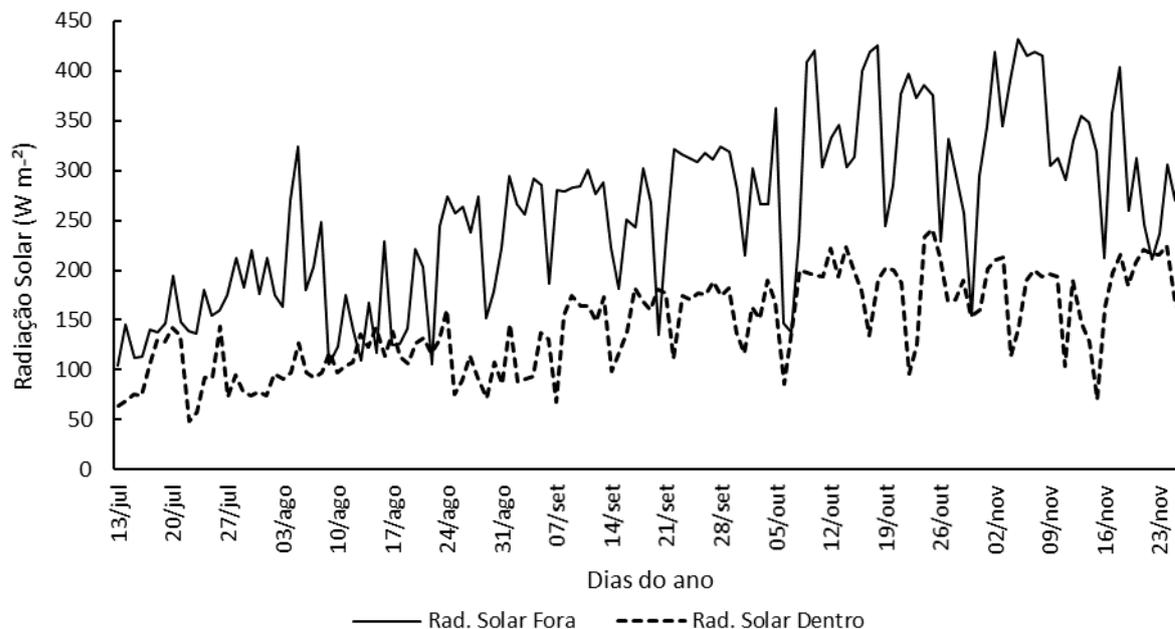
A espécie umbu apresentou um crescimento superior dentro da casa de vegetação de aproximadamente 251% em altura, 96,3% em diâmetro do coleto e 93% na MST, enquanto na espécie angico essa superioridade foi de 101% em altura, 29,5% em diâmetro do coleto e 134,6% na MST.

Nas espécies umbu e angico, irrigadas com 150% da  $ET_0$ , a diferença no crescimento (altura, diâmetro do coleto e MST), aumentou em relação aos resultados encontrados fora da casa de vegetação, quando se compara com valores para 100% da  $ET_0$ . Isso evidencia que nessas espécies o aumento da irrigação favoreceu o crescimento. A diferença de crescimento para as espécies umbu e angico encontrados entre os ambientes, pode ocorrer em função de outros fatores, como a paralisação do crescimento devido ao estresse do transplântio e a perda de folhas durante o inverno (início do experimento), bem como aos fatores ambientais.

Esses resultados indicam que o uso de uma lâmina de 150% da  $ET_0$  ou  $K_c$  de 1,5 é suficiente para suprir a demanda hídrica dessas duas espécies, sendo comprovado com o valor de  $K_c$  igual a 1,25 para ambas as espécies.

Dentre os fatores ambientais estudados, a radiação solar fornece energia para os processos associados à fotossíntese, com influência na produção de carboidratos e, conseqüentemente, no crescimento em biomassa das plantas (SENTELHAS e MONTEIRO, 2009). A casa de vegetação, apesar de ser construída com material transparente, apresentou impedimento da penetração de raios solares em sua cobertura, sendo a radiação solar menor (em média 42%) no seu interior (Figura 10), podendo ter afetado a fotossíntese, a produção de carboidratos e o crescimento do eucalipto e do mogno.

Evangelista e Pereira (2001), ao avaliar o efeito da cobertura plástica da casa de vegetação sobre os elementos meteorológicos, concluíram que a radiação solar dentro da casa de vegetação correspondeu a 80% da radiação solar observada fora da casa de vegetação e associam essa diferença, à absorção do material e à reflexão da cobertura plástica.



**Figura 10** - Valores diários de radiação solar obtidos dentro e fora da casa de vegetação. Vitória da Conquista/BA, 2015.

Em estudos com erva-mate (*Ilex paraguariensis*), Caron et al. (2014) obtiveram um menor acúmulo de fitomassa em plantas cultivadas sobre menor quantidade de radiação solar (sombreamento) em relação a plantas cultivadas em

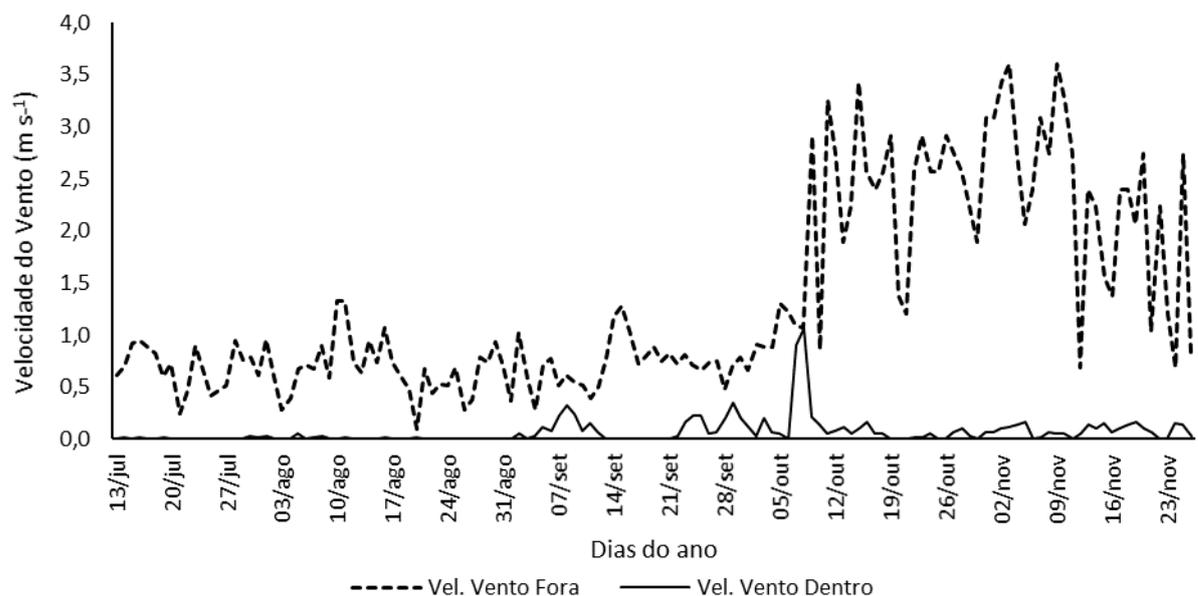
pleno sol. Soares (2012), também correlacionou o acúmulo de fitomassa em função de maior disponibilidade de radiação solar em estudo de plasticidade fenotípica de plantas jovens de ipê-amarelo (*Handroanthus chrysotrichus*).

Mesmo ciente de que existem espécies que se desenvolvem melhor em condições de menor disponibilidade de radiação solar (sombreamento), a inversão de resultados do umbu e do angico em relação ao eucalipto e ao mogno, provavelmente está relacionada ao fato de que essas espécies apresentaram abscisão foliar e paralisação do crescimento (Figura 7) nas mudas fora da casa de vegetação durante os dois primeiros meses de experimento, podendo ter influenciado no resultado final.

Meyer (2014) relatou que a perda de folha está correlacionada com a diminuição da taxa de fotossíntese da planta, afetando o crescimento da mesma.

Sanquetta et al. (2014) enfatizaram que a área foliar está estritamente relacionada com a interceptação de radiação solar, assumindo-a como parâmetro para contabilizar a capacidade fotossintética e o crescimento das plantas.

Outro fator ambiental que pode ter influenciado o crescimento das plantas é a velocidade do vento. Na Figura 11 é apresentada a velocidade média diária do vento para os dois locais de experimento. Dentro da casa de vegetação, circundada por tela e cobertura plástica, a influência do vento é quase nula, com média durante o experimento de  $0,07 \text{ m s}^{-1}$ , diferente das condições fora da casa de vegetação, em que as mudas estão desprotegidas e receberam a ação do vento com uma velocidade média de  $1,31 \text{ m s}^{-1}$ , chegando a picos de  $3,60 \text{ m s}^{-1}$ .



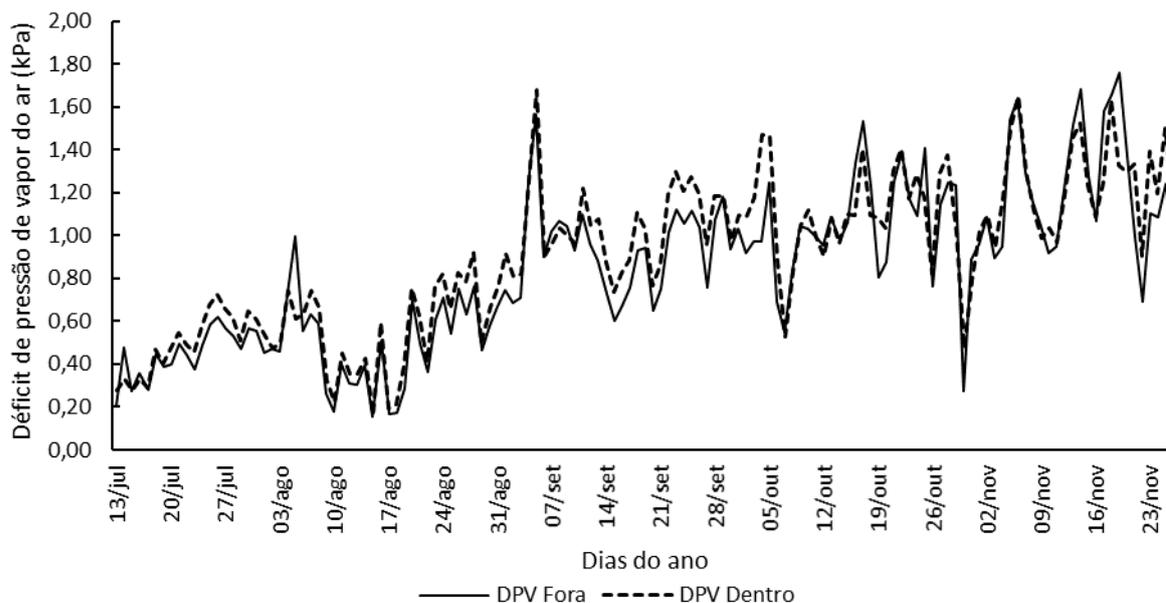
**Figura 11** - Valores de velocidade média diária do vento dentro e fora da casa de vegetação. Vitória da Conquista/BA, 2015.

Pereira et al. (2007), mencionaram um efeito desfavorável em plantas submetidas a ventos contínuos de  $2,6 \text{ m s}^{-1}$ , valores encontrados constantemente no presente trabalho a partir do mês de outubro. Os autores relataram que sob essas condições, as plantas apresentam, entre outros efeitos: redução no crescimento e atraso no desenvolvimento, menor número de folhas e menor número de estômatos por área foliar. Isso pode ter contribuído para o menor crescimento das espécies umbu e angico fora da casa de vegetação, ambiente em que essas espécies apresentaram maior abscisão foliar.

Destaca-se ainda o déficit de pressão de vapor do ar (DPV), que dentre as variáveis ambientais, é um dos principais fatores que influenciam a fotossíntese (MARRICHI, 2009), exercendo grande influência no controle de abertura e fechamento estomático, e determina como a transpiração é um fenômeno físico influenciado pelas diferenças de concentração de vapor d'água entre a atmosfera e a folha (SILVA, 2009).

Na Figura 12, é possível observar uma diferença no DPV de 8% maior dentro da casa de vegetação, com média de 0,9 kPa, enquanto fora da casa de vegetação a média é de 0,83 kPa. Catovsky et al. (2002), relataram que, mesmo uma pequena diferença no DPV (cerca de 20%) pode representar grandes variações na taxa de

fotossíntese.



**Figura 12** - Valores diários de déficit de pressão de vapor (DPV) dentro e fora da casa de vegetação. Vitória da Conquista/BA, 2015.

Quanto maiores os valores de DPV ocorridos dentro da casa de vegetação, maiores seriam a taxa de transpiração e fechamento de estômatos e conseqüentemente, menor crescimento das espécies eucalipto e mogno, nessas condições. Marrichi (2009) evidenciou uma menor fotossíntese e redução na condutância estomática com a elevação do DPV em estudo com clones de *Eucalyptus*. Costa et al. (2016), avaliando mogno (*Khaya senegalensis*), determinaram um menor crescimento da espécie em microclima com maior DPV (0,02 a 0,67 kPa).

Entretanto, mesmo diante das evidências da influência do déficit de pressão de vapor sobre a abertura e fechamento dos estômatos, fotossíntese e transpiração das plantas, mostra-se necessária a condução de estudos mais específicos, como trocas gasosas, condutância estomática e temperatura da folha, para determinar a real influência dessa variável nas espécies estudadas, pois há diferença no comportamento dos parâmetros avaliados para as espécies umbu e angico.

As demais variáveis avaliadas (temperatura e umidade relativa do ar) não apresentaram diferenças expressivas entre os locais e, apesar de comporem o déficit de pressão de vapor, não influenciaram individualmente no crescimento das espécies avaliadas.

Para caracterizar e comprovar a relação entre as variáveis morfológicas (altura da planta e diâmetro do coleto) com as ambientais, encontram-se, na Tabela 2, os resultados das correlações lineares simples obtidas para essas variáveis em cada espécie florestal cultivada dentro e fora da casa de vegetação.

**Tabela 2** - Coeficiente de correlação linear simples entre os valores médios de altura da planta e diâmetro do coleto com os valores médios de radiação solar, velocidade do vento e déficit de pressão de vapor do ar, dentro e fora da casa de vegetação, para as cinco espécies florestais. Vitória da Conquista/BA, 2015.

	ALT x RAD.			DCO x RAD.		
	100% ET <sub>0</sub>	150% ET <sub>0</sub>	Fora	100% ET <sub>0</sub>	150% ET <sub>0</sub>	Fora
Eucalipto	0,95 **	0,96 **	0,98 **	0,96 **	0,91 *	0,96 **
Cedro	0,81 *	0,94 **	0,96 **	0,94 **	0,91 *	0,99 **
Mogno	0,95 **	0,98 **	0,95 **	0,96 **	0,91 *	0,96 **
Umbu	0,76 <sup>ns</sup>	0,96 **	0,88 *	0,85 *	0,92 **	0,93 **
Angico	0,93 **	0,86 *	0,91 *	0,79 <sup>ns</sup>	0,88 *	0,94 **
	ALT x V.V.			DCO x V.V.		
	100% ET <sub>0</sub>	150% ET <sub>0</sub>	Fora	100% ET <sub>0</sub>	150% ET <sub>0</sub>	Fora
Eucalipto	0,84 *	0,82 *	0,66 <sup>ns</sup>	0,86 *	0,74 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>
Cedro	0,63 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>
Mogno	0,87 *	0,83 *	0,43 <sup>ns</sup>	0,84 *	0,68 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>
Umbu	0,58 <sup>ns</sup>	0,85 *	0,29 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>
Angico	0,79 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>
	ALT x DPV			DCO x DPV		
	100% ET <sub>0</sub>	150% ET <sub>0</sub>	Fora	100% ET <sub>0</sub>	150% ET <sub>0</sub>	Fora
Eucalipto	0,99 **	0,94 **	0,95 **	0,99 **	0,94 **	0,97 **
Cedro	0,73 <sup>ns</sup>	0,94 **	0,97 **	0,96 **	0,96 **	0,98 **
Mogno	0,98 **	0,98 **	0,97 **	0,94 **	0,91 *	0,94 **
Umbu	0,82 *	0,99 **	0,93 **	0,92 **	0,96 **	0,92 **
Angico	0,98 **	0,95 **	0,96 **	0,85 *	0,96 *	0,92 **

ALT = altura da planta, RAD = radiação solar, DCO = diâmetro do coleto, V.V = velocidade do vento, DPV = déficit de pressão de vapor

\*\* e \* = correlação significativa ao nível de 1% e 5%, respectivamente; ns = não significativo, pelo teste t de Student.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 2, a radiação solar e o DPV demonstraram as melhores correlações entre as variáveis estudadas. Enquanto a velocidade do vento, apesar de constatações na literatura acerca de sua influência no crescimento vegetativo das plantas, no presente estudo, pouco efeito apresentou, tanto dentro, quanto fora da casa vegetação, provavelmente, devido aos baixos valores dessa variável para ambos os ambientes.

Apesar de o DPV apresentar as maiores correlações entre as variáveis ambientais e morfológicas, os seus valores pouco variaram entre os ambientes (cerca de 8%), mas influenciou proporcionalmente as características avaliadas, independente dos ambientes estudados. A radiação solar, ao lado da precipitação e da temperatura do ar, é considerada como uma das principais variáveis ambientais que afetam o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas (HOOGENBOOM, 2000; MARRICHI, 2009), sendo que no presente estudo, a radiação solar apresentou uma taxa de variação de 42% entre os ambientes e uma boa correlação entre as variáveis observadas, evidenciando ser a variável de maior influência no crescimento vegetativo das espécies estudadas.

Outra informação importante apresentada na Tabela 2 é que as maiores correlações estão relacionadas aos tratamentos com lâmina de irrigação igual a 150% da  $ET_0$ , se comparadas à lâmina de 100% da  $ET_0$ , evidenciando que a lâmina de irrigação de 100% da  $ET_0$  é insuficiente para atender à demanda hídrica das espécies avaliadas.

#### 4. CONCLUSÕES

A evapotranspiração média diária das culturas ( $ET_c$ ) foi de 13,93; 5,47; 8,38; 5,33 e 5,31  $\text{mm d}^{-1}$ , para as espécies eucalipto, cedro, mogno, umbu e angico, respectivamente.

O coeficiente médio da cultura ( $K_c$ ) foi de 3,06; 1,28; 1,85; 1,25 e 1,25, para as espécies eucalipto, cedro, mogno, umbu e angico, nessa ordem.

Durante a fase inicial de desenvolvimento, o  $K_{cb}$  representou em média 2,00, 0,79, 0,19, 0,20 e 0,22, enquanto o  $K_e$ , correspondeu a 1,06, 1,06, 1,06, 1,05 e 1,03 do  $K_c$  para as espécies eucalipto, mogno, angico, umbu e cedro, respectivamente.

A radiação solar foi a variável ambiental que mais influenciou o crescimento inicial das espécies florestais.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO, Roma, 1998. 301 p.
- ALVES, M. E. B. **Disponibilidade e demanda hídrica na produtividade da cultura do eucalipto**. 2009. 155 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa – MG.
- ALVES, M. E. B.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; NEVES, J. C. L. Estimative of the crop coefficient for Eucalyptus cultivated under Irrigation during initial growth. **Revista Cerne**, v. 19, n. 2, p. 247-253, 2013.
- BECKMANN, M. Z.; DUARTE, G. R. B.; PAULA, V. A.; MENDEZ, M. E. G.; PEIL, R. M. N. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 86-92, 2006.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8ª ed. UFV, 2008, 625 p.
- CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, V. P. R.; AZEVEDO, P. V.; BORGES, C. J. R.; SOARES, J. M.; MOURA, M. S. B.; SILVA, B. B. Evapotranspiração e produtividade da mangueira sob diferentes tratamentos de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 150-156, 2008.
- CARNEIRO, R. L. C. **Modelagem da resistência estomática e estimativa da eficiência do uso da água em plantios jovens de eucalipto irrigados e não irrigados na região da bacia do Rio Doce**. 2004. 68 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa - MG.
- CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; MANFRON, P. A.; BEHLING, A.; ELOY, E.; BUSANELLO, C. Eficiência do uso da radiação solar por plantas *Ilex paraguariensis* A. ST. Hil. Cultivadas sob sombreamento e pleno sol. **Revista Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 257-265, 2014.

CATVSKY, S.; HOLBROOK, N. M.; BAZZAZ, F. A. Coupling whole-tree transpiration and canopy photosynthesis in coniferous and broad-leaved tree species. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 32, p. 295-309, 2002.

COLETTI, A. J.; DALLACORT, R.; DALCHIAVON, F. C.; MARTINS, J. A.; SANTI, A.; INOUE, M. H. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da cultura do pinhão manso. **Revista Agrarian**, v. 5, n. 18, p. 373-383, 2012.

COSTA, E. M.; PEZZOPANE, J. E. M.; GUIMARAES, S. O.; SANTOS NETO, A. P.; REIS, S. S. P. Crescimento de mogno (*Khaya senegalensis*) submetido a deficiência hídrica em diferentes demandas evaporativas da atmosfera. IN: IV SEMANA DE ENGENHARIA FLORESTAL DA BAHIA E I MOSTRA DA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA. **Anais...** Vitória da Conquista – BA. 2016.

COUTO, J. P. C.; CAVALCANTE, A. R.; SILVA, N. D.; BORGES, T. K. S. Estimativa diária da evapotranspiração e do coeficiente de cultivo simples e dual para a cultura da beterraba. IN: XXV – CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. **Anais...** São Cristóvão, SE. 2015.

EVANGELISTA, A. W. P.; PEREIRA, G. M. Efeito da cobertura plástica de casa de vegetação sobre os elementos meteorológicos em Lavras, MG. **Ciência e Agrotécologia**, v. 25, n. 4, p. 952-957, 2001.

FERNEDA, B. G.; MONTEIRO, E. B.; SOUZA, A. P.; SILVA, A. C.; SILVA, C. C.; SCHIMITT, J. S. Evapotranspiração, coeficiente de cultivo e área foliar de mudas de espécies florestais tropicais submetidas a diferentes condições de sombreamento. IN: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. **Anais...** Lavras, MG. 2015.

FENNER, W.; DALLACORT, R.; FREITAS, P. S. L.; FARIA JUNIOR, C, A.; CARVALHO, M. A. C.; BARIVIERA, G. Dual crop coeficiente of common bean in Tangará da Serra, Mato grosso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 455-460, 2016.

FERREIRA, J. O. P. **Evapotranspiração e coeficientes de cultura da melancia irrigada por gotejamento em Alvorada do Gurguéia – PI.** 2010. 121 p. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Jaboticabal – SP.

HOOGENBOOM, G. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its application. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 103, p. 137-157, 2000.

LACERDA, C. F.; CARVALHO, C. M.; VIEIRA, M. R.; NOBRE, J. G. A.; NEVES, A. L. R.; RODRIGUES, C. F. Análise de crescimento de milho e feijão sob diferentes condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 18-24, 2010.

LOPES, J. E. L.; SANTOS, M. A. M.; OLIVEIRA, A. L. T.; PINHEIRO, J. V.; BEZERRA, A. M. E. Comparação dos tratamentos sol pleno e casa de vegetação no crescimento de Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 7, n. 1, p. 9-21, 2013.

MARRICHI, A. H. C. **Caracterização da capacidade fotossintética e condutância estomática em sete clones comerciais de Eucalyptus e seus padrões de reposta ao déficit de pressão de vapor.** 2009. 105 p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, ESALQ – SP.

MENDONÇA, J. C.; SOUZA, E. F.; BERNARDO, S.; SUGAWARA, M. T.; PEÇANHA, A. L.; GOTTARDO, R. D. Determinação do coeficiente cultural ( $K_c$ ) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 471-475, 2007.

MEYER, G. A. **Abscisão foliar em macieiras.** 2014. 128 p. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Santa Catarina – SC.

MONTES, D. R. P. **Evapotranspiração da cultura da alface dentro e fora de ambiente protegido.** 2008. 96 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa - MG.

MOREIRA, V. S.; ROBERTI, D. R.; TIMM, A. U.; WEBLER, G.; DEGRAZIA, G. A. Análise da evapotranspiração e índice de área foliar numa cultura de soja sob dois sistemas de manejo. **Revista Ciência e Natura** - Santa Maria, Edição Esp, p. 373-375, 2013.

OLIVEIRA, N. T.; CASTRO, N. M. R.; GOLDENFUM, J. A. Influência da palha no balanço hídrico em lisímetros. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 2, p. 93-103. 2010.

OLIVEIRA, E. C.; CARVALHO, J. A.; ALMEIDA, E. F. A.; REZENDE, F. C.; SANTOS, B. G.; MIMURA, S. N. Evapotranspiração da roseira cultivada em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 314–321, 2014.

PEREIRA, A. L.; MOREIRA, J. A. A.; KLAR A. E. Efeitos de níveis de cobertura do solo sobre o manejo da irrigação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Irriga**, v. 7, n. 1, p. 42-52, 2002.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba, Agropecuária, 2002, 478 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola**. Edição Revista e Ampliada. Universidade de São Paulo – ESALQ, 2007.

PINHEIRO, M. P. M. A.; SANTOS, M. A.; SANTOS, D. P.; REIS, L. S.; CARNEIRO, P. T. Determinação da evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar por lisímetros de pesagem e estimativa da evapotranspiração de referência através dos métodos de Hargreaves-Samani e Tanque Classe A. **Revista Cultivando o Saber**, v. 8, n. 4, p. 427-441, 2015.

RAMOS, K. M. O.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; SILVA, J. C. S.; FRANCO, A. C. Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Alemão) A.C. Smith, em diferentes condições de sombreamento. **Acta botânica brasileira**, v. 18, n. 2, p. 351-358, 2004.

SAEG. Sistemas para análises estatísticas, 7.0. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, UFV/DBG, 2007.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; BEHLING, A.; CADORI, G. C.; COSTA JUNIOR, S.; RUZA, M. S. Crescimento de área e índice de área foliar de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden em diferentes condições de cultivo. **Revista Biociências**, v. 20, n. 2, p. 82-89, 2014.

SEDIYAMA, G.C. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 4, n. 1, p.1-12, 1996.

SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos - O fator meteorológico na produção agrícola**. INMET, 2009.

SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, J. E.B. A. Agrometeorologia dos Cultivos: Informações para uma Agricultura Sustentável. In: MONTEIRO, J. E.B. A. **Agrometeorologia dos Cultivos: O Fator Meteorológico na Produção Agrícola**. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, v. 1, p. 3-12, 2009.

SILVA, J. R. R. **Comportamento ecofisiológico de plantas jovens de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) Sob dois regimes hídricos**. 2009, 44 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Amazônia – AM.

SILVA, A. C.; LIMA, L. A.; EVAGELISTA, A. W. P.; MARTINS, C. P. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do cafeeiro irrigado por pivô central. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 12, p. 1215-1221, 2011.

SILVA, V. P. R.; TAVARES, A. L.; SOUSA, I. F. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo simples e dual do coentro. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 255-259, 2013.

SOARES, M. G. **Plasticidade fenotípica de plantas jovens de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos (Bignoniaceae) em resposta à radiação**

**solar**. 2012. 91 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo – ES.

SOUZA, W. G. **Modelagem da evapotranspiração em plantios de eucalipto em fase inicial de desenvolvimento com cobertura parcial do solo**. 2006. 56 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa - MG.

TATAGIBA, S. D.; XAVIER, T. M. T.; TORRES, H.; PEZZOPANE, J. E. M.; ZANETTI, S. S. Determinação da máxima capacidade de retenção de água no substrato para a produção de mudas de eucalipto em viveiro. **Revista Floresta**, v. 45, n. 4, p. 745 - 754, 2015.

THEBALDI, M. S. **Irrigação de mudas de espécies florestais nativas produzidas em tubetes**. 2011. 93 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras – MG.

TEIXEIRA, A. H. C.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; SOARES, J. M. Consumo hídrico e coeficiente de cultura da videira na região de Petrolina, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, p. 413-416, 1999.

TEIXEIRA, A. H. C.; BASSOI, L. H.; REIS, V. C. S.; SILVA, T. G. F.; FERREIRA, M. N. L.; MAIA, J. L. T. Estimativa do consumo hídrico da goiabeira, utilizando estações agrometeorológicas automática e convencional. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 457-460, 2003.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife. Versão Digital. 2006, 443 p.

## CONCLUSÕES GERAIS

Todas as espécies avaliadas apresentaram crescimento linear em função dos tratamentos aplicados, não obtendo uma lâmina ótima de irrigação, considerando necessários estudos com lâminas de irrigação superiores.

Todas as espécies avaliadas tiveram o seu crescimento inicial e produção de fitomassa reduzidos em tratamentos com lâmina de irrigação inferiores a 100% da  $ET_0$ .

A evapotranspiração média diária das culturas ( $ET_c$ ), durante o período de experimento foi de 13,93; 5,47; 8,38; 5,33 e 5,31  $mm\ d^{-1}$ , para as espécies eucalipto, cedro, mogno, umbu e angico, nessa sequência.

O coeficiente médio da cultura ( $K_c$ ) foi de 3,06; 1,28; 1,85; 1,25 e 1,25, para as espécies eucalipto, cedro, mogno, umbu e angico, respectivamente.

A radiação solar foi a variável ambiental que mais influenciou o crescimento inicial das espécies florestais, seguida pelo déficit de pressão de vapor (DPV).

## ANEXOS

**ANEXO A - Tabela 1** - Análise química do solo do substrato usado no experimento – Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

pH (H <sub>2</sub> O)	mg/dm P	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> de solo										%			g/dm
		K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S.B.	t	T	V	m	PST	M.O	
5,3	17	0,70	1,6	1,1	0,2	2,0	0,10	3,5	3,7	5,7	61	5	2	13	

**ANEXO B - Tabela 2** - Análise física do solo do substrato usado no experimento – Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Frações da amostra total %			Comp. Granulométrica (tfsa g/Kg)				Classe Textural
Calh. 200-20 mm	Casc. 20-2 Mm	Terra fina <2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20- 0,05 mm	Silte 0,05- 0,002 mm	Argila <0,002 mm	
0	0	100	570	110	30	290	Franco Argilo Arenoso

## CAPÍTULO 1

**ANEXO C - Tabela 3** - Análise de variância das variáveis: Altura (ALT), Diâmetro do Coleto (DCO), Diâmetro da Copa (DCP), Número de Folhas (NF), Matéria Fresca (MFF) e Matéria Seca de Folha (MSF), Matéria Fresca (MFC) e Matéria Seca de Caule (MSC), Matéria Fresca (MFR) e Matéria Seca de Raiz (MSR), Taxa de Crescimento Absoluto (TCA), Taxa de Crescimento Relativo (TCR) e suas interações a 5% de probabilidade.

F.V	G.L	Q.M								
		ALT	DCO	DCP	NF	MFF	MSF	MFC	MSC	MFR
TRAT	3	2837,899*	0,6627*	1066,440*	4650,3277*	4225,4925*	802,6448*	4403,6758*	1387,5020*	13707,6978*
ESP	4	2248,241*	0,2617*	2460,930*	23880,3750*	858,0376*	272,1843*	3173,2575*	1316,5427*	20622,9034*
TRAT*ESP	12	478,9062*	0,0425*	225,3617	2205,7861*	405,4078*	96,1508*	425,3388*	173,5078*	979,0593 <sup>ns</sup>
Resíduo	40	145,7823	0,0185	61,1897	148,0666	101,6102*	43,1220	192,2447	79,8916	1286,6153
Total	59									

\* significativo e <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade.

Continuação...

F.V	G.L	Q.M				
		MSR	TCA	TCR60	TCR120	TCR180
TRAT	3	3743,4028*	0,0920*	0,000029*	0,00007*	0,000004 <sup>ns</sup>
ESP.	4	6816,3943*	0,0709*	0,000096*	0,00007 <sup>ns</sup>	0,00002*
TRAT*ESP	2	260,0811 <sup>ns</sup>	0,0141*	0,000006 <sup>ns</sup>	0,00003 <sup>ns</sup>	0,000004*
Resíduo	40	408,0821	0,0045	0,0000037	0,000017	0,0000018
Total	59					

\*significativo e <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade.

## CAPÍTULO 2

**ANEXO D - Tabela 4** - Análise de variância das variáveis: Altura (ALT), Diâmetro do Coleto (DCO) e Matéria Seca Total (MST), dentro (100% da ET<sub>0</sub>) e fora da casa de vegetação e suas interações a 5% de probabilidade.

F.V	G.L	Q.M		
		ALT	DCO	MST
LOCAL	1	17,176 <sup>ns</sup>	1,08300*	26101,01*
ESP	4	1177,885*	0,64763*	25389,91*
LOCAL*ESP	4	1584,015*	0,3307*	24311,33*
Resíduo	20	168,9900	0.04008	798,7843
Total	29			

\* significativo e <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade.

**ANEXO E - Tabela 5** - Análise de variância das variáveis: Altura (ALT), Diâmetro do Coleto (DCO) e Matéria Seca Total (MST), dentro (150% da ET<sub>0</sub>) e fora da casa de vegetação e suas interações a 5% de probabilidade.

F.V	G.L	Q.M		
		ALT	DCO	MST
LOCAL	1	364,705 <sup>ns</sup>	0,20833*	2992,844 <sup>ns</sup>
ESP	4	1240,288*	0,79904*	32354,92*
LOCAL*ESP	4	1698,646*	0,28395*	20127,56*
Resíduo	20	320,2697	0,05366	1373,704
Total	29			

\* significativo e <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade.