



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA**

**JOSÉ DIONIS MATOS ARAUJO**

**DESEMPENHO SILVICULTURAL E CARACTERIZAÇÃO LIGNOCELULÓSICA**  
**DE ESPÉCIES FLORESTAIS EM ACARAÚ, CE**

**FORTALEZA**

**2019**

JOSÉ DIONIS MATOS ARAUJO

DESEMPENHO SILVICULTURAL E CARACTERIZAÇÃO LIGNOCELULÓSICA DE  
ESPÉCIES FLORESTAIS EM ACARAÚ, CE

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

A689d Araujo, José Dionis Matos.  
Desempenho silvicultural e caracterização lignocelulósica de espécies florestais em acaraú, ce / José  
Dionis Matos Araujo. – 2019.  
83 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra.

1. Espécies arbóreas. 2. Crescimento. 3. Estresse hídrico. 4. Caracterização química. I. Título.

CDD 630

---

JOSÉ DIONIS MATOS ARAUJO

DESEMPENHO SILVICULTURAL E CARACTERIZAÇÃO LIGNOCELULÓSICA DE  
ESPÉCIES FLORESTAIS EM ACARAÚ, CE

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia.

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Pesquisador Dr. João Alencar de Sousa (Orientador Técnico)  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

---

Prof. Dr. Sebastião Medeiros Filho  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Pesquisador Dr. Men de Sá Moreira de Sousa Filho  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

---

Pesquisador Dr. Alison Moura Santos  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

A Deus.

Aos meus pais, Diva de Matos e José Alves (*in  
memoriam*)

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me abençoado e me ajudado a vencer todos os desafios, administrando em mim seu amor e sabedoria.

A Instituição Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio. O presente trabalho foi realizado com apoio da CAPES - Código de Financiamento 001.

A Universidade Federal do Ceará e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de cursar o doutorado.

A Embrapa Agroindústria Tropical por proporcionar todas as condições para a execução dos trabalhos.

Aos meus pais, Diva de Matos e José Alves (*in memoriam*), a minha irmã Dionizia Araujo e a minha sobrinha Helena Araujo pelo amor, carinho e apoio.

A minha esposa Adria Gomes e a minha filha Antônia Araujo pelo companheirismo, paciência, incentivo e todo o amor dedicado.

A Pesquisadora Diva Correia pela formação profissional, minha construção técnico científica e, sobretudo pela sua amizade.

Ao pesquisador João Alencar de Sousa pela dedicação, qualidade na orientação técnica, além da grande amizade construída.

Ao Professor Antônio Marcos Esmeraldo Bezerra por sua paciência, perseverança e grande maestria na minha orientação na pós - graduação, tão quanto vida também.

Ao Pesquisador Men de Sá, pela dedicação, empatia, apoio e por ter aceitado o desafio de incluir a caracterização das frações lignocelulósicas nesta pesquisa.

Ao Professor Sebastião Medeiros pela participação na banca e as contribuições dadas.

Ao Pesquisador Alisson Moura pelo pronto apoio e disponibilidade para tirar as minhas inúmeras dúvidas.

Ao financiamento do projeto pelo Banco do Nordeste do Brasil (BNB), Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

A contrapartida não financeira aportadas pela Embrapa Agroindústria Tropical, Embrapa Florestas e Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS).

Aos parceiros do projeto o Sindicato das Indústrias de Móveis do Ceará (Sindmóveis), Sindicato da Indústria de Serrarias, Carpintarias, Tonoarias, Madeira Laminada

e Compensada do Ceará (Sindserrarias), Instituto de Desenvolvimento Industrial do Ceará (INDI) e Fabricantes Associados de Marco (FAMA).

Aos demais membros que compunham a equipe técnica do projeto: Antônio Lindemberg Martins Mesquita, Francisco Marto Pinto Viana, Fábio Rodrigues de Miranda, José Roque Gomes Moura, Carlos Augusto Teixeira Braga, Edinelson José Maciel Neves, Antônio Aparecido Carpanezzi, Alisson Moura Santos e Ivar Wendling.

Ao Adriano Matos e Paulo Maciel, pelo apoio e ajuda nas avaliações.

A José Narcelio (Louro) por toda a dedicação, zelo e ajuda na condução de todos os trabalhos desde o início da instalação.

Aos meus amigos do Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU), por passarem comigo por essa empreitada.

Aos meus amigos do Laboratório de Tecnologia da Biomassa (LTB), aquele abraço.

Enfim, a todos que participaram diretamente ou indiretamente no sucesso desse trabalho e na minha vida.

“Sinta-se livre para viver e não almeje somente dinheiro, mas a oportunidade de ter feito diferença mesmo que seja de forma diminuta.”.

(Dionis Araujo)

## RESUMO

O polo moveleiro de Marco no estado do Ceará é o maior do segmento do Estado e um dos mais qualificados das regiões Norte e Nordeste do Brasil. O suprimento de madeira para o polo provém de outras regiões do país, o que acarreta um aumento no custo de produção da indústria moveleira local. Uma alternativa para enfrentar esse problema é a produção da matéria prima no Estado. Para tanto, efetuou-se o plantio de espécies florestais no perímetro irrigado do Baixo Acaraú – CE para atender a demanda das indústrias moveleiras cearenses. Nesta pesquisa avaliou – se o crescimento e as características das frações lignocelulósicas das espécies acacia mangium (*Acacia mangium* Willd), angico (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschu), casuarina (*Casuarina equisetifolia* L. ex J. R. Forst. & G. Forst), pau d’arco roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos), sobrasil (*Colubrina glandulosa* subsp. *reitzii* (M. C. Johnst.) Borhidi) e os clones de eucalipto GG 680 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus grandis*), VE 38 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus camaldulensis*) e VE 41 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus grandis*) sob dois regimes hídricos no perímetro irrigado Baixo Acaraú, Ceará, visando obter informações dessas espécies e híbridos nas condições edafoclimáticas de Acaraú – CE. Na análise de crescimento os valores médios de volume confirmam que as espécies estudadas podem ser plantadas em qualquer dos regimes hídricos, exceto para os clones de eucalipto VE 38 e GG 680. As análises das frações lignocelulósicas indicam possibilidade de desenvolver rotas tecnológicas para agregação de valor desses resíduos, notadamente considerando seus teores de lignina. A exemplo da possível elaboração de produtos similares a painéis aglomerados, MDF ou HDF. As espécies também demonstraram potencial para serem utilizados na produção de polpa celulósica, com exceção do Pau d’arco roxo devido ao alto teor de cinzas. Conclui – se que as cinco espécies estudadas e os três clones de eucalipto apresentam condições de exploração florestal no Ceará.

**Palavras-chave:** espécies arbóreas; crescimento; estresse hídrico; caracterização química.

## ABSTRACT

The furniture pole of Marco in the state of Ceará is the bigger in the state and one of the more qualified of the regions North and Northeast of Brazil. The supply of wood to pole come from other regions of the country, which causes an increase in the production cost in the local furniture industry. An alternative to confront this problem is the production of raw material in state. For this purpose, it was made the planting of forestry species in the irrigated perimeter Baixo Acaraú to supply the demand of the local furniture industries. In this research was evaluated if the growth and the characteristics of the lignocellulosic fractions in the species acacia mangium (*Acacia mangium* Willd), angico (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschu), casuarina (*Casuarina equisetifolia* L. ex J. R. Forst. & G. Forst), pau d'arco roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos), sobrasil (*Colubrina glandulosa* subsp. *reitzii* (M. C. Johnst.) Borhidi) and the clones of eucalyptus GG 680 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus grandis*), VE 38 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus camaldulensis*) and VE 41 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus grandis*) under two hydric regimes in the irrigated perimeter Baixo Acaraú, Ceará, with the objective to get information about those species and hybrids in the edaphoclimatic conditions of Acaraú. In the growth analysis the medium values of volume confirm that the studied species can be planted in any of hydric regime, except the clones of eucalyptus VE 38 and GG 680. The analysis of the lignocellulosic fractions indicate the possibility of to develop technologic routes to add value of these residues notably considering their lignin contents. For instance the possible elaboration of products similar to particle boards, as MDF or HDF. The species also demonstrates potential to been used in the production of cellulosic pulp, with exception of Pau d'arco roxo due to high content of ashes. Concludes that the five studied species and three clones of eucalyptus presented conditions of forestry exploitation in the state of Ceará.

**Keywords:** tree species; growth; hydric stress; chemical characterization.

## LISTA DE FIGURAS

|          |                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 | – Altura em cinco espécies arbóreas cultivadas em dois regimes de irrigação, durante sete períodos após o plantio, ao longo de sete anos .....                                                                                                    | 33 |
| Figura 2 | – Diâmetro a altura do peito (DAP) em cinco espécies arbóreas cultivadas em dois regimes de irrigação, durante sete períodos após o plantio, ao longo de sete anos .....                                                                          | 35 |
| Figura 3 | – Volume em cinco espécies arbóreas cultivadas em dois regimes de irrigação, durante sete períodos após o plantio, ao longo de sete anos. Dados transformados raiz quadrada .....                                                                 | 37 |
| Figura 4 | – Taxa de crescimento absoluto em altura TCAH em cinco espécies arbóreas cultivadas em dois regimes de irrigação, durante sete períodos após o plantio, ao longo de sete anos .....                                                               | 39 |
| Figura 5 | – Taxa de crescimento absoluto em diâmetro TCAD em cinco espécies arbóreas cultivadas em dois regimes de irrigação, durante sete períodos após o plantio, ao longo de sete anos .....                                                             | 40 |
| Figura 6 | – Incremento corrente anual (ICA) e incremento médio em volume (IMV) em cinco espécies arbóreas cultivadas em dois regimes de irrigação, durante sete períodos após o plantio, ao longo de sete anos .....                                        | 42 |
| Figura 7 | – Altura (A) e diâmetro a altura do peito (DAP) (B) em três clones de eucaliptos cultivados em dois regimes de irrigação, durante seis períodos após o plantio, ao longo de seis anos .....                                                       | 53 |
| Figura 8 | – Volume em três clones de eucaliptos cultivados em dois regimes de irrigação, durante seis períodos após o plantio, ao longo de seis anos .....                                                                                                  | 54 |
| Figura 9 | – Taxa de crescimento absoluto em altura (TCAH) (A) e Taxa de crescimento absoluto em diâmetro (TCAD) (B) em três clones de eucaliptos cultivados em dois regimes de irrigação, durante seis períodos após o plantio, ao longo de seis anos ..... | 55 |

Figura 10 – Incremento corrente anual (ICA) e incremento médio em volume (IMV) em três clones de eucaliptos cultivados em dois regimes de irrigação, durante seis períodos após o plantio, ao longo de seis anos ..... 56

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Precipitação pluviométrica mensal (mm) durante o período do experimento (Outubro de 2010 - Outubro de 2017) .....                                                                                                                                                                                                                                                                             | 30 |
| Tabela 2 – Precipitação pluviométrica mensal (mm) durante o período do experimento (Março de 2011 – Março de 2017) .....                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 50 |
| Tabela 3 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente à cinza da poda (CIZP), extrativos total (EXT TOT), lignina insolúvel (LIG INS), Hemicelulose (HEMI) Alphacelulose (ALPHA) em cinco espécies arbóreas e três clones de eucaliptos cultivados em dois regimes hídricos (irrigado por 1 ano e irrigado por 3 anos) sete anos após o plantio, Acaraú - Ceará, 2019 ..... | 68 |
| Tabela 4 – Valores médios da cinza da poda (CIZP), extrativos total (EXT TOT), lignina insolúvel (LIG INS), Hemicelulose (HEMI), Alphacelulose (ALPHA) e Holocelulose (HOLO) em cinco espécies arbóreas e três clones de eucaliptos sete anos após o plantio, Acaraú - Ceará, 2019 .....                                                                                                                 | 69 |

## SUMÁRIO

|          |                                                                                                                                   |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>                                                                                                     | <b>15</b> |
| <b>2</b> | <b>DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES ÁRBOREAS NATIVAS E<br/>INTRODUZIDAS SOB DOIS REGIMOS HÍDRICOS EM ACARAU,<br/>CE .....</b>          | <b>27</b> |
| <b>3</b> | <b>CRESCIMENTO DE TRÊS CLONES DE EUCALIPTO SOB DOIS<br/>REGIMOS HÍDRICOS EM ACARAU, CE .....</b>                                  | <b>47</b> |
| <b>4</b> | <b>CARACTERIZAÇÃO LIGNOCELULÓSICA DE RESÍDUOS DE PODA<br/>DE ESPÉCIES ARBÓREAS COM POTENCIAL MOVELEIRO EM<br/>ACARAÚ-CE .....</b> | <b>64</b> |
| <b>5</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                                                                                                 | <b>75</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                                                                          | <b>76</b> |

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

As florestas sempre estiveram presentes na vida do homem ao longo da história da humanidade, tanto com o fornecimento de produtos como de serviços ambientais. Com o passar do tempo e a evolução da sociedade, das suas necessidades e dos processos industriais, as florestas foram sendo suprimidas para dar lugar a outras formas de uso do solo, ou manejadas de modo a ofertar os seus produtos, mantendo, em certa medida, a sua capacidade de produzir serviços ambientais (MOREIRA, 2011).

A cadeia produtiva do setor brasileiro de base florestal associado às florestas plantadas caracteriza-se pela grande diversidade de produtos, compreendendo a produção, a colheita e o transporte de madeira, além da obtenção dos produtos finais nos segmentos industriais de papel e celulose, painéis de madeira industrializada, madeira processada mecanicamente, siderurgia a carvão vegetal e biomassa, entre outros (ABRAF, 2013).

A indústria brasileira de árvores plantadas, apesar dos cenários macroeconômicos adversos, segue dando firmes demonstrações de sua resiliência. Segundo dados da Indústria Brasileira de Árvores, a receita bruta no ano de 2017 somou o montante de R\$ 73,8 bilhões, que corresponde a 1,1% do PIB do Brasil e 6,1% do PIB industrial. O saldo da balança comercial fechou o ano em US\$ 9,0 Bilhões, alta de 15,4 % em relação a 2016 (IBÁ, 2018). Em 2017 o setor empregou diretamente 508 mil pessoas. Estima-se que, no total, o número de postos de trabalhos da atividade de base florestal diretos, indiretos e resultantes do efeito renda, tenha sido da ordem de 3,7 milhões (IBÁ, 2018).

O Brasil possui 851,48 milhões de hectares de área. Destes, 58% são cobertos por florestas naturais e plantadas, o que representa a segunda maior extensão florestal do planeta, atrás apenas da Rússia (FAO, 2015). São estimados 485,8 milhões de hectares de florestas nativas (FAO, 2015) e 9,8 milhões de hectares de florestas plantadas (IBGE, 2017). Deste total de florestas plantadas, 75,2% são da cultura de eucalipto, totalizando uma área de 7,4 milhões de ha (IBGE, 2017). Em 2016, o Brasil manteve a liderança no ranking global de produtividade dos plantios de eucalipto, exibindo uma produtividade média de  $35,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (IBÁ, 2017).

No Brasil o principal setor que se destaca no ramo é a da produção de celulose que corresponde a 35% de toda a madeira produzida, com destaque para as espécies eucalipto e pinus, as quais correspondem a maior área de florestas plantadas. Em segundo lugar, com 30%, encontram-se proprietários independentes e pequenos e médios produtores do programa de fomento florestal, que investem em plantios florestais para comercialização da madeira in natura. Na terceira posição, está o segmento de siderurgia a carvão vegetal, que representa 13%

da área plantada. Os investidores financeiros detêm 9% dos plantios de árvores no Brasil. Os segmentos de painéis de madeira e pisos laminados (6%), de produtos sólidos de madeira (4%) e outros (3%) completam o quadro de distribuição de áreas de árvores plantadas no Brasil (IBÁ, 2018).

Um setor ainda pouco explorando, mas que cada vez vem ganhando mais espaço é o setor de biorrefinaria. Preocupações sobre sustentabilidade e segurança do uso de combustíveis fósseis, juntamente com os avanços na tecnologia de conversão de biomassa, estimularam o interesse no uso de resíduos agrícolas como matéria-prima para fins de bioenergia para atender parcialmente às necessidades de energia da humanidade.

O termo "biorrefinaria", ou seja, a co-produção de biocombustíveis para transporte, bioenergia e produtos químicos comercializáveis a partir de fontes renováveis de biomassa, está aumentando sua importância na comunidade científica (CHERUBINI et al., 2009).

No que diz respeito ao estado da arte dos produtos de base biológica, eles são atualmente obtidos a partir de componentes básicos de biomassa como amido, óleo e celulose. Além disso, produtos químicos como o ácido lático e amino, são produzidos e utilizados na indústria alimentar. Outros produtos incluem adesivos, compostos de limpeza, detergentes, fluidos dielétricos, corantes, fluidos hidráulicos, tintas, lubrificantes, embalagens materiais, tintas e revestimentos, papel e cartão, enchimentos plásticos, polímeros, solventes e sorventes (CHERUBINI et al., 2009).

No entanto, a maioria desses biocombustíveis e bioquímicos são produzidos em cadeias de produção únicas e não dentro de um quadro de biorrefinaria, o que geralmente leva-os a concorrência com a matéria prima para alimentação humana e indústria de ração. Sua exploração é, portanto, limitada. Uma alternativa pode ser apresentada por materiais lignocelulósicos. De fato, as matérias-primas lignocelulósicas podem ser fornecidas a partir de culturas dedicadas ou como resíduos da indústria agrícola, florestal e madeireira (CHERUBINI et al., 2009).

A madeira pode ser definida como um biopolímero tridimensional, constituída principalmente por celulose, hemicelulose e lignina (componentes primários), e pelos extrativos e cinzas (componentes complementares ou secundários) (LIMA et al., 2007). Desses, a celulose é o principal componente da parede celular e o mais abundante composto orgânico da natureza (TRUGILHO et al., 1996); as hemiceluloses são polissacarídeos da parede celular, de baixo peso molecular, sempre associadas à lignina e à celulose, cuja função primária não é completamente compreendida (GOMIDE; COLODETTE, 2007). A lignina está presente entre

células individuais e na parede celular, na qual está intimamente associada com celulose e hemicelulose, dando rigidez à célula (BOWYER; SHMULSKY; HAYGREEN, 2007), já os extrativos exercem um papel importante na utilização da madeira, influenciando suas propriedades físicas, estéticas e de resistência a fungos e insetos, pela sua natureza fenólica (GOMIDE; COLODETTE, 2007).

Antes concentrados no Sul e Sudeste do país, os plantios comerciais vem demonstrando tendências de expansão para novas fronteiras agrícolas em meio ao extenso território brasileiro, principalmente devido aos preços elevados das terras nas regiões do Sul e Sudeste, aumento da demanda fora das regiões Sul e Sudeste e a inviabilidade econômica do transporte para longas distâncias (FERNANDES; CAIRO; NOVAES, 2015). Esta grande tendência de crescimento do setor florestal no Brasil faz com que se discutam melhores formas de viabilizar a produtividade de espécies florestais o que mostra que maiores investimentos em pesquisa nesse setor se tornam necessários. Principalmente em regiões que representam novas fronteiras para expansão do setor florestal como o Nordeste.

As novas regiões, especialmente norte, nordeste e centro-oeste, possuem clima tropical favorável para a expansão do cultivo de eucaliptos (GONÇALVES et al., 2016), que é a principal espécie florestal plantada no Brasil. Além disso, há um grande número de espécies com potencial madeireiro ainda pouco estudado (ZENID, 2000; IPEF, 2013) e essa grande diversidade de espécies promissoras necessitam de melhores pesquisas quanto à eficiência na produção de madeira, para os diferentes setores florestais. Fatores como adaptação aos diferentes tipos de clima e solo ainda são temas de estudos escassos e pouco aprofundados para a maioria das espécies florestais, principalmente para regiões onde a atividade florestal apresenta importância local, como é o caso da região do baixo Acaraú no estado do Ceará, mais particularmente no município de Marco, onde a atividade moveleira é considerada um APL (Arranjo Produtivo Local), de importância vital para a economia do município. Vale ressaltar também, que no estado do Ceará encontram-se 750 indústrias moveleiras e destacando-se por ser o oitavo maior produtor do país (CORREIA et al., 2017).

A baixa precipitação e irregularidade das chuvas no Ceará, são característica climática que pode tornar-se limitante à produtividade econômica e até mesmo à sobrevivência dos materiais que possam vir a ser introduzidos na região e que conseqüentemente aumenta os riscos para o sucesso das atividades florestais. Segundo Yu, Kim e Lee (2009), estudos que visem à seleção de espécies tolerantes as restrições hídricas, torna-se um ponto chave para o sucesso da atividade florestal. Tendo em vista que o crescimento e desenvolvimento das plantas

são afetados pelo estresse hídrico, causado tanto pela excessiva demanda evaporativa como pelo suprimento limitado de água no solo, restringindo sua atividade fotossintética.

O comportamento do crescimento para cada região, associado a fatores ambientais, possibilitam a visualização em conjunto de características distintas dos plantios florestais, que quando relacionadas com a capacidade produtiva de cada espécie, subsidia a tomada de decisão para intervenção nesses plantios. (HESS; SCHNEIDER; FINGER, 2009).

O crescimento em altura, diamétrico e volumétrico de espécies florestais dão subsídios à silvicultura e ao manejo das florestas, pois fornece informações sobre o seu potencial e permite quantificar o tempo necessário para que as árvores alcancem determinada dimensão e avaliar economicamente o que foi investido no cultivo destas espécies (FINGER *et al.*, 1996).

A composição química e a organização dos elementos celulares da madeira determinam suas propriedades e aptidões para o uso comercial (CHIMELO, 2007). A caracterização química é um parâmetro importante a ser avaliado em qualquer espécie florestal. Segundo Coldebella (2015), toda madeira é composta por quantidades variáveis de cinzas (minerais), extrativos, lignina e carboidratos, seja entre espécies ou até mesmo entre indivíduos de mesma espécie, fato este, que pode determinar o uso mais apropriado de uma espécie/indivíduos para produção comercial de um determinado produto.

Dentre as espécies com potencial madeireiro, estudadas pela Embrapa Agroindústria Tropical, no município de Marco – CE, a acácia mangium, angico, casuarina, pau d'arco roxo, sobrasil e clones de eucaliptos, se destacaram e merecem uma maior atenção e estudos mais aprofundados (CORREIA *et al.*, 2017).

A acácia mangium (*Acacia mangium* Wild.) é uma leguminosa pioneira e muito cultivada em todo o mundo, especialmente para energia primária (VALE *et al.*, 2000) e celulose (ALENCAR, 2009). É pertencente à família Leguminosae, subfamília Mimosoideae, cujo gênero compreende aproximadamente 700 a 800 espécies (LAMPRECHT, 1990), habitando naturalmente áreas tropicais e subtropicais. Em razão da boa forma do fuste e das boas possibilidades de uso (serrado, energia e painéis), tem chamado à atenção de vários pesquisadores em diversas partes do mundo (VEIGA; CARVALHO; BRASIL, 2000). Recentemente, têm-se realizado estudos para utilização de sua madeira para produção de partículas destinadas à indústria de compósitos de madeira, puros ou através de *mix* com outras espécies de menor densidade (SILVA, 2008), mesmo apresentando madeira de baixa densidade - 0,52 g.cm<sup>-3</sup> (VALE *et al.*, 1999). A espécie se destaca por possuir um crescimento

relativamente rápido (VEIGA; CARVALHO; BRASIL, 2000) e um bom desenvolvimento em várias regiões do país, não sendo exigente em solos muito férteis (FALESI, 2006). Contudo, é imprópria para regiões com geadas fortes e déficits hídricos (ANTUNES, 2009).

O angico (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschul), classificada como secundária inicial (CARVALHO, 2003), é uma das principais leguminosas exploradas em propriedades rurais no interior do nordeste brasileiro, com 19% do total da população local explorando-a para construir instalações rurais (SILVA et al., 2012). A espécie pertencente à família Mimosaceae, é encontrada desde o Nordeste do Brasil até Bolívia, Argentina, Paraguai e Peru (ALTSCHUL, 1964), sendo utilizada como tanífera, energética, forrageira, madeireira, melífera, ornamental e medicinal. Há usos contra febre, úlceras, como sendo antiasmática, antidiarréica, antihemorrágica (HOEHNE, 1939; BAHIA, 1979). A espécie descrita na literatura como um arbusto alto, com caule entre 30 e 50 cm de diâmetro (ALTSCHUL, 1964), casca espessa de coloração acinzentada, e aspecto liso ou espiculado. Fornece madeira, compacta, não elástica, rija, pesada (densidade 1,07 g/cm<sup>3</sup>) (LORENZI, 2008).

A casuarina (*Casuarina equisetifolia* L. ex J. R. Forster. & G. Forster) devido à versatilidade de adaptação, tem sido amplamente plantada fora de sua área de ocorrência natural, principalmente em países subtropicais e tropicais (AYIN et al., 2015). A espécie pertence à família Casuarinaceae (BARROSO, 1987), cujo gênero corresponde a cerca de 80 espécies de arbustos e árvores que são primariamente nativas para o hemisfério sul, a maior parte da Austrália (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1984). É muito utilizada em quebra-ventos, ornamentação de ruas, conservação de solos e fixação de dunas, visto que apresenta tolerância a ambientes salinos. Apresenta madeira com alto valor calorífico, sendo utilizada principalmente como combustível. A madeira pode também ser empregada em interiores de casas e mobiliário decorativo (FERREIRA, 2004; AYIN et al., 2015; LIN et al., 2017). A Casuarina tem sido estabelecida com sucesso em áreas com precipitação anual de apenas 300 a 400 mm (ALLOLLI; NALAWADI, 1991 apud FERREIRA, 2004). É uma árvore de grande porte, podendo crescer até 20 metros de altura. Sua copa tem formato piramidal de cor verde-acinzentada e apresenta ciclo vegetativo perenifólio (WANG et al., 2013; UY; GARCIA, 2015). A madeira é de coloração clara, muito dura, rija e com densidade de 0,85–0,97 g/cm<sup>3</sup> (RICHTER; DALLWITZ, 2000).

O pau d'arco roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos) classificada como secundária inicial (DURIGAN; NOGUEIRA, 1990), é pertencente à família Bignoniaceae. Essa possui cerca de 120 gêneros e 800 espécies; dentre elas, 100 são conhecidas

popularmente como ipês (SOUZA; LORENZI, 2005; GROSE; OLMSTEAD, 2007). A espécie é nativa das Américas com ocorrência em todo o Brasil, principalmente nos biomas do Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Amazônia (MAIA-SILVA et al., 2012). A madeira é utilizada em construções externas, como pontes, dormentes, cruzetas e defensas, vigas, caibros, esquadrias, guarnições, rodapés, forros, lambris, tábuas, tacos e degraus de escadas, móveis de alta qualidade, artigos de esporte e brinquedos, cabos de ferramentas, implementos agrícolas, peças torneadas e instrumentos musicais (SILVA, 2013). Podem atingir 15 m de altura e 30 cm de DAP (diâmetro à altura do peito, medido a 1,30 m do solo) na Caatinga e até 50 m e 100 cm de DAP na Amazônia (PAULA; ALVES, 1997). A madeira é de alta qualidade, com densidade de 0,9 a 1,3 g cm<sup>-3</sup>, de grande resistência a tensões, ao apodrecimento e ataque de cupins e fungos (LOUREIRO; RAMOS; FREITAS, 2000; SOUZA; MAGLIANO; CAMARGOS, 2002; LORENZI, 2008).

O sobrasil (*Colubrina glandulosa* subsp. *reitzii* (M.C.Johnst.) Borhidi) uma das poucas espécies nativas com possibilidades de reflorestamento homogêneo, ou associado a outras espécies pioneiras (REITZ; KLEIN; REIS, 1978). É uma planta da família Rhamnaceae, possui grande amplitude de ocorrência geográfica, estando presente desde o Estado do Ceará até o Rio Grande do Sul, na Floresta Pluvial Atlântica, nos Estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo e Paraná, na Floresta Estacional Semidecidual, no Estado de Mato Grosso do Sul, no Cerradão, e na Restinga de vários estados (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008). Sua madeira é pesada e resistente ao apodrecimento, o que leva ela a ser amplamente empregada localmente em obras expostas, como postes, moirões, dormentes e pontes, com duração de até meio século. Têm também grande aceitação em construções civis e navais, obras hidráulicas e estacarias em geral. Por se tratar de uma planta rústica e de fácil cultivo pode ser inserida em composições de florestas heterogêneas destinadas à recomposição de áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 2008). O crescimento é moderado, comumente com 10 a 20 m de altura e 30 a 50 cm de diâmetro a altura do peito (DAP), podendo atingir até 25 m de altura e 80 cm de DAP. (CARVALHO, 2005). A madeira do sobrasil apresenta densidade de 0,80 a 1,00 g cm<sup>-3</sup> (MELLO, 1950; MAINIERI, 1970).

O eucalipto (*Eucalyptus* sp.) é amplamente utilizado no Brasil para a produção de madeira com diversas finalidades, em razão de seu rápido crescimento, boa adaptação ecológica e alta qualidade da madeira (BELTRAME et al., 2012). É pertencente à família Myrtaceae, cujo gênero compreende mais de 900 espécies, nativas da Austrália (BROOKER; KLEINIG, 2006) e regiões próximas, como Timor, Indonésia, Papua Nova Guiné, Molucas, Irian Jaya e sul das

Filipinas, porém as espécies são predominantes do continente australiano (ELDRIDGE et al., 1993). A utilização dessa espécie é uma das alternativas para fornecer matéria-prima para siderurgia, fabricação de papel e celulose, fabricação de compensados, serraria, mourões, óleos essenciais e outros fins dentro da demanda do setor florestal brasileiro (ALFENAS et al., 2004). O híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla* (“urograndis”), é a espécie mais cultivada atualmente no Brasil, seus indivíduos adultos absorvem menos água no solo, quando comparado a muitas espécies nativas no Brasil. Tendo sido recomendado para recuperar solos erodidos e degradados, como os de pastos e campos que perderam sua cobertura vegetal há muitos anos (QUEIROZ; BARRICHELO, 2007).

O presente trabalho foi dividido em três artigos, que objetivou avaliar o crescimento e caracterização das frações lignocelulósicas de espécies arbóreas sob dois regimes hídricos no perímetro irrigado do Baixo Acaraú. O primeiro artigo abordou o crescimento de acácia mangium (*Acacia mangium* Willd), angico (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschu), casuarina (*Casuarina equisetifolia* L. ex J. R. Forst. & G. Forst), pau d’arco roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos) e sobrasil (*Colubrina glandulosa* subsp. *reitzii* (M.C.Johnst.) Borhidi) sob dois regimes hídricos no perímetro irrigado Baixo Acaraú, Ceará. O segundo avaliou o crescimento dos clones de eucalipto GG 680 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), VE 38 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*) e VE 41 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) sob dois regimes hídricos no perímetro irrigado Baixo Acaraú, Ceará. O terceiro caracterizou as frações lignocelulósicas de todas as espécies estudadas nos dois artigos anteriores.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, G. S. B. de. **Qualidade da madeira de espécies do gênero Acacia plantadas no Brasil**. 2009. 132 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Engenharia Florestal, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- ALFENAS, A. C.; *et al.* **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004.
- ALTSCHUL, S. von R. A Taxonomic Study of the Genus *Anadenanthera*. In: ROLLINS, R. C.; FOSTER, R. C., editors. **Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University**. Massachusetts: Lexington Press, 1964. p. 03-65.
- ANDREWS, S. S. Crop residue removal for biomass energy production: effects on soils and recommendations. **White paper.**, [s.l.], fev. 2006. Disponível em: [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_053255.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053255.pdf). Acesso em: 12 dez. 2018.
- ANTUNES, F. S. **Avaliação da qualidade da madeira das espécies Acacia crassicarpa, Acacia mangium, Eucalyptus nitens, Eucalyptus globulus e Populus tremuloides**. 2009. 82 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Engenharia Florestal, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2013, ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013. 148 p.
- AYIN, C. M. *et al.* Identification and characterization of bacteria associated with decline of ironwood (*Casuarina equisetifolia*) in Guam. **Australasian Plant Pathology**, [s.l.], v. 44, n. 2, p. 225-234, dez. 2015.
- BAHIA. Subsecretaria de Ciência e Tecnologia. **Inventário de Plantas Medicinais do Estado da Bahia**. Salvador, 1979. 1201 p.:il.
- BARROSO, A. B. **Silviculture especial de árboles maderables tropicales**. Habana, Cuba: Editorial Científico-Técnica. 1987. 427 p.
- BELTRAME, R. *et al.* Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 47, n. 6, p. 791-796, jun. 2012.
- BROOKER, M. I. H.; KLEINIG, D. A. **Field Guide to Eucalyptus**. 3 ed. Melbourne: Bloomings. 2006, 356p.
- BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. **Forest products and wood science: an introduction**. Ames-Iowa: Blackwell Publishing. 2007. 558p.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: EMBRAPA, 2003. 1039 p. (Informações Tecnológicas; Colombo, PR: Embrapa Florestas, v. 1)

- CARVALHO, P. E. R. **Sobrasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 10 p. (Circular Técnica, 106). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/43203/1/circ-tec106.pdf>. Acesso em 25 dez. 2018.
- CHERUBINI, F. *et al.* Toward a common classification approach for biorefinery systems. **Biofuels, Bioproducts And Biorefining**, [s.l.], v. 3, n. 5, p.534-546, set. 2009.
- CHIMELO, J. Anatomia e propriedades gerais da madeira. In: OLIVEIRA, J.T.S.; FIEDLER, N.C. NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Jerônimo Monteiro: Suprema Gráfica e Editora. 2007. p. 107-124.
- COLDEBELLA, R., **Caracterização das propriedades físicas, químicas e anatômicas da madeira de Maclura tinctoria (L.) Don ex Steud.**. 2016. 87 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.
- CORREIA, D. *et al.* **Teste e seleção de espécies arbóreas para a indústria do polo moveleiro de Marco, CE (Fase I)**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017. 43p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/171280/1/DOC17006.pdf>. Acesso em 26 dez. 2018.
- DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. Recomposição de matas ciliares. **IF Série Registros**, São Paulo, v. 4, p. 1-14, 1990.
- ELDRIDGE, K. G. *et al.* **Eucalypt Domestication and Breeding**. Oxford: Oxford University Press, 1993. 288 p.
- FALESI I. C. **O Impacto da Acacia mangium no desenvolvimento sustentável do Estado do Pará** [on line]. 2006. Disponível em: <http://www.scribd.com/doc/24820905>. Acesso em: 13 dez. 2018.
- FAO. **Global forest resources assessment 2015: how are the world's forests changing? 2nd ed.** Rome, 2015. 46 p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i4793e.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2018.
- FERNANDES, E. T.; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B. Respostas fisiológicas de clones de eucalipto cultivados em casa de vegetação sob deficiência hídrica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, p. 29-34, 2015.
- FERREIRA, M. **Potencialidades de utilização da Casuarina equisetifolia em reflorestamentos**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. 13p.
- FINGER, C. A. G. *et al.* Crescimento diamétrico do pau-ferro (*Astronium balansae*) em reflorestamento no município de São Sepé, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 101-108, 1996.
- GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L. Qualidade da madeira. In: BORÉM, A. **Biologia florestal**. Viçosa: UFV, 2007. p. 25-54.
- GROSE, S. O; OLMSTEAD, R. G. Taxonomic revisions in the polyphyletic genus *Tabebuia* s. l. (Bignoniaceae). **Systematic Botany**, [s.l.], v. 32, n. 3, p. 660-670, 2007.

HESS, A. F.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, A. A. G. Crescimento em diâmetro de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em função da idade em três regiões do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 7-22, jan./mar. 2009.

HOEHNE, F. C. **Plantas e Substâncias Vegetais Tóxicas e Medicinais**. São Paulo: Departamento de botânica do Estado de São Paulo, 1939. 355 p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. **Relatório IBA 2017**. São Paulo: Studio 113. 2017. 77p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Sumário Executivo 2018**. São Paulo: Studio 113. 2018. 6p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**, v. 25, 2010. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs\\_2010\\_v25.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2010_v25.pdf). Acesso em: 20 jun. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS - IPEF. **Elaboração de lista de espécies arbóreas nativas para silvicultura e modelos de uso múltiplo**. Disponível em: [http://www.ipef.br/pcsn/documentos/especies\\_nativas\\_silvicultura.pdf](http://www.ipef.br/pcsn/documentos/especies_nativas_silvicultura.pdf). Acesso em 13 jun. 2018.

LAMPRECHT H. **Silvicultura nos trópicos: Ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – Possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Tradução de Guilherme de Almeida, Gilberto Calcagnotto. Eschborn: Dt. Ges. Für Techn. Zusammenarbeit (GTZ); 1990. 332 p.

LIMA, S. R. *et al.* Estudo dos constituintes macromoleculares, extrativos voláteis e compostos fenólicos da madeira de candeia – *Moquinia polymorpha* (Less.) DC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 145-155, abr./jun. 2007.

LIN, Y. *et al.* Wind and salt spray alter tree shape and dry mass density in *Casuarina equisetifolia* L. **Trees**, [s.l.], v. 31 n. 1, p. 15-26. 2017.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 5. ed. v. 1. Nova Odessa/SP: Plantarum, 2008. 368p.

LOUREIRO, A. A.; RAMOS, K. B. L.; FREITAS, C. A. A. **Essências Florestais da Amazônia**. Manaus/AM: MCT/INPA CPPF, V. 4. 2000.

MAIA-SILVA, C. *et al.* **Guia de Plantas Visitadas por Abelhas na Caatinga**. Fortaleza, CE: Fundação Brasil Cidadão, 2012. 194p.

MAINIERI, C. (Org.) **Madeiras brasileiras: características gerais, zonas de maior ocorrência, dados botânicos e usos**. São Paulo: Instituto Florestal, 1970. 109 p.

MELLO, E. C. **Estudo dendrológico de essências florestais do Parque Nacional do Itatiaia**. Rio de Janeiro: Parque Nacional do Itatiaia, 1950. 172 p.

MOREIRA, J. M. M. A. P. Potencial e participação das florestas na matriz energética. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 363-372, abr./jun. 2011

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Casuarinas: nitrogen fixing trees for adverse sites**. Washington: National Academy Press, 1984. 128 p.

PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. **Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção, uso**. Brasília; Fundação Mokiti Okada, 1997. 541p.

QUEIROZ, L. R. S.; BARRICHELO, L. E. G. **O eucalipto: um século no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Antônio Bellini Editora & cultura, 2007.

REIS G. G. *et. al.* 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**, Viçosa, v. 30, n.6, p. 921-931, 2006.

REITZ, R.; KLEIN, M.; REIS, A. **Projeto Madeira de Santa Catarina**. Itajaí, SC: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978. 320p.

RICHTER, H. G.; Dallwitz, M. J. **Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval**. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Disponível em: <https://www.delta-intkey.com/wood/index.htm> Acesso em: 12 de jan. 2019.

SILVA, C. C. **Potencial de espécies nativas para a produção de madeira serrada em plantios de restauração florestal**. 2013. 99 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Engenharia Florestal, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SILVA, E. M. *et al.* Diagnóstico do uso de leguminosas em propriedades rurais no município de Aparecida-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [s.l.], v. 7, n. 3, p. 212-217, 2012.

SILVA, F. P. Reflorestamento de acácia: nova fonte de renda para o produtor florestal. **Revista madeira**. [s.l.] Edição n. 117, nov. 2008. Disponível em: [http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=1337&subject=](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1337&subject=) . Acesso em: 18 de dez. 2018.

SOUZA, M. H.; MAGLIANO, M.M.; CAMARGOS, J. A. A. **Madeiras Tropicais Brasileiras**. 2 ed. Brasília: edições IBAMA, 2002.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2005.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 94-116, jan./jun. 1996.

- UY, M. M.; GARCIA, K. I. Evaluation of the antioxidant properties of the leaf extracts of Philippine medicinal plants *Casuarina equisetifolia* Linn, *Cyperus brevifolius* (Rottb) Hassk, *Drymoglossum piloselloides* Linn, *Ixora chinensis* Lam, and *Piper abbreviatum* Opiz. **Advances in Agriculture & Botanics**, [s.l.], v. 7 n. 2, p.71-79, 2015.
- VALE, A. T. *et al.* Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* Hill Ex-maiden e *Acacia mangium* Willd em diferentes níveis de adubação. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 83-88, 2000.
- VEIGA, R. A. A; CARVALHO, C. M.; BRASIL, M. A. M. Determinação de equações de volume para árvores de *Acacia mangium*. **Cerne**, Lavras, v. 6 n. 1, p. 103-107, 2000.
- WANG, F. *et al.* Biomass accumulation and carbon sequestration in four different aged *Casuarina equisetifolia* coastal shelterbelt plantations in south China. **Plos One**, [s.l.] v. 8, n. 10, e77449. 2013.
- YU, D. J.; KIM, S. J.; LEE, H. J.; Stomatal and non-stomatal limitations to photosynthesis in field-grown grapevine cultivars, **Biologia Plantarum**, [s.l.], v.53, p. 133–137, 2009.
- ZENID, G. J. **Madeiras para móveis e construção civil**. São Paulo: Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo, 2000. 1 CD-ROM. (IPT. Publicação 2779).

## 2 DESENVOLVIMENTO DE ESPÉCIES ÁRBOREAS NATIVAS E INTRODUZIDAS SOB DOIS REGIMOS HÍDRICOS EM ACARAU, CE

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento das seguintes espécies arbóreas: acacia mangium (*Acacia mangium* Willd), angico (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschu), casuarina (*Casuarina equisetifolia* L. ex J. R. Forst. & G. Forst), pau d'arco roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos) e sobrasil (*Colubrina glandulosa* subsp. *reitzii* (M.C.Johnst.) Borhidi) sob dois regimes hídricos no perímetro irrigado Baixo Acaraú, Ceará. O experimento foi conduzido no período de outubro de 2010 a outubro de 2017, com os fatores representados por regimes hídricos, espécies e períodos foram dispostos num arranjo de parcelas subdivididas repetidas no tempo num delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições de duas plantas cada. As variáveis respostas foram altura, diâmetro a altura do peito, volume, taxa de crescimento absoluto da altura e diâmetro e incremento corrente e médio anual do volume. Decorridos sete anos as espécies acacia mangium, casuarina, pau d'arco roxo, angico e sobrasil apresentaram, respectivamente, os seguintes volumes médios: 0,62, 0,47, 0,45, 0,31 e 0,29 m<sup>3</sup> independentes do regime hídrico. Apesar de ter sido observada uma diminuição nas taxas de crescimento das espécies ao longo dos períodos, as mesmas permaneceram positivas e o crescimento não cessou. Os valores médios de volume confirmam que as espécies estudadas podem ser plantadas em qualquer dos regimes hídricos e, sendo assim, sugere-se o regime irrigado até um ano para o cultivo dessas espécies, no Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú – CE.

**Palavras-chave:** dendrometria; estresse hídrico; floresta plantada.

### ABSTRACT

The aim of this paper was evaluate the growth of the following tree species: acacia mangium (*Acacia mangium* Willd), angico (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschu), casuarina (*Casuarina equisetifolia* L. ex J. R. Forst. & G. Forst), pau d'arco roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos) e sobrasil (*Colubrina glandulosa* subsp. *reitzii* (M.C.Johnst.) Borhidi) under two water regimes in the irrigated perimeter Baixo Acaraú,

Ceará. The experiment was carried out in the period of October of 2010 to October of 2017, with the factors represented by water regimes, species and periods were disposed in a split-plot randomized block design arrangement repeated in time with four repetitions of two plants. The variable response were height, diameter-at-breast-height, volume, absolute height growth rate and diameter and current increment and medium annual of volume. Elapsed seven years the species acacia mangium, casuarina, pau d'arco roxo, angico e sobrasil presented, respectively, the following average volumes: 0,62; 0,47; 0,45; 0,31 and 0,29 m<sup>3</sup> independent water regime. Although a decrease in growth of species rates was observed over the periods, they remained positives and growth did not cease. The average values of volume confirm that species studied can be planted in any of water regimes and, therefore it is suggested the irrigated regime until a year for the cultivation of these species, in the Irrigated Perimeter of Baixo Acaraú – CE.

**Keywords:** dendrometry, drought stress, planted forest.

## **Introdução**

O Brasil possui 851,48 milhões de hectares de área. Destes, 58% são cobertos por florestas naturais e plantadas, o que representa a segunda maior extensão florestal do planeta, atrás apenas da Rússia (FAO, 2015). São estimados 485,8 milhões de hectares de florestas nativas (FAO, 2015) e 9,8 milhões de hectares de florestas plantadas (IBGE, 2017).

A silvicultura brasileira tem grande potencial de crescimento em área e em produtividade. Isso porque, além de representar forte incentivo à economia de baixo carbono, as florestas são fundamentais na geração de diversos produtos destinados à produção de papel e celulose, carvão vegetal para usos variados, madeira serrada, produtos de madeira sólida e madeira processada. Além dos combustíveis mais limpos, oriundo da biomassa e o etanol celulósico (MENDES; TREICHEL; BELING, 2016). Adicionalmente a atividade se torna interessante porque os solos utilizados geralmente são mais pobres e com baixa aptidão agrícola e há uma estrutura verticalizada ou polos industriais que garantem a absorção da produção.

A demanda por produtos florestais é crescente para atender os principais segmentos consumidores de matéria-prima florestal, como da construção civil, movelaria, embalagens, siderurgia e celulose e papel (IBGE, 2010). No entanto, a base florestal para atendimento a essa demanda diversificada não vem crescendo na mesma escala.

Antes concentrada nas regiões mais úmidas, as atividades florestais atualmente se estendem ao semiárido nordestino (FERNADES; CAIRO; NOVAES, 2015). Em relação à baixa precipitação e irregularidade das chuvas no Ceará, essa característica climática pode tornar-se limitante à produtividade econômica, e até mesmo à sobrevivência de algumas espécies que possam vir a ser introduzidas na região, o que aumenta os riscos para o sucesso da atividade florestal.

Estudos que visem à seleção de espécies tolerantes às restrições hídricas, tornam-se um ponto chave para o sucesso da atividade florestal. Já que o crescimento e desenvolvimento das plantas são afetados pelo estresse hídrico, causado tanto pela excessiva demanda evaporativa, como pelo suprimento limitado de água no solo, restringindo sua atividade fotossintética. (YU; KIM; LEE, 2009).

O comportamento de crescimento específico das espécies florestais para cada região, associado a fatores ambientais, possibilitam a visualização em conjunto de características distintas dos plantios florestais, permitindo relacioná-las com a capacidade produtiva de cada espécie, subsidiando a tomada de decisão para intervenção nesses plantios (HESS; SCHNEIDER; FINGER, 2009).

O crescimento em altura, diamétrico e volumétrico de espécies florestais dão subsídios à silvicultura e ao manejo das florestas, pois fornece informações sobre o seu potencial e permite quantificar o tempo necessário para que as árvores alcancem determinadas dimensões almejadas na produção comercial e, conseqüentemente, avaliar economicamente o que foi investido no cultivo destas espécies (HESS; SCHNEIDER; FINGER, 2009).

Dentro desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de espécies arbóreas nativas e introduzidas, sob dois regimes hídricos, no perímetro irrigado Baixo Acaraú, Ceará.

## **Material e Métodos**

### **Caracterização da área experimental**

O experimento foi conduzido no período de outubro de 2010 a outubro de 2017, em área experimental conduzida pela Embrapa Agroindústria Tropical, localizada em um lote do Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú - CE, em região limítrofe com o município de Marco - CE, a uma altitude de 56 m, com as seguintes coordenadas geográficas: 3°06'02"S e 40°04'05"W.

O clima da região é do tipo Aw' (tropical chuvoso) de acordo com a classificação de Köpen. Predomina marcada alternância de estação chuvosa (janeiro a maio) e estação seca (junho a dezembro). A precipitação média anual varia em torno de 900 mm; temperatura média anual igual a 28,1°C, umidade relativa do ar média anual de 70%, evaporação média anual de 1600 mm, insolação de 2.650 h/ano, e velocidade média dos ventos de 3,0 m/s (DNOCS, 2016). Os valores de precipitação durante a realização do estudo foram fornecidos por posto climatológico da FUNCEME, localizado no município de Acaraú.

Tabela 1. Precipitação pluviométrica mensal (mm) durante o período do experimento (Outubro de 2010 - Outubro de 2017).

| Meses | Ano  |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | 2010 | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  |
| JAN   | -    | 355,2 | 6     | 18,4  | 35,6  | 6,8   | 263,8 | 96,6  |
| FEV   | -    | 154,7 | 111,6 | 116,3 | 127   | 85,8  | 170,6 | 195,4 |
| MAR   | -    | 252,3 | 150,1 | 77,5  | 38,8  | 307   | 181,6 | 286,8 |
| ABR   | -    | 405,6 | 202,6 | 211,6 | 192,8 | 414,4 | 354   | 221   |
| MAI   | -    | 226,6 | 81,2  | 103,4 | 119,8 | 65    | 19,8  | 188,8 |
| JUN   | -    | 123,2 | 7     | 47,4  | 53,4  | 85    | 6,8   | 35    |
| JUL   | -    | 38    | 0     | 18,9  | 4     | 43,8  | 18,2  | 5     |
| AGO   | -    | 0     | 0     | 3     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| SET   | -    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| OUT   | 0    | 43    | 0     | 0     | 0     | 0     | 4,2   | 0     |
| NOV   | 0    | 0     | 0     | 1,8   | 3     | 0     | 0     | -     |
| DEZ   | 7,2  | 0     | 0     | 0     | 0     | 9,4   | 24    | -     |

O solo da área experimental foi classificado como Neossolo quartzarênico (EMBRAPA, 2013), e apresentava as seguintes características nas camadas de 0 a 50cm: classe textural areia, umidade do solo a 0,03MPa de 4,38%, umidade a 1,5MPa de 2,95%, pH 6,1, CE 0,19 dS m<sup>-1</sup>, matéria orgânica 9,0 kg<sup>-1</sup>, P 19,9 mg dm<sup>-3</sup>, e 14,65, 6,45, 1,05, 3,35 e 5,4 mmolc dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, e H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>, respectivamente.

### Instalação da área experimental

As mudas das espécies acacia mangium (*Acacia mangium* Willd), angico (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschu), casuarina (*Casuarina equisetifolia* L. ex J. R. Forst. & G. Forst), pau d'arco roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos) e sobrasil (*Colubrina glandulosa* subsp. *reitzii* (M.C.Johnst.) Borhidi) foram produzidas no viveiro do Campo Experimental de Pacajus (CEP) da Embrapa Agroindústria

Tropical, pelo método de semeadura direta em tubetes de 288 cm<sup>3</sup>, contendo a mistura: casca de arroz carbonizada + bagana de carnaúba triturada + solo hidromórfico, na proporção volumétrica de 3:2:2 v/v.

O experimento foi instalado em uma área dividida em duas subáreas (parcelas), uma em que a irrigação foi suspensa no final dos 12 primeiros meses (regime irrigado até um ano) e outra que a irrigação foi suspensa no final de três anos (regime irrigado até três anos). Nos primeiros 12 meses, toda a área foi irrigada por microaspersão com turno de rega de um dia e uma lâmina de água de 2,7 mm dia<sup>-1</sup>. Após esse período somente no regime irrigado até três anos o turno de rega foi modificado para dois dias e lâmina de água de 5 mm dia<sup>-1</sup>.

Em outubro de 2010 as espécies foram plantadas em subparcelas experimentais de 6 x 28 m, constituídas por três linhas, composta de 15 plantas/linha, sendo a primeira e a terceira consideradas bordaduras, bem como a primeira e a última planta da linha central. O espaçamento utilizado foi de 3 m entre as linhas e 2 m entre plantas. No quarto ano de plantio foi realizado um desbaste seletivo nas subparcelas correspondentes às espécies, preservando as plantas que vinham sendo analisadas.

### **Variáveis analisadas**

A altura total (m) foi acompanhada por medições anuais durante o período de sete anos, medindo-se a altura da planta inteira desde o colo até o ápice da planta. O diâmetro a altura do peito (DAP, cm) também foi acompanhado por medições anuais, medindo-se a circunferência a 1,30 m do colo da planta. Obtendo-se a taxa de crescimento absoluto em altura (TCAH, m<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) e diâmetro (TCAD, cm<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) em função do tempo através da fórmula.

$$TCA = (V2 - V1)/(T2 - T1)$$

Em que: TCA = taxa de crescimento absoluto; V = variável; T = tempo de cada período. A partir dos dados de altura total e diâmetro foi calculado o volume (m<sup>3</sup>) através da fórmula.

$$V = [(\pi \times DAP^2)/40000 \times H \times f]$$

Em que: V = volume (m<sup>3</sup>); DAP = diâmetro à altura do peito a 1,3 m do colo da árvore (cm); H = altura total da árvore (m);  $\bar{f}$  = fator de forma 0,47 para acacia mangium (VEIGA, CARVALHO, BRASIL, 2000), 0,50 para casuarina (GEORGIN et al., 2015) e 0,63 para as espécies nativas (SOUZA; JESUS, 1991)).

Com os dados de volume obteve-se o incremento corrente anual (ICA, m<sup>3</sup>) e incremento médio anual (IMA, m<sup>3</sup>) para volume em função do tempo através das fórmulas.

$$ICA = V2 - V1$$

$$IMA = V/T$$

Em que: ICA = incremento corrente anual (m<sup>3</sup>); IMA = incremento médio anual (m<sup>3</sup>); V = volume (m<sup>3</sup>); T = tempo de cada período.

### **Delineamento experimental**

O experimento foi conduzido seguindo um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas, em um arranjo com parcelas subsubdivididas, sendo as parcelas correspondentes aos dois regimes hídricos (irrigado até um ano e irrigado até três anos), as subparcelas às cinco espécies e as subsubparcelas referentes aos sete períodos anuais de avaliações. As oito plantas centrais selecionadas excluindo as bordaduras, foram distribuídas em quatro repetições. Os dados foram coletados nas duas plantas de cada repetição ao longo dos sete períodos de avaliação.

Os dados foram submetidos à análise de variância para verificação dos efeitos isolados e da interação entre fatores. Os dados relativos aos períodos de avaliações e suas interações significativas foram desdobrados em análise de regressão, sendo o modelo escolhido pelo R<sup>2</sup> ajustado. Enquanto os dados relativos aos fatores espécie e regime hídrico e suas interações significativas tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05).

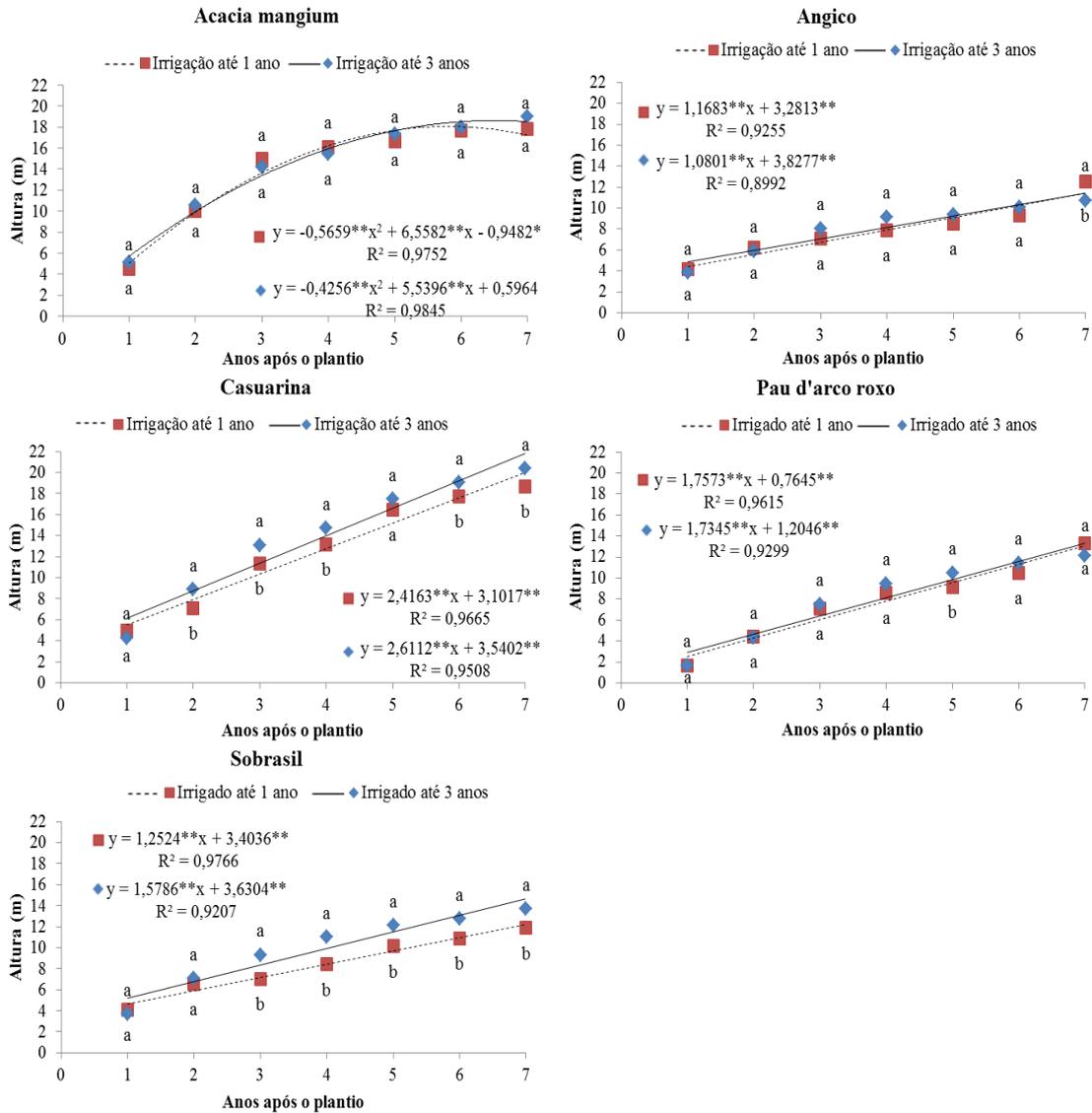
Nos dados relativos ao volume aplicou-se a transformação radicial a fim de atender ao princípio da homogeneidade de variâncias como preceitua Pimentel Gomes (2012). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software de Análise de Variância para Dados Balanceados (SISVAR), desenvolvido por Ferreira (2008).

### **Resultados e Discussões**

Na Figura 1 encontram-se os valores de altura das cinco espécies nos dois regimes hídricos em função do tempo. Verifica-se que no tratamento com irrigação até um ano, casuarina e sobrasil obtiveram menores valores de altura nos anos subsequentes ao irrigado em decorrência do estresse hídrico inicial. Ao final de sete anos essa diferença foi de 9,19% e 15,30% maior no tratamento com irrigação até três anos em casuarina e sobrasil, respectivamente. Nas plantas de acacia mangium e pau d'arco roxo a altura das plantas permaneceu semelhante independente do regime hídrico, nesse caso o primeiro ano de irrigação

foi suficiente para o estabelecimento das espécies do tratamento com irrigação até um ano, mesmo após a redução no suprimento hídrico. Em angico só houve diferenciação entre os regimes no sétimo ano onde a altura foi 14,69% maior no tratamento irrigado até um ano.

Figura 1 - Altura em cinco espécies arbóreas cultivadas em dois regimes de irrigação, durante sete períodos após o plantio, ao longo de sete anos.

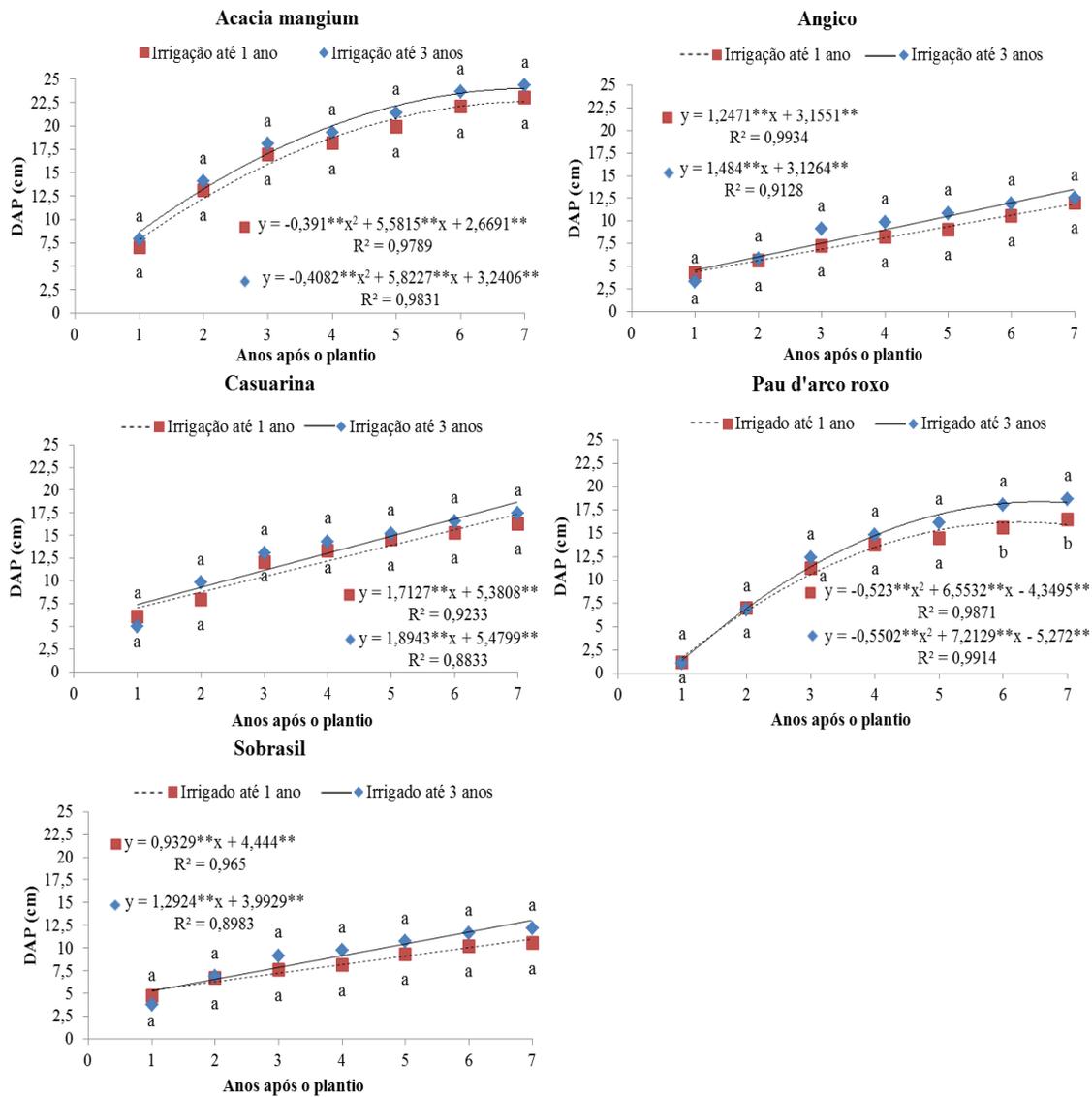


Os principais efeitos do estresse hídrico no crescimento de plantas estão associados à diminuição da turgescência e na limitação do metabolismo, principalmente na síntese de proteínas e aminoácidos. A redução da síntese no metabolismo de proteínas causa a interrupção da divisão celular reduzindo a velocidade do processo mitótico e assim a diminuição do processo de crescimento, particularmente crescimento em extensão (LARCHER, 2006).

Quanto às equações de regressão ajustadas para a altura das espécies em função dos períodos de avaliações nos regimes hídricos (Figura 1). Os modelos ajustados foram quadrático para acácia, com idade máxima estimada aos sete anos e altura de 18,52 m no regime irrigado até três anos e idade máxima aos seis anos e altura de 18,03 m, no regime irrigado até um ano. Sendo estes resultados superiores aos apresentados pela literatura, onde Veiga, Carvalho e Brasil (2000) observaram em acácia, altura média de 14,9 m aos sete anos na região de Botucatu, SP. Para casuarina, sobrasil e angico as alturas aumentaram linearmente com a idade. Essas espécies aos sete anos apresentaram respectivamente, alturas de 20,40, 13,66, e 10,69 m no regime irrigado até três anos e 18,68, 11,85 e 12,53m no regime irrigado até um ano. Os resultados são superiores aos apresentados por Ndiaye et al. (1993), que registraram para casuarina, altura média de 7,5 m aos 10 anos no Senegal, Carvalho (2005) que observou para sobrasil, altura média de 10,10 m aos sete anos em Cianorte, PR e Toledo Filho (1988) observou para angico altura média de 6,90 m aos oito anos em Casa Branca, SP. Também em pau d'arco roxo a altura aumentou linearmente com a idade apresentando uma média de 12,73 m independente do regime hídrico aos sete anos de idade. Sendo este resultado superior ao observado por Carvalho (2003), que registrou altura média de 5,79 m para pau d' arco roxo aos oito anos em Santa Helena, PR.

Na figura 2 encontram-se os valores de diâmetro a altura do peito (DAP) das cinco espécies nos dois regimes hídricos em função do tempo. Verifica-se que acácia, angico, casuarina e sobrasil o DAP das plantas permaneceu semelhante independente do regime hídrico, nesse caso o primeiro ano de irrigação foi suficiente para o estabelecimento das espécies do tratamento com irrigação até um ano, mesmo após a redução no suprimento hídrico. Em pau d'arco roxo no tratamento regime irrigado até um ano, somente a partir do sexto ano começou a apresentar menores valores de DAP, de modo que essa diferença foi 12,94% maior no tratamento irrigado até três anos ao final de sete anos.

Figura 2 – Diâmetro a altura do peito (DAP) em cinco espécies arbóreas cultivadas em dois regimes de irrigação, durante sete períodos após o plantio, ao longo de sete anos.



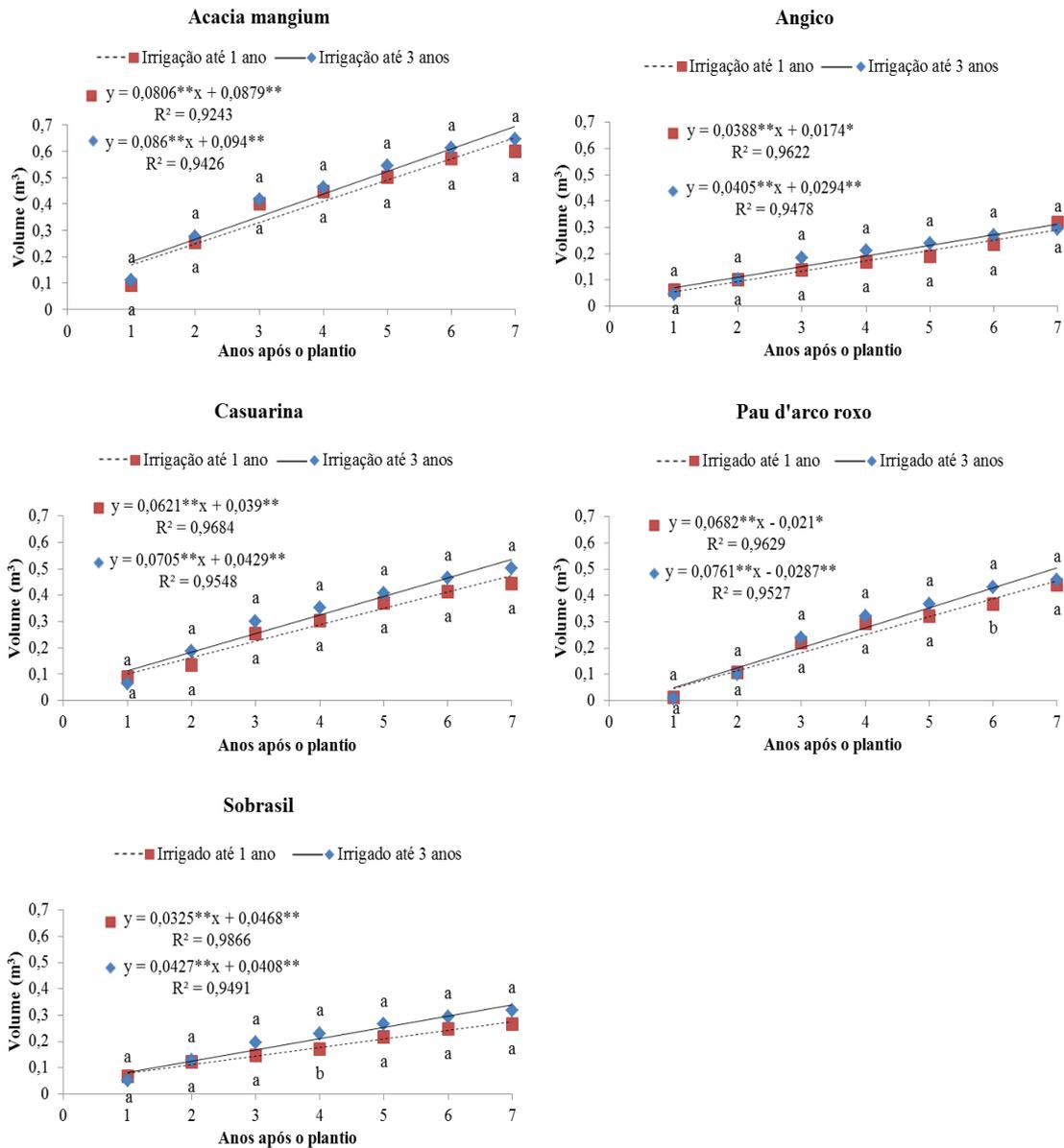
Em relação às equações de regressão ajustadas para o diâmetro das espécies em função dos períodos de avaliações nos regimes hídricos (Figura 2). Os modelos ajustados foram quadrático para acacia mangium, com idade máxima estimada aos sete anos e diâmetro de 24 cm no regime irrigado até três anos e diâmetro de 22,58 cm no regime irrigado até um ano. Estes resultados são superiores aos apresentados pela literatura, onde Veiga, Carvalho e Brasil (2000) observaram em acácia, diâmetro médio de 8,50 cm aos sete anos na região de Botucatu, SP. Para casuarina, angico e sobrasil os diâmetros aumentaram linearmente com a idade. Essas espécies aos sete anos apresentaram respectivamente, diâmetros médios de 16,87, 12,25 e 11,33 cm independente do regime hídrico. Sendo estes resultados superiores aos observados na literatura, onde Ndiaye et al. (1993) registraram para casuarina, diâmetro médio de 12,5 cm aos

10 anos no Senegal, Toledo Filho (1988) observou para angico diâmetro médio de 10,3 cm aos oito anos em Casa Branca, SP e Carvalho (2005) observou para sobrasil, diâmetro médio de 10,7 cm aos sete anos em Cianorte, PR. Em pau d'arco roxo o ajuste foi quadrático com idade máxima estimada aos sete anos e diâmetro de 18,26 cm no regime irrigado até três anos e ponto máximo aos seis anos e diâmetro 16,14 cm no regime irrigado até um ano. Sendo estes resultados superiores ao observado por Carvalho (2003), que registrou diâmetro médio de 10,1 cm para pau d' arco roxo aos oito anos em Santa Helena, PR.

Na figura 3 encontram-se os valores de volume das cinco espécies nos dois regimes hídricos em função do tempo. Verifica-se que em todas as espécies o volume permaneceu semelhante independente do regime hídrico. Assim, como ocorrido anteriormente no diâmetro (Figura 2), o primeiro ano de irrigação foi suficiente para o estabelecimento das espécies do tratamento com irrigação até um ano, mesmo após a redução no suprimento hídrico.

Para as equações de regressão ajustadas para o volume das espécies em função dos períodos de avaliações nos regimes hídricos (Figura 3). Os volumes de todas as espécies aumentaram linearmente com a idade. Acacia mangium, casuarina, pau d'arco roxo, angico e sobrasil aos sete anos apresentaram respectivamente, volumes médios de 0,62, 0,47, 0,45, 0,31 e 0,29 m<sup>3</sup> (transformação raiz quadrada) independentes do regime hídrico. Os resultados observados são muito superiores aos encontrados na literatura, onde verificou - se volume médio de 0,04 m<sup>3</sup> para acacia mangium aos sete anos na região de Botucatu, SP (VEIGA; CARVALHO; BRASIL, 2000), 0,03 m<sup>3</sup> para casuarina aos 10 anos no Senegal (NDIAYE et al., 1993), 0,02 m<sup>3</sup> para pau d'arco roxo aos oito anos em Santa Helena, PR (CARVALHO, 2003), 0,04 m<sup>3</sup> para angico aos sete anos em Cianorte, PR (TOLEDO FILHO, 1988) e 0,05 m<sup>3</sup> para sobrasil aos sete anos em Cianorte, PR (CARVALHO, 2005).

Figura 3 – Volume em cinco espécies arbóreas cultivadas em dois regimes de irrigação, durante sete períodos após o plantio, ao longo de sete anos. Dados transformados raiz quadrada.



Ao levar em consideração os regimes hídricos empregados nas espécies, observou-se uma baixa variação nas variáveis de crescimento (Figuras 1, 2 e 3), principalmente no volume onde não houve diferença significativa entre os regimes durante os períodos avaliados para todas as espécies (Figura 3). Isso ocorreu possivelmente em virtude da recarga de água do lençol freático advinda de lâminas excessivas de outras áreas de cultivo. Andrade et al. (2016) estudando a flutuação do nível do lençol freático no Distrito de Irrigação do Baixo Acaraú, verificaram em poços, elevação do nível do lençol freático em virtude do emprego excessivo de lâminas de água na irrigação.

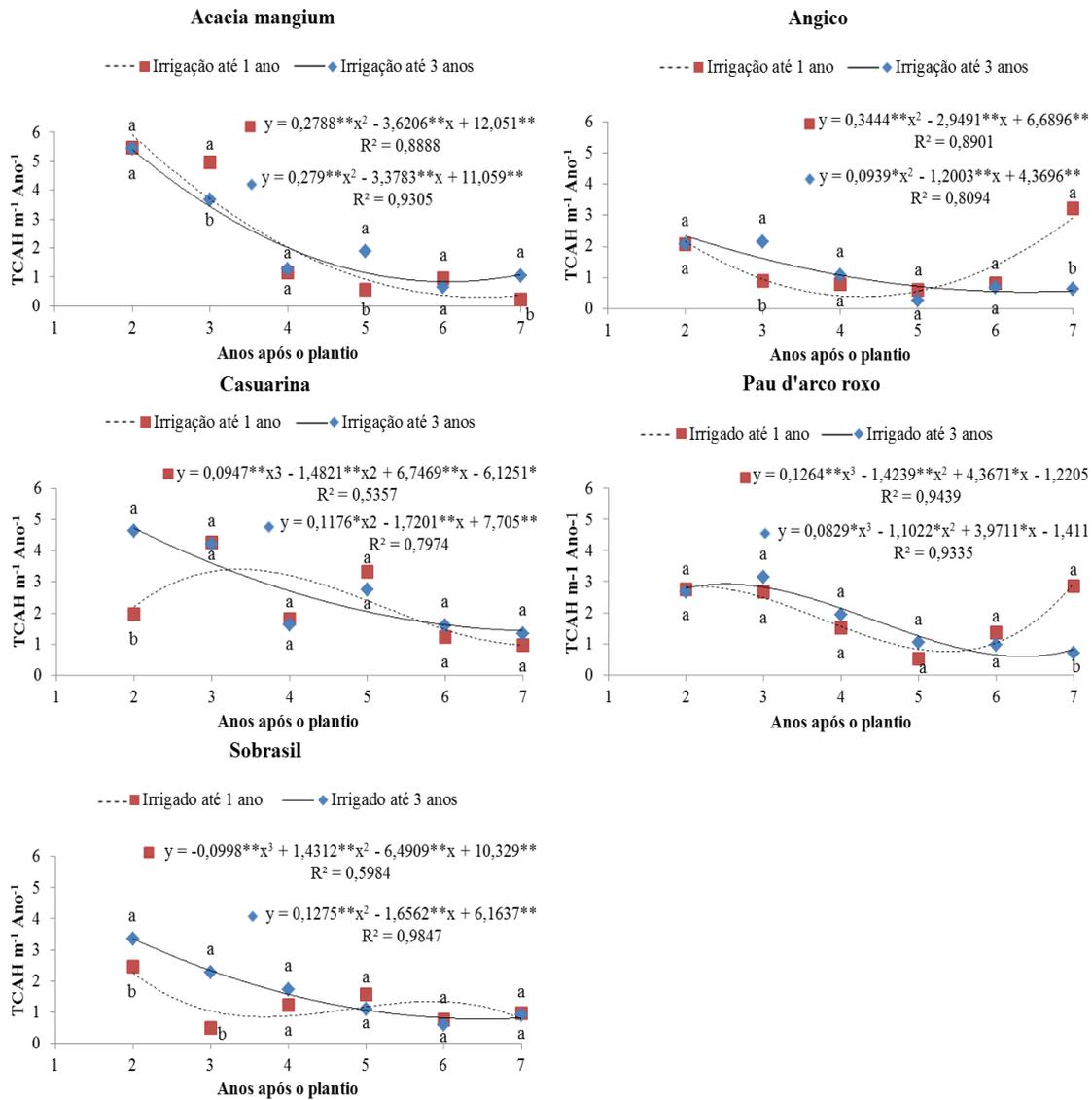
Das espécies estudadas acácia mangium foi a que apresentou as melhores médias de diâmetro e volume (Figura 2 e 3), atribuído diretamente ao seu crescimento rápido, pioneirismo e competitividade. Tais características já foram observadas por Souza et al. (2010).

Para a maioria das espécies estudadas não houve trajetórias das variáveis de crescimento sigmoidal, ou seja, com tendência a diminuir o crescimento com o aumento da idade (FIGURA 1, 2 e 3), sugerindo que as espécies ainda não se aproximaram do final do ciclo de crescimento.

Tratando-se da taxa de crescimento absoluto em altura (TCAH), observa-se em todas as espécies, uma diminuição acentuada dessa taxa até o quinto ano de plantio, com exceção da casuarina no regime irrigado até um ano que só apresentou esse mesmo comportamento a partir do terceiro ano. No entanto, a partir do quinto ano verifica-se uma desaceleração na queda da taxa em todas as espécies no regime irrigado até três anos e uma retomada da mesma em angico e pau d'arco roxo no regime irrigado até um ano (Figura 4). Essa retomada observada no Angico (Figura 4) possivelmente pode ser a causa da diferenciação de altura desta espécie entre os regimes no sétimo ano onde a altura foi 14,69% maior no tratamento irrigado até um ano (Figura 1).

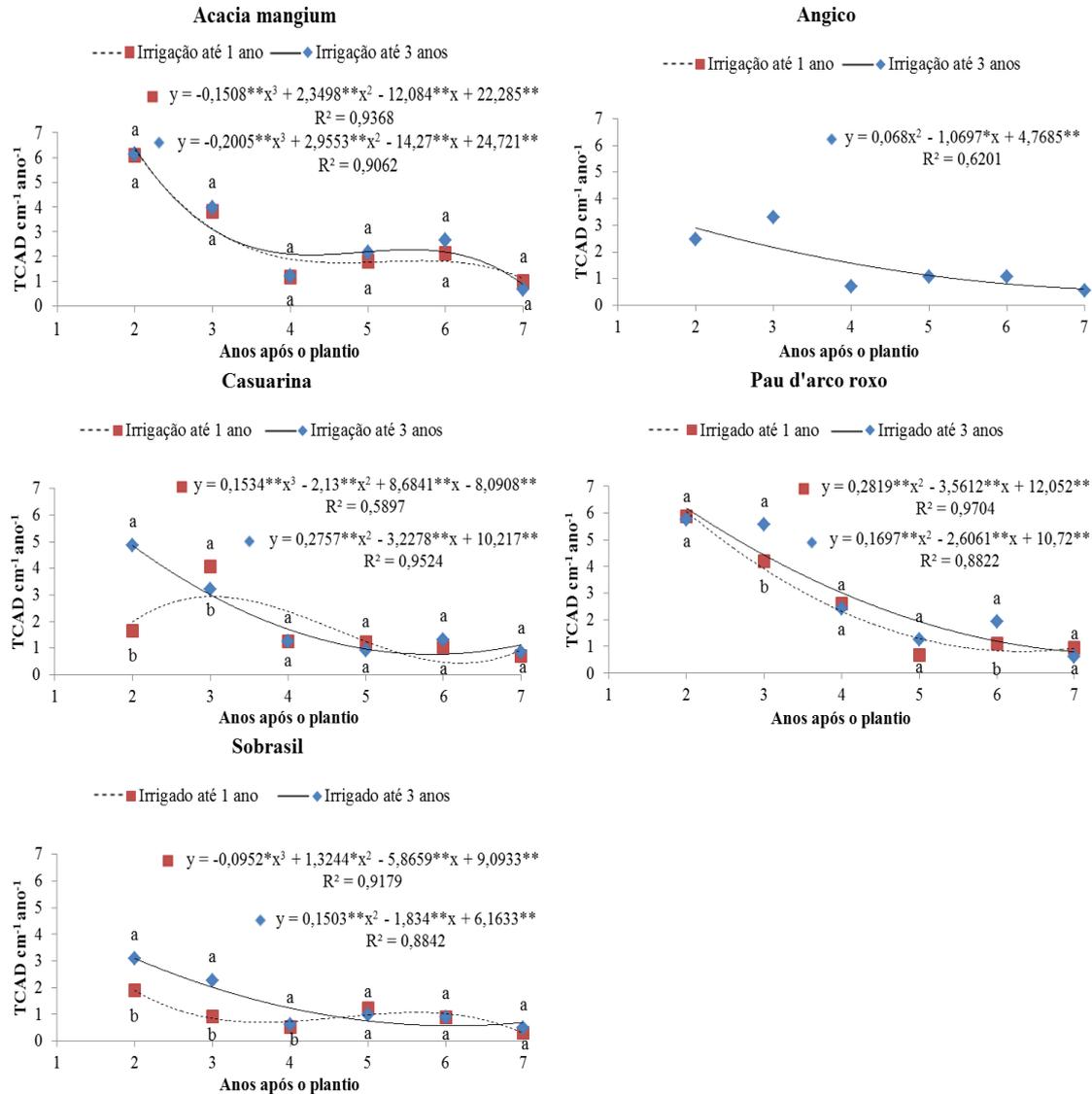
Para as equações de regressão ajustadas para a TCAH das espécies em função dos períodos de avaliações nos regimes hídricos (Figura 4). As taxas de todas as espécies apresentaram comportamento quadrático, com exceção da casuarina e pau d'arco roxo que apresentaram comportamento cúbico no regime irrigado até um ano. As TCAH das espécies no sétimo ano variaram de 0,21 (acácia) a 3,22  $\text{m}^{-1} \text{ano}^{-1}$  (angico), no regime irrigado até um ano e 0,62 (angico) a 1,34  $\text{m}^{-1} \text{ano}^{-1}$  (casuarina), no regime irrigado até três anos.

Figura 4 – Taxa de crescimento absoluto em altura TCAH em cinco espécies arbóreas cultivadas em dois regimes de irrigação, durante sete períodos após o plantio, ao longo de sete anos.



Para a taxa de crescimento absoluto em diâmetro (TCAD) (Figura 5), observa-se em angico, casuarina, pau d'arco roxo e sobrasil uma diminuição acentuada dessa taxa até o quinto ano de plantio. No entanto, a partir do quinto ano verifica-se uma desaceleração na queda das taxas para essas espécies. Já em acacia mangium essa desaceleração ocorre de forma antecipada, a partir do quarto ano.

Figura 5 – Taxa de crescimento absoluto em diâmetro TCAD em cinco espécies arbóreas cultivadas em dois regimes de irrigação, durante sete períodos após o plantio, ao longo de sete anos.



Quanto às equações de regressão ajustadas para a TCAD das espécies em função dos períodos de avaliações nos regimes hídricos (Figura 5). Os modelos ajustados foram cúbico (acacia mangium, casuarina e sobrasil) e quadrático (pau d'arco roxo) no regime irrigado até um ano; e cúbico (acacia mangium), quadrático (casuarina, pau d'arco roxo e sobrasil) e linear (angico) no regime irrigado até três anos. As TCAD das espécies no sétimo ano variaram de 0,32 (sobrasil) a 0,98  $\text{cm}^{-1} \text{ano}^{-1}$  (acacia mangium), no regime irrigado até um ano e 0,49 (sobrasil) a 0,86  $\text{cm}^{-1} \text{ano}^{-1}$  (casuarina), no regime irrigado até três anos.

Possivelmente a diminuição nas taxas de crescimento absoluto em altura e diâmetro das espécies ao longo dos períodos iniciais esteja associada ao maior adensamento no início do

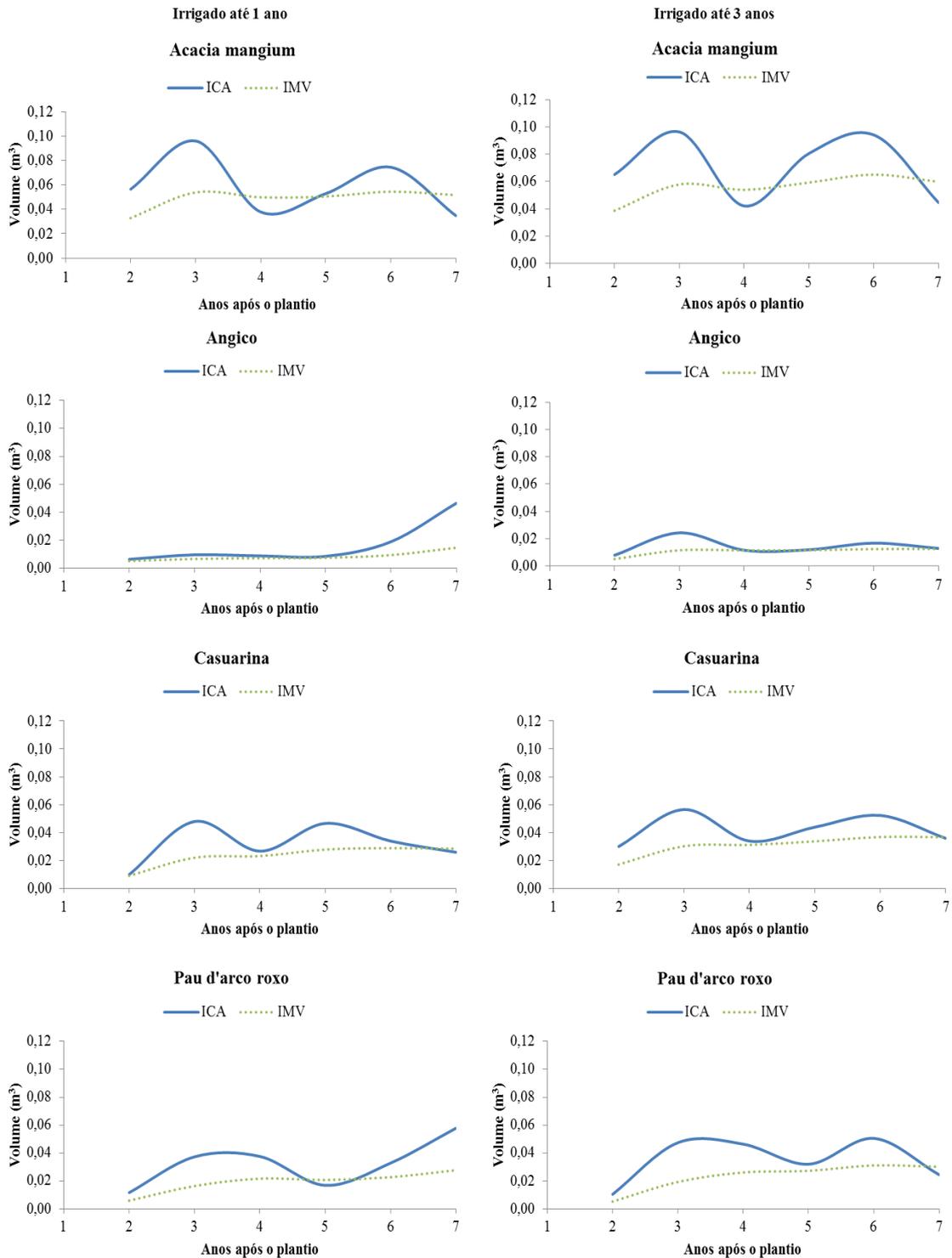
plantio, o que acabou gerando competição entre as plantas. De forma que após o desbaste seletivo realizado no quarto ano, observa-se uma desaceleração e em alguns casos retomada do crescimento nos anos subsequentes. Sugerindo que o espaço para o crescimento de cada árvore foi ampliado, proporcionando melhor crescimento e desenvolvimento da planta (Figura 4 e 5). Ferreira et al., (2014) observaram que o espaçamento é uma das variáveis que atuam sobre o crescimento de um povoamento. Leles et al. (1998) e Oliveira Neto et al. (2003) relatam o efeito do adensamento e a capacidade de gerar alto índice de competição entre as plantas em um povoamento de eucalipto em diferentes espaçamentos de plantio. Ainda segundo Leles et al. (1998), em plantios mais adensados pode-se acentuar os efeitos da deficiência hídrica sobre as plantas diminuindo a produtividade da floresta em razão da intensa competição entre as espécies por água, nutrientes, luz e espaço. Em adição outros estudos de acompanhamento do crescimento revelam que indivíduos arbóreos de uma mesma espécie podem apresentar períodos relativamente longos com baixas taxas de incremento e, às vezes, total interrupção do crescimento por vários meses e anos. Esta interrupção pode continuar por um período de tempo que varia entre as espécies, entre anos, mas acima de tudo em função do vigor da árvore (Détienne, 1989).

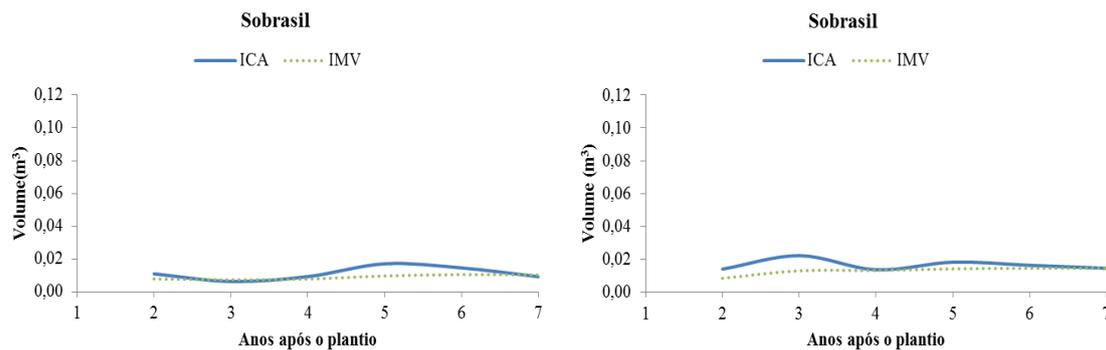
Apesar de ter sido observada uma diminuição nas taxas de crescimento absoluto em altura e diâmetro das espécies ao longo dos períodos (Figuras 4 e 5), as taxas permaneceram positivas e o crescimento em altura e diâmetro não cessou, conforme pode ser observado nas figuras 1 e 2. Vale salientar, que além dos fatores ambientais, a elevada variação nas taxas de crescimento das árvores ao longo do tempo está relacionada a fatores genéticos.

Na figura 6 são apresentados os dados de incrementos correntes anuais (ICA) e incrementos médios em volume (IMV) das cinco espécies estudadas, cultivadas em dois regimes de irrigação durante sete anos. Em acácia mangium e casuarina nos dois regimes e angico no regime irrigado até três anos, observa-se após o terceiro ano uma queda no ICA e retomada do mesmo após o quarto ano, apresentado uma queda novamente a partir do sexto ano. Neste caso, o ICA foi inferior ao IMV no quarto e sétimo ano para acácia e angico e somente no sétimo ano para casuarina. Em pau d'arco roxo irrigado até três anos também após o terceiro ano, observa-se uma queda no ICA, mas a retomada só acontece após o quinto ano apresentando uma queda novamente após o sexto ano. No entanto, o ICA só foi inferior ao IMV no sétimo ano. Excepcionalmente para angico e pau d'arco roxo irrigado até um ano, observa-se uma retomada no ICA após o quinto ano, com um aparente distanciamento do IMV. Quanto

ao sobrasil observa-se uma retomada do ICA após o quarto ano, com o IMV bem próximo ao ICA.

Figura 6 – Incremento corrente anual (ICA) e incremento médio em volume (IMV) em cinco espécies arbóreas cultivadas em dois regimes de irrigação, durante sete períodos após o plantio, ao longo de sete anos.





As quedas no ICA observadas após o terceiro ano e a retomada após o quarto ou quinto ano (Figura 8), sugerem a mesma influência do adensamento que ocorreria na taxa de crescimento absoluta e relativa em altura e diâmetro (figuras 4 e 5). Onde foi discutido que o maior adensamento no início do plantio, acabou gerando competição entre as plantas. De forma que após o desbaste seletivo realizado no quarto ano, aumentou o espaço para o crescimento de cada árvore, proporcionando melhor crescimento e desenvolvimento da planta. No entanto, as quedas no ICA observadas após o sexto ano pode ser evidência da diminuição dos efeitos benéficos do desbaste seletivo, e ainda pela pluviosidade média ter sido abaixo do esperado para a região (Tabela 1). O efeito benéfico do desbaste, no crescimento de árvores foi observado em outros estudos (JARDIM; SOARES, 2010). Entretanto, assim como verificado neste estudo, esses autores relataram que os efeitos benéficos da colheita da madeira tenderam a desaparecer com o tempo. Sousa et al. (2015), em estudo realizado na Fazenda Rio Capim, na Área de Manejo Florestal (AMF) no município de Paragominas, Pará, observaram que tais efeitos perduraram somente até três anos após a exploração florestal. A excepcionalidade de o ICA ter se distanciando do IMV em angico e pau'darco roxo irrigado até um ano, está associado ao fato de que o desbaste seletivo, embora menos comum, proporcionou maiores taxas de crescimento em altura (Figura 4 e 5) influenciado diretamente no aumento do volume estimado.

## Conclusões

As taxas de crescimento permaneceram positivas ao longo dos sete anos de plantio.

Registraram-se as maiores médias de crescimento para acácia mangium, seguidas de casuarina, pau d'arco roxo, angico e sobrasil, aos sete anos de idade.

O ICA e IMA do volume demonstrou a necessidade da realização de mais um desbaste seletivo aos sete anos para todos os casos, com exceção do angico e pau d'arco roxo no regime irrigado até um ano.

Os valores médios de volume confirmam que as espécies estudadas podem ser plantadas em qualquer dos regimes hídricos e, sendo assim, sugere-se o regime irrigado até um ano para o cultivo dessas espécies, no Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú – CE.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. M. *et al.* Dinâmica do nível freático e da salinização das águas subterrâneas em áreas irrigadas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 5, p. 621-630, oct./dez. 2016 .
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: EMBRAPA, 2003. 1039 p. (Informações Tecnológicas; Colombo, PR: Embrapa Florestas, v. 1)
- CARVALHO, P. E. R. **Sobrasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 10 p. (Circular Técnica, 106). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/43203/1/circ-tec106.pdf>. Acesso em 25 dez. 2018.
- DÉTIENNE, P. Appearance and periodicity of growth rings in some tropical woods. **IAWA Bulletin Nem Series**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 123-132, 1989.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. 3. Ed. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação, 2013. 353p.
- FAO. **Global forest resources assessment 2015: how are the world's forests changing? 2nd ed.** Rome, 2015. 46 p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i4793e.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2018.
- FERNANDES, E. T.; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B. Respostas fisiológicas de clones de eucalipto cultivados em casa de vegetação sob deficiência hídrica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, p. 29-34, 2015.
- FERREIRA, D. H. A. A. *et al.* Crescimento de clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em diferentes espaçamentos. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 3, p. 431-440, 2014.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, [s.l.], v. 6, p. 36-41, 2008.
- GEORGIN, J. *et al.* Inventário florestal quantitativo em plantio de *Pinus elliottii* no município de Ronda Alta, RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria V. 19, n. 1, p. 228-236, jan.- abr. 2015.
- HESS, A. F.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, A. A. G. Crescimento em diâmetro de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em função da idade em três regiões do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 7-22, jan./mar. 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**, v. 25, 2010. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs\\_2010\\_v25.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2010_v25.pdf). Acesso em: 20 jun. 2018.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**, v. 32, 2017. 8p. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs\\_2017\\_v32\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2017_v32_informativo.pdf). Acesso em: 10 jun. 2018.
- JARDIM, F. C. da S.; SOARES, M. da S. Comportamento de *Sterculia pruriens* (Aubl.) Schum. em floresta tropical manejada em Moju-PA. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 3, p. 535-542. 2010.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2006. 531p.
- LELES, P.S.S. *et al.* Relações hídricas e crescimento de árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 1, p.41-50, 1998.
- MENDES, L.; TREICHEL, M.; BELING, R. R. **Anuário brasileiro da silvicultura**. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2016. 56p.
- NDIAYE, P. *et al.* Growth and yield of *Casuarina equisetifolia* plantations on the coastal sand dunes of Senegal as a function of microtopography. **Foreste Ecology and Management**. Amsterdam, v. 56, p. 13-28, 1993.
- OLIVEIRA NETO, S.N. *et al.* Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n.1, p.15-23, 2003.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 15. ed. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2009. 451 p.
- SOUZA, A. L.; JESUS, R. M. Equações de volume comercial e fator de forma para espécies da Mata Atlântica ocorrentes na reserva florestal da Companhia Vale do Rio Doce, Linhares, ES. **Revista Árvore**, [s.l.], v. 15, n. 3, p. 257-73, 1991.
- SOUZA C. R. de; AZEVEDO, C. P de; LIMA, R. M.; ROSSI, L. M. B. Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de cipoeira na Amazônia. **Acta Amazonica**. [s.l.], v. 40, n. 1, p. 127–134, 2010.
- SOUZA, D.V.; CARVALHO, J. O. P. de; MENDES, F. da S.; MELO L. de O.; SILVA, J. N. M.; JARDIM, F. C. da S. J. Growth rate of tree species in a terra firme natural forest after logging and silvicultural treatments, in the municipality of Paragominas, Pará, Brazil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 873–883, oct./dez. 2015.
- TOLEDO FILHO, D. V. de. Competição de espécies arbóreas do cerrado. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 42, p. 61-70, 1988.
- VEIGA, R. A. A; CARVALHO, C. M.; BRASIL, M. A. M. Determinação de equações de volume para árvores de *Acacia mangium*. **Cerne**, Lavras, v. 6 n. 1, p. 103-107, 2000.
- YU, D. J.; KIM, S. J.; LEE, H. J.; Stomatal and non-stomatal limitations to photosynthesis in field-grown grapevine cultivars, **Biologia Plantarum**, [s.l.], v.53, p. 133–137, 2009.



### 3. CRESCIMENTO DE TRÊS CLONES DE EUCALIPTO SOB DOIS REGIMOS HIDÍRCOS EM ACARAU, CE

#### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento dos clones de eucalipto GG 680 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus grandis*), VE 38 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus camaldulensis*) e VE 41 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus grandis*) sob dois regimes hídricos no perímetro irrigado Baixo Acaraú, Ceará. O experimento foi conduzido no período de março de 2011 a março de 2017, com os fatores representados por regimes hídricos, espécies e períodos dispostos num arranjo de parcelas subdivididas repetidas no tempo num delineamento inteiramente casualizado com três repetições de duas plantas cada. As variáveis respostas foram altura, diâmetro a altura do peito, volume, taxa de crescimento absoluto da altura e diâmetro e incremento corrente e médio anual do volume. Decorridos seis os clones VE 38 e GG 680 apresentaram, respectivamente, volumes médios de 0,57 e 0,51 m<sup>3</sup> no regime irrigado até três anos e 0,50 e 0,42 m<sup>3</sup> no regime irrigado até um ano; o VE 41 apresentou volume médio de 0,73 m<sup>3</sup> independente do regime hídrico. Apesar de ter sido observada uma diminuição nas taxas de crescimento das espécies ao longo dos períodos, as mesmas permaneceram positivas e não houve estagnação do crescimento. Os valores médios de volume confirmam que somente o clone VE 41 pode ser plantado em qualquer dos regimes hídricos, sendo assim, sugere-se o regime irrigado até um ano para o cultivo desse clone, e o regime irrigado até três anos para os clones GG 680 e VE 38 no Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú – CE.

**Palavras – chave:** Avaliação dendrométrica; Estresse hídrico; Plantio clonal;

#### ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the growth of eucalyptus clones GG 680 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus grandis*), VE 38 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus camaldulensis*) and VE 41 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus grandis*) under two hydric regimes in the irrigated perimeter Baixo Acaraú, Ceará. The experiment was conducted in the period of march of 2011 to march of 2017, with factors represented by hydric regimes, species and periods disposed in a split-plot randomized design repeated in time, with three repetitions of two plants each one.

The response variables were height, diameter at breast height, volume, absolute growth rate of height and diameter and current increment and annual medium of the volume. Elapsed six years the clones VE 38 and GG 680 presented, respectively, medium volumes of 0,57 and 0,51 m<sup>3</sup> in the irrigated regime until three years and 0,50 and 0,42 m<sup>3</sup> in the irrigated regime until an year, the VE 41 presented medium volume of 0,73 m<sup>3</sup> independent of hydric regime. Although of has been observed a diminution in the growth taxes of the species over the periods, they keep positives and there was not stagnation in the growth. The medium values of volume confirm that only the clone VE 41 can be sowed in any hydric regimes, therefore, it is indicated the irrigated regime until an year to the cultivation of this clone, and the irrigated regime until three years to the clones GG 680 and VE 38 in the Irrigated Perimeter Baixo Acaraú, state of Ceará.

**Keywords:** Dendrometric evaluation; Hydric stress; Clonal planting;

## **Introdução**

O gênero *Eucalyptus* compreende mais de 900 espécies, nativas da Austrália (BROOKER e KLEINIG, 2006) e regiões próximas, como Timor, Indonésia, Papua Nova Guiné, Molucas, Irian Jaya e sul das Filipinas, porém as espécies são predominantes do continente australiano (ELDRIDGE et al., 1993).

Este gênero é amplamente utilizado no Brasil para a produção de madeira com diversas finalidades, em razão de seu rápido crescimento, boa adaptação ecológica e alta qualidade da madeira (BELTRAME et al., 2012).

A área de plantios florestais no Brasil, atualmente atinge cerca de 9,8 milhões de hectares, deste total, 75,2% é da cultura de eucalipto, totalizando uma área de 7,4 milhões de ha (IBGE, 2017). Em 2016, o Brasil manteve a liderança no ranking global de produtividade dos plantios de eucalipto, exibindo uma produtividade média de 35,7 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (IBÁ, 2017). Isso reflete a importância do eucalipto no cenário florestal brasileiro, onde por meio do melhoramento genético podem-se criar florestas mais eficientes e que atendam as características tecnológicas almejadas (IBÁ, 2017).

A utilização de clones foi um avanço muito importante, que possibilitou aumentar a produção e uniformizar a qualidade da madeira, ao gerar florestas de alta qualidade para satisfazer a demanda industrial de matéria prima (BERGER et al., 2002).

Antes concentrados no Sul e Sudeste do país os plantios comerciais vem demonstrando tendências de expansão para novas fronteiras agrícolas em meio ao extenso território brasileiro, principalmente devido aos preços elevados das terras nas regiões do Sul e Sudeste, aumento da demanda fora das regiões Sul e Sudeste e a inviabilidade econômica do transporte para longas distâncias. As novas regiões, especialmente norte, nordeste e centro-oeste, possuem clima tropical favorável para a expansão do cultivo de eucaliptos. No entanto, para estes novos cenários são necessários genótipos adaptados às condições edafoclimáticas locais, para manutenção da alta produtividade (ASSIS e MAFIA,2007; GONÇALVES et al., 2016).

A baixa precipitação e irregularidade das chuvas no Ceará são característica climática que pode tornar-se limitante à produtividade econômica e até mesmo à sobrevivência dos materiais que possam vir a ser introduzidos na região e que conseqüentemente aumenta os riscos para o sucesso da atividade florestal. Segundo Stape et al. (2004), a disponibilidade de água é o recurso mais limitante nas plantações de eucalipto fertilizadas. Portanto, para o estabelecimento e ascensão da cultura do eucalipto na região nordeste são necessárias informações sobre o comportamento dessa espécie cultivada nesta região, o que conseqüentemente leva a necessidade de pesquisas de materiais genéticos que apresentem melhor respostas ao ambiente.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de clones de eucalipto, sob dois regimes hídricos, no perímetro irrigado Baixo Acaraú, Ceará.

## **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido no período de março de 2011 a março de 2017, em área experimental conduzida pela Embrapa Agroindústria Tropical, localizada em um lote do Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú - CE, em região limítrofe com o município de Marco - CE, a uma altitude de 56 m, com as seguintes coordenadas geográficas: 3°06'02"S e 40°04'05"W. O clima da região é do tipo Aw' (tropical chuvoso) de acordo com a classificação de Köpen. Predomina marcada alternância de estação chuvosa (janeiro a maio) e estação seca (junho a dezembro). A precipitação média anual varia em torno de 900 mm; temperatura média anual igual a 28,1°C, umidade relativa do ar média anual de 70%, evaporação média anual de 1600 mm, insolação de 2.650 h/ano, e velocidade média dos ventos de 3,0 m/s (DNOCS, 2016). Os

valores de precipitação durante a realização do estudo foram fornecidos por posto climatológico da FUNCEME, localizado no município de Acaraú.

Tabela 2. Precipitação pluviométrica mensal (mm) durante o período do experimento (Março de 2011 – Março de 2017).

| Meses | Ano   |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  |
| JAN   | -     | 6     | 18,4  | 35,6  | 6,8   | 263,8 | 96,6  |
| FEV   | -     | 111,6 | 116,3 | 127   | 85,8  | 170,6 | 195,4 |
| MAR   | 252,3 | 150,1 | 77,5  | 38,8  | 307   | 181,6 | 286,8 |
| ABR   | 405,6 | 202,6 | 211,6 | 192,8 | 414,4 | 354   | -     |
| MAI   | 226,6 | 81,2  | 103,4 | 119,8 | 65    | 19,8  | -     |
| JUN   | 123,2 | 7     | 47,4  | 53,4  | 85    | 6,8   | -     |
| JUL   | 38    | 0     | 18,9  | 4     | 43,8  | 18,2  | -     |
| AGO   | 0     | 0     | 3     | 0     | 0     | 0     | -     |
| SET   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | -     |
| OUT   | 43    | 0     | 0     | 0     | 0     | 4,2   | -     |
| NOV   | 0     | 0     | 1,8   | 3     | 0     | 0     | -     |
| DEZ   | 0     | 0     | 0     | 0     | 9,4   | 24    | -     |

O solo da área experimental foi classificado como Neossolo quartzarênico (EMBRAPA, 2013), e apresentava as seguintes características nas camadas de 0 a 50cm: classe textural areia, umidade do solo a 0,03MPa de 4,38%, umidade a 1,5MPa de 2,95%, pH 6,1, CE 0,19 dS m<sup>-1</sup>, matéria orgânica 9,0 kg<sup>-1</sup>, P 19,9 mg dm<sup>-3</sup>, e 14,65, 6,45, 1,05, 3,35 e 5,4 mmolC dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, e H<sup>++</sup>Al<sup>3+</sup>, respectivamente.

As mudas dos clones de eucalipto GG 680 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus grandis*), VE 38 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus camaldulensis*) e VE 41 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus grandis*) foram adquiridas no Viveiro Tocantis localizado em Miracema do Tocantis, Tocatisns.

O experimento foi instalado em uma área dividida em duas subáreas (parcelas), uma em que a irrigação foi suspensa no final dos 12 primeiros meses (regime irrigado até um ano) e outra que a irrigação foi suspensa no final de três anos (regime irrigado até três anos). Nos primeiros 12 meses toda a área foi irrigada por microaspersão com turno de rega de um dia e uma lâmina de água de 2,7 mm dia<sup>-1</sup>. Após esse período somente no regime irrigado até três anos o turno de rega foi modificado para dois dias e lâmina de água de 5 mm dia<sup>-1</sup>.

Em março de 2011 os clones foram plantados em subparcelas experimentais de 6 x 28 m, constituídas por três linhas, composta de 15 plantas/linha, sendo a primeira e a terceira consideradas bordaduras, bem como a primeira e a última planta da linha central. O espaçamento utilizado foi de 3 m entre as linhas e 2 m entre plantas. No quarto ano de plantio

foi realizado um desbaste sistemático nas subparcelas correspondentes aos clones, preservando as plantas que vinham sendo analisadas.

A altura total (m) foi acompanhada por medições anuais durante o período de seis anos, medindo-se a altura da planta inteira desde o colo até o ápice da planta. O diâmetro a altura do peito (DAP, cm) também foi acompanhado por medições anuais, medindo-se a circunferência a 1,30m do colo da planta. Obtendo-se a taxa de crescimento absoluto em altura (TCAH,  $m^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) e diâmetro (TCAD,  $cm^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) em função do tempo através da fórmula.

$$TCA = (V2 - V1)/(T2 - T1)$$

Onde: TCA = taxa de crescimento absoluto; V = variável; T = tempo de cada período.

A partir dos dados de altura total e diâmetro foi calculado o volume ( $m^3$ ) através da fórmula.

$$V = [(\pi \times DAP^2)/40000 \times H \times f]$$

Onde: V = volume ( $m^3$ ); DAP = diâmetro à altura do peito a 1,3 m do colo da árvore (cm); H = altura total da árvore (m); f = fator de forma 0,46 estabelecido por Miranda et al. (2015).

Com os dados de volume obteve-se o incremento corrente anual (ICA,  $m^3$ ) e incremento médio anual (IMA,  $m^3$ ) para volume em função do tempo através das fórmulas.

$$ICA = V2 - V1$$

$$IMA = V/T$$

Onde: ICA = incremento corrente anual ( $m^3$ ); IMA = incremento médio anual ( $m^3$ ); V = volume ( $m^3$ ); T = tempo de cada período.

O experimento foi conduzido seguindo um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas, em um arranjo com parcelas subsubdivididas, sendo as parcelas correspondentes aos dois regimes hídricos (irrigado até um ano e irrigado até três anos), as subparcelas às cinco espécies e as subsubparcelas referentes aos sete períodos anuais de avaliações. As seis plantas centrais selecionadas excluindo as bordaduras, foram distribuídas em três repetições. Os dados foram coletados nas duas plantas de cada repetição ao longo dos sete períodos de avaliação.

Os dados foram submetidos à análise de variância para verificação dos efeitos isolados e da interação entre fatores. Os dados relativos aos períodos de avaliações e suas interações significativas foram desdobrados em análise de regressão, sendo o modelo escolhido

pelo  $R^2$  ajustado. Enquanto os dados relativos aos fatores espécie e regime hídrico e suas interações significativas tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

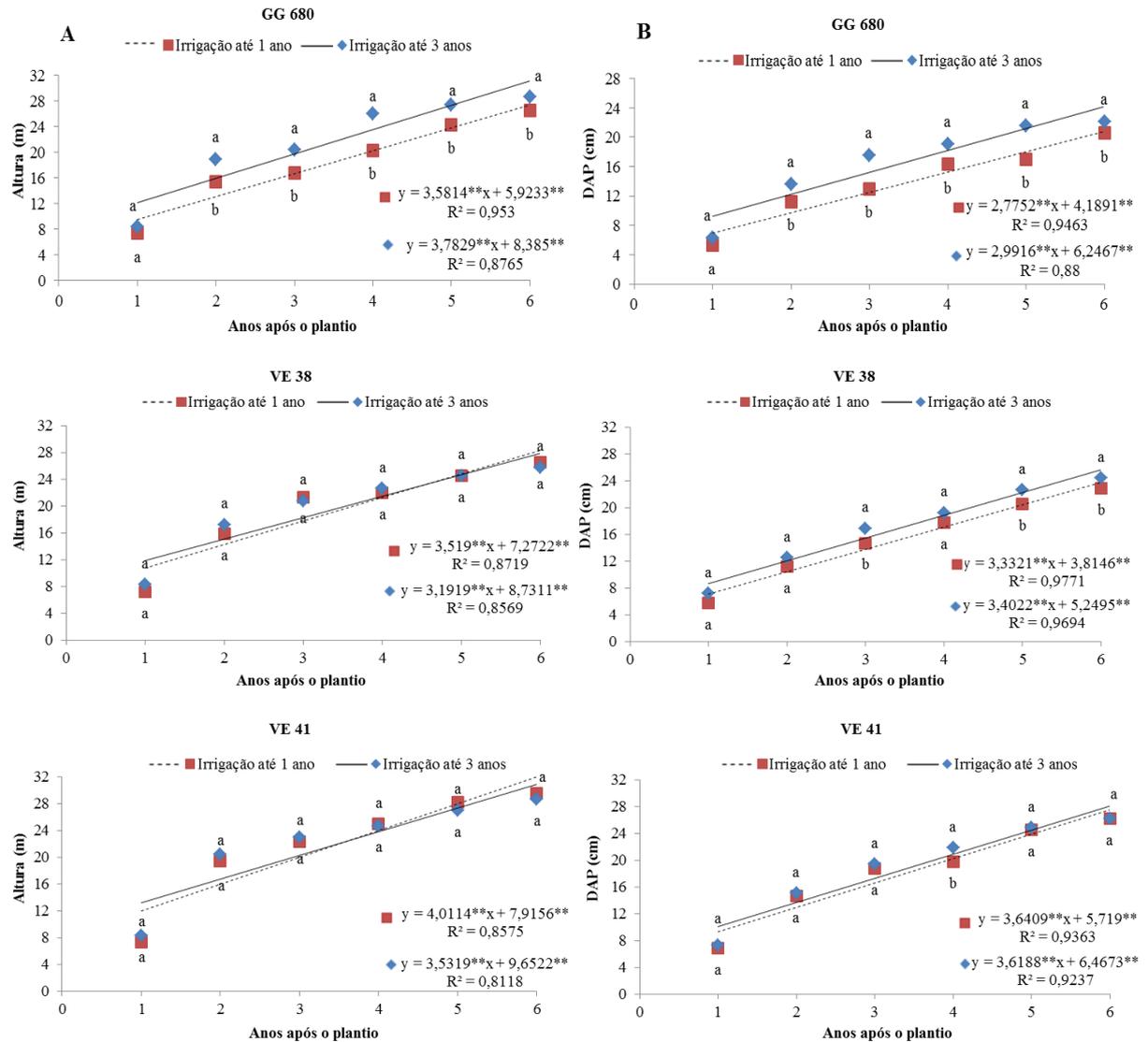
As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software de Análise de Variância para Dados Balanceados (SISVAR), desenvolvido por Ferreira (2008).

## **Resultados**

Analisando a altura e o diâmetro a altura do peito (DAP) dos três clones de eucalipto nos dois regimes de irrigação em função do tempo. Observa-se que somente o clone GG 680 obteve menores valores de altura no regime irrigado até um ano, a diferença observada no sexto ano foi 8,02% maior no tratamento irrigado até três anos; para os demais clones a altura das plantas permaneceu semelhante independente do regime hídrico (Figura 7A). Verificou-se também que os clones GG 680 e VE 38 obtiveram menores valores de diâmetro no regime irrigado até um ano, respectivamente, as diferenças observada no sexto ano foram de 7,66% e 6,86% maior no tratamento com irrigação até três anos; para o clone VE 41 o diâmetro permaneceu semelhante independente do regime hídrico (Figura 7B).

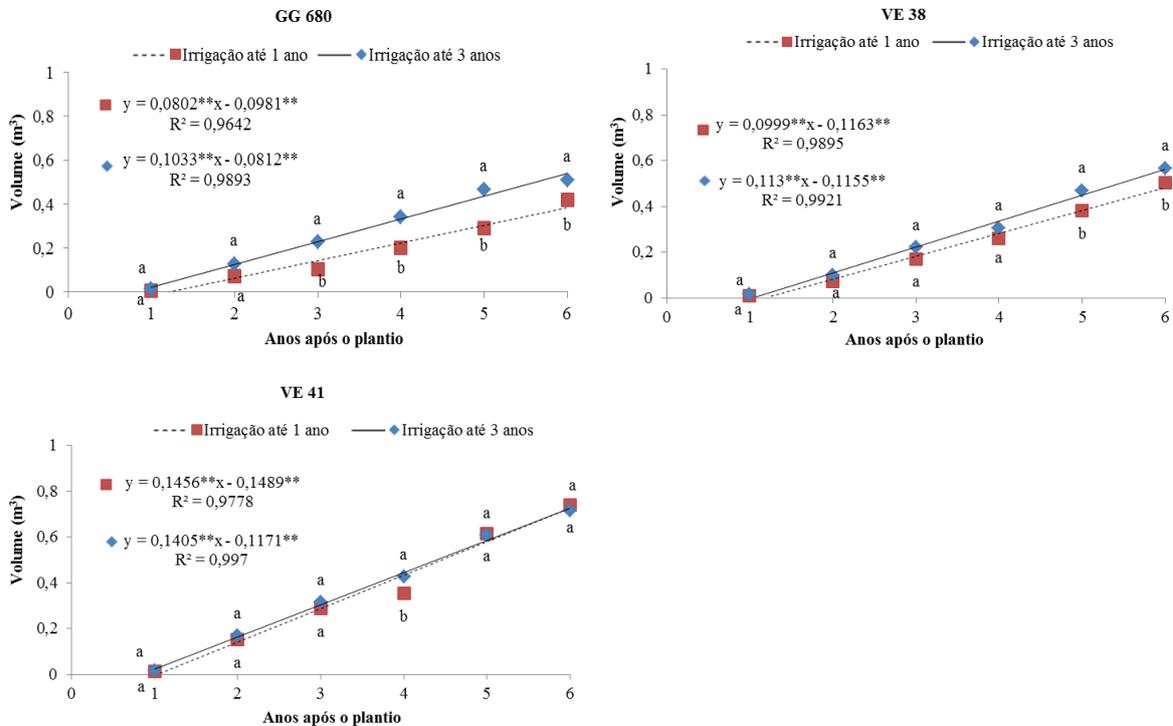
Para as equações de regressão ajustadas para a altura e diâmetro dos clones em função dos períodos de avaliações nos regimes hídricos. A altura de todos os clones aumentou linearmente com a idade. O clone GG 680 aos sete anos apresentou altura média de 28,63 m no regime irrigado até três anos e 26,50 m no regime irrigado até um ano, VE 41 e VE 38 apresentaram alturas médias de 29,13 e 26,18 m, respectivamente, independente do regime hídrico (Figura 7A). Assim como a altura o diâmetro de todos os clones aumentou linearmente com a idade. Os clones VE 38 e GG 680 aos seis anos apresentaram, respectivamente, diâmetros de 24,42 e 22,13 cm no regime irrigado até um ano e 22,85 e 20,55 cm no regime irrigado até um ano; o VE 41 apresentou diâmetro médio de 26,24 cm independente do regime hídrico (Figura 7B).

Figura 7 – Altura (A) e diâmetro a altura do peito (DAP) (B) em três clones de eucaliptos cultivados em dois regimes de irrigação, durante seis períodos após o plantio, ao longo de seis anos.



Tratando – se do volume dos três clones de eucalipto nos dois regimes de irrigação em função do tempo. Verifica – se que os clones GG 680 e VE 38 obtiveram menores valores de volume no regime irrigado até um ano, onde no sexto ano de plantio apresentou diferença de 21,17 e 12,36% maior no regime irrigado até três anos respectivamente (Figura 8).

Figura 8 – Volume em três clones de eucaliptos cultivados em dois regimes de irrigação, durante seis períodos após o plantio, ao longo de seis anos.



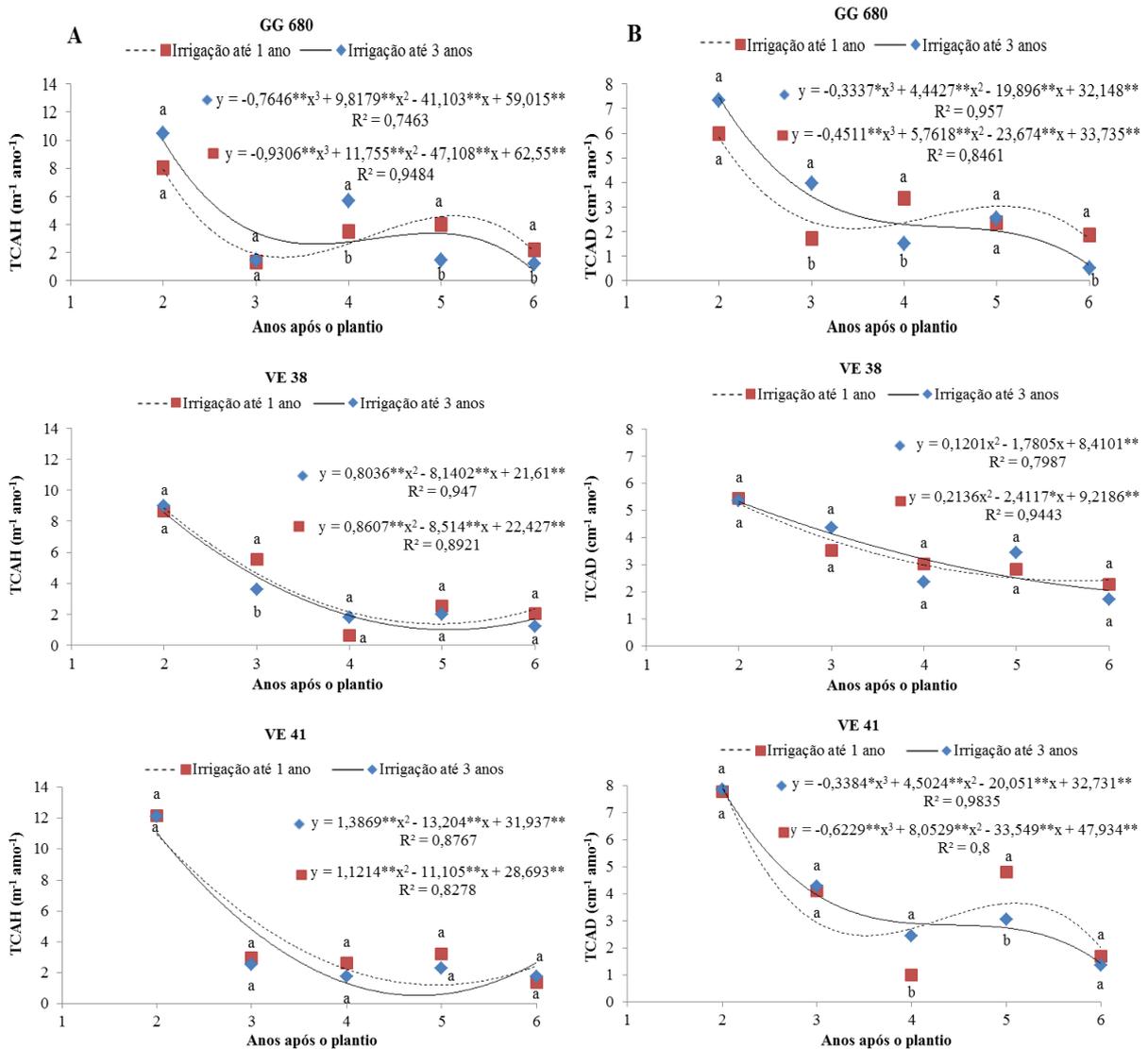
Quanto às equações de regressão ajustadas para o volume dos clones em função dos períodos de avaliações nos regimes hídricos. Semelhante à altura e o diâmetro o volume dos clones de eucaliptos aumentou linearmente com a idade. Os clones VE 38 e GG 680 aos seis anos apresentaram, respectivamente, volumes médios de 0,57 e 0,51 m<sup>3</sup> no regime irrigado até três anos e 0,50 e 0,42 m<sup>3</sup> no regime irrigado até um ano; o VE 41 apresentou volume médio de 0,73 m<sup>3</sup> independente do regime hídrico (Figura 8).

Todos os clones estudados não apresentaram trajetória sigmoideal nas variáveis de crescimento. O clone VE 41 foi o que apresentou as melhores médias de altura, diâmetro e volume independente do regime hídrico adotado (Figuras 7 e 8).

Na figura 9 encontram-se as taxas de crescimento absoluto em altura (TCAH) e diâmetro (TCAD) dos três clones de eucalipto em função do tempo. Observa-se no clone GG 680 uma queda acentuada das taxas até o terceiro ano, logo em seguida a partir do mesmo ano verifica-se uma desaceleração na queda com tendência a retomada, no entanto a partir do quinto ano as taxas voltam a decrescer. Para os clones VE 38 e VE 41 a queda acentuada das taxas perdurou por um tempo maior, indo até o quarto ano, mas logo em seguida a partir do mesmo ano verifica-se uma desaceleração na queda com uma tendência a retomada. Com exceção da

taxa de crescimento em diâmetro do clone VE 41, que a partir do quinto ano voltou a decrescer (FIGURA 9B).

Figura 9 - Taxa de crescimento absoluto em altura (TCAH) (A) e Taxa de crescimento absoluto em diâmetro (TCAD) (B) em três clones de eucaliptos cultivados em dois regimes de irrigação, durante seis períodos após o plantio, ao longo de seis anos.

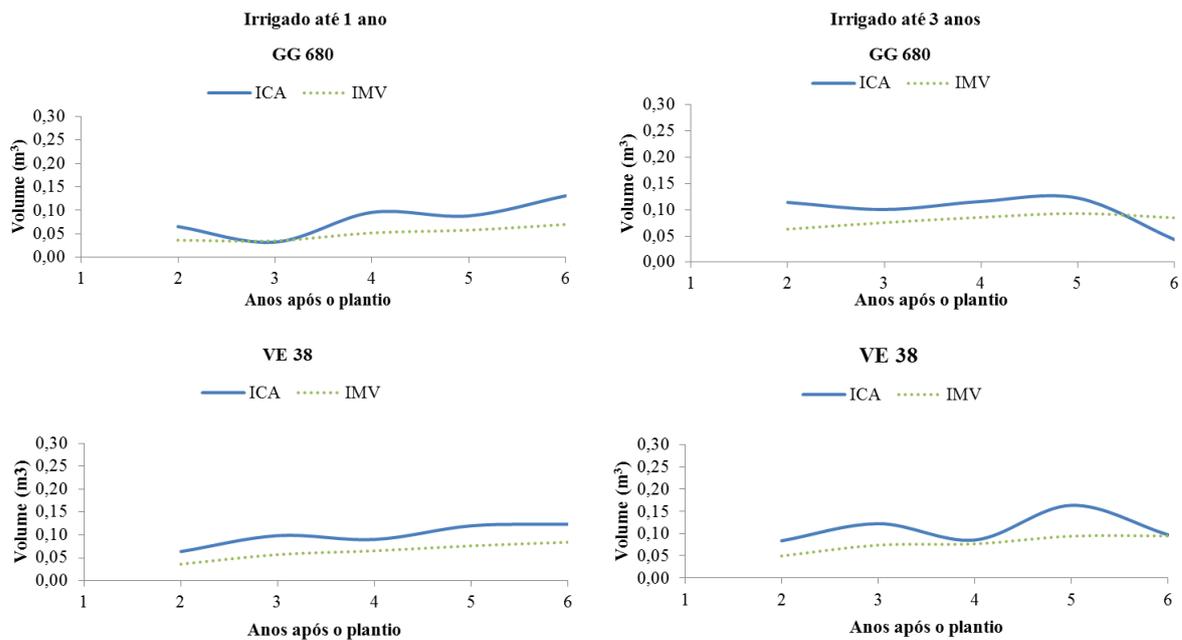


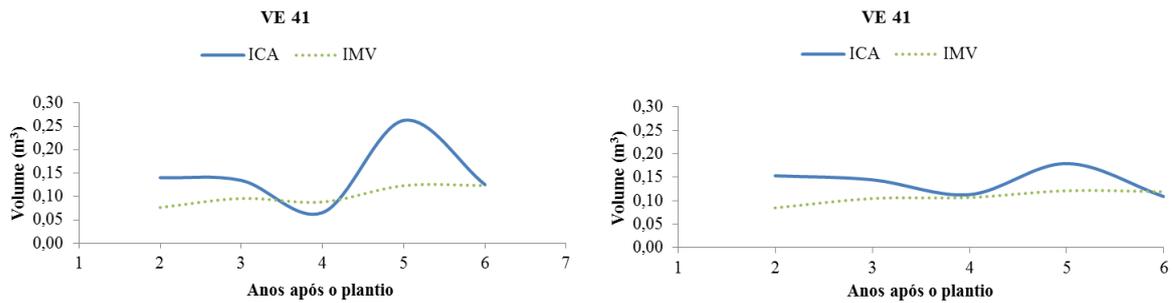
Em relação às equações de regressão ajustadas para a TCAH e TCAD dos clones de eucaliptos em função dos períodos de avaliações nos regimes hídricos. Na TCAH o modelo ajustado foi cúbico (GG 680) e quadrático (VE 38 e VE 41), com variação da taxa de 1,37 (VE 41) a 2,22 (GG 680) m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup> no regime irrigado até um ano e 1,18 (GG 680) a 1,73 (VE 41) m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup> no regime irrigado até três anos (Figura 9A). Para o TCAD o modelo ajustado foi

cúbico (GG 680 e VE 41) e quadrático (VE 38), com variação da taxa de 1,70 (VE 41) a 1,85 (GG 680)  $\text{cm}^{-1} \text{ano}^{-1}$  no regime irrigado até um ano e 0,50 (GG 680) a 1,73 (VE 38) no regime irrigado até três anos (Figura 9B).

Na figura 10 são apresentados os dados de incrementos correntes anuais (ICA) e incrementos médios em volume (IMV) dos três clones de eucaliptos estudados, cultivados em dois regimes de irrigação durante seis anos. Nos clones VE 38 e VE 41 independente do regime hídrico, observa-se após o terceiro ano uma queda no ICA e retomada do mesmo após o quarto ano, apresentado uma queda novamente a partir do quinto ano e posteriormente ficando abaixo do IMV no sexto ano de plantio; com exceção do VE 38 irrigado até um ano que permaneceu constante. No clone 680 a queda no ICA ocorreu de forma antecipada no segundo ano de plantio e de forma mais acentuada no regime irrigado até um ano, chegando inclusive a ser inferior ao IMV, no entanto apresenta uma retomada já se aproximando do quarto ano permanecendo ao longo do período; já no regime irrigado até três anos a partir do quinto ano observa-se uma queda no ICA, sendo ademais inferior ao IMV.

Figura 10 – Incremento corrente anual (ICA) e incremento médio em volume (IMV) em três clones de eucaliptos cultivados em dois regimes de irrigação, durante seis períodos após o plantio, ao longo de seis anos.





## Discussão

Os clones no regime irrigado até um ano que obtiveram menores valores de altura, diâmetro e volume nos anos subsequentes ao regime irrigado, presume ser em decorrência do estresse hídrico inicial. Os principais efeitos do estresse hídrico no crescimento de plantas estão associados à diminuição da turgescência e na limitação do metabolismo, principalmente na síntese de proteínas e aminoácidos. A redução da síntese no metabolismo de proteínas causa a interrupção da divisão celular reduzindo a velocidade do processo mitótico e assim a diminuição do processo de crescimento, particularmente crescimento em extensão (LARCHER, 2006).

Para os clones em que as variáveis de crescimento permaneceram semelhantes independentes do regime hídrico, o primeiro ano de irrigação foi suficiente para o estabelecimento das plantas do tratamento com irrigação até um ano, mesmo após a redução no suprimento hídrico. Estudos ecofisiológicos realizados com eucalipto relataram que diferentes genótipos atuam na capacidade de lidar com a deficiência hídrica (VILLAR et al., 2011). Para o eucalipto, especificamente, se o déficit hídrico apresenta progresso lento o suficiente para permitir mudanças nos processos de desenvolvimento, o estresse provocado tem vários efeitos sobre o crescimento vegetal, e as espécies de eucalipto podem apresentar modos diferentes de resistências à deficiência de água no solo (TATAGIBA et al., 2007). Assim como ocorreu neste estudo Reis et. al., (2006) não observaram interação significativa entre clones e níveis de irrigação, verificando inclusive a tendência de maior altura, diâmetro e volume no tratamento não irrigado, justificado pela maior profundidade de raízes e a maior proporção de biomassa alocada no sistema radicular.

A baixa variação observada nas variáveis de crescimento entre os regimes hídricos empregados, possivelmente ocorreu em virtude da recarga de água do lençol freático advinda de lâminas excessivas de outras áreas de cultivo. Andrade et al. (2016) estudando a flutuação do nível do lençol freático no Distrito de Irrigação do Baixo Acaraú, verificou em poços,

elevação do nível do lençol freático em virtude do emprego excessivo de lâminas de água na irrigação.

No primeiro ano de plantio independente do regime hídrico os clones estudados apresentaram um crescimento em altura significativamente alto, quando comparado aos resultados obtidos por Costa (2014), que com 12 meses de plantio, testando inoculantes em mudas de clones de eucalipto GG 680 registrou a maior altura de 3,65 m quando inoculado com *Pisolithus microcarpus*. Sugerindo que provavelmente com a inoculação de fungos ectomicorrízicos nos clones estudados poderíamos obter um crescimento inicial ainda maior.

Também no sexto ano de plantio independente do regime hídrico os clones estudados apresentaram valores superiores aos encontrados na literatura. Santana (2009) estudando populações de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* em São Bento Abade, Minas Gerais, registrou aos 74 meses alturas médias de 24,43 m, diâmetro médio de 15,83 cm e volume médio de 0,22 m<sup>3</sup>. Dias et al. (2005) estudando povoamentos de eucaliptos manejados com desbaste na Região Centro Oeste, observou aos 67 meses altura média de 23,8m, diâmetro médio de 26 cm e volume médio de 0,16m<sup>3</sup>. Demolinari et al. (2007) estudando plantios clonais de híbridos não-desbastados de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em Monte Dourado, Pará; verificou aos 72 meses em classe de produtividade alta, altura média de 26,2 m, diâmetro médio de 17,7 cm e volume médio de 0,31 m<sup>3</sup>.

Os ajustes lineares das equações de regressão das variáveis de crescimento para todos os clones estudados demonstra a ausência de uma trajetória sigmoideal, ou seja, com tendência a diminuir o crescimento com o aumento da idade, sugerindo que os clones ainda não se aproximaram do final do seu ciclo de crescimento.

A diminuição nas taxas de crescimento absoluto em altura e diâmetro das espécies ao longo dos períodos iniciais possivelmente está associada ao maior adensamento no início do plantio, o que acabou gerando competição entre as plantas. De forma que após o desbaste sistemático realizado no terceiro ano, observa-se uma desaceleração e em alguns casos retomada do crescimento nos anos subsequentes. Sugerindo que o espaço para o crescimento de cada árvore foi ampliado, proporcionando melhor crescimento e desenvolvimento da planta. Ferreira et al., (2014) observaram que o espaçamento é uma das variáveis que atuam sobre o crescimento de um povoamento. Com o desbaste, há aumento no espaço vital e maior disponibilidade de recursos de crescimento na área (GLUFKE et al., 1997; STOCKS, 2007). Segundo Leite et al. (2005), após o desbaste, as plantas remanescentes apresentam aumento na taxa de crescimento devido à redução de competição entre elas e, conseqüentemente, aumento

na disponibilidade de luz, água e nutrientes proporcionada pelo rearranjo entre plantas. Leles et al. (1998) e Oliveira Neto et al. (2003) relatam o efeito do adensamento e a capacidade de gerar alto índice de competição entre as plantas em um povoamento de eucalipto em diferentes espaçamentos de plantio. A partir do estudo de Leles et al. (2001), notifica-se que as plantas de *E. camaldulensis* estabelecidas em espaçamentos mais densos (3,0 x 1,0; 3 x 1,5 e 3 x 2,0 m) apresentaram menores alturas em relação aos menos densos. Leles et al. (2001) observaram valores de DAP maior que 12 cm nos espaçamentos mais amplos (3,0 x 4,0; 3,0 x 5,0; 3,0 x 6,0; 6,0 x 4,0 e 9,0 x 9,0 m) para ambas as espécies ao avaliarem o crescimento em diâmetro das árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita*, no município de João Pinheiro – MG, aos 52 meses de idade. Ainda segundo Leles et al. (1998), em plantios mais adensados pode-se acentuar os efeitos da deficiência hídrica sobre as plantas diminuindo a produtividade da floresta em razão da intensa competição entre as espécies por água, nutrientes, luz e espaço.

Outros estudos de acompanhamento do crescimento revelam que indivíduos arbóreos de uma mesma espécie podem apresentar períodos relativamente longos com baixas taxas de incremento e, às vezes, total interrupção do crescimento por vários meses e anos. Esta interrupção pode continuar por um período de tempo que varia entre as espécies, entre anos, mas acima de tudo em função do vigor da árvore (Détienne, 1989). Apesar de ter sido observada uma diminuição nas taxas de crescimento absoluto em altura e diâmetro das espécies ao longo dos períodos, as taxas permaneceram positivas e o crescimento em altura e diâmetro não cessou.

As quedas no ICA observadas após o terceiro ano ou segundo ano e a retomada após o quarto ano, sugere a mesma influência do adensamento que ocorreu na taxa de crescimento absoluta e relativa em altura e diâmetro. Onde foi discutido que o maior adensamento no início do plantio, acabou gerando competição entre as plantas. De forma que após o desbaste sistemático realizado no quarto ano, aumentou o espaço para o crescimento de cada árvore, proporcionando melhor crescimento e desenvolvimento da planta. No entanto, as quedas no ICA observadas após o quinto ano pode ser evidência da diminuição dos efeitos benéficos do desbaste seletivo, e ainda pela pluviosidade média ter sido abaixo do esperado para a região. O efeito benéfico do desbaste, no crescimento de árvores foi observado em outros estudos (JARDIM; SOARES, 2010). Entretanto, assim como verificado neste estudo, esses autores relataram que os efeitos benéficos da colheita da madeira tenderam a desaparecer com o tempo. Sousa et al. (2015), em estudo realizado na Fazenda Rio Capim, na Área de Manejo Florestal (AMF) no município de Paragominas, Pará, observaram que tais efeitos perduraram somente até três anos após a exploração florestal. A excepcionalidade de o ICA ter

se distanciando do IMV nos clones GG 680 e VE 38 irrigado até um ano, está associado ao fato de que nessa condição de restrição hídrica o desenvolvimento destes clones foi um pouco menor principalmente em relação ao volume, fazendo com que a idade de corte se estenda. Ou seja, quanto maior a capacidade produtiva do local, menor a idade técnica de colheita. Este fato também foi observado por CAMPOS et al. (1996); DIAS et al. (2005).

## **Conclusões**

As taxas de crescimento permaneceram positivas ao longo dos seis anos de plantio.

Registraram-se as maiores médias de crescimento para o clone VE 41, seguidas dos clones VE 38 e GG 680.

As curvas de crescimento não atingiram um valor assintótico. Concluindo-se que não houve estagnação do crescimento em altura, diâmetro e volume.

O ICA e IMA do volume demonstrou a necessidade da realização de mais um desbaste sistemático aos seis anos para todos os clones sob regime de irrigação até três anos e para o clone VE 41 sob o regime de um ano.

Os valores médios de volume confirmam que somente o clone VE 41 pode ser plantado em qualquer dos regimes hídricos e, sendo assim, sugere-se o regime irrigado até um ano para o cultivo desse clone, e o regime irrigado até três anos para os clones GG 680 e VE 38 no Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú – CE.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. M. *et al.* Dinâmica do nível freático e da salinização das águas subterrâneas em áreas irrigadas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 5, p. 621-630, oct./dez. 2016 .
- ASSIS, T. F; MAFIA, R. G. Híbridação e clonagem. In: BORÉM A. **Biotecnologia florestal**. Viçosa: UFV; 2007. p. 93-121.
- BELTRAME, R. *et al.* Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 47, n. 6, p. 791-796, jun. 2012.
- BERGER R. *et al.* Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.
- BROOKER, M. I. H.; KLEINIG, D. A. **Field Guide to Eucalyptus**. 3 ed. Melbourne: Bloomings. 2006, 356p.
- CAMPOS, J. C. C; ROSAS, M. P; LEITE, H. G. Comparação de alternativas de determinação da idade técnica de corte em plantações de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n.1, p. 37-49, 1996.
- COSTA L. S. **Eficiência de fungos ectomicorrízicos no crescimento do eucalipto a partir de mudas clonais inoculadas**. 2014. 59 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2014.
- DEMOLINARI, R. A. *et al.* Crescimento de plantios clonais de eucalipto não desbastados na região de Monte Dourado (PA). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 503-512, 2007.
- DÉTIENNE, P. Appearance and periodicity of growth rings in some tropical woods. **IAWA Bulletin Nem Series**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 123-132, 1989.
- DIAS, A. N. *et al.* Emprego de um modelo de crescimento e produção em povoamento desbastados de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 731-739, 2005.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. 3. Ed. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação, 2013. 353p.
- ELDRIDGE, K. G. *et al.* **Eucalypt Domestication and Breeding**. Oxford: Oxford University Press, 1993. 288 p.
- FERREIRA, D. H. A. A. *et al.* Crescimento de clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em diferentes espaçamentos. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 3, p. 431-440, 2014.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, [s.l.], v. 6, p. 36-41, 2008.
- GONÇALVES, J. L. M. *et al.* Caracterização edafoclimática e manejo de solos das áreas com plantações de eucalipto. In: SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M. **Silvicultura do Eucalipto**

no Brasil. Santa Maria: Fundação de Apoio à Tecnologia e Ciência-Editora UFSM, 2016. cap. 4.

GLUFKE, C.; FINGER, C. A. G.; SCHENEIDER, P. R. Crescimento de *Pinnus elliottii* sob diferentes intensidades de desbaste. **Ciência Florestal**, [s.l.], v. 7, n. 1, p. 11-26, 1997.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. **Relatório IBA 2017**. São Paulo: Studio 113. 2017. 77p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção da extração vegetal e da sivilicultura**, v. 32, 2017. 8p. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs\\_2017\\_v32\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2017_v32_informativo.pdf). Acesso em: 10 jun. 2018.

JARDIM, F. C. da S.; SOARES, M. da S. Comportamento de *Sterculia pruriens* (Aubl.) Schum. em floresta tropical manejada em Moju-PA. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 3, p. 535-542. 2010.

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

LEITE, H. G. *et al.* Avaliação de um modelo de distribuição diamétrica ajustado para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 271-280, 2005.

LELES, P. S. S. *et al.* Relações hídricas e crescimento de árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 1, p.41-50, 1998.

LELES, P. S. S. *et al.* Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região de Cerrado. **Scientia Forestalis**, [s.l.], n. 59, p. 77-87, 2001.

MIRANDA, D. L. C.; JUNIOR, V. B.; GOUVEIA, D. M. Fator de forma e equações de volume para estimativa volumétrica de árvores em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia plena**, [s.l.], v. 11, n. 3, p. 1-8, 2015.

OLIVEIRA NETO, S.N. *et al.* Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n.1, p.15-23, 2003.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 15. ed. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2009. 451 p.

REIS G. G. *et. al.* 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**, Viçosa, v. 30, n.6, p. 921-931, 2006.

SANTANA, W. M. S. **Crescimento, produção e propriedades da madeira de um clone de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* com enfoque energético**. 2009. 104f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SOUZA, D. V.; CARVALHO, J. O. P. de; MENDES, F. da S.; MELO L. de O.; SILVA, J. N. M.; JARDIM, F. C. da S. J. Growth rate of tree species in a terra firme natural forest after logging and silvicultural treatments, in the municipality of paragominas, Pará, Brazil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 873–883, oct./dez. 2015.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G. *Eucalyptus* production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, [s.l.], v. 193, n. 1-2, p. 17-31, 2004.

STOCKS, J. J. **Dinâmica de copa, crescimento e viabilidade econômica de um povoamento de eucalipto submetido a desrama e desbaste**. 2007. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

TANTAGIBA, S. D. *et al.* Comportamento fisiológico de dois clones de *Eucalyptus* na época seca e chuvosa. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 149-159, 2007.

VILLAR E. *et al.* RNA-Seq reveals genotype-specific molecular responses to water deficit in *Eucalyptus*. **BMC Genomic**, [s.l.], v. 12, n. 538, p. 1-18, 2011.

#### 4. CARACTERIZAÇÃO LIGNOCELULÓSICA DE RESÍDUOS DE PODA DE ESPÉCIES ARBÓREAS COM POTENCIAL MOVELEIRO EM ACARAÚ-CE

##### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar frações lignocelulósicas dos resíduos oriundos da poda de espécies arbóreas com potencial moveleiro em Acaraú – CE. O experimento foi conduzido seguindo um delineamento inteiramente casualizado, em arranjo com parcelas subdivididas, sendo as parcelas correspondentes aos dois regimes hídricos (irrigado até um ano e até três anos) e as sub-parcelas às sete espécies com três repetições. Aos sete anos foram determinados os atributos químicos. Verificou-se efeito significativo para as espécies quanto às propriedades químicas da madeira, exceto para os teores de lignina insolúvel. Os resultados das frações lignocelulósicas indicam possibilidade de desenvolver rotas tecnológicas para agregação de valor desses resíduos, notadamente considerando seus teores de lignina. As espécies também demonstraram potencial para serem utilizadas na produção de polpa celulósica, com exceção do Pau d’arco roxo devido ao alto teor de cinzas. Os resultados encontrados nesse estudo abrem portas para pesquisas futuras com o aproveitamento de resíduos florestais.

**Palavras – chave:** Caracterização química; Nativas; Exóticas.

##### ABSTRACT

The aim of this work was to characterize lignocellulosic fractions of the residues arise from pruning of tree species with furniture potential in Acaraú state of Ceará. The experiment was conducted in accord with a split-plot randomized block design, the plots corresponding the two hydric regimes (irrigated over a year and over three years) and the sub-plots the seven species with three repetitions. At seven years the chemical attributes were determined. It was verified significant effect to species in relation to chemical properties of wood, except to contents insoluble lignin. The results of the lignocellulosic fractions indicate possibility of to develop technologic routes to add value of these residues, notably considering the lignin contents. The species also demonstrate potential to been used in the production of cellulosic pulp, with the exception of Pau d’arco roxo due to the high content of ashes. The found results in this study open opportunities to future researches with the utilization of forestry residues.

**Keywords:** Chemical characterization; Native species; Exotic species.

## **Introdução**

O estado do Ceará vem se apresentando como um dos principais polos moveleiros no Brasil, entretanto o suprimento da matéria-prima na forma de madeira para esse polo é predominante originária de outras regiões do país, o que gera um custo logístico adicional no seu fornecimento às indústrias moveleiras, assim como um maior impacto em seus custos de produção. Como uma das alternativas para enfrentamento dessa situação, vem sendo estudado a introdução e avaliação no perímetro irrigado do Baixo Acaraú – CE diferentes tipos de recursos madeireiros exóticos e nativos com possível potencial para fornecer madeira para as indústrias moveleiras locais. Como consequência dessa estratégia vislumbra-se uma geração de resíduos das frações lignocelulósicas advindas de processos como podas e corte das árvores que possam vir a ser utilizadas pelo setor moveleiro como matéria-prima. Num amplo sentido, a madeira caracteriza-se como sendo um material constituído fundamentalmente por compostos de elevado grau de polimerização e peso molecular (celulose, hemiceluloses e lignina), os quais são considerados como os verdadeiros responsáveis pela morfologia e estrutura (SILVA JÚNIOR, 2008). Semelhante a outros polímeros biorenováveis, a lignina oferece uma série de vantagens, tais como ser antioxidante, ser antimicrobiana, apresentar frequente disponibilidade em grande quantidade como subproduto de resíduos industriais, ser biodegradável, etc. Além disso, a lignina proporciona a resistência às paredes celulares dos materiais celulósicos, protegendo a parede celular dos estresses bioquímicos, inibindo a degradação enzimática de outros componentes. Em comparação com a celulose, hemicelulose e outros polissacarídeos, a lignina tem sido relatada como sendo resistente à maioria dos ataques biológicos (DOHERTY; MOUSAVIOUN; FELLOWS, 2011). Nesse sentido, Mattos (2017) observa de forma particular que a biomassa lignocelulósica, disponível sob a forma de resíduos agrícolas e agroindustriais, destaca-se como alternativa interessante para elaboração de novos materiais.

As fibras lignocelulósicas nos últimos tempos estão se tornando alternativas econômicas e ecológicas para uso como reforço e carga em compósitos com polímeros virgens ou reciclados (MATTOS, 2017). Vários autores abordam sobre a potencial aplicação da lignina, como seu uso em painéis com propriedades antifúngicas (ZHANG et al. 2015), em seu trabalho Peng e Chen (2011) sintetizaram hidrogéis à base de lignina também, utilizando lignina com ionómeros de poliuretano, para estudo de liberação de sulfato de amônio tendo sido possível

observar que estes hidrogéis podem ser potencialmente utilizados como materiais de revestimento para preparar um fertilizante de liberação controlada para diferentes aplicações agrícolas. Nesse contexto, o presente trabalho objetiva caracterizar as frações lignocelulósicas dos resíduos oriundos do processo de poda das espécies que estão sendo testadas junto ao polo moveleiro visando avaliar possíveis rotas de agregação de valor, notadamente para a lignina.

## Material e Métodos

Foram avaliadas as madeiras dos galhos das árvores das espécies acacia mangium (*Acacia mangium* Willd), angico (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschu), casuarina (*Casuarina equisetifolia* L. ex J. R. Forst. & G. Forst), pau d'arco roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos) e sobrasil (*Colubrina glandulosa* subsp. *reitzii* (M.C.Johnst.) Borhidi); e dos clones de eucalipto GG 680 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus grandis*), VE 38 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus camaldulensis*) e VE 41 (*Eucalyptus urophila* x *Eucalyptus grandis*) com sete anos de idade. A madeira foi coletada em área experimental conduzida pela Embrapa Agroindústria Tropical, localizada em um lote do Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú - CE, em região limítrofe com o município de Marco - CE, a uma altitude de 56 m, com as seguintes coordenadas geográficas: 3°06'02"S e 40°04'05"W. O clima da região é do tipo Aw' (tropical chuvoso) de acordo com a classificação de Köpen. Predomina marcada alternância de estação chuvosa (janeiro a maio) e estação seca (junho a dezembro). A precipitação média anual varia em torno de 900 mm; temperatura média anual igual a 28,1°C, umidade relativa do ar média anual de 70%, evaporação média anual de 1600 mm, insolação de 2.650 h/ano, e velocidade média dos ventos de 3,0 m/s (DNOCS, 2016). O solo da área experimental foi classificado como Neossolo quartzarênico (EMBRAPA, 2013), e apresentava as seguintes características nas camadas de 0 a 50cm: classe textural areia, umidade do solo a 0,03MPa de 4,38%, umidade a 1,5MPa de 2,95%, pH 6,1, CE 0,19 dS m<sup>-1</sup>, matéria orgânica 9,0 kg<sup>-1</sup>, P 19,9 mg dm<sup>-3</sup>, e 14,65, 6,45, 1,05, 3,35 e 5,4 mmolC dm<sup>-3</sup> de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, e H<sup>++</sup>Al<sup>3+</sup>, respectivamente.

O experimento foi instalado em uma área dividida em duas subáreas (parcelas), uma em que a irrigação foi suspensa no final dos 12 primeiros meses (regime irrigado até um ano) e outra que a irrigação foi suspensa no final de três anos (regime irrigado até três anos). Nos primeiros 12 meses toda a área foi irrigada por microaspersão com turno de rega de um dia e

uma lâmina de água de 2,7 mm dia<sup>-1</sup>. Após esse período somente no regime irrigado até três anos o turno de rega foi modificado para dois dias e lâmina de água de 5 mm dia<sup>-1</sup>.

As espécies foram plantadas em subparcelas experimentais de 6 x 28 m, constituídas por três linhas, composta de 15 plantas/linha, sendo a primeira e a terceira consideradas bordaduras, bem como a primeira e a última planta da linha central. O espaçamento utilizado foi de 3 m entre as linhas e 2 m entre plantas.

Três árvores por sub-parcela com bom perfil fenotípico foram selecionadas, em cada planta foram feitas coleta dos galhos com diferentes diâmetros, formando uma amostra composta para a caracterização química da madeira. Em condições de laboratório os galhos foram moídos em moinho de faca e passados em peneira de 20 mesh. Os atributos químicos da madeira determinados foram: extrativos (TAPPI. T204 cm-97, 1997), cinzas (TAPPI. T211 om-02, 2002), lignina insolúvel (TAPPI. T 222 om-22, 2002), alfacelulose (TAPPI. T203 cm-99, 2009) e hemicelulose obtida pela diferença entre os teores de holocelulose e alfacelulose. O conteúdo de holocelulose foi determinado usando um método descrito por Yokoyama, Kadla e Chang (2002).

O experimento foi conduzido seguindo um delineamento inteiramente casualizado, em um arranjo com parcelas subdivididas, sendo as parcelas correspondentes aos dois regimes hídricos (irrigado até um ano e irrigado até três anos) e as sub-parcelas às sete espécies. As três plantas selecionadas, foram distribuídas em três repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância para verificação dos efeitos isolados e da interação entre fatores e tiveram suas médias comparadas pelo teste de Scott e Knott ( $p < 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software de Análise de Variância para Dados Balanceados (SISVAR), desenvolvido por Ferreira (2008).

## **Resultados e Discussões**

Verificou – se efeito significativo do fator isolado espécies quanto às propriedades químicas da madeira, exceto para os teores lignina insolúvel (Tabela 3). A proporção entre os principais constituintes químicos da madeira varia entre gêneros, entre espécies e dentro de uma mesma árvore, além de ser afetada também por variações de microclima, de solo, de precipitação, de adubação e de idade da árvore, dentre outros (GOMIDE; COLODETTE, 2007).

Tabela 3. Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente à cinza da poda (CIZP), extrativos total (EXT TOT), lignina insolúvel (LIG INS), Hemicelulose (HEMI) Alfacelulose (ALPHA) em cinco espécies arbóreas e três clones de eucaliptos cultivados em dois regimes hídricos (irrigado por 1 ano e irrigado por 3 anos) sete anos após o plantio, Acaraú - Ceará, 2019.

| FV                    | GL | QM                   |                      |                       |                       |                      |
|-----------------------|----|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
|                       |    | CIZP                 | EXT TOT              | LIG INS               | HEMI                  | ALPHA                |
| Regime (A)            | 1  | 0,0124 <sup>ns</sup> | 0,0000 <sup>ns</sup> | 1,0086 <sup>ns</sup>  | 2,6583 <sup>ns</sup>  | 0,0676 <sup>ns</sup> |
| Resíduo (a)           | 4  | 0,0548               | 0,4598               | 4,1836                | 3,8616                | 0,7881               |
| Espécie (B)           | 7  | 1,1564**             | 1,7891**             | 11,1215 <sup>ns</sup> | 29,9318**             | 16,9364**            |
| Interação AxB         | 7  | 0,0913 <sup>ns</sup> | 0,2062 <sup>ns</sup> | 5,7007 <sup>ns</sup>  | 11,2774 <sup>ns</sup> | 3,6915 <sup>ns</sup> |
| Resíduo (b)           | 28 | 0,0891               | 0,1724               | 4,7810                | 5,7675                | 5,0069               |
| CV <sub>(a)</sub> (%) | -  | 16,13                | 39,56                | 7,85                  | 6,23                  | 2,44                 |
| CV <sub>(b)</sub> (%) | -  | 20,58                | 24,22                | 8,39                  | 7,62                  | 6,14                 |

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; \* Significância ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; <sup>ns</sup> Não significativo, pelo teste F.

Todas as espécies estudadas independente do regime hídrico apresentaram um elevado teor de cinzas, com exceção da casuarina (0,93%). O pau d'arco roxo foi o que apresentou o maior valor no teor de cinzas (2,28%) superior a todas as espécies estudadas (Tabela 4). Medeiros Neto et al. (2012) encontraram 0,87% para teor de cinzas em *Handroanthus impetiginosus*, bem acima da média encontrada neste estudo. Villaseñor Araiza e Rutiaga Quinões (2000) observaram teores de cinza de 0,5% para alburno e 1,5% para cerne em casuarina, estando os valores encontrados neste estudo entre os deles. Para o setor energético, valores de cinzas abaixo de 1% são considerados ideais (SANTOS et al., 2011), e somente a casuarina não apresentou valores acima desse limite. Elevados teores de minerais na madeira proporcionam altas percentagens de cinzas no carvão, o que se torna prejudicial quando este carvão se destina a fins siderúrgicos (ANDRADE, 1993). No setor de celulose, a faixa de amplitude aceita pelas indústrias varia de 0,2 – 1,1% (FOELKEL, 2011), e somente a casuarina e o clone VE – 38 atenderam a esse critério. Chaves et al. (2013) cita que o teor de cinzas tem relação inversa com o poder calorífico, isso porque os materiais voláteis durante a queima da biomassa volatilizam rapidamente diminuindo o tempo de residência do combustível dentro do aparelho de combustão, podendo contribuir para uma baixa eficiência energética.

Tabela 4 – Valores médios da cinza da poda (CIZP), extrativos total (EXT TOT), lignina insolúvel (LIG INS), Hemicelulose (HEMI), Alphacelulose (ALPHA) e Holocelulose (HOLO) em cinco espécies arbóreas e três clones de eucaliptos sete anos após o plantio, Acaraú - Ceará, 2019.

| Espécie/Clone   | CIZP  | EXT TOT | LIG INS | HOLO   |        |
|-----------------|-------|---------|---------|--------|--------|
|                 |       |         |         | ALPHA  | HEMI   |
| ----- % -----   |       |         |         |        |        |
| Acacia mangium  | 1,07c | 2,32a   | 27,47a  | 37,81a | 28,94b |
| Angico          | 1,70b | 1,88b   | 23,79a  | 37,96a | 29,47b |
| Casuarina       | 0,93c | 1,95b   | 26,04a  | 37,98a | 32,34a |
| Pau d'arco roxo | 2,28a | 2,56a   | 27,73a  | 33,07b | 28,69b |
| Sobrasil        | 1,63b | 1,39c   | 26,43a  | 35,15b | 31,52a |
| GG 680          | 1,59b | 1,38c   | 25,20a  | 36,20a | 34,10a |
| VE 38           | 1,11c | 1,11c   | 26,79a  | 36,44a | 33,96a |
| VE 41           | 1,30c | 1,13c   | 24,79a  | 36,74a | 33,18a |

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de significância.

As espécies pau d'arco roxo e acacia mangium foram as que apresentaram maior teor de extrativos 2,56 e 2,32 % respectivamente, diferindo estatisticamente das demais espécies (Tabela 4). No entanto para fins energéticos, o teor de extrativos totais está abaixo do considerado adequado para o setor, em torno de 4,5 a 6,5% (TRUGILHO et al., 2001). Os extrativos totais possuem alto poder calorífico e possuem correlação positiva com o rendimento gravimétrico em carvão (SANTOS et al., 2011). Os valores baixos de extrativos principalmente nos clone de eucalipto é um fato de grande importância para a produção de celulose, já que a presença de altos teores de extrativos totais é prejudicial ao processo. Durante seu processo de produção, os extrativos podem se aglomerar e formar depósitos chamados “pitch”, essas incrustações reduzem a vida útil dos equipamentos, aumentam o consumo de álcali, e diminuem a qualidade do produto final, pela redução da absorvência da polpa (SILVESTRE *et al.*, 1999; D'ALMEIDA et al. 2013; COLODETTE; GOMES, 2015 ). Para os clones de eucalipto os teores de extrativos estão dentro da faixa relatada por outros autores, entre 1,09 e 4,28% (FERREIRA et al., 2006; GOMIDE et. al., 2005; TOLFO et al, 2005; SÃO TEAGO, 2012). Para a espécie pau d'arco roxo os teores de extrativos estão abaixo dos encontrados por Medeiros Neto, Oliveira e Paes (2014) que em seus estudos registrou um teor de 6,88%. Paschoal Neto et al. (2005) estudando Acacia mangium com 7 anos de idade obtiveram teor de extrativos de 4,06%, valores maiores ao apresentado nesse estudo. No entanto a divergência entre esses resultados pode ser devido a diferenças nas formas de extração ou aos tipos de solventes utilizados.

O regime de irrigação não apresentou efeito sobre o teor de lignina insolúvel, tão pouco apresentou efeito entre espécies (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por Barbosa et al. (2014) estudando híbrido de *E. urophila* x *E. grandis* aos seis anos de idade.

Os teores de lignina encontrado em casuarina (26,04%) estão de acordo com as concentrações propostas por Vidal e Da Hora (2011) para coníferas variando de 19 a 33%, também estão de acordo os teores de lignina encontrados para as demais espécies estudadas (23,79 a 27,73%), onde os autores propõem concentrações nas folhosas variando de 13 a 31%.

Tratando-se do segmento de energia, os valores encontrados de lignina insolúvel são considerados intermediários (23,79 a 27,73%), de acordo com Trugilho et al. (2001). Nesse setor, são exigidos altos valores do composto, por este apresentar correlações positivas com o poder calorífico superior, rendimento gravimétrico em carvão e teor de carbono fixo (BRITO; BARRICHELO, 1977; VITAL et.al, 1994; SANTOS et al., 2011).

Adicionalmente os teores de lignina encontrados são aceitáveis no setor de celulose e papel, por se encontrarem na faixa 27,1 a 31,3% (JARDIM et. al., 2017). Porém como já mencionado anteriormente o alto teor de cinzas do pau d'arco roxo (2,28%) inviabiliza sua utilização (Tabela 4). Complementarmente vale ressaltar que para produção de celulose é desejável o menor teor de lignina possível por facilitarem a polpação da madeira (GOMES et al., 2008).

Além disso, os empregos que têm sido aplicados à lignina são: produção de resina fenólica, alimentação animal, uso como dispersantes, uso em biocompósito, aditivos e formação de blendas poliméricas, surfactante, espessante, aplicação em química fina, produtos cerâmicos, pesticidas, aditivos em concreto e cimento, e muitos outros (VISHTAL; KRASLAWSKI, 2011).

A lignina pode ser utilizada na indústria química em aplicações mais nobres, como em formulações cosméticas (VINARDELL et al., 2008); como substituinte do fenol na produção de resinas fenol-formaldeído, como precursor de materiais à base de carbono (carvão ativado) (DUVAL; LAWOKO, 2014), como adsorventes (DUVAL; LAWOKO, 2014), como copoliol na síntese de poliuretanos (BERNARDINI et al., 2015), etc.

Os maiores teores de Hemicelulose (32,34 a 34,10%) e boa porcentagem de alfa celulose (36,20 a 37,98%), conferindo altos teores de holocelulose (68,54 a 72,08%) na casuarina e nos clones de eucalipto, contribuem para que essas espécies sejam indicadas para a produção de polpa celulósica. Os teores de holocelulose estão na mesma faixa encontrada em madeiras de maior idade em híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Por

exemplo, Ferreira et al. (2006) encontraram valores de 64,4% em árvores com 7 anos de idade. Alencar et al. (2001) obtiveram teor de 67,54% aos 6 anos e Gomide et al. (2005), de 64,5 a 70,2%, aos 7 anos de idade.

## Conclusões

O pau d'arco roxo apresentou maiores teores de cinzas da madeira, conjuntamente com a casuarina apresentaram os maiores teores de extrativos totais; quanto à lignina os teores foram semelhantes entre as espécies e os maiores teores de hemicelulose e alfacelulose foram obtidos na casuarina e nos clones de eucalipto. *As características químicas da madeira* foram semelhantes entre os clones de *Eucalyptus*.

Os resultados das frações ligoneculósicas indicam possibilidade de desenvolver rotas tecnológicas para agregação de valor desses resíduos, notadamente considerando seus teores de lignina. A exemplo da possível elaboração de produtos similares a painéis aglomerados, MDF ou HDF.

Tecnologicamente, as espécies demonstram potencial para serem utilizadas na produção de polpa celulósica, com exceção do Pau d'arco roxo por conta do alto teor de cinzas.

Os resultados encontrados nesse estudo abrem portas para pesquisas futuras com o aproveitamento de resíduos do setor florestal.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, G. S. B.; BARRICHELO, L. E. G.; SILVA JUNIOR, F. G. Qualidade da madeira de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e seleção precoce In: CONGRESSO ANUAL, 34., 2001, [s.l.]. **Anais...** ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 2001. 6 p. Disponível em: [http://www.celso-foelkel.com.br/artigos\\_outros22.html](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos_outros22.html). Acesso em: 06 set. 2017.

ANDRADE, A. M. **Efeitos da fertilização mineral e da calagem na produção e na qualidade da madeira e do carvão de eucalipto**. 1993. 105 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

BARBOSA, B. M. *et al.* Efeito da fertilização na qualidade da madeira de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 29-39, mar. 2014.

BERNARDINI, J. *et al.* Optimizing the lignin based synthesis of flexible polyurethane foams employing reactive liquefying agents. **Polym Int**, [s.l.], v. 64, n. 9, p. 1235–1244, 2015.

- BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlação entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: 1 - densidade e o teor de lignina da madeira de eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, n.14, p. 9-20, 1977.
- CHAVES, A. M. B. *et al.* Características energéticas da madeira e carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* spp. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, n.17; p. 533-542, 2013.
- COLODETTE, J. L.; GOMES, F. J. B. **Branqueamento de polpa celulósica: da produção da polpa marrom ao produto acabado**. 1. ed. Viçosa, MG: UFV, 2015. 816 p.
- D'ALMEIDA, M. L. O. *et al.* **Composição química da madeira e matérias-primas fibrosas**. São Paulo: Senai, 2013. 352 p.
- DNOCS, 2016. Disponível em: [http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros\\_irrigados/ce/baixo\\_acarau.html](http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/ce/baixo_acarau.html). Acesso em: 23 mar. 2018.
- DOHERTY, W. O. S.; MOUSAVIOUN, P.; FELLOWS, C.M. Value-adding to cellulosic ethanol: lignin polymers. **Ind Crops Prod**, [s.l.], v. 33, n. 2, p. 259-276, 2011.
- DUVAL, A.; LAWOKO, M. A review on lignin-based polymeric, micro- and nano-structured materials. **Reactive and Functional Polymers**, v. 85, p. 78–96, 2014.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. 3. Ed. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação, 2013. 353p.
- FERREIRA, C. R. *et al.* Avaliação tecnológica de clones de eucalipto: parte 1 - qualidade da madeira para produção de celulose Kraft. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 161-170, abr. 2006.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, [s.l.], v. 6, p. 36-41, 2008.
- FOELKEL, C. **Os eucaliptos e os elementos não processuais na fabricação de celulose Kraft**. 122 p. 2011. Disponível em: [http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT24\\_ElementosNproces.pdf](http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT24_ElementosNproces.pdf). Acesso em: 30 abr. 2016.
- GOMES, F. J. B. *et al.* Influência do teor e da relação S/G da lignina da madeira no desempenho da polpação kraft. **O Papel**, São Pulo, v. 12, p. 95-105, 2008
- GOMIDE, J. L. *et al.* Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.1, p.129-137, 2005.
- GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L. Qualidade da madeira. In: BORÉM, A. **Biotecnologia florestal**. Viçosa: UFV, 2007. p. 25-54
- JARDIM, J. M. *et al.* Avaliação da qualidade e desempenho de clones de eucalipto na produção de celulose. **O papel**, São Paulo, v. 78, n. 11, p. 122-129, 2017.

MATTOS, A. L. A. **Valorização de resíduos lignocelulósicos da biomassa regional com potencial para obtenção de compósitos poliméricos**. 2017. 126p. Dissertação (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), 2017.

MEDEIROS NETO, P. N. *et al.* Características físico-químicas e energéticas de duas espécies de ocorrência no semiárido brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 22, n. 3, p. 579-588, 2012.

MEDEIROS NETO, P. N.; OLIVEIRA, E.; PAES, J. B. Relationship between the characteristics of wood and charcoal of two Caatinga tree species. **Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 21, n. 4, p. 484–493, 2014.

PASCHOAL NETO, C. *et al.* **Química da madeira de Eucalyptus globulus: especificidades e impacto nos processos de cozimentos e de branqueamento.**, 2015. Disponível em: <http://www.tecnicepa.com>. Acesso em: 12 dez. 2007.

PENG, Z.; CHEN, F. Synthesis and properties of lignin-based polyurethane hydrogels, **International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials**, [s. l.] v. 60, p. 674–683, 2011.

SANTOS, R. C. *et al.* Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 221-230, jun. 2011.

SÃO TEAGO, G. B. **Qualidade das madeiras de acácia e eucalipto provenientes de cultivo misto visando a produção de celulose**. 2012. 111 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2012.

SILVA JÚNIOR, F.G. Biorrefinaria é conceito aplicável ao setor florestal. **Visão Agrícola**, n. 8, p. 45 – 49, jan./jun. 2008.

SILVESTRE, A. J. D. *et al.* Chemical composition of pitch deposits from an ECF Eucalyptus globulus bleached Kraft pulp mill: its relationship with wood extractives and additives in process streams. **Appita Journal**, Carlton, v. 52, n. 5, p. 375-381, 1999.

TAPPI.T 203 cm-99: **Alpha-, beta- and gamma-cellulose in pulp.**, 2009. Disponível em: <http://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/01/T/0104T203.aspx> (2009). Acesso em 12 ago. 2016.

TAPPI.T 204 cm-97: **Solvent extractives of wood and pulp.**, 1997. Disponível em: <http://www.tappi.org/content/sarg/t204.pdf> (1997). Acesso em: 12 ago. 2017.

TAPPI.T 211 om-02: **Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525 °C.**, 2002. Disponível em: <https://ipstesting.com/find-a-test/tappitest-methods/tappi-t-211-ash-test-525c/> (2002). Acesso em: 12 ago. 2016.

TAPPI.T 222 om-22: **Acid-insoluble lignin in wood and pulp.**, 2002. Disponível em: <http://www.tappi.org/content/SARG/T222.pdf> (2002). Acesso em 12 ago. 2016.

- TOLFO, A. L. T. *et al.* Parâmetros genéticos para caracteres de crescimento, de produção e tecnológicos da madeira em clones de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 67, p.101- 110, 2005.
- TRUGILHO, P. F. *et al.* Avaliação de clones de *Eucalyptus* para produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 104-114, 2001.
- VIDAL, A. C. F.; DA HORA, A. B. Perspectivas do setor de biomassa de madeira para a geração de energia. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 33, p. 261-314, mar. 2011.
- VILLASEÑOR ARAIZA, J. C.; RUTIAGA QUIÑONES, J. G.. La madera de *Casuarina equisetifolia* L., química e índices de calidad de pulpa. **Madera y Bosques**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 29-40, sep. 2016
- VINARDELL, M. P. *et al.* Potential applications of antioxidant lignins from different sources. **Industrial Crops and Products**, [s.l.], v. 27, n. 2, p. 220–223, 2008.
- VISHTAL, A.; KRASLAWSKI, A. Challenges in industrial applications of technical lignins. **Bioresource**, [s.l.] v. 6, n. 3, p. 3547-3568, 2011.
- VITAL, B. R.; JESUS, R. M.; VALENTE, O. F. Características de crescimento de árvores e de qualidade da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* para a produção de carvão. **IPEF**, Piracicaba, n. 47, p. 22-28, mai. 1994.
- YOKOYAMA, T.; KADLA, J.F.; CHANG, H.M. Microanalytical method for the characterization of fiber components and morphology of woody plants. **J. Agric. Food Chem**, [s.l.], v. 50, n. 5, p. 1040–1044, fev. 2002.
- ZHANG, Y. *et al.* Fungus-Modified Lignin and Its Use in Wood Adhesive for Manufacturing Wood Composites. **Forest Products Journal**, [s.l.], v. 65, n. 1-2, p. 43-47, 2015.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As taxas de crescimento permaneceram positivas ao longo do plantio.

Registraram-se as maiores médias de crescimento para acacia mangium, seguidas de casuarina, pau d'arco roxo, angico e sobrasil, aos sete anos de idade.

Registraram-se as maiores médias de crescimento para o clone VE 41, seguidas dos clones VE 38 e GG 680.

Os valores médios de volume confirmam que as espécies estudadas podem ser plantadas em qualquer dos regimes hídricos com exceção dos clones GG 680 e VE 38

.O pau d'arco roxo apresentou maiores teores de cinzas da madeira, conjuntamente com a casuarina apresentaram os maiores teores de extrativos totais; quanto à lignina os teores foram semelhantes entre as espécies e os maiores teores de hemicelulose e alfacelulose foram obtidos na casuarina e nos clones de eucalipto. *As características químicas da madeira* foram semelhantes entre os clones de *Eucalyptus*.

Os resultados das frações ligoneculósicas indicam possibilidade de desenvolver rotas tecnológicas para agregação de valor desses resíduos, notadamente considerando seus teores de lignina. A exemplo da possível elaboração de produtos similares a painéis aglomerados, MDF ou HDF.

Tecnologicamente, as espécies demonstram potencial para serem utilizadas na produção de polpa celulósica, com exceção do Pau d'arco roxo por conta do alto teor de cinzas.

Os resultados encontrados nesse estudo abrem portas para pesquisas futuras com o aproveitamento de resíduos do setor florestal.

As cinco espécies estudadas e os três clones de eucalipto apresentação condições de exploração florestal no Ceará.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, G. S. B. de. **Qualidade da madeira de espécies do gênero Acacia plantadas no Brasil**. 2009. 132 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Engenharia Florestal, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- ALENCAR, G. S. B.; BARRICHELO, L. E. G.; SILVA JUNIOR, F. G. Qualidade da madeira de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e seleção precoce In: CONGRESSO ANUAL, 34., 2001, [s.l.]. **Anais...** ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 2001. 6 p. Disponível em: [http://www.celso-foelkel.com.br/artigos\\_outros22.html](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos_outros22.html). Acesso em: 06 set. 2017.
- ALFENAS, A. C.; *et al.* **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004.
- ALTSCHUL, S. von R. A Taxonomic Study of the Genus *Anadenanthera*. In: ROLLINS, R. C.; FOSTER, R. C., editors. **Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University**. Massachusetts: Lexington Press, 1964. p. 03-65.
- ANDRADE, A. M. **Efeitos da fertilização mineral e da calagem na produção e na qualidade da madeira e do carvão de eucalipto**. 1993. 105 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.
- ANDRADE, E. M. *et al.* Dinâmica do nível freático e da salinização das águas subterrâneas em áreas irrigadas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 5, p. 621-630, oct./dez. 2016 .
- ANDREWS, S. S. Crop residue removal for biomass energy production: effects on soils and recommendations. **White paper.**, [s.l.], fev. 2006. Disponível em: [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_053255.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053255.pdf). Acesso em: 12 dez. 2018.
- ANTUNES, F. S. **Avaliação da qualidade da madeira das espécies Acacia crassicarpa, Acacia mangium, Eucalyptus nitens, Eucalyptus globulus e Populus tremuloides**. 2009. 82 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Engenharia Florestal, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- ASSIS, T. F; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM A. **Biotecnologia florestal**. Viçosa: UFV; 2007. p. 93-121.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2013, ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013. 148 p.
- AYIN, C. M. *et al.* Identification and characterization of bacteria associated with decline of ironwood (*Casuarina equisetifolia*) in Guam. **Australasian Plant Pathology**, [s.l.], v. 44, n. 2, p. 225-234, dez. 2015.
- BAHIA. Subsecretaria de Ciência e Tecnologia. **Inventário de Plantas Medicinais do Estado da Bahia**. Salvador, 1979. 1201 p.:il.

BARBOSA, B. M. *et al.* Efeito da fertilização na qualidade da madeira de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 29-39, mar. 2014.

BARROSO, A. B. **Silviculture especial de árvores maderables tropicales**. Habana, Cuba: Editorial Científico-Técnica. 1987. 427 p.

BELTRAME, R. *et al.* Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 47, n. 6, p. 791-796, jun. 2012.

BERGER R. *et al.* Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

BERNARDINI, J. *et al.* Optimizing the lignin based synthesis of flexible polyurethane foams employing reactive liquefying agents. **Polym Int**, [s.l.], v. 64, n. 9, p. 1235–1244, 2015.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlação entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: 1 - densidade e o teor de lignina da madeira de eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, n.14, p. 9-20, 1977.

BROOKER, M. I. H.; KLEINIG, D. A. **Field Guide to *Eucalyptus***. 3 ed. Melbourne: Bloomings. 2006, 356p.

BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. **Forest products and wood science: an introduction**. Ames-Iowa: Blackwell Publishing. 2007. 558p.

CAMPOS, J. C. C; ROSAS, M. P; LEITE, H. G. Comparação de alternativas de determinação da idade técnica de corte em plantações de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n.1, p. 37-49, 1996.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: EMBRAPA, 2003. 1039 p. (Informações Tecnológicas; Colombo, PR: Embrapa Florestas, v. 1)

CARVALHO, P. E. R. **Sobrasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 10 p. (Circular Técnica, 106). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/43203/1/circ-tec106.pdf>. Acesso em 25 dez. 2018.

CHAVES, A. M. B. *et al.* Características energéticas da madeira e carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* spp. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, n.17; p. 533-542, 2013.

CHERUBINI, F. *et al.* Toward a common classification approach for biorefinery systems. **Biofuels, Bioproducts And Biorefining**, [s.l.], v. 3, n. 5, p.534-546, set. 2009.

CHIMELO, J. Anatomia e propriedades gerais da madeira. In: OLIVEIRA, J.T.S.; FIEDLER, N.C. NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Jerônimo Monteiro: Suprema Gráfica e Editora. 2007. p. 107-124.

COLDEBELLA, R., **Caracterização das propriedades físicas, químicas e anatômicas da madeira de *Maclura tinctoria* (L.) Don ex Steud.**. 2016. 87 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

COLODETTE, J. L.; GOMES, F. J. B. **Branqueamento de polpa celulósica: da produção da polpa marrom ao produto acabado**. 1. ed. Viçosa, MG: UFV, 2015. 816 p.

CORREIA, D. et al. **Teste e seleção de espécies arbóreas para a indústria do polo moveleiro de Marco, CE (Fase I)**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017. 43p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/171280/1/DOC17006.pdf>. Acesso em 26 dez. 2018.

COSTA L. S. **Eficiência de fungos ectomicorrízicos no crescimento do eucalipto a partir de mudas clonais inoculadas**. 2014. 59 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2014.

D'ALMEIDA, M. L. O. et al. **Composição química da madeira e matérias-primas fibrosas**. São Paulo: Senai, 2013. 352 p.

DEMOLINARI, R. A. et al. Crescimento de plantios clonais de eucalipto não desbastados na região de Monte Dourado (PA). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 503-512, 2007.

DÉTIENNE, P. Appearance and periodicity of growth rings in some tropical woods. **IAWA Bulletin Nem Series**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 123-132, 1989.

DIAS, A. N. et al. Emprego de um modelo de crescimento e produção em povoamento desbastados de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 731-739, 2005.

DNOCS, 2016. Disponível em: [http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros\\_irrigados/ce/baixo\\_acarau.html](http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/ce/baixo_acarau.html). Acesso em: 23 mar. 2018.

DOHERTY, W. O. S.; MOUSAVIOUN, P.; FELLOWS, C.M. Value-adding to cellulosic ethanol: lignin polymers. **Ind Crops Prod**, [s.l.], v. 33, n. 2, p. 259-276, 2011.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. Recomposição de matas ciliares. **IF Série Registros**, São Paulo, v. 4, p. 1-14, 1990.

DUVAL, A.; LAWOKO, M. A review on lignin-based polymeric, micro- and nano-structured materials. **Reactive and Functional Polymers**, v. 85, p. 78–96, 2014.

ELDRIDGE, K. G. et al. **Eucalypt Domestication and Breeding**. Oxford: Oxford University Press, 1993. 288 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. 3. Ed. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação, 2013. 353p.

FALESI I. C. **O Impacto da Acacia mangium no desenvolvimento sustentável do Estado do Pará** [on line]. 2006. Disponível em: <http://www.scribd.com/doc/24820905>. Acesso em: 13 dez. 2018.

FAO. **Global forest resources assessment 2015: how are the world's forests changing? 2nd ed.** Rome, 2015. 46 p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i4793e.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2018.

- FERNANDES, E. T.; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B. Respostas fisiológicas de clones de eucalipto cultivados em casa de vegetação sob deficiência hídrica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, p. 29-34, 2015.
- FERREIRA, C. R. *et al.* Avaliação tecnológica de clones de eucalipto: parte 1 - qualidade da madeira para produção de celulose Kraft. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 161-170, abr. 2006.
- FERREIRA, D. H. A. A. *et al.* Crescimento de clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em diferentes espaçamentos. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 3, p. 431-440, 2014.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, [s.l.], v. 6, p. 36-41, 2008.
- FERREIRA, M. **Potencialidades de utilização da Casuarina equisetifolia em reflorestamentos**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. 13p.
- FINGER, C. A. G. *et al.* Crescimento diamétrico do pau-ferro (*Astronium balansae*) em reflorestamento no município de São Sepé, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 101-108, 1996.
- FOELKEL, C. **Os eucaliptos e os elementos não processuais na fabricação de celulose Kraft**. 122 p. 2011. Disponível em: [http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT24\\_ElementosNproces.pdf](http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT24_ElementosNproces.pdf). Acesso em: 30 abr. 2016.
- GOMES, F. J. B. *et al.* Influência do teor e da relação S/G da lignina da madeira no desempenho da polpação kraft. **O Papel**, São Pulo, v. 12, p. 95-105, 2008
- GOMIDE, J. L. *et al.* Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.1, p.129-137, 2005.
- GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L. Qualidade da madeira. In: BORÉM, A. **Biotecnologia florestal**. Viçosa: UFV, 2007. p. 25-54
- GONÇALVES, J. L. M. *et al.* Caracterização edafoclimática e manejo de solos das áreas com plantações de eucalipto. In: SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M. **Silvicultura do Eucalipto no Brasil**. Santa Maria: Fundação de Apoio à Tecnologia e Ciência-Editora UFSM, 2016. cap. 4.
- GEORGIN, J. *et al.* Inventário florestal quantitativo em plantio de *Pinus elliottii* no município de Ronda Alta, RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria V. 19, n. 1, p. 228-236, jan.- abr. 2015.
- GLUFKE, C.; FINGER, C. A. G.; SCHENEIDER, P. R. Crescimento de *Pinus elliottii* sob diferentes intensidades de desbaste. **Ciência Florestal**, [s.l.], v. 7, n. 1, p. 11-26, 1997.
- GROSE, S. O; OLMSTEAD, R. G. Taxonomic revisions in the polyphyletic genus *Tabebuia* s. l. (Bignoniaceae). **Systematic Botany**, [s.l.], v. 32, n. 3, p. 660-670, 2007.

HESS, A. F.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, A. A. G. Crescimento em diâmetro de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em função da idade em três regiões do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 7-22, jan./mar. 2009.

HOEHNE, F. C. **Plantas e Substâncias Vegetais Tóxicas e Medicinais**. São Paulo: Departamento de botânica do Estado de São Paulo, 1939. 355 p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. **Relatório IBA 2017**. São Paulo: Studio 113. 2017. 77p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Sumário Executivo 2018**. São Paulo: Studio 113. 2018. 6p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**, v. 25, 2010. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs\\_2010\\_v25.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2010_v25.pdf). Acesso em: 20 jun. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**, v. 32, 2017. 8p. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs\\_2017\\_v32\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2017_v32_informativo.pdf). Acesso em: 10 jun. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS - IPEF. **Elaboração de lista de espécies arbóreas nativas para silvicultura e modelos de uso múltiplo**. Disponível em: [http://www.ipef.br/pcsn/documentos/especies\\_nativas\\_silvicultura.pdf](http://www.ipef.br/pcsn/documentos/especies_nativas_silvicultura.pdf). Acesso em 13 jun. 2018.

JARDIM, F. C. da S.; SOARES, M. da S. Comportamento de *Sterculia pruriens* (Aubl.) Schum. em floresta tropical manejada em Moju-PA. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 3, p. 535-542. 2010.

JARDIM, J. M. *et al.* Avaliação da qualidade e desempenho de clones de eucalipto na produção de celulose. **O papel**, São Paulo, v. 78, n. 11, p. 122-129, 2017.

LAMPRECHT H. **Silvicultura nos trópicos: Ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – Possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Tradução de Guilherme de Almeida, Gilberto Calcagnotto. Eschborn: Dt. Ges. Für Techn. Zusammenarbeit (GTZ); 1990. 332 p.

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

LEITE, H. G. *et al.* Avaliação de um modelo de distribuição diamétrica ajustado para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 271-280, 2005.

LELES, P. S. S. *et al.* Relações hídricas e crescimento de árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 1, p.41-50, 1998.

LELES, P. S. S. *et al.* Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região de Cerrado. **Scientia Forestalis**, [s.l.], n. 59, p. 77-87, 2001.

LIMA, S. R. *et al.* Estudo dos constituintes macromoleculares, extrativos voláteis e compostos fenólicos da madeira de candeia – *Moquinia polymorpha* (Less.) DC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 145-155, abr./jun. 2007.

LIN, Y. *et al.* Wind and salt spray alter tree shape and dry mass density in *Casuarina equisetifolia* L. **Trees**, [s.l.], v. 31 n. 1, p. 15-26. 2017.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 5. ed. v. 1. Nova Odessa/SP: Plantarum, 2008. 368p.

LOUREIRO, A. A.; RAMOS, K. B. L.; FREITAS, C. A. A. **Essências Florestais da Amazônia**. Manaus/AM: MCT/INPA CPPF, V. 4. 2000.

MAIA-SILVA, C. *et al.* **Guia de Plantas Visitadas por Abelhas na Caatinga**. Fortaleza, CE: Fundação Brasil Cidadão, 2012. 194p.

MAINIERI, C. (Org.) **Madeiras brasileiras: características gerais, zonas de maior ocorrência, dados botânicos e usos**. São Paulo: Instituto Florestal, 1970. 109 p.

MATTOS, A. L. A. **Valorização de resíduos lignocelulósicos da biomassa regional com potencial para obtenção de compósitos poliméricos**. 2017. 126p. Dissertação (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), 2017.

MEDEIROS NETO, P. N. *et al.* Características físico-químicas e energéticas de duas espécies de ocorrência no semiárido brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 22, n. 3, p. 579-588, 2012.

MEDEIROS NETO, P. N.; OLIVEIRA, E.; PAES, J. B. Relationship between the characteristics of wood and charcoal of two Caatinga tree species. **Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 21, n. 4, p. 484–493, 2014.

MENDES, L.; TREICHEL, M.; BELING, R. R. **Anuário brasileiro da silvicultura**. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2016. 56p.

MELLO, E. C. **Estudo dendrológico de essências florestais do Parque Nacional do Itatiaia**. Rio de Janeiro: Parque Nacional do Itatiaia, 1950. 172 p.

MIRANDA, D. L. C.; JUNIOR, V. B.; GOUVEIA, D. M. Fator de forma e equações de volume para estimativa volumétrica de árvores em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia plena**, [s.l.], v. 11, n. 3, p. 1-8, 2015.

MOREIRA, J. M. M. A. P. Potencial e participação das florestas na matriz energética. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 363-372, abr./jun. 2011

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Casuarinas: nitrogen fixing trees for adverse sites**. Washington: National Academy Press, 1984. 128 p.

NDIAYE, P. *et al.* Growth and yield of *Casuarina equisetifolia* plantations on the coastal sand dunes of Senegal as a function of microtopography. **Foreste Ecology and Management**. Amsterdam, v. 56, p. 13-28, 1993.

OLIVEIRA NETO, S. N. *et al.* Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n.1, p.15-23, 2003.

PASCHOAL NETO, C. *et al.* **Química da madeira de *Eucalyptus globulus*: especificidades e impacto nos processos de cozimentos e de branqueamento.**, 2015. Disponível em: <http://www.tecnicepa.com>. Acesso em: 12 dez. 2007.

PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. **Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção, uso**. Brasília; Fundação Mokiti Okada, 1997. 541p.

PENG, Z.; CHEN. F. Synthesis and properties of lignin-based polyurethane hydrogels, **International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials**, [s. l.] v. 60, p. 674–683, 2011.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 15. ed. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2009. 451 p.

QUEIROZ, L. R. S.; BARRICHELO, L. E. G. **O eucalipto: um século no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Antônio Bellini Editora & cultura, 2007.

REIS G. G. *et al.* 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**, Viçosa, v. 30, n.6, p. 921-931, 2006.

REITZ, R.; KLEIN, M.; REIS, A. **Projeto Madeira de Santa Catarina**. Itajaí, SC: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978. 320p.

RICHTER, H. G.; Dallwitz, M. J. **Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval**. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Disponível em: <https://www.delta-intkey.com/wood/index.htm> Acesso em: 12 de jan. 2019.

SANTANA, W. M. S. **Crescimento, produção e propriedades da madeira de um clone de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* com enfoque energético**. 2009. 104f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SANTOS, R. C. *et al.* Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 221-230, jun. 2011.

SÃO TEAGO, G. B. **Qualidade das madeiras de acácia e eucalipto provenientes de cultivo misto visando a produção de celulose**. 2012. 111 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2012.

SILVA, C. C. **Potencial de espécies nativas para a produção de madeira serrada em plantios de restauração florestal**. 2013. 99 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Engenharia Florestal, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SILVA, E. M. *et al.* Diagnóstico do uso de leguminosas em propriedades rurais no município de Aparecida-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [s.l.], v. 7, n. 3, p. 212-217, 2012.

SILVA, F. P. Reflorestamento de acácia: nova fonte de renda para o produtor florestal. **Revista madeira**. [s.l.] Edição n. 117, nov. 2008. Disponível em: [http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=1337&subject=](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1337&subject=) . Acesso em: 18 de dez. 2018.

SILVA JÚNIOR, F.G. Biorrefinaria é conceito aplicável ao setor florestal. **Visão Agrícola**, n. 8, p. 45 – 49, jan./jun. 2008.

SILVESTRE, A. J. D. *et al.* Chemical composition of pitch deposits from an ECF Eucalyptus globulus bleached Kraft pulp mill: its relationship with wood extractives and additives in process streams. **Appita Journal**, Carlton, v. 52, n. 5, p. 375-381, 1999.

SOUZA, A. L.; JESUS, R. M. Equações de volume comercial e fator de forma para espécies da Mata Atlântica ocorrentes na reserva florestal da Companhia Vale do Rio Doce, Linhares, ES. **Revista Árvore**, [s.l.], v. 15, n. 3, p. 257-73, 1991.

SOUZA C. R. de; AZEVEDO, C. P de; LIMA, R. M.; ROSSI, L. M. B. Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia. **Acta Amazonica**. [s.l.], v. 40, n. 1, p. 127–134, 2010.

SOUZA, D.V.; CARVALHO, J. O. P. de; MENDES, F. da S.; MELO L. de O.; SILVA, J. N. M.; JARDIM, F. C. da S. J. Growth rate of tree species in a terra firme natural forest after logging and silvicultural treatments, in the municipality of paragominas, Pará, Brazil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 873–883, oct./dez. 2015.

SOUZA, M. H.; MAGLIANO, M.M.; CAMARGOS, J. A. A. **Madeiras Tropicais Brasileiras**. 2 ed. Brasília: edições IBAMA, 2002.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2005.

STAPE, J. L; BINKLEY, D.; RYAN, M. G. *Eucalyptus* production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, [s.l.], v. 193, n. 1-2, p. 17-31, 2004.

- STOCKS, J. J. **Dinâmica de copa, crescimento e viabilidade econômica de um povoamento de eucalipto submetido a desrama e desbaste**. 2007. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- TANTAGIBA, S. D. *et al.* Comportamento fisiológico de dois clones de *Eucalyptus* na época seca e chuvosa. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 149-159, 2007.
- TAPPI.T 203 cm-99: **Alpha-, beta- and gamma-cellulose in pulp.**, 2009. Disponível em: <http://imisirise.tappi.org/TAPPI/Products/01/T/0104T203.aspx> (2009). Acesso em 12 ago. 2016.
- TAPPI.T 204 cm-97: **Solvent extractives of wood and pulp.**, 1997. Disponível em: <http://www.tappi.org/content/sarg/t204.pdf> (1997). Acesso em: 12 ago. 2017.
- TAPPI.T 211 om-02: **Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525 °C.**, 2002. Disponível em: <https://ipstesting.com/find-a-test/tappitests-methods/tappi-t-211-ash-test-525c/> (2002). Acesso em: 12 ago. 2016.
- TAPPI.T 222 om-22: **Acid-insoluble lignin in wood and pulp.**, 2002. Disponível em: <http://www.tappi.org/content/SARG/T222.pdf> (2002). Acesso em 12 ago. 2016.
- TOLEDO FILHO, D. V. de. Competição de espécies arbóreas do cerrado. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 42, p. 61-70, 1988.
- TOLFO, A. L. T. *et al.* Parâmetros genéticos para caracteres de crescimento, de produção e tecnológicos da madeira em clones de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 67, p.101- 110, 2005.
- TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 94-116, jan./jun. 1996.
- TRUGILHO, P. F. *et al.* Avaliação de clones de *Eucalyptus* para produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 104-114, 2001.
- UY, M. M.; GARCIA, K. I. Evaluation of the antioxidant properties of the leaf extracts of Philippine medicinal plants *Casuarina equisetifolia* Linn, *Cyperus brevifolius* (Rottb) Hassk, *Drymoglossum piloselloides* Linn, *Ixora chinensis* Lam, and *Piper abbreviatum* Opiz. **Advances in Agriculture & Botany**, [s.l.], v. 7 n. 2, p.71-79, 2015.
- VALE, A. T. *et al.* Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* Hill Ex- maiden e *Acacia mangium* Willd em diferentes níveis de adubação. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 83-88, 2000.
- VEIGA, R. A. A; CARVALHO, C. M.; BRASIL, M. A. M. Determinação de equações de volume para árvores de *Acacia mangium*. **Cerne**, Lavras, v. 6 n. 1, p. 103-107, 2000.
- VIDAL, A. C. F.; DA HORA, A. B. Perspectivas do setor de biomassa de madeira para a geração de energia. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 33, p. 261-314, mar. 2011.

VILLAR E. *et al.* RNA-Seq reveals genotype-specific molecular responses to water deficit in Eucalyptus. **BMC Genomic**, [s.l.], v. 12, n. 538, p. 1-18, 2011.

VILLASEÑOR ARAIZA, J. C.; RUTIAGA QUIÑONES, J. G.. La madera de Casuarina equisetifolia L., química e índices de calidad de pulpa. **Madera y Bosques**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 29-40, sep. 2016

VINARDELL, M. P. *et al.* Potential applications of antioxidant lignins from different sources. **Industrial Crops and Products**, [s.l.], v. 27, n. 2, p. 220–223, 2008.

VISHTAL, A.; KRASLAWSKI, A. Challenges in industrial applications of technical lignins. **Bioresource**, [s.l.] v. 6, n. 3, p. 3547-3568, 2011.

VITAL, B. R.; JESUS, R. M.; VALENTE, O. F. Características de crescimento de árvores e de qualidade da madeira de Eucalyptus camaldulensis para a produção de carvão. **IPEF**, Piracicaba, n. 47, p. 22-28, mai. 1994.

WANG, F. *et al.* Biomass accumulation and carbon sequestration in four different aged Casuarina equisetifolia coastal shelterbelt plantations in south China. **Plos One**, [s.l.] v. 8, n. 10, e77449. 2013.

YOKOYAMA, T.; KADLA, J.F.; CHANG, H.M. Microanalytical method for the characterization of fiber components and morphology of woody plants. **J. Agric. Food Chem**, [s.l.], v. 50, n. 5, p. 1040–1044, fev. 2002.

YU, D. J.; KIM, S. J.; LEE, H. J.; Stomatal and non-stomatal limitations to photosynthesis in field-grown grapevine cultivars, **Biologia Plantarum**, [s.l.], v.53, p. 133–137, 2009.

ZHANG, Y. *et al.* Fungus-Modified Lignin and Its Use in Wood Adhesive for Manufacturing Wood Composites. **Forest Products Journal**, [s.l.], v. 65, n. 1-2, p. 43-47, 2015.

ZENID, G. J. **Madeiras para móveis e construção civil**. São Paulo: Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo, 2000. 1 CD-ROM. (IPT. Publicação 2779).