



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

RICHARD PINHEIRO RODRIGUES

**CRESCIMENTO E MORTALIDADE DE *Tachigali vulgaris* L. G. Silva & H. C. Lima EM
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS PARA FINS ENERGÉTICOS NO MUNICÍPIO DE
ALMEIRIM, PA**

BELÉM

2018

RICHARD PINHEIRO RODRIGUES

**CRESCIMENTO E MORTALIDADE DE *Tachigali vulgaris* L. G. Silva & H.C. Lima EM
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS PARA FINS ENERGÉTICOS NO MUNICÍPIO DE
ALMEIRIM, PA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da
Amazônia, como parte das exigências do Curso de
Mestrado em Ciências Florestais: área de concentração
Manejo de Ecossistemas de Florestas Nativas e Plantadas,
para obtenção do título de Mestre
Orientador: Dr. Gustavo Schwartz

BELÉM

2018

Rodrigues, Richard Pinheiro

Crescimento e Mortalidade de *Tachigali vulgaris* L.G. Silva & H.C. Lima em Diferentes Espaçamentos para Fins Energéticos no Município de Almeirim, PA / Richard Pinheiro Rodrigues. – Belém, 2018.

44 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais – Concentração Manejo de Ecossistemas de Florestas Nativas e Plantadas) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2018.

Orientador: Gustavo Schwartz.

1. Florestas plantadas - Silvicultura 2. Florestas - Dinâmica de crescimento
4. Densidade de plantio I. Schwartz, Gustavo (orient.) II. Título

CDD – 634.95

Ficha elaborada pela Bibliotecária Nilzete Ferreira Gomes (CRB-2/1231)

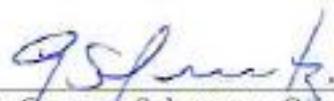
RICHARD PINHEIRO RODRIGUES

**CRESCIMENTO E MORTALIDADE DE *Tachigali vulgaris* L. G. Silva & H.C. Lima EM
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS PARA FINS ENERGÉTICOS NO MUNICÍPIO
ALMEIRIM, PA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de Mestrado em Ciências Florestais para obtenção do título de mestre.
Orientador: Prof^o Dr. Gustavo Schwartz

Aprovado em 15 de Fevereiro de 2018

BANCA EXAMINADORA



Dr. Gustavo Schwartz - Orientador
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL – EMBRAPA



Dra. Rosângela de Jesus Sousa - 1^o examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA



Dr. Eduardo Saraiva da Rocha - 2^o examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA



Dr. Rodrigo Silva do Vale - 3^o examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA

***Dedico** este trabalho a todos
meus familiares, em
especial meus pais, irmãos
e meu sobrinho, pois
sempre apoiaram e me
incentivaram a crescer
nesta jornada.*

AGRADECIMENTOS

O autor deseja expressar, em primeiro lugar, seus agradecimentos a Deus, pois sem ele não teria força para chegar até aqui.

Aos meus pais, irmãos e sobrinho pelo amor, educação e compreensão que me deram para a realização deste sonho.

Ao meu orientador Prof. Gustavo Schwartz pela confiança, paciência e pela imprescindível contribuição para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Delman de Almeida Gonçalves, meu co-orientador informal, pela contribuição no desenvolvimento da dissertação e por intermediar a disponibilização do banco de dados.

À empresa Jari Celulose S/A por todo apoio prestado ao desenvolvimento desta pesquisa e pela disponibilização do banco de dados.

Ao Laboratório de Manejo de Ecossistemas e Bacias Hidrográficas (LABECOS), em especial a profa. Vanda Andrade; a Dr. Valéria Homce; aos estagiários, Mie (na computação dos dados), Iuri, Wanessa e Juliana; aos mestrandos, Mario, Ellen, Larissa e Jessica; aos doutorandos, Walmer Bruno e Luiz Fernandes pelas discussões técnicas sobre o assunto abordado na dissertação; e, principalmente, ao prof. Assis pela confiança e por todo suporte dado à elaboração da dissertação.

À professora Rosangela Sousa, por sempre me apoiar, incentivar e lutar pelos meus sonhos.

Ao professor Rodrigo do Vale por ter se disponibilizado a contribuir na construção deste trabalho.

Ao professor Eduardo Saraiva, por disponibilizar tempo para construção deste trabalho, e também por sempre nos mostrar e incentivar a seguir o caminho na Engenharia Florestal.

Aos amigos da graduação que me acompanham até hoje, Cassio Rafael, Alberto Brasil e Arllen Élidea.

À secretaria do PPGCF, em especial à Greice e Andreza, por todo o apoio e prestatividade ao longo da caminhada.

À minha amiga Mayara Bessa pela amizade de longa data, e por sempre estar ao meu lado me apoiando.

À minha amiga Isabela Cardoso pela amizade, pelo incentivo e, principalmente, pelo apoio e preocupação nos momentos difíceis ao longo dessa caminhada.

À CAPES pela concessão da bolsa.

A todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a consolidação deste trabalho.

Meu muito obrigado!!!

“Os mestres ensinam aos discípulos, estes se tornam mestres; os ensinamentos se ampliam e se perpetuam; a ciência se consolida; a humanidade se beneficia e agradece a Deus por existirem os mestres.” (Sylvio Péllico Netto)

“Não quero falar das minhas vitórias, pois quando falo bebo o cálice da vaidade...por isso, gostaria de falar das minhas derrotas, pois delas bebi o cálice da experiência e da verdadeira vitória.” (Waldenei Travassos de Queiroz)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plantio de tachi branco de sete anos, pertencente a Jari Celulose, localizado em Monte Dourado, Almeirim, PA.	16
Figura 3. Médias da precipitação pluviométrica no município de Monte Alegre, próximo a Monte Dourado, Almeirim – PA, no período de 2011 a 2016.	23
Figura 5. Taxa média de mortalidade por tratamento, no período de seis anos, na área da Jari, município de Almeirim – PA – Brasil. A linha horizontal mais grossa representa a mediana, a caixa o intervalo interquartil e as linhas tracejadas os valores extremos. Letras indicam diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) em ANOVA, seguidas pelo teste post hoc de Tukey. T1, T2, T3, T4, T5 e T6, correspondem aos espaçamentos: 3 x 1,5 m, 3 x 2 m, 3 x 2,5 m, 3 x 3 m, 3 x 3,5 m e 3 x 4 m, respectivamente.	32
Figura 6. Curvas de incremento corrente anual (ICAVol) e incremento médio anual (IMAVol) em volume de um plantio de <i>T. vulgaris</i> L. G. Silva & H.C. Lima, em diferentes espaçamentos, em função da idade, município de Almeirim - PA – Brasil.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Densidade de árvores em parcelas de 3600 m ² nas dimensões de 51 m x 60 m por espaçamento.....	25
Tabela 2 - Valores de F para as variáveis volume, área basal, diâmetro (DAP) e altura total.	29
Tabela 3 - Comparação de médias (seguidas dos seus respectivos desvios padrão) pelo teste de Tukey (p<0,05) para volume (m ³ ha ⁻¹), área basal (m ² ha ⁻¹), diâmetro à altura do peito (cm) e altura total (m) entre diferentes espaçamentos e tempos de medição de <i>T. vulgaris</i> L. G. Silva & H.C. Lima.	30

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo geral	14
2.2. Objetivos específicos	14
3. REVISÃO DA LITERATURA	14
3.1. Importância das florestas plantadas	14
3.2. Característica da espécie e taxonomia	15
3.3. Características tecnológicas da madeira	16
3.4. Características das sementes	17
3.5. Produção de Mudas	18
3.6. Preparo do solo e plantio	18
3.7. Importância na escolha do espaçamento para o crescimento	19
3.8. Controle de pragas e competição	19
3.9. Fertilização	20
3.10. Comportamento das variáveis dendrométricas (diâmetro, altura, área basal e volume)	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. Área de estudo	22
4.2. Desenho experimental e coleta de dados	24
4.3. Caracterização do plantio	25
4.4. Análise de dados	26
4.4.1. Análise estatística	27
4.4.2. Incremento corrente anual em volume (ICAvol)	28
4.4.3. Incremento médio anual em volume (IMAvol)	28
4.5. Taxa de mortalidade	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1. Volume, área basal, diâmetro e altura total	29
5.2. Taxa de mortalidade	32
5.3. Incremento médio anual e incremento corrente anual em volume	33
5.4. Recomendações	35

6.	CONCLUSÕES	35
7.	REFERÊNCIAS	36

RESUMO

O tachi branco (*Tachigali vulgaris* L. G. Silva & H.C. Lima) é uma espécie pioneira que tem grande potencial, principalmente, para plantios com fins energéticos, devido apresentar características tecnológicas da madeira ideais para este fim. Contudo, informações acerca de espaçamento(s) ideal(is) para o seu plantio são ainda incipientes. Desta forma, o estudo buscou responder: qual(is) o(s) espaçamento(s) para que o tachi branco possa ter seu melhor crescimento e menor mortalidade? O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento e a sobrevivência de tachi sob diferentes espaçamentos. O estudo foi desenvolvido em uma área experimental pertencente à Jari Celulose S.A, no município de Almeirim, PA. Foram plantadas árvores de tachi nos espaçamentos: 3,0 x 1,5m; 3,0 x 2,0m; 3,0 x 2,5m; 3,0 x 3,0m; 3,0 x 3,5m e 3,0 x 4,0m. Para cada espaçamento, foram instaladas 3 parcelas dispostas em blocos e realizadas medições anuais durante 6 anos (2011 a 2016). Foi aplicado o delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas no tempo, com 6 espaçamentos, com 6 tempos de avaliação e 3 blocos. Foram avaliados a Altura total, o diâmetro à altura do peito, o volume, a área basal, a taxa de mortalidade e os Incrementos Corrente e Médio Anual em Volume. Para cada variável, foram realizadas análises de variância (ANOVA) ($p < 0,05$) e para altura, DAP, Volume e área basal, foi realizado o teste de Tukey ($p < 0,05$). Os tratamentos com espaçamentos 3 x 3 m e 3 x 4 m obtiveram os maiores crescimentos em altura, volume, área basal e diâmetro à altura do peito, em especial a partir de 5 anos de plantio. Os espaçamentos 3 x 3,5 m e 3 x 4 m foram os que apresentaram menores taxas de mortalidade. Nos espaçamentos 3 x 1,5 m, 3 x 3 m, 3 x 3,5 m, 3 x 4, foram observadas diminuições consideráveis de seu ICAVol aos 4 anos de idade, o que sugere baixa sobrevivência de indivíduos e necessidade de intervenção no povoamento neste período por meio de desbaste.

Palavras-chave: Silvicultura de florestas plantadas, Desbaste, Dinâmica de Crescimento, Densidades de plantio.

ABSTRACT

The tachi branco (*Tachigali vulgaris* Gomes da Silva & H.C. Lima) is a pioneer species which has a great potential usage in plantings with energetic purposes, due to present ideal technological characteristics of the wood for this purpose. However, information about ideal spacing (s) for planting is still incipient. Thus, in the present study was tried to answer: what is the spacing, in order to, the tachi branco can have its best growth and lower mortality? The objective of this work was to evaluate the growth and survival of tachi under different spacings. The study was performed in an experimental area belonging to Jari Celulose, municipality of Almeirim, PA. Trees of *Tachigali vulgaris* (Gomes da Silva & H.C. Lima) were planted in the following spacings: 3,0 x 1,5m; 3,0 x 2,0m; 3,0 x 2,5m; 3,0 x 3,0m; 3,0 x 3,5m and 3,0 x 4,0m. For each spacing, 3 plots arranged in blocks were installed and measurements were taken in 6 years of measurement (2011 to 2016). For the purposes of this study, we considered a randomized block design with time-subdivided plots, 6 spacings, 6 evaluation times and 3 blocks. Total height, diameter at breast height, volume, basal area, mortality rate and Annual and Average Annual Increments in Volume were evaluated. For each variable, analyzes of variance (ANOVA) ($p < 0,05$) were performed and Tukey's test ($p < 0,05$) was performed for height, DBH, volume and basal area. The treatments with 3 x 3 m and 3 x 4 m spacings obtained the highest growths in height, volume, basal area and diameter at breast height, especially after 5 years of planting. The spacings 3 x 3,5 m and 3 x 4 m were the ones with the lowest mortality rates. For the 3 x 1,5 m, 3 x 3 m, 3 x 3,5 m, 3 x 4 spacings, considerable decreases in ICAVol were observed at 4 years of age, suggesting low survival of individuals and plantation intervention need in this period through thinning.

Keywords: Silviculture of planted forests, Thinning, Growth Dynamics, Planting densities.

1. INTRODUÇÃO

Os recursos oriundos de florestas são imprescindíveis para o desenvolvimento das civilizações. As florestas e seus produtos são responsáveis pela evolução econômica, cultural e social de diversos países. Entre os produtos florestais, a madeira tem sido utilizada por séculos como matéria-prima para a construção de moradias, proteção e combustível. Com o crescimento das populações humanas em nível mundial, cresce a necessidade da produção sustentável de recursos florestais (LIMA, 2010).

A demanda mundial por produtos madeireiros e a crescente preocupação com a conservação dos recursos florestais naturais, impulsionam a abertura de novos mercados e ampliam os horizontes para o setor florestal. No Brasil esse destaque às florestas plantadas não é diferente, o país é detentor de cerca de 7,8 milhões de hectares (IBÁ, 2017).

A silvicultura brasileira ocupa posição de destaque no cenário internacional devido aos processos bem desenvolvidos de produtividade. As condições brasileiras como: a) solos propícios para o plantio, b) abundância de recursos hídricos e c) insolação intensa. Essas boas condições naturais, associadas ao avanço de técnicas silviculturais adequadas, fizeram com que as florestas plantadas chegassem a uma produtividade altamente competitiva com outros países onde a silvicultura de plantações é desenvolvida (MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE, 2012). Além da intensa insolação e abundância em recursos hídricos, considera-se uma vantagem brasileira também a grande quantidade de terras disponíveis para o plantio de florestas e às quais podem ser associados milhões de hectares (GRUPO DE TRABALHO INTERMINISTERIAL, 2011).

No Brasil, boa parte dos plantios florestais equiâneos são formados por espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* e estão concentradas, principalmente, na região dos biomas mata atlântica e cerrado. Cerca de 72% desses plantios ocorre no sul e sudeste do Brasil, o que é justificado, principalmente, pelos grandes polos industriais de segmentos de celulose e papel, painéis de madeira, madeira mecanicamente processada e siderurgia a carvão vegetal (IBÁ, 2017).

Na região amazônica, boa parte dos produtos florestais madeireiros é oriunda de florestas nativas. Em contrapartida, hoje, outra parte destes produtos advém de plantios florestais homogêneos, apesar destes estarem começando em fase incipiente na região. No Pará, observa-se o crescimento dos reflorestamentos comerciais em larga escala, porém, nota-se o predomínio de espécies exóticas, por exemplo, *Eucalyptus sp.* e *Tectona grandis*. Por outro lado, a Amazônia possui espécies nativas com grande potencial para o reflorestamento em larga escala. No entanto, o conhecimento em ecologia e silvicultura destas espécies ainda é reduzido. Por

mais que o predomínio das espécies em plantios florestais seja de espécies exóticas, como é o caso do gênero *Eucalyptus*, para produção de madeira, carvão vegetal e celulose, espécies nativas, como o tachi branco (*T. vulgaris*) têm potencial para se tornar um produto substituto a esta espécie em plantios florestais comerciais (FARIAS et al., 2016), além de promover recuperação de solos degradados (DIAS et al., 1995).

Dentre as espécies com potencial madeireiro, o tachi branco, tem-se mostrado abundante na região amazônica, principalmente, nas áreas de savana. Pertencente à família Fabaceae-Caesalpinioideae, é uma espécie pioneira, que inicia a sucessão secundária em áreas antropizadas por meio da germinação massiva de suas sementes no solo (CAMPUS-FILHO, 2009). A madeira do tachi branco apresenta alto poder calorífico, sendo bastante utilizada para carvão, lenha e obras civis leves (ORELLANA, et al., 2015). Tem se destacado pelo rápido crescimento e sua madeira é amplamente utilizada por comunidades rurais do Centro-Oeste e Nordeste do Brasil para a confecção de mourões, esteios, embalagens e caibros, na construção civil, além de fonte para a produção de lenha e carvão vegetal, sendo indicada para plantios energéticos (DIAS et al. 1992; CARVALHO, 1994; LORENZI, 1998; FRANKE, 1999).

Um dos fatores que pode afetar o desenvolvimento e a produtividade das florestas plantadas, principalmente para as espécies de rápido crescimento é o espaçamento de plantio. Quando realizado de forma inadequada, o espaçamento pode aumentar efeitos do estresse hídrico sobre as plantas, diminuindo a produtividade do plantio florestal (LELES et al., 1998). Para a produção madeireira com fins energéticos normalmente recomenda-se espaçamentos mais adensados para se obter o maior volume de biomassa por unidade de área em menor espaço de tempo possível (COUTO, et al., 2008). Vários fatores podem ser associados na escolha do espaçamento a ser adotado em plantios florestais, entre eles: a) a forma de crescimento e o desenvolvimento radicular, b) o desenvolvimento das variáveis dendrométricas (DAP, volume, área basal e a altura), c) as características do solo, d) tolerância e adaptabilidade da espécie, e) as práticas silviculturais e técnicas de manejo, f) os fatores climáticos, g) as condições de mercado, h) os métodos de colheita e i) os objetivos da produção (LIMA, 2010). Segundo Chies (2005) a escolha ideal do espaçamento tem como objetivo proporcionar às árvores do povoamento o espaço suficiente para que se tenha o crescimento máximo com melhor qualidade e menor custo. Diante disso, procura-se responder a seguinte questão: qual(is) o(s) espaçamento(s) que podem ser utilizados no plantio em escala comercial para que o tachi branco possa ter o seu melhor crescimento e menor mortalidade?

Hipótese

O espaçamento entre plantas tem influência direta no crescimento e na taxa de mortalidade de *T. vulgaris* quando cultivado em escala comercial e há espaçamentos que possibilitam o ponto ótimo de cruzamento destas duas variáveis.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o crescimento e a mortalidade de tachi branco em plantios florestais para fins energéticos.

2.2. Objetivos específicos

- Analisar o crescimento de tachi-branco em diâmetro à altura do peito (DAP), altura total, área basal e volume, em diferentes espaçamentos;
- Analisar as taxas de mortalidade de tachi branco em plantio florestal, em diferentes espaçamentos;
- Analisar as curvas de incremento médio anual em volume (IMAvol) e incremento corrente anual em volume (ICAvol) dos plantios de tachi branco para diferentes espaçamentos.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Importância das florestas plantadas

O Brasil, em 2003, possuía cinco milhões de hectares de florestas plantadas, onde 64% eram florestas de eucalipto situadas em aproximadamente 500 municípios brasileiros. Essas florestas de eucalipto supriam um terço de toda a demanda de madeira, com o consumo situado em trezentos milhões de metros cúbicos por ano. Apenas 6% do total da demanda anual de madeira vinha da produção de celulose e papel (100% oriunda de florestas plantadas), sendo os demais 9% e 85% da madeira destinados, respectivamente, aos produtos sólidos e madeira para produção de energia (ROXO, 2003).

No momento atual, aproximadamente 7,8 milhões de hectares são florestas plantadas sendo 14% destinados à siderurgia e produção de carvão vegetal, 34% a celulose e papel e 4% para produtos sólidos de madeira. Os projetos de investimento das empresas, em andamento ou previstos, que visam ao aumento dos plantios, ampliação de fábricas e novas unidades, são da ordem de R\$ 40 bilhões de 2016 a 2020 (IBÁ, 2017).

O Brasil lidera mundialmente a produção de aço usando carvão vegetal como agente redutor (biorredutor) do minério de ferro. As indústrias siderúrgicas nacionais apresentam

aumento expressivo na produção de aço a partir de carvão vegetal, o que pode ser observado pelo crescimento de 86% do consumo deste, que é oriundo de plantações florestais para produção de ferro gusa no país. Já as áreas plantadas destinadas à produção de carvão vegetal, as empresas produtoras de aço possuem 842,4 mil hectares de árvores plantadas para uso econômico, além de financiar o plantio por terceiros, em fomento à atividade de silvicultura. (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2015).

Devido ao fato de aproximadamente 10% do aço produzido no Brasil ser obtido a partir da rota integrada a carvão vegetal, há importantes vantagens ambientais e competitivas, enquanto outros países obtêm a partir do coque. Os 7,8 milhões de hectares de árvores plantadas absorvem 1,7 bilhão de toneladas de CO₂eq da atmosfera. Pesquisas apontam que, em 2015, foram produzidos a partir de energia limpa, 65,1 milhões de giga joules, o que representa 67% do consumo energético do setor (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2015; IBÁ, 2017).

3.2. Característica da espécie e taxonomia

Tachigali vulgaris L. G. Silva & H. C. Lima pertence à família Fabaceae (Caesalpinioideae) e tem como sinônimo *Sclerolobium paniculatum* Volge (FLORA DO BRASIL, 2020). No Brasil pode ser chamado por variados nomes vernaculares, como: tachi-branco-da-terra-firme, carvão-de-ferreiro, carvoeiro, carvoeiro-do-cerrado, carvoeiro, pau-pombo, justacontas, angá, cangalheiro, pau-fedorento, cachamorra, mandinga, taxirana-do-cerrado, passariúva, tachi-do-campo, tachi-branco-do-flanco, tachi-pitomba e taxizeiro (CARVALHO, 2005).

O avanço da tecnologia e estudos mais aprofundados sobre a anatomia do lenho, filogenia, morfologia dos grãos de pólen e características macromoleculares permitiu a mudança de *S. paniculatum* para o gênero *Tachigali*, passando a ser chamado de *T. vulgaris* L. G. Silva & H. C. Lima (HASTON, 2003; MAIA, 2008). Esta mudança é justificada pelas características comuns existentes entre esses dois gêneros o que levou a alguns autores a considerá-los sinônimos (FLORA DO BRASIL 2020; SILVA ; LIMA, 2007). Além disso, Silva & Lima (2007) propuseram o nome *T. vulgaris* para substituir *S. paniculatum* visto que o nome *Tachigali paniculatum*, já existe.

A tecnologia de florestas plantadas para fins energéticos tem um ciclo de sistema produtivo, desde a obtenção das mudas, plantio até a produção da matéria-prima (lenha), o que leva em média quatro anos para a conclusão. Essa é uma tecnologia para produção de florestas energéticas que por meio do uso sustentável de espécies florestais, se tem a biomassa para produção de energia. (NORDESTE RURAL, 2015).

Como espécie pioneira, o tachi branco apresenta rápido crescimento em altura após o plantio, podendo atingir 4,5 metros de incremento médio anual, e rápido acúmulo volumétrico. Seus incrementos variam entre 14,0 a 38,8 m³ ha⁻¹ ano, nas idades de 2 a 5,5 anos, respectivamente (GONÇALVES et al., 2009).

Já existem plantios pilotos no município de Iranduba, no Amazonas, com espécies de *T. vulgaris* (tachi branco), *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis*, visando a produção de energia que podem contribuir para reduzir consideravelmente a exploração das florestas nativas e assegurar a continuidade do uso da lenha no setor oleiro. Estas três espécies possuem maior rendimento em relação a outros materiais combustíveis, normalmente utilizados no consumo doméstico, em fornos, olarias e siderurgias (NORDESTE RURAL, 2015). Na área da Jari Celulose em Monte Dourado, Almeirim, Pará, também existem plantios experimentais de tachi-banco, como é mostrado na Figura 1.

Figura 1. Plantio de tachi branco de sete anos, pertencente a Jari Celulose, localizado em Monte Dourado, Almeirim, PA.



Fonte: Autor

3.3. Características tecnológicas da madeira

A madeira da espécie tachi branco possui coloração quase indistinta entre o cerne e o alburno, sendo que este último apresenta coloração bege claro, sua grã é reversa e apresenta cheiro e gosto indistinto (SOUSA et al., 2016). Sua madeira é resistente ao ataque de organismos xilófagos como o *Postia placenta*, fungo responsável por causar a podridão parda (STALLBAUN et al., 2016).

A espécie tachi branco, segundo reportado na literatura, apresenta características tecnológicas favoráveis para a utilização energética. O seu uso pode ser feito por meio da lenha, ou como matéria prima para a produção de carvão vegetal, álcool e coque (PAULA, 1983). A madeira produzida pelo tachi branco pode apresentar resultados similares aos de eucalipto quanto ao poder calorífico da lenha e do carvão, assim como nos rendimentos de peso e volume no processo de descarbonização (LORENZI, 2002).

Dentre as propriedades mais importante, a densidade básica é um dos parâmetros de referência mais utilizados para a escolha de espécies para uso energético, sendo os seus valores influenciados, principalmente pela estrutura anatômica (VITAL; CARNEIRO; PEREIRA, 2013). A densidade da madeira do tachi branco é classificada como média, apresentando valores de densidade básica entre 0,58 a 0,72 g.cm⁻³ (ORELLANA, 2015; VALE et al., 2001).

Quanto ao poder calorífico da madeira, o tachi branco apresenta bons resultados, com valores próximos ao encontrado em espécies tradicionalmente utilizadas para fins de energia (TOMASELLI et al., 1983) com valores de poder calorífico entre 4.390 kcal/kg a 4.597 kcal/kg (TOMASELLI et al., 1983; ORELLANA, 2015). Esta variável expressa a quantidade de energia contida em um dado material por unidade de massa (MCKENDRY, 2001) que é liberando durante o processo de combustão.

Assim como o poder calorífico, o comportamento da biomassa durante a combustão é afetado pela composição química da mesma (BRAND, 2010). Segundo Paula (1980) o tachi branco contém alto teor de lignina em sua madeira, e por conseguinte esta espécie apresenta alto teor de carbono fixo, pois, segundo reportado na literatura estas variáveis apresentam alta correlação positiva. Quanto aos valores da química imediata, Orellana (2015) encontrou teor de voláteis de 84,03-85,72%; 14,28-15,16% de carbono fixo; e 0,42-0,94% de cinzas.

3.4. Características das sementes

As sementes de tachi branco são pequenas (1 cm) e alongadas, apresentam estruturas aladas com adaptação à dispersão anemocórica. São consideradas ortodoxas e a quebra da dormência dessas sementes é fundamental para possibilitar a germinação uniforme na produção de mudas (CARVALHO; FIGUEIREDO, 1991; CARVALHO, 2005). A dormência do tachi branco é do tipo tegumentar e a quebra pode ser por meio de processos mecânicos ou químicos.

Segundo Carvalho & Figueiredo (1991) a escarificação com ácido sulfúrico concentrado em sementes com as extremidades aladas, mostrou-se eficiente. A quebra de dormência nas sementes “nuas” obtém sucesso por três métodos: a) pequena remoção do tegumento na

extremidade oposta ao eixo embrionário, b) imersão em água a 80 °C por 2 minutos e c) escarificação em ácido sulfúrico concentrado.

3.5. Produção de Mudanças

A germinação é do tipo faneroepígea e inicia-se entre 10 a 60 dias após a sementeira. Ao atingirem alturas aproximadamente de 4 cm deve-se realizar a repicagem. Segundo Conceição (2010), as mudas produzidas em ambientes com elevado sombreamento (em média 50%) apresentaram a melhor resposta ao crescimento.

O plantio das mudas pode ser feito quando estas atingirem alturas de 20 a 25 cm, no período de 5 a 6 meses após a sementeira (CARVALHO, 2005). A associação de bactérias *Rhizobium* sp. nas raízes do tachi branco permite a formação de nódulos e consequente aumento da taxa de sobrevivência das mudas no viveiro (MARTINOTO, 2006).

As mudas de tachi branco apresentam melhor desenvolvimento quando é adicionada areia ao substrato, uma vez que facilita a drenagem da água pelo substrato e evita o apodrecimento das raízes. Alguns estudos, como o de Sousie et al. (2011), mostram que a utilização do carvão vegetal pirogênico na produção de mudas de tachi branco é uma alternativa viável como condicionante de origem biológica do substrato para mudas potencialmente mais resistentes.

3.6. Preparo do solo e plantio

A época de plantio é um fator importante a ser considerado, pois está relacionado com o bom desempenho da planta, e a produtividade pode ser melhorada se considerar as áreas topoclimáticas que são adequadas para o plantio da espécie. No Pará, as condições topoclimáticas para o plantio de tachi branco, devem ser em áreas com déficit hídrico entre 150 mm a 250 mm e altitudes a 200 m (MARTORANO, et al., 2011).

O plantio de mudas deve ser realizado no início da estação chuvosa, tendo o solo suficientemente umedecido. Na implantação, deve ser descartar as mudas de menor tamanho, com má formação ou com ataques de pragas ou doenças. As plantas devem apresentar uniformidade no tamanho e serem vigorosas, para reduzir a diferença do crescimento em campo (SOUZA, et al., 2004). É recomendado manter uma reserva 20 % das mudas em boas condições, cerca de 20%, para um eventual replantio. Após a implantação, caso haja mortalidade superior a 5%, deve-se realizar o replantio de mudas. Este deve ser realizado ainda no mesmo período de chuvas, para garantir a uniformidade no desenvolvimento das mudas replantadas (SOUZA, et al., 2004).

3.7. Importância na escolha do espaçamento para o crescimento

A escolha do espaçamento ideal de povoamentos florestais homogêneos na maioria dos planejamentos florestais tem sido fundamentada no uso final da madeira, descuidando-se de outros fatores envolvidos de ordem ecológica/silvicultural que são imprescindíveis. O espaçamento ocasiona implicações do ponto de vista silvicultural, tecnológico e econômico. Diferenças significativas na sobrevivência do plantio, nas taxas de crescimento das plantas, na qualidade de madeira e idade de corte têm sido detectadas, bem como nas práticas de exploração e manejo florestal, e, conseqüentemente nos custos de produção (CASTRO, et al., 1998).

O crescimento e o rendimento florestal variam entre sítios em função do clima, tipo do solo, espécie e procedência. O crescimento e rendimento alteram-se também em relação à densidade do plantio, dentro de um sítio determinado. Ao analisar a produtividade de tachi branco aos quatro anos, em cinco sítios localizados nos estados de Rondônia, Roraima e Amazonas, observou que a espécie apresentou maior crescimento em sítios com disponibilidade hídrica de 232 mm e 369 mm e solos com textura argilosa a muito argilosa. (LIMA, 2004). Em espaçamentos mais extensos, deve-se aplicar poda dos galhos. Em plantios com espaçamento de 3 m x 2 m, os tratos culturais podem ser abandonados com um ano, pois as copas das plantas recobrem rapidamente o solo, evitando o crescimento de plantas competidoras.

Para a produção madeireira com fins energéticos geralmente indica-se plantios com espaçamentos mais densos, tendo em vista que o objetivo é a produção de maior volume de biomassa por unidade de área em menor espaço de tempo possível (COUTO & MULLER, 2008; NARDUCCI et al., 2016).

A espécie apresenta pouca adaptação à baixa luminosidade, ocorrendo maior mortalidade de árvores em áreas sombreadas na floresta. Desta forma, também não é resistente a baixas temperaturas. Dentro dessas condicionantes, a espécie desenvolve estrutura similar à dos eucaliptos, tais como tronco de qualidade comercial e dominância apical bem definida (YARED, 1990).

3.8. Controle de pragas e competição

O controle de plantas invasoras pode ser realizado apenas no primeiro ano, com capinas ou utilização de herbicidas, pois tendo um rápido crescimento, a copa do tachi branco recobre rapidamente o solo. Uma aplicação de herbicida sistêmico antes do plantio controla as plantas invasoras durante os primeiros 6 a 9 meses o suficiente para reduzir a competição (SOUZA et al., 2004; SOUZA, et al., 2016).

A literatura não aponta relação de doenças ou pragas em plantios de tachi branco, porém, Lunz et al. (2011) observaram lesões nas bordas das folhas em plantio com 2 meses de idade no município de Almeirim, PA, ocasionado pelo desfolhador *Compsus azureipes* Hustache (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae) e no município de Santa Maria das Barreiras, PA. O plantio foi realizado em 2012 e quatro anos mais tarde verificou-se orifícios para saída de serragem proveniente da atividade larva, onde não foi encontrado o agente causador do dano (SOUSA, 2016).

3.9. Fertilização

Um das variáveis que pode afetar o desenvolvimento e a produtividade da espécie em plantios homogêneos é a adubação associada ao espaçamento. Caso não seja realizada de forma adequada, pode acentuar efeitos de déficit hídrico e nutricional sobre as plantas, principalmente, se considerarmos sua utilização em diferentes sítios, reduzindo a produtividade do plantio. O tachi branco responde à adubação fosfatada com maior desenvolvimento em diâmetro (LELES et al., 1998; MARTINOTTO et al., 2012).

A utilização de fertilizantes, como nitrogênio, potássio, micronutrientes e calcário, em área de latossolo vermelho-escuro, influenciou diretamente no crescimento em altura, área basal e volume da espécie, porém não apresentou efeito algum sobre a sobrevivência (MELO, 2002). Teores de alumínio, ferro, sódio, magnésio, carbono e cálcio, são elementos químicos que se correlacionam com o crescimento do tachi branco (LIMA, 2004). No entanto, o aumento dos teores de sódio e fósforo favorece o maior crescimento em altura. Outras variáveis também estão relacionadas com o crescimento em altura, como a umidade relativa do ar e evapotranspiração potencial, ambas relacionadas à contabilidade hídrica. Tem-se ainda que solos com alto teor de alumínio, textura argilosa e muito argilosa, favorecem o melhor desempenho da espécie.

Estudo sobre a exportação e acúmulo de micronutrientes em plantas de tachi branco, em função da idade da planta, mostrou que a extração de nutrientes aos 180 meses apresentou a seguinte ordem: Fe>Mn>Zn>B>Cu. A quantidade exportada pelo fuste corresponde, em relação a extração, a 59,7% de boro, 62,3% de cobre, 46,5% de ferro, 29,7% de manganês e 55,4% de zinco. Ressalta-se ainda à necessidade de repor esses nutrientes no solo em plantios de tachi branco (MATOS et al., 1997).

3.10. Comportamento das variáveis dendrométricas (diâmetro, altura, área basal e volume)

O crescimento da árvore pode ser mensurado por meio da determinação dos valores das variáveis dendrométricas, como diâmetro, altura, área basal e volume, ao longo do tempo. Estas variáveis podem ser influenciadas por fatores edafoclimáticos, genéticos, competição entre indivíduos, ações antrópicas, como manejo e ocorrência de incêndios (ENCINAS et al., 2005).

A medida de diâmetro mais utilizado na medição de árvores é o diâmetro à altura do peito (DAP), sendo este medido à 1,30 m. As razões pelo qual o DAP possui importância estão relacionadas com a facilidade de obtenção e análise desta variável: erros de mensuração podem ser observados e podem ser evitados ou limitados a um valor mínimo com a utilização de equipamentos apropriados; o DAP fornece subsídios para outros cálculos, como para a área transversal, medida importante no cálculo do volume das árvores e do povoamento; através do somatório das áreas transversais, pode-se obter a área basal do povoamento (SOARES et al., 2012).

Com o agrupamento dos diâmetros, pode-se fazer a distribuição diamétrica do povoamento, a qual é imprescindível para o estudo de crescimento e, principalmente, para a análise econômica e silvicultural. Por meio desta distribuição, consegue-se visualizar o comportamento do povoamento florestal e as necessidades de manejo que devem ser aplicadas. Em plantios florestais, faz-se o desbaste para reduzir a competição entre os indivíduos e melhorar a captação fotossintética, dessa forma, tem-se um aumento na velocidade de crescimento do diâmetro das árvores remanescentes.

A altura de uma árvore é a distância linear ao longo de seu eixo principal, partindo do solo até o ponto de referência desejado (MACHADO, 2014). Em inventário florestal podem ser utilizados vários tipos de alturas, dependendo do objetivo da medição, como a altura total, altura de copa, altura comercial, altura do fuste. Esta variável pode ser obtida por medição direta e indireta ou pela estimativa, contudo, devido a dificuldade de realizar a mensuração direta, quando se tem árvores muito altas ou baixas, ela é considerada de difícil medição, pois há dificuldade de se visualizar os pontos de medição.

Esta variável serve para quantificar o volume de árvores individuais e, correlacionado com a idade, determinando a qualidade de um local para produção de madeira (SOARES et al., 2012). Além disso, a altura pode ser incluída nas equações do método estimativo, como uma segunda variável independente nas tabelas de volume, funções de afilamento e em outras relações dendrométricas.

A área basal corresponde a área transversal ocupada pelos fustes das árvores dentro de uma floresta. Normalmente, esta variável é expressa dentro de uma unidade de área, sendo um

importante parâmetro de densidade do povoamento, além de sua aplicação na condução do desbaste e relação direta com o volume. Em funções de estimação de crescimento e produção, a área basal é utilizada como uma terceira variável independente (MACHADO, 2014), e quando esta se relaciona com a idade da floresta, determina-se o ponto de estagnação do crescimento do povoamento.

O volume, em povoamentos comerciais, geralmente, é a principal finalidade dos levantamentos florestais. A medição de todos os indivíduos para o conhecimento de seu volume não é viável, em muitos casos, necessitando do inventário em amostragem. Onde se realiza a mensuração de uma parte da população, extrapolando-se esses valores para toda a floresta, a partir de técnicas indiretas, como o fator de forma, equação de volume, função de afilamento.

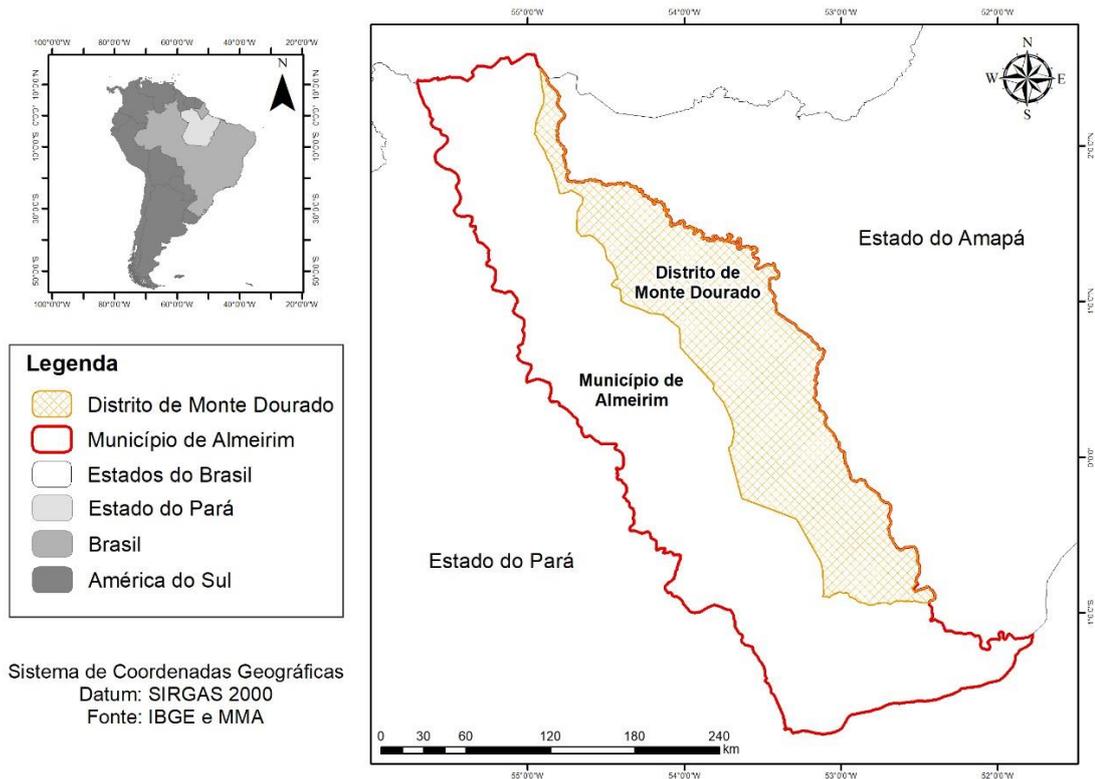
O crescimento em volume ocorre com o crescimento em diâmetro, altura e forma do fuste, sendo estas variáveis utilizadas na realização de cálculos mais precisos como em tabelas de volume (ENCINAS et al., 2005). Estas tabelas de volume, correspondem à uma relação numérica entre as variáveis independentes para obtenção do volume total ou parcial de uma árvore.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

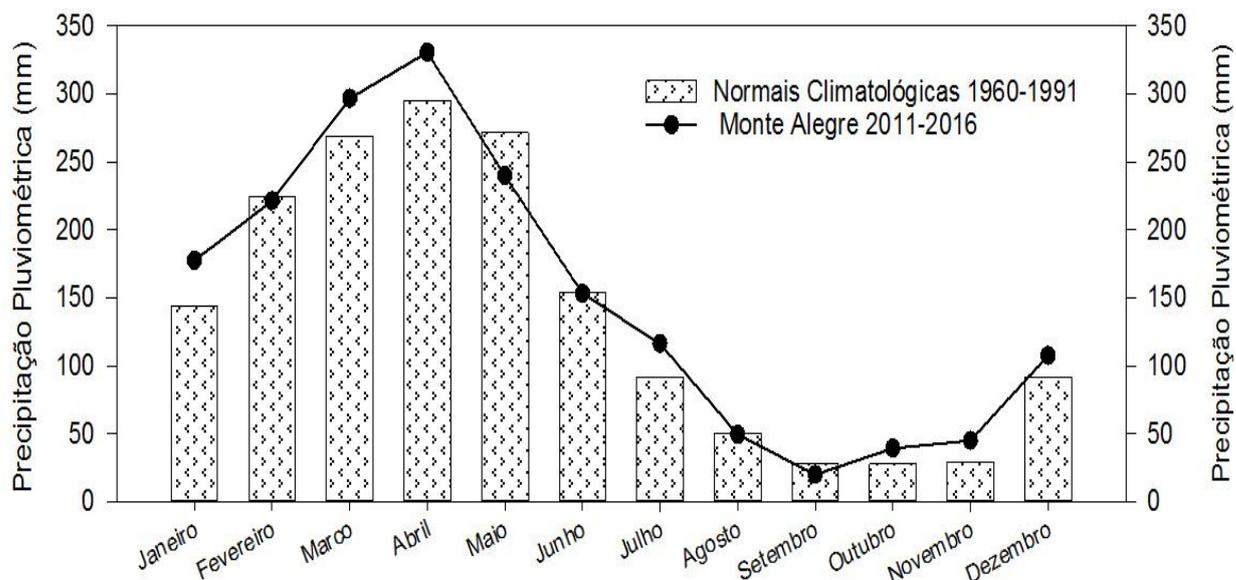
O experimento está localizado no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim na mesorregião do baixo Amazonas, estado do Pará (Figura 2).

Figura 2. Monte Dourado, distrito de Almeirim – PA, onde se localiza a área do plantio de tachi branco em estudo.



O clima da região de Almeirim-PA, de acordo com a classificação climática de Köppen, é considerado tropical chuvoso (Am), de monção, com breve estação seca (Andrade et al., 2017). Com Precipitação total anual entre 1998,2 a 2347,7 mm e temperatura média anual de 26,4 °C, os meses mais chuvosos são março, abril e maio e os menos chuvosos são setembro, outubro e novembro (Sobrinho et al., 2012). Para o registro das variáveis climáticas, principalmente, precipitação pluviométrica de Monte Dourado, onde se localiza o plantio experimental, utilizou-se os dados da estação meteorológica localizada em Monte Alegre. Na figura 3, tem-se o comportamento da precipitação pluviométrica próxima a área de estudo, durante os anos de 2011 a 2016.

Figura 3. Médias da precipitação pluviométrica no município de Monte Alegre, próximo a Monte Dourado, Almeirim – PA, no período de 2011 a 2016.

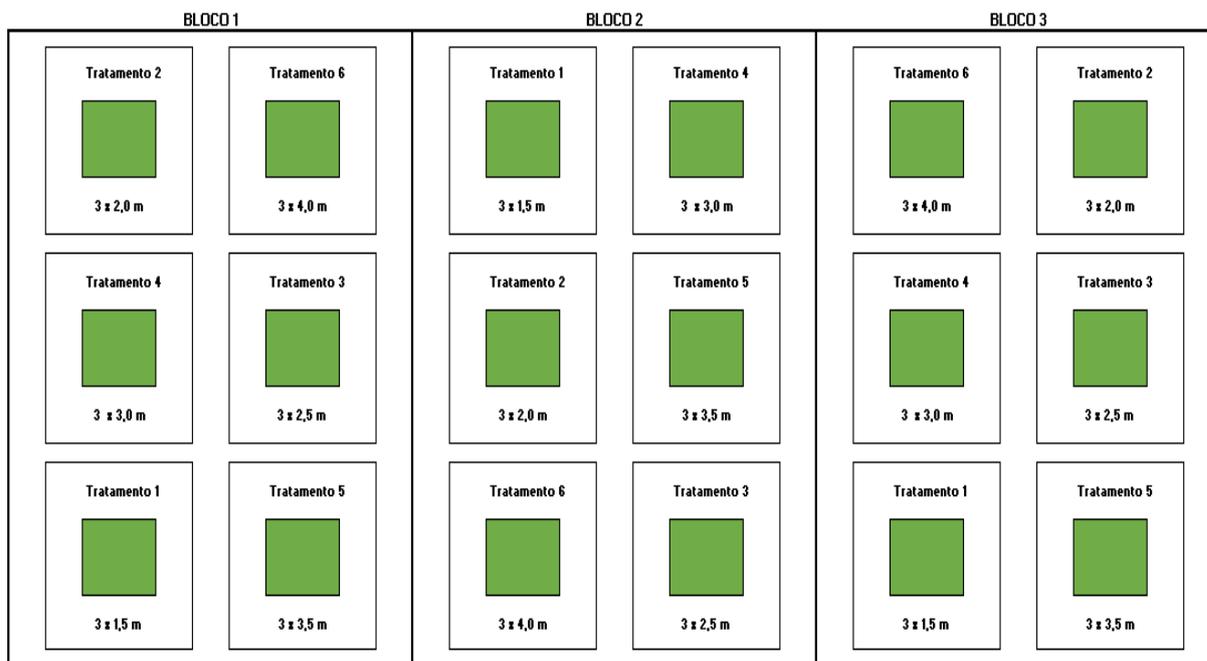


A maioria dos solos da Jari consiste em latossolos amarelos, cambissolos e podzólicos com suas diversas unidades de mapeamento. Outros tipos de solo ocorrem em menor quantidade, como a terra roxa estruturada e os plintossolos. Os solos sob floresta de terra firme variam quanto aos teores de areia, argila e silte, e à maior ou menor presença de cascalho (RELATÓRIO FSC, 2009). O solo em que se encontra o plantio de tachi branco é classificado como latossolo amarelo distrófico, textura média.

4.2. Desenho experimental e coleta de dados

O experimento foi instalado em Monte Dourado, distrito do município de Almeirim, estado do Pará em 2010. As medições contínuas foram anuais e ocorreram entre 2011 a 2016. O experimento foi instalado em blocos completamente ao acaso e replicado três vezes (Figura 4). Em cada bloco foram aleatorizados seis tratamentos que consistem em diferentes espaçamentos: a) 3,0 x 1,5 m (T1); b) 3,0 x 2,0 m (T2); c) 3,0 x 2,5 m (T3); d) 3,0 x 3,0 m (T4); e) 3,0 x 3,5 m (T5) e 3,0 x 4,0 m (T6) com três repetições.

Figura 4. Desenho experimental de campo do plantio de tachi branco, localizado em Monte Dourado, Almeirim – PA.



Foram utilizados os dados do inventário contínuo do plantio florestal de tachi branco, referente aos anos de 2011 a 2016. Na tabela 1, encontram-se as densidades de árvores por espaçamento. Apesar das densidades por espaçamento serem diferentes, no centro de cada parcela foram mensuradas 49 árvores úteis por espaçamento, assim excluindo-se o efeito borda, durante os seis anos de monitoramento. As áreas úteis ocupadas pelas 49 árvores são por espaçamento: 3 x 1,5 m (220,5 m²); 3 x 2 m (294 m²); 3 x 2,5 m (367,5 m²); 3 x 3 m (441 m²); 3 x 3,5 m (514,5 m²); e, 3 x 4 m (588 m²). As variáveis dendrométricas mensuradas em campo foram: a) altura total que foi medida com o aparelho Vertex; e, b) circunferência à altura do peito (CAP) que foi medida com fita centimétrica, que posteriormente foi transformado em diâmetro à altura do peito (DAP).

Tabela 1. Densidade de árvores em parcelas de 3600 m² nas dimensões de 51 m x 60 m por espaçamento.

Tratamento (Espaçamentos)	Árvores/parcela
3 x 1,5 m	680
3 x 2,0 m	510
3 x 2,5 m	408
3 x 3,0 m	340
3 x 3,5 m	291
3 x 4,0 m	255

4.3. Caracterização do plantio

Os indivíduos de tachi branco do plantio florestal, dos seis espaçamentos analisados, são todos da mesma procedência. Em todos os tratamentos experimentais, foram realizados os mesmos tratamentos silviculturais. No primeiro ano, antes da implantação do povoamento florestal, foram realizadas as seguintes atividades na área: a) limpeza mecanizada; b) limpeza química mecanizada pós-emergente com barra; c) subsolagem e fosfatagem com trator de pneu; d) aplicação de calcário comercial (402 kg.ha⁻¹); e) controle de formigas; f) coveamento com motocoveadora; g) plantio; h) primeira adubação (150 kg.ha⁻¹ NPK); i) levantamento de sobrevivência e replantio; j) limpeza manual de manutenção; k) controle de formiga (ronda); l) segunda adubação (85 kg.ha⁻¹ NPK). No segundo ano, as atividades realizadas no plantio florestal, foram as seguintes: a) avaliação de pragas e doenças; b) limpeza do plantio com motorroçadeira; c) avaliação do tachi; d) limpeza manual de manutenção. Para o terceiro ano, realizou-se as seguintes atividades: a) avaliação de pragas e doenças; e, b) limpeza manual do plantio; e, c) controle de formigas (ronda).

4.4. Análise de dados

Com os dados mensurados nos anos de 2011 até 2016 foram feitas análises e comparações do crescimento, entre os espaçamentos, segundo as seguintes variáveis dendrométricas: diâmetro à altura do peito (DAP); área basal (Equação 1) a partir da área transversal (Equação 2); volume por hectare (Equação 3); e, altura total. Para o cálculo do volume das árvores, utilizou-se o fator de forma 0,5, que foi calculado em 2014. Foram calculados e elaborados gráficos das variáveis incremento médio anual e incremento corrente anual em volume. Avaliou-se também a taxa de mortalidade que foi comparada entre os espaçamentos.

$$G = (\sum_{i=1}^n gi) \cdot FP \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: G: área basal dada em m² ha⁻¹; g: soma das áreas transversais em m²; FP: fator de proporcionalidade de área para unidade hectare.

$$gi = \frac{\pi \cdot DAP^2}{4} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: gi: área transversal em m²; DAP: diâmetro à altura do peito em metros.

$$Vol_{(m^3)} = gi \cdot Hi \cdot ff \quad (\text{Equação 3})$$

Onde: Vol (m³): volume expresso em m³; gi: área transversal; Hi: altura total; ff: fator de forma igual a 0,5.

No plantio de tachi branco, nos seis espaçamentos, a partir do terceiro ano, alguns indivíduos do povoamento começaram a apresentar mais de um fuste. A variação na quantidade de fustes por indivíduo foi de um a cinco fustes. Para os indivíduos que apresentaram mais de um fuste, utilizou-se o diâmetro equivalente (*DAPequivalente*) (Equação 4) e a partir dele calculou-se a área transversal (*g*) (Equação 5) (SOARES et al., 2012).

$$DAP_{equivalente} = \sqrt{\sum_{i=1}^n di^2} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde: *DAPequivalente* : diâmetro equivalente; *di*: diâmetro de cada fuste do indivíduo ramificado.

$$g = \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot \sum_{i=1}^n di^2 \quad (\text{Equação 5})$$

Onde: *g*: área transversal do indivíduo ramificado; *di*: diâmetro de cada fuste do indivíduo ramificado.

4.4.1. Análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos completamente ao acaso com parcelas subdivididas no tempo entre 2011 e 2016. Em cada bloco são aleatorizados seis espaçamentos. A partir deste delineamento, realizou-se uma análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas no tempo, para as variáveis, volume (m³ ha⁻¹), área basal (m² ha⁻¹), diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total das árvores para comparar o desempenho do tachi-branco em cada um dos espaçamentos, no tempo e se existiu qualquer interação entre espaçamento e o tempo (p valor < 0,05). Para a variável taxa de mortalidade foi realizada uma ANOVA e verificando-se diferença significativa entre os tratamentos (p valor < 0,05), aplicou-se o teste de Tukey a 95% de probabilidade. Antes de realizar a ANOVA, verificou-se a normalidade das variáveis, homogeneidade de variâncias e independência dos dados. Aplicou-se também o teste de Tukey a 95% de probabilidade, para se verificar quais espaçamentos e tempos diferiram estatisticamente.

Para o volume (m³ ha⁻¹), utilizou-se a transformação Log (x + 1) e, por meio do teste de D'Agostinho-Pearson, obteve-se normalidade (p valor = 0,111) desta variável. Para a área basal

usou-se a transformação ($\ln(\sqrt{G})$), assim normalizando-se (p valor = 0,081) os dados, pelo teste de D'agostinho-Pearson. Para o diâmetro à altura do peito (DAP), a transformação utilizada foi a $(\sqrt{x} + 1)$ para se ter a normalidade dos dados (p valor = 0,052), pelo teste de D'agostinho-Pearson. A variável altura total média seguiu uma distribuição normal (p valor = 0,079), segundo o teste de D'agostinho-Pearson. Os softwares estatísticos utilizados para o processamento dos dados foram o Excel 2017, Assistat 7.7, Bioestat 5.0, SPSS e R.

4.4.2. Incremento corrente anual em volume (ICAvol)

O incremento corrente anual em volume (ICAvol) mostra o crescimento das árvores em um período de 12 meses, ou entre dois anos consecutivos. Esse crescimento também é conhecido como crescimento acumulado, incremento corrente anual (ICA) ou simplesmente como incremento anual (IA), correspondendo ao que a árvore cresceu no período de um ano (ENCINAS; SILVA & PINTO, 2005). Para o plantio de tachi branco, calculou-se o incremento corrente anual para a variável volume, com o intuito também de relacionar com o incremento corrente anual em volume e verificar a estagnação teórica do plantio para os seis diferentes espaçamentos.

$$\text{ICAvol} = Y_{(t+1)} - Y_{(t)} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde: ICAvol = incremento corrente anual em volume por hectare; $Y_{(t+1)}$ = produção da variável volume por hectare na idade posterior; $Y_{(t)}$: produção da variável volume por hectare na idade anterior.

4.4.3. Incremento médio anual em volume (IMAvol)

O valor do incremento ou médio anual (IMA) expressa a média do crescimento total a certa idade da árvore. Expressa, portanto, a média anual do crescimento para qualquer idade. O IMA é obtido pela divisão da grandeza atual da variável considerada pela idade a partir do tempo zero (ENCINAS; SILVA & PINTO, 2005). Para o plantio de tachi-branco, calculou-se o incremento médio anual para a variável volume, para relacionar com o incremento corrente anual em volume, e verificar a estagnação teórica do plantio, para os seis espaçamentos analisados.

$$\text{IMAvol} = Y_t / t_0 \quad (\text{Equação 7})$$

Onde: IMAvol = incremento médio anual em volume por hectare; Y = produção da variável volume em uma determinada idade; to = idade a partir do tempo zero ou idade do plantio.

4.5. Taxa de mortalidade

Foram calculadas as taxas anualizadas de mortalidade dos indivíduos de tachi-branco, por espaçamento, utilizando a seguinte equação:

$$m = [1 - (N_{t2} / N_{t1})^{(1/t)}] * 100 \quad (\text{Equação 8})$$

Onde: N_{t1} = número de árvores vivas na amostragem inicial, N_{t2} = número de árvores que sobreviveram até a segunda amostragem, e t = anos entre a primeira e a segunda amostragem (Sheil et al., 1995).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Volume, área basal, diâmetro e altura total

Os valores de F, determinados pela análise de variância de medidas repetidas no tempo, para as variáveis: a) volume ($m^3 ha^{-1}$), b) área basal ($m^2 ha^{-1}$), c) diâmetro à altura do peito (DAP) e e) altura total são apresentados na Tabela 2. Nesta tabela, foram apresentadas somente as fontes de variação significativas. A fonte de variação blocos não foi significativa (p valor > 0,05), ou seja, as condições de sítio são homogêneas. Assim, é possível assumir que não há diferenças devidos às condições ambientais entre os três blocos de replicação dos tratamentos.

Tabela 2. Valores de F para as variáveis volume, área basal, diâmetro (DAP) e altura total.

Variável	Fontes de Variação		
	Espaçamento (Fcalc.)	Tempo (Fcalc.)	Espaç. x Tempo (Fcalc.)
Volume ($m^3 ha^{-1}$)	9,4158**	1058,6503**	6,3032**
G ($m^2 ha^{-1}$)	12,8605**	379,7950**	6,8701**
DAP (cm)	283,68**	3265,17 **	21,93 **
Altura (m)	5,804**	8538,878**	6,624**

Nota: ** altamente significativo (p valor < 0,01)

Nota-se que foi constatado diferença altamente significativa para as causas de variação espaçamento, tempo, e a interação entre espaçamento e tempo, segundo as variáveis descritas na Tabela 2. Todas as variáveis testadas possuem pelo menos um par de médias que diferem estatisticamente entre os espaçamentos, diferem no tempo e na interação entre as variáveis

espaçamento e tempo. Sabe-se que as árvores, quando dispostas em um povoamento plantado, apresentam comportamentos peculiares nos diferentes estágios de sua vida e que esta temporalidade tende a se expressar de forma diferente em função do espaçamento e das implicações ambientais e de interação intraespecífica que este espaçamento proporciona aos indivíduos arbóreos (MOULIN et al., 2017).

Leite et al. (2006), desenvolveram um estudo para avaliar o comportamento de variáveis de crescimento de um plantio de *Pinus taeda* L. em função do tempo e dos espaçamentos adotados e também obtiveram uma interação altamente significativa entre estes dois fatores, constatando os comportamentos típicos de cada idade do povoamento em função dos espaçamentos avaliados.

Tabela 3. Comparação de médias (seguidas dos seus respectivos desvios padrão) pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para volume ($m^3 ha^{-1}$), área basal ($m^2 ha^{-1}$), diâmetro à altura do peito (cm) e altura total (m) entre diferentes espaçamentos e tempos de medição de *T. vulgaris* L. G. Silva & H.C. Lima.

Volume ($m^3 ha^{-1}$)						
Espaçamento	Tempo					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
3 x 1,5 m	10,71 ± 1,35 aE	21,19 ± 3,02 aD	63,51 ± 11,16 bC	88,31 ± 16,78 aC	138,82 ± 81,21 bB	278,40 ± 81,21 aA
3 x 2 m	9,11 ± 1,75 abD	15,72 ± 2,82 abC	48,26 ± 9,79 bB	86,25 ± 34,97 aA	104,22 ± 22,33 bA	119,14 ± 21,87 bA
3x 2,5 m	5,99 ± 1,28 bcC	13,01 ± 1,75 bcB	79,39 ± 11,18 aA	95,12 ± 37,52 aA	109,79 ± 26,14 bA	122,05 ± 30,54 bA
3 x 3 m	4,74 ± 1,21 cE	11,53 ± 1,14 bcD	51,81 ± 10,24 bC	77,23 ± 10,42 aB	282,55 ± 126,53 aA	311,71 ± 111,24 aA
3 x 3,5 m	4,95 ± 1,14 cE	9,49 ± 1,26 cD	46,26 ± 7,6 bC	69,14 ± 11,02 aB	97,93 ± 18,17 bAB	108,93 ± 17,06 bA
3 x 4 m	3,83 ± 0,78 cE	10,85 ± 1,81 bcD	45,58 ± 10,21 bC	75,35 ± 13,29 aB	108,5 ± 21,81 bAB	120,47 ± 21,16 bA
Área Basal ($m^2 ha^{-1}$)						
Espaçamento	Tempo					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
3 x 1,5 m	6,8 ± 0,75 aC	6,65 ± 0,7 aC	13,31 ± 2,01 bB	15,11 ± 2,14 aB	19,17 ± 2,9 bB	40,62 ± 28,74 aB
3 x 2 m	4,7 ± 0,67 abC	5,61 ± 0,74 abC	10,37 ± 2,05 bB	14,89 ± 5,69 aAB	15,33 ± 2,79 bA	16,8 ± 2,74 bA
3x 2,5 m	3,82 ± 0,46 bcB	3,98 ± 0,46 bcB	15,37 ± 3,15 aA	15,97 ± 7,75 aA	16,54 ± 3,46 bA	36,97 ± 28,03 bA
3 x 3 m	3,08 ± 0,59 cdC	3,47 ± 0,3 bcC	10,83 ± 1,88 bB	13,25 ± 1,4 aA	40,76 ± 24,63 aA	43,55 ± 36,41 aA
3 x 3,5 m	2,95 ± 0,38 cC	3,29 ± 0,5 cdC	10,12 ± 1,32 bB	12,24 ± 1,41 aAB	14 ± 1,89 bAB	15,1 ± 1,8 bA
3 x 4 m	2,59 ± 0,39 dC	3,22 ± 0,51 bcC	9,54 ± 1,85 bB	12,6 ± 2,01 aAB	14,77 ± 2,29 bA	15,77 ± 2,26 bA
Diâmetro à Altura do Peito (cm)						
Espaçamento	Tempo					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
3 x 1,5 m	5,96 ± 0,78 aD	6,19 ± 1,02 bD	9,47 ± 1,35 dC	10,07 ± 1,39 dBC	10,75 ± 1,88 dAB	11,03 ± 1,94 dA
3 x 2 m	6,31 ± 0,91 aD	6,64 ± 1,04 abD	10,6 ± 1,97 cC	11,55 ± 2,12 cB	12,57 ± 2,27 cA	12,86 ± 2,34 cA
3x 2,5 m	5,94 ± 1,34 aC	6,49 ± 0,92 bC	11,24 ± 2,41 bcB	11,98 ± 2,24 bcB	13,35 ± 2,88 bcA	13,43 ± 2,48 bcA
3 x 3 m	6,12 ± 1,48 aC	6,58 ± 1,09 abC	11,39 ± 1,39 bcB	12,16 ± 1,21 bcB	13,28 ± 1,54 bcA	13,48 ± 1,35 bcA
3 x 3,5 m	6,37 ± 1,07 aC	7,46 ± 1,16 abC	12,16 ± 2,49 bB	12,91 ± 1,25 bB	13,92 ± 1,31 bA	14,24 ± 1,3 bA
3 x 4 m	6,4 ± 1,36 aD	6,93 ± 1,08 aD	13,32 ± 2,09 aC	14,45 ± 1,6 aB	15,93 ± 2,15 Aa	16,28 ± 1,97 aA

Altura Total (m)						
Espaçamento	Tempo					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
3 x 1,5 m	3,21 ± 0,42 aE	6,99 ± 0,44 aD	9,55 ± 0,6 aC	11,77 ± 1,3 aB	13,28 ± 1,42 dA	13,88 ± 1,44 cA
3 x 2 m	3,33 ± 0,38 aE	6,73 ± 0,55 aD	9,95 ± 0,66 aC	12,3 ± 1,17 aB	13,79 ± 0,71 cdA	14,42 ± 0,8 bcA
3x 2,5 m	3,18 ± 0,53 aE	6,98 ± 0,59 aD	9,89 ± 2,03 aC	12,2 ± 2,78 aB	14,53 ± 1,7 bcA	14,95 ± 1,75 abA
3 x 3 m	3,17 ± 0,46 aE	6,78 ± 0,56 aD	9,55 ± 0,53 aC	11,71 ± 0,86 aB	13,44 ± 1,29 dA	14,03 ± 1,34 cA
3 x 3,5 m	2,97 ± 0,43 aE	6,34 ± 0,5 aD	9,51 ± 0,69 aC	11,81 ± 1,14 aB	14,65 ± 1,4 bA	15,17 ± 1,43 abA
3 x 4 m	2,99 ± 0,36 aE	6,89 ± 0,42 aD	9,86 ± 0,68 aC	12,2 ± 1,02 aB	15,44 ± 3,22 aA	15,57 ± 1,53 aA

Nota: às médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Letras minúsculas representam a comparação dos espaçamentos entre si, para cada ano de medição. Letras maiúsculas representam a comparação dos anos de medição entre si para cada espaçamento. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade.

Ao comparar o volume e a área basal dos espaçamentos entre si em relação aos anos de medição, observou-se uma predominância dos espaçamentos 3 x 1,5 m e 3 x 2 m nos primeiros anos, o que pode ser justificado pelo fato de as árvores de tachi branco estarem ainda com um crescimento inicial de seu volume. Isto torna o maior adensamento de árvores o principal fator para o aumento do volume total, tendo em vista que ainda não houve um incremento expressivo de DAP e, portanto, há ainda pouca influência do crescimento do volume individual (SCHNEIDER et al., 2000; RONDON et al., 2002).

Contudo, observou-se um maior volume, área basal e DAP para o espaçamento 3 x 3 m no último ano de avaliação (2016), o que sugere uma maior influência do crescimento individual em volume das árvores neste espaçamento. Este espaçamento é um dos menos adensados do experimento, assim apresenta maior tendência de crescimento por ter um número menor de indivíduos em relação aos espaçamentos mais adensados, como também observado por Lima et al. (2013) para *Pinus taeda*.

A disputa por espaço a pleno sol pode ter sido um dos fatores limitantes para o desenvolvimento mais limitado do tachi branco em espaçamentos adensados. Isto ficou mais evidente nos últimos anos de medição, onde houve um aumento expressivo do crescimento das árvores nos plantios. Segundo Freitas et al. (2012), por se tratar de uma espécie pioneira e heliófila, o tachi branco pode apresentar sérias restrições em seu crescimento caso as condições de espaço sejam restritas. Isto justifica o resultado encontrado pelo presente estudo para a maioria das variáveis de crescimento estudadas. Farias et al. (2016) afirmam que o tachi branco, quando em condições de pleno sol, apresenta rápido crescimento, boa formação de biomassa e boa forma do fuste.

Quanto à variável altura, observa-se que ao comparar os anos de medição dentro de cada espaçamento, houve um aumento constante desta variável entre a maioria dos anos, exceto nos

dois últimos anos (2015 e 2016), os quais foram estatisticamente iguais entre si. Isto evidencia a alta correlação existente entre crescimento em altura e a idade do povoamento. Porém, ao compararmos os espaçamentos entre si dentre os diferentes anos, é possível notar que para os cinco primeiros anos, a altura não foi influenciada pelos diferentes espaçamentos.

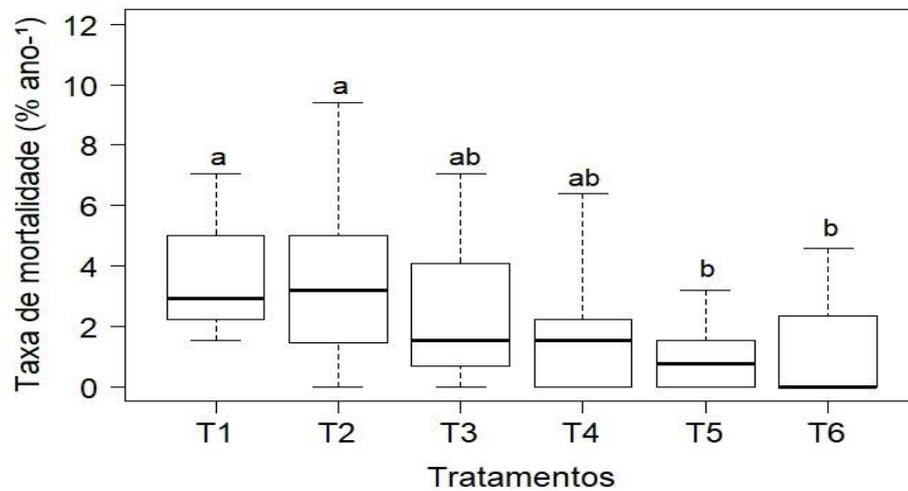
Apenas os anos de 2015 e 2016 houve diferença de altura entre os espaçamentos. Isto pode ser explicado pelo fato de que a influência do espaçamento na variável altura em muitos casos não é muito clara, especialmente quando o povoamento é ainda muito jovem (BALLONI; SIMÕES, 1980). Quanto aos anos de 2015 e 2016, os espaçamentos 3 x 4 m, 3 x 3,5 m e 3 x 2,5 m foram os que apresentaram os maiores valores de altura total.

Nascimento et al. (2012) compararam o crescimento em altura de seis espécies florestais sob diferentes espaçamentos e também constataram que não houve um padrão claro do comportamento da variável altura em relação aos espaçamentos. RONDON et al. (2006) obtiveram conclusões semelhantes quanto à altura ao observar que diferentes espaçamentos não influenciaram estatisticamente esta variável em um experimento com plantio de teca (*Tectona grandis* L.f.).

5.2. Taxa de mortalidade

Observou-se que os maiores índices de mortalidade ocorreram nos menores espaçamentos, os quais não diferiram significativamente entre si. Os espaçamentos 3 x 2,5 m e 3 x 3 m não diferiram estatisticamente de nenhum dos outros tratamentos, enquanto que os tratamentos com maior espaçamento apresentaram os menores índices de mortalidade, diferindo significativamente dos espaçamentos 3 x 1,5 m e 3 x 2 m.

Figura 5. Taxa média de mortalidade por tratamento, no período de seis anos, na área da Jari, município de Almeirim – PA – Brasil. A linha horizontal mais grossa representa a mediana, a caixa o intervalo interquartil e as linhas tracejadas os valores extremos. Letras indicam diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) em ANOVA, seguidas pelo teste post hoc de Tukey. T1, T2, T3, T4, T5 e T6, correspondem aos espaçamentos: 3 x 1,5 m, 3 x 2 m, 3 x 2,5 m, 3 x 3 m, 3 x 3,5 m e 3 x 4 m, respectivamente.



Este resultado evidencia a grande suscetibilidade do tachi branco à competição intraespecífica, a qual é significativamente acentuada quando espaçamentos menores são adotados. Por se tratar de uma espécie pioneira, exigente em luz plena e constante, sabe-se que a mesma é extremamente sensível à competição por este fator abiótico, o que acaba por comprometer significativamente a sua sobrevivência (FREITAS et al., 2012; FARIAS et al., 2016; SOUZA et al., 2016).

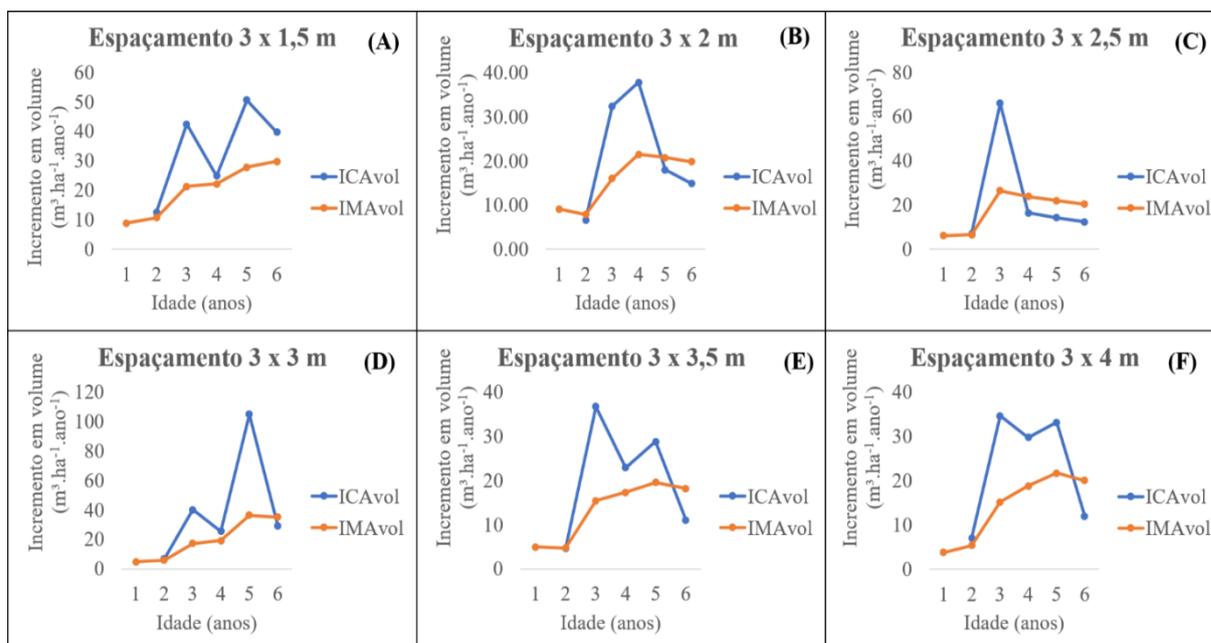
Narducci et al. (2016) estudaram o crescimento e a sobrevivência em plantios de tachi branco em diferentes espaçamentos. Estes autores observaram que houve uma diminuição de sobrevivência conforme reduziu-se o seu espaçamento de plantio. Resultados semelhantes foram encontrados por Sousa (2011) ao avaliar os índices de mortalidade e de sobrevivência para o paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby), tendo o espaçamento mais adensado um índice de sobrevivência de 82,2% contra os 91,4% do espaçamento menos adensado.

5.3. Incremento médio anual e incremento corrente anual em volume

A Figura 6 apresenta os resultados para Incremento Corrente Anual (ICAVol) e Incremento Médio Anual (IMAVol) para a variável Volume. É possível notar que, tanto para ICAVol quanto para o IMAVol, em todos os espaçamentos, ocorreu um aumento com um ou mais picos e um posterior decréscimo no crescimento. A queda no crescimento é caracterizada pela estagnação teórica do crescimento, ponto em que atinge-se o limite de luz, água e nutrientes suficientes para permitirem a continuidade de crescimento dos indivíduos. Segundo Balloni e

Simões (1980), tal estagnação mostra um intervalo de tempo menor para espaçamentos mais adensados.

Figura 6. Curvas de incremento corrente anual (ICAVol) e incremento médio anual (IMAVol) em volume de um plantio de *T. vulgaris* L. G. Silva & H.C. Lima, em diferentes espaçamentos, em função da idade, município de Almeirim - PA – Brasil.



Arco-Verde e Schwengber (2003) constataram que o tachi branco apresentou um incremento médio anual de $24,43 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, aos 3 anos de idade, sendo considerado satisfatório em relação às outras espécies também avaliadas por estes autores, tais como Samaúma, Pau-Rainha, Pará-pará, Morototó e Teca. Quanto ao ICAVol, é possível perceber que em alguns espaçamentos houve um aumento do segundo para o terceiro ano, com um decréscimo ocorrendo no quarto ano e um posterior acréscimo a partir do quinto. Isto pode ser explicado pela mortalidade ocorrida em todos os espaçamentos, mesmo naqueles em que este índice foi menor. O maior pico de ICAVol foi observado nos espaçamentos 3 x 3 m e 3 x 2,5 m, indicando, possivelmente, um crescimento mais equilibrado do volume nestes dois espaçamentos (Fig. 6).

Outro fator interessante a ser observado é que, para a maioria dos espaçamentos, ICAVol e IMAVol se igualam próximo dos cinco anos de idade do povoamento. Sabe-se que o momento de encontro entre os incrementos médio e corrente indica uma possível estagnação do crescimento, o que torna necessária a intervenção no povoamento por meio de desbastes (CAMPOS; LEITE, 2017). A idade em que ocorre o encontro entre o ICAVol e o IMAVol é que se indica uma possível intervenção (NARDUCCI et al., 2016; SOUSA et al., 2016).

5.5. Recomendações

Recomenda-se a aplicação de desbaste no período entre o terceiro e o quarto ano de plantio, caso a finalidade do plantio seja para madeira serrada, para evitar ou diminuir a taxa de mortalidade, possivelmente ocasionada pelo aumento da competição intraespecífica a partir do quarto ano.

Recomenda-se um monitoramento com um tempo maior, visando avaliar o efeito do desbaste no crescimento da espécie em estudo.

Além da avaliação do efeito dos diferentes espaçamentos nas variáveis dendrométricas (volume, área basal, diâmetro e altura total), recomenda-se analisar o efeito destes espaçamentos nas variáveis tecnológicas, como densidade da madeira, poder calorífico, carbono fixo e materiais voláteis. Isto é importante, pois o tachi branco possui um enorme potencial para energia, tanto em pequena escala (lenha) como em grande escala (abastecimento de caldeiras de industriais).

6. CONCLUSÕES

Para o plantio de *T. vulgaris* L. G. Silva & H. C. Lima, em diferentes espaçamentos para fins energéticos no município de Almeirim, PA, conclui-se:

- Os espaçamentos 3 x 3 m e 3 x 4 m são os que apresentaram os maiores crescimentos em altura, volume, área basal e diâmetro à altura do peito, em especial a partir de 5 anos de plantio.
- Os espaçamentos 3 x 3,5 m e 3 x 4 m foram os que apresentaram menores taxas de mortalidade, apesar de não terem diferido estatisticamente dos espaçamentos 3 x 3 m e 3 x 2,5 m.
- ICAVol aos 4 anos de idade, o que indica alta mortalidade e necessidade de intervenção no povoamento neste período.

Os resultados confirmaram a hipótese de que há espaçamentos entre plantas que podem ser utilizados no plantio do tachi branco, que promovem o melhor crescimento e menor taxa de mortalidade para esta espécie. Assim, os espaçamentos 3 x 2,5 m, 3 x 3 m e 3 x 3,5 m são os mais indicados para o plantio em escala comercial do tachi branco. Entretanto, o espaçamento 3 x 3 m, foi o que apresentou maior produtividade em biomassa, aos seis anos de idade, e menor taxa de mortalidade. Assim, sendo o espaçamento mais indicado para o *T. vulgaris* L. G. Silva & H. C. Lima, destinado à produção de energia, para as condições de solo e clima da área.

7. REFERÊNCIAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013, ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013. 55 p.

ANDRADE, V. M. S de, CORDEIRO, I. M. C. C; SCHWARTZ, G.; VASCONCELOS, L. G. T. R; OLIVEIRA, F. A. **CONSIDERAÇÕES SOBRE CLIMA E ASPECTOS**

EDAFOCLIMÁTICOS DA MESORREGIÃO NORDESTE PARAENSE. Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias. Belém: EDUFRA, 2017. 323p.: il. ISBN: 978-85-7295-118-0.

ARCO-VERDE, M. F.; SCHWENGBER, D. R. Avaliação silvicultural de espécies florestais no estado de Roraima. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.1, n.3, p. 59-63, 2003.

BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **Série Técnica IPEF**, v. 1, n. 3, p. 1-16, 1980.

BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131p.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: Perguntas e Respostas**. 6ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2017, 605 p.

CAMPOS-FILHO, E. M. **Coleção plante as árvores do Xingu e Araguaia: volume II, guia de identificação**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2009.

COUTO, L.; FONSECA, E. M. B.; MÜLLER, M. D. O Estado da arte das plantações de florestas de rápido crescimento para a produção de biomassa para energia em Minas Gerais: aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais. Belo Horizonte: CEMIG, 2000. 44p.

CHIES, D. **Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da Madeira serrada de *Pinus taeda* L.** 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Paraná. 2005.

CARVALHO, J. E. U.; FIGUEIRÊDO, F. J. C. **Biometria e métodos para superação da dormência de sementes de taxi-branco, *Sclerolobium paniculatum* Vogel**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1991. 18 p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de pesquisa, 114).

CARVALHO, P. E. R. Taxi-Branco. Colombo, PR. 2005. Circular técnico (EMBRAPA) 111.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e usos da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ. 1994. 640p.

CATERINA, G. L. **Curvas de crescimento de *Eucalyptus spp* em plantios de diferentes espaçamentos**. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu-SP, 2017 84 f.

CONCEIÇÃO, A. C. **Comportamento morfofisiológico de mudas de *Sclerolobium paniculatum* Vogel. sob sombreamento**. 2010. 63 f. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal Rural da Amazônia: Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém-PA.

CASTRO, A. W. V.; FARIAS NETO, J. T.; CAVALCANTE; E. S. Efeito do espaçamento na produtividade de biomassa de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel). **Acta Amazônica**, v. 28, n. 2 p. 141-146. 1998.

COUTO, L.; MÜLLER, M. D. **Florestas Energéticas no Brasil**. In: Cortez, LAB, Lora, EES, Gómez, EO. (Org.). Biomassa para Energia. 1ed. Campinas: Editora da Unicamp, v. 1, p. 93-108, 2008.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. de P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. 2 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. 272p.

Diretrizes para a reestruturação de uma Política Nacional de Florestas Plantadas. Presidência da República, Secretária de Assuntos Estratégicos, Grupo de Trabalho Interministerial para a Formulação da Política Nacional de Florestas Plantadas. Março de 2011.

DIAS, L. E.; JUCKSCH, J.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; BRIENZA JUNIOR, S. Formação de mudas de táxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel): resposta a nitrogênio, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, v.2, n.16, p.135-143. 1992.

DIAS, L. E.; BRIENZA JÚNIOR, S.; PEREIRA, C. A. Taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel): uma leguminosa arbórea nativa da Amazônia com potencial para recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E REABILITAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E FLORESTAS SECUNDÁRIAS NA AMAZÔNIA, 1993, Santarém, PA. Anais... Rio Piedras: Instituto Internacional de Floresta Tropical: USDA-Serviço Florestal; Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1995. p. 148-153.

FARIAS, J.; MARIMON, B. S.; SILVA, L. C. R.; PETTER, F. A.; ANDRADE, F. R.; MORANDI, P. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H. Survival and growth of native *Tachigali vulgaris* and exotic *Eucalyptus urophylla* _ *Eucalyptus grandis* trees in degraded soils with biochar amendment in southern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 368. p. 173-182. 2016.

Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB100914>>. Acesso em: 01 Abr. 2017.

FRANKE, I.L. **Principais usos e serviços de árvores e arbustos promissores que ocorrem em pastagens no estado do Acre**. Comunicado Técnico: EMBRAPA/AC, n.106, p.1- 6,1999.

FREITAS, G. A.; VAZ-DE-MELO, A.; PEREIRA, M. A. B.; ANDRADE, C. A. O.; LUCENA, G. N.; SILVA, R. R. Influência do sombreamento na qualidade de mudas de *Sclerolobium paniculatum* Vogel para recuperação de área degradada. **J. Biotec. Biodivers.** v. 3, n. 3: p. 5-12, 2012.

GONÇALVES, D. A.; BRIENZA JUNIOR, S.; MOURÃO JUNIOR, M.; GALEÃO, R. R.; TONINI, H.; FERREIRA, L. M. M.; LIMA, R. M. B. de; SOUZA, C. R. de; GUEDES, M. C.; SOUSA, V.; BALIEIRO, E. M. Taxi branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel): uma espécie leguminosa nativa com uso potencial em florestas energéticas. In: Congresso brasileiro sobre florestas energéticas, 1., 2009, Belo Horizonte. Anais Colombo: Embrapa Florestas, 2009.

HASTON, E. M.; LEWIS, G. P.; HAWKINS, J. A. A phylogenetic reappraisal of the peltophorum group (Cesalpinieae: leguminosae) based on the chloroplast TRNL-F, RBCLAND RPS 16 sequence data1. **American Journal of Botany**, 92(8): 1359–1371. 2005.

IMANÃ ENCINAS, J.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. Idade e crescimento das árvores. Comunicações técnicas florestais, Brasília, UnB, Departamento de Engenharia Florestal, v.7, n.1, 2005. ISSN 1517-1922. 43p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório, 2014.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório, 2017.

INSTITUTO AÇO BRASIL. Relatório de Sustentabilidade 2016 - dados 2014/2015. Disponível em < <http://www.acobrasil.org.br/site2015/relatorios.asp>>. Acesso em 20 fev. 2017.

LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; MOREIRA, A. M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus Taeda* L. R. *Árvore*, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.603-612, 2006.

LIMA, R. M. B. de. **Crescimento do *Sclerolobium paniculatum* Vogel na Amazônia, em função de fatores de clima e solo.** 194 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

LIMA, R. **Crescimento de *Pinus taeda* L. em diferentes espaçamentos.** 2010. 106 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais) - Instituto de Ciências Agrárias. Universidade Estadual do Centro-Oeste, Paraná. 2010.

LIMA, R.; INOUE, M. T.; FIGUEIREDO FILHO, AFONSO; ARAÚJO, A. J.; MACHADO, S. M. Efeito do Espaçamento no Desenvolvimento volumétrico de *Pinus taeda* L. *Floresta e Ambiente*, n. 20, v. 2, p. 223-230, 2013.

LIMA, R. **Crescimento de *Pinus taeda* L. em diferentes espaçamentos.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2010, 120 p.

LELES, P. S. S.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MORAIS, E. J. 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.; ABAURRE, J. W.; ALONSO, J. M.; NASCIMENTO, D. F.; LISBOA, A. C. Crescimento de espécies arbóreas sob diferentes espaçamentos em plantio de recomposição florestal. *Revista Scientia Forestalis*. Piracicaba v. 39, n. 90, p. 231-239, jun. 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** 2a ed., v.2. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1998. 373p.

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

LUNZ, A. M.; CAMARGO, A. P.; VALENTE, R. M. *Compsus azureipes* (Curculionidae: Entiminae), desfolhador de *Sclerolobium paniculatum*. *Pesquisa Florestal Brasileira*. v. 31, n. 68, p. 381-383, 2011. Nota científica.

MACHADO, S. do A.; FILHO, A. F. **Dendrometria.** 2 ed. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.

MCKENDRY, P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. **Bioresource Technology**, v. 83, p. 37-46. 2002.

MAIA, V. H. S. G. Filogenia Molecular do Grupo *Sclerolobium* (Caesalpinieae, Leguminosae). 62 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro. 2008.

MARTINOTO, F. **Avaliação do desenvolvimento inicial de espécies arbóreas nativas do cerrado.** 60 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MG. 2006.

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

MARTORANO, L. G.; MONTEIRO, D. C. A.; BRIENZA JUNIOR, S.; LISBOA, L. S.; ESPIRITO SANTO, J. M. do; ALMEIDA, R. F. Top-bioclimate conditions associated with the natural occurrence of two Amazonian tree species for sustainable reforestation in the State of Pará, Brazil. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, v. 144, p. 111-122, 2011.

MATOS, A. O.; SILVEIRA, R. I.; MÖLLER, M. R. F.; CARVALHO, E. J. M. Exportação e acúmulo de micronutrientes em taxi (*Sclerolobium paniculatum*, Vogel) de diferentes idades, em Belterra, PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. Informação de solo na globalização do conhecimento sobre o uso das terras: resumos. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. p. 261

MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE. **Brasil com florestas: oportunidades para o desenvolvimento de uma economia florestal e a reestruturação necessária do setor**. Brasília. 2012.

MORAIS, V. M. **Dinâmica de crescimento eucalipto clonal sob diferentes espaçamentos, na região nordeste do estado de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006, 76 f.

MOULIN, J. C. ARANTES, M. D. C.; OLIVEIRA, J. G. L.; CAMPINHOS, E.; GOMES, F.; VIDAURRE, J. B. Efeito do Espaçamento, Idade e Irrigação no Volume e Densidade Básica do Eucalipto. **Floresta e Ambiente**, Seropédica-RJ, v. 24, p. 1-10, 2017.

NARDUCCI, T. S.; YARED, J. A. G.; BRIENZA JUNIOR, S. Growth and survival of *Sclerolobium paniculatum* vogel and the relationship between rainfall and the increment in diameter at different planting spacings. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 40, n. 3, p. 447-454, 2016.

NASCIMENTO, D. F.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA, NETO, S. N.; MOREIRA, R. T. S.; ALONSO, J. M. Crescimento inicial de seis espécies florestais em diferentes espaçamentos. *Cerne*, Lavras, v. 18, n. 1, p. 159-165, jan./mar. 2012.

NORDESTE RURAL. A formação de uma floresta que pode ser usada para geração de renda do agricultor. 2015. Disponível em < <http://nordesterural.com.br/a-formacao-de-uma-floresta-que-pode-ser-usada-para-geracao-de-renda-do-agricultor/>>. Acesso em 20 fev. 2017.

ORELLANA, J. B. P. **Valorização tecnológica da madeira de *Tachigali vulgaris* proveniente de plantios de dois sítios distintos localizados no estado do Amapá**. (2015). 74 f. Dissertação (Mestrado)-Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, DF. 2015.

PAULA, J. E. Madeiras que produzem álcool, coque e carvão. *Atualidades do Conselho Nacional do Petróleo*, Rio de Janeiro, ano 12, n. 72, p. 31-45, jun./jul./ago. 1980.

REINER, D. A.; SILVEIRA, E. R.; SZABO, M. S. O uso do eucalipto em diferentes espaçamentos como alternativa de renda e suprimento da pequena propriedade na região sudoeste do Paraná. *Syner gismus scyentifica*, Pato Branco-PR, v. 6, n. 1, p. 1-7, 2 0 11.

RELATÓRIO FSC. Avaliação do manejo florestal das plantações da Jari celulose S. A. na região de Almeirim, estado do Pará-Brasil. 2009. 53 f.

RONDON, E. V. Estudo de biomassa de *Tectona grandis* L.F. sob diferentes espaçamentos no estado de Mato Grosso. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.3, p.337-341, 2006.

RONDON, E. V. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na região de mata. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.5, p.573-576, 2002.

ROXO, C. A. Proposta de agenda do setor brasileiro de florestas plantadas. Palestra apresentada no Seminário "A Questão Florestal e o Desenvolvimento", Brasília, 8 de julho de 2003.

SHEIL, D., BURSLEM, D. F. R. P.; ALDER, D. The interpretation and misinterpretation of mortality-rate measures. 1995. **Journal of Ecology** 83, 331–333.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. 2. Edição. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. 272p.

SOUCHIE, F. F.; MARIMON JUNIOR, B. H.; PETTER, F. A.; MADARI, B. E.; MARIMON, B. S.; LENZA, E. Carvão pirogênico como condicionante para substrato de mudas de *Tachigali vulgaris* L.G. Silva e H.C. Lima. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 811-821, 2011.

SOUZA, C. R. de; LIMA, R. M. B.; AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B. Taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel). Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2004. 23 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 34).

SOUSA, V. G.; BRIENZA JUNIOR, S.; BARBOSA, M. G.; MARTORANO, L. G.; SILVA, V. C. Taxi-branco (*Tachigali vulgaris* L. F. Gomes da Silva & H. C. Lima): botânica, ecologia e silvicultura. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2016.

SOUSA, V. G. de. **Comportamento silvicultural e dinâmica de serapilheira em plantios de duas espécies florestais na Amazônia oriental brasileira**. 111f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi e Embrapa, Belém, 2011.

SILVA, L. F. G.; LIMA, H. C. Mudanças nomenclaturais no gênero *Tachigali* Aubl. (Leguminosae – caesalpinioideae) no Brasil. *Rodriguésia*, v.2, n.58, p-397-401, 2007.

SCHNEIDER, P. R.; FLEIG, F. D.; FINGER, C. A. G.; KLEIN, J. E. M. Crescimento da acácia-negra, *Acacia mearnsii* de Wild em diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 101-112.

SOBRINHO, T. R. G.; QUINTAIROS, M. V. R.; GOMES, R. C. A. S. R.; SANTANA, E. M. **CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA CONFORME A METODOLOGIA KÖPPEN DO MUNICÍPIO DE LARANJAL DO JARI/AMAPÁ/BRASIL**. O Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação (CONNEPI), ISBN 978-852-62830-10-5 VII Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica - CONNEPI – 2012, 19 a 21 de outubro de 2012, Palmas-To.

STALLBAUN, P. H.; BARAÚNA, E. E. P.; MONTEIRO, T. C.; VIEIRA, R. S.; SALES, N. D. L. P.; OLIVEIRA, L. S. Resistência natural da madeira de *Tachigali vulgaris* ao fungo xilófago *Postia placenta*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 459-463, 2016.

VALE, A. T.; COSTA, A. F.; GONÇALEZ, J. C.; NOGUEIRA, M. Relações entre a densidade básica da madeira, o rendimento e a qualidade do carvão vegetal de espécies do Cerrado. **Revista Árvore**, v. 25, n. 1, p. 89-95, 2001.

VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. C. O.; PEREIRA, B. L. C. Qualidade da madeira para fins energéticos. In: SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. H. (Org.). **Bioenergia & Biorrefinaria: Cana-de-açúcar & espécies florestais**. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2013. p. 321-354.

YARED, J. A. G. Silvicultura de algumas espécies nativas da Amazônia. In: Congresso Florestal Brasileiro, 6. Anais. Campos do Jordão, v. 1, p.1 19-122, 1990.