

## Crescimento e qualidade energética da madeira de *Tachigali vulgaris* sob diferentes espaçamentos

Helio Tonini<sup>1\*</sup>, Dalton Roberto Schwengber<sup>2</sup>, Marina Moura Morales<sup>3</sup>, Jane Maria Franco de Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Pecuária Sul, Rodovia BR-153, Km 632,9 CP. 242, CEP 96401-970, Bagé, RS, Brasil

<sup>2</sup>Embrapa Roraima, Rodovia BR 174, Km 8, CP.133, CEP 69301-970, Boa Vista, RR, Brasil

<sup>3</sup>Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, CP. 319, CEP 83411-000, Colombo, PR, Brasil

### \*Autor correspondente:

helio.tonini@embrapa.br

### Termos para indexação:

Amazônia  
Plantação florestal  
Espécies nativas

### Index terms:

Amazonia  
Forest plantations  
Native species

### Histórico do artigo:

Received in 06/02/2018

Accepted in 13/09/2018

Published in ~~30/10/2018~~

doi: 10.4336/2018.pfb.38e201801569



**Resumo** - O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de diferentes espaçamentos de plantio sobre o crescimento, a produção, a alocação da biomassa e a qualidade energética da madeira do tachi-branco. O experimento foi instalado em área de transição floresta/savana no estado de Roraima em delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições e cinco tratamentos, que consistiram dos espaçamentos 2 m x 2 m; 2,5 m x 2,5 m; 3 m x 2,0 m; 3 m x 2,5 m; e 3 m x 3 m. Aos 70 meses foram avaliados o desempenho e a qualidade energética da madeira. O espaçamento de plantio influenciou o crescimento diamétrico, a produção volumétrica e a biomassa individual produzida no tronco, e não teve efeito sobre as propriedades energéticas da madeira. O maior espaçamento (3 m x 3 m) mostrou-se vantajoso devido à maior biomassa acumulada no tronco e ao menor número de árvores plantadas. Porém, no sítio estudado, a baixa produtividade restringe o plantio da espécie em monocultivos com finalidade energética.

### Growth and wood energy quality of *Tachigali vulgaris* in different spacing

**Abstract** - This research was carried out to assess the effect of plant spacing over “tachi-branco” growth, production, biomass allocation and wood energetic quality. The experiment was installed in forest/savanna transition area in the North region of Roraima State, Brazil in a randomized block design and five plant spacing (2 m x 2 m; 2.5 m x 2.5 m; 3 m x 2 m; 3 m x 2.5 m; and 3 m x 3 m). After 70 months trees diametric growth, biomass production and wood energy quality were evaluate. Plant spacing influenced diametric growth, volume and individual trunk biomass, but presented no influence on wood energetic qualities. The larger spacing (3 m x 3 m) was more advantageous due to higher accumulate biomass in the trunk and less plants to be planted lowering implantation costs. However, this species is not recommend in monoculture stands for energetic purposes in the studying area due to the low productivity observed.

## Introdução

Devido à alta produtividade e potencial renovável, a principal utilização dada à madeira no planeta é a produção de energia, que representa mais da metade do consumo total de biomassa florestal no mundo,

principalmente em países em desenvolvimento (Protásio et al., 2014). No Brasil, o setor de siderurgia e carvão detém 14% da área de florestas plantadas, com mais de um milhão de ha e 37,2% da madeira produzida sendo consumida pelos setores de carvão e lenha industrial, cuja base florestal é formada, predominantemente, por

plantios do gênero *Eucalyptus* (Indústria Brasileira de Árvores, 2017)

O emprego da flora nativa em reflorestamentos deveria ser implementado, pois aumentaria a diversidade de espécies utilizadas, reduzindo riscos biológicos e econômicos (Erskine et al., 2005). Outro argumento a favor da maior utilização de espécies nativas em reflorestamentos é a reposição da madeira de alto valor comercial oriunda de florestas nativas, e a maior diversificação biológica e de uso do solo.

O tachi-branco (*Tachigali vulgaris* L. F. Gomes da Silva & H. C. Lima) é considerado espécie nativa com grande potencial para reflorestamentos na região amazônica e no cerrado brasileiro (Oliveira et al., 2008; Farias et al., 2016; Martorano et al., 2018).

Sua região de ocorrência é ampla, ocorrendo nos nove estados da Amazônia Legal e habitando áreas como Cerrado, Floresta Estacional Semidecidual, e vegetação secundária na Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme no Bioma Amazônia (Carvalho, 2003; Martorano et al., 2018), indicando capacidade de adaptação a uma ampla variabilidade de condições climáticas e a solos pobres em nutrientes (Castro et al., 1998).

Em plantios, a espécie apresenta rápido crescimento, boa forma de fuste, capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e de aumentar a ciclagem de nutrientes e a matéria orgânica no solo, pela alta produção de serrapilheira (Castro et al., 1998; Mochiutti et al., 2006). Martorano et al. (2018) destacam que, pelos produtos oferecidos e a possibilidade de consórcio com outras culturas, *T. vulgaris* pode ser considerada uma espécie florestal de fácil aceitação pelos produtores rurais amazônicos.

A madeira é de uso múltiplo, com potencial para ser utilizada nos segmentos industriais de móveis, produção de lâminas, construções leves, utensílios, embalagens e revestimentos internos (forro e lambri), sendo também recomendada para a produção de álcool e coque (Carvalho, 2003; Orelhana, 2015b). Possui características comparáveis às tradicionalmente utilizadas para energia, como o eucalipto (Tomaselli et al., 1983), sendo a produção de lenha e carvão a principal finalidade dos plantios experimentais com *T. vulgaris*.

No entanto, apesar de apresentar resultados promissores em áreas experimentais (Tomaselli et al., 1983; Castro et al., 1998; Lima, 2004; Tonini et al., 2006; Mochiutti et al., 2006; Souza et al., 2008; Orelhana,

2015a; Silva et al., 2016) e de 62% da área na Amazônia Legal possuir alto potencial topoclimático para o seu plantio (Martorano et al., 2018), os plantios comerciais ainda são incipientes. No único estudo desenvolvido com o objetivo de definir espaçamentos para a espécie, Castro et al. (1998) recomendaram o emprego de espaçamento de plantio de 3 m x 1 m para o Cerrado Amapaense.

Na silvicultura, a definição do espaçamento de plantio é de grande relevância por condicionar a disponibilidade de recursos primários de crescimento (água, luz e nutrientes) para cada árvore e por ter implicações silviculturais, tecnológicas e econômicas, ao interferir na taxa de crescimento das plantas, idade de corte, qualidade da madeira e, conseqüentemente, nos custos de produção (Eloy et al., 2015).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do espaçamento de plantio sobre o crescimento, a produção, a alocação da biomassa e a qualidade energética da madeira do tachi-branco.

## Material e métodos

O estudo foi realizado na Fazenda São Joaquim, na região da Serra da Lua, no município do Cantá, RR, pertencente à empresa FIT Manejo Florestal do Brasil (2°56'50,1"N e 60°20'29,3"W e 111 m de altitude).

A região onde se localiza o experimento apresenta características de transição floresta/savana e o clima é do Tipo Aw (Köppen), com período seco de quatro meses ao ano (Barbosa, 1997). Durante o período de avaliação do experimento (2010 a 2016) a precipitação média anual foi de 1.692,3 mm, com variação entre 1.268,2 mm e 2.138,1 mm. A média das temperaturas foi de 34,1 °C e 24,6 °C para as máximas e mínimas, respectivamente, e a umidade relativa média foi de 74,7% (Instituto Nacional de Meteorologia, 2017).

O solo predominante na região é classificado como Argissolo Amarelo Distrófico, considerado profundo, bem drenado, com teor de argila no horizonte A em torno de 11% e no horizonte B de 28%, com mudança textural abrupta (Vale Junior & Schaefer, 2010). As características químicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

O experimento foi instalado em junho de 2010 no delineamento de blocos ao acaso, com três repetições e cinco tratamentos que consistiram de árvores plantadas em espaçamentos de 2 m x 2 m; 2,5 m x 2,5 m; 3 m x

2 m; 3 m x 2,5 m; e 3 m x 3 m, em unidades experimentais de 40 m x 50 m e área experimental de 3 ha.

**Tabela 1.** Análise química do solo na área experimental.

**Table 1.** Chemical characteristics of the soil in the experimental area.

Atributo	Profundidade (cm)			
	0-20	20-40	40-60	60-80
pH	5,50	5,2	5,1	4,70
P (mg dm <sup>-3</sup> )	2,10	1,5	1,2	1,00
K (mg dm <sup>-3</sup> )	11,0	10	9,0	8,00
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,32	0,25	0,22	0,17
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,10	0,07	0,07	0,05
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,17	0,18	0,19	0,19
H+Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	1,41	1,4	1,4	1,37
V (%)	24	24	21	15
m (%)	28	35	38	45

As sementes foram oriundas de seis matrizes de árvores plantadas em um sistema silvipastoril no campo experimental da Embrapa Amapá, em área com vegetação nativa de cerrado no município de Macapá, AP.

Em dezembro de 2009, foi realizada a aplicação de 1 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, em área total, com incorporação superficial com grade aradora, seguida da escarificação a 80 cm de profundidade e a abertura de covas com a utilização da cavadeira manual nos sulcos.

A adubação foi padronizada em 60-90-60 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, com a adição de 24 kg ha<sup>-1</sup> de S, 2 kg ha<sup>-1</sup> de B e 2,5 kg ha<sup>-1</sup> de Zn. A quantidade foi estabelecida por unidade de área e, para manter a uniformidade, as doses por planta variaram em função da densidade populacional.

Como fontes de adubo, foi utilizado o sulfato de amônio (18% de N; 24% de S), aplicado em cobertura 30 dias após o plantio; uréia (45% de N), com metade aplicada ao final do período chuvoso e o restante no início do período chuvoso no ano seguinte; superfosfato triplo (37% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aplicado na cova, logo após a calagem, misturado com a terra de enchimento; cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O), aplicado em três partes iguais, sendo a primeira na cova de plantio, junto com o P; a segunda, ao final do período chuvoso, junto com o N, na 1<sup>a</sup> quinzena de agosto e o restante no início do período chuvoso seguinte, juntamente com o N. Como fonte de Zn e B, utilizou-se o FTE – BR 12 (Fried trace elements, com 9% de Zn e 1,8% de B), aplicado

na cova, junto com o P, o K e o ácido bórico (17% de B), aplicado em duas partes iguais, ao final do período chuvoso, na primeira quinzena de agosto, e no início da estação chuvosa seguinte, em maio, juntamente com a mistura uréia-KCl.

O controle da vegetação espontânea foi realizado com roçadeira manual, em pelo menos duas ocasiões na estação chuvosa. O controle de formigas iniciou-se seis meses antes do plantio e, a partir de então, aplicaram-se iscas granuladas sempre que constatados formigueiros ativos.

Em cada unidade experimental, mediu-se o diâmetro a 1.30 m do solo (DAP) de todas as plantas nas linhas centrais (média de 118 plantas por parcela) e a altura das primeiras 50 plantas, com hipsômetro eletrônico.

A seleção e o abate das árvores-amostras para o estudo da produção volumétrica, biomassa e qualidade da madeira foram feitas aos 70 meses, selecionando uma árvore de DAP médio por tratamento e bloco, totalizando 15 amostras.

Foram obtidas a massa verde e seca de todos os componentes de biomassa das árvores (folhas, galhos finos ( $\leq 2,5$  cm de diâmetro) e grossos e tronco com casca), não sendo observados galhos mortos, frutos e flores. Para a obtenção do peso seco, foi tomada uma amostra de cada componente da biomassa por árvore, que foram levadas à estufa a 60 °C, para secar até o peso constante.

Para a determinação da densidade básica do tronco, foram retirados discos com aproximadamente 2,5 cm de espessura da base do tronco e a 25%, 50%, 75% e 90% da altura total. A densidade básica média por árvore foi determinada conforme a Norma ABNT-NBR 11941-02/2003 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003) e a biomassa foi determinada por:

$$\text{Biomassa do tronco (kg)} = \sum V_i x d_i$$

Em que:  $V_i$  = volume do tronco na seção  $i$  (m<sup>3</sup>);  $d_i$  = densidade da madeira na seção  $i$  (kg m<sup>-3</sup>).

O volume individual do tronco foi obtido pela cubagem rigorosa das árvores pelo Método de Smalian nas posições 0,10 cm, 0,7 cm, 1,30 m e a partir desta posição, a cada metro até a altura total. O volume por hectare aos 70 meses foi estimado multiplicando-se o volume médio individual pelo número estimado de árvores por hectare, descontando-se a mortalidade.

A análise do poder calorífico e análise imediata foram obtidas dos discos coletados à altura do DAP seguindo as

normas ABNT-NBR 8112/1983 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1983) e ABNT-NBR 8633/1984 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1984). A partir da obtenção dos dados de poder calorífico superior, biomassa do tronco e densidade do plantio, desenvolveu-se a expressão para o cálculo do potencial energético em tonelada equivalente de petróleo  $\text{ha}^{-1}$ , considerando-se o poder calorífico do petróleo igual a  $10.800 \text{ Kcal kg}^{-1}$  (Empresa de Pesquisa Energética, 2017).

$$PE = [(PCS/10.800).(B_T)].(DA)$$

Em que: PE= potencial energético ( $\text{tep ha}^{-1}$ ); PCS= poder calorífico superior da lenha ou biomassa do tronco ( $\text{kcal kg}^{-1}$ );  $10.800$  = poder calorífico do petróleo ( $\text{kcal kg}^{-1}$ );  $B_T$  = biomassa individual do tronco na base seca ( $\text{kg árvore}^{-1}$ ); DA = densidade de árvores ( $\text{árvores ha}^{-1}$ )

A normalidade e a homocedasticidade da variância foram aferidas pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Levene. Os dados foram comparados por análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade de confiança, utilizando-se o software Rbio (Bhering, 2017).

## Resultados

Foi observado efeito significativo do espaçamento aos 70 meses para as variáveis DAP ( $F = 15,12$ ;  $p = 0,00083$ ), volume do tronco individual ( $F = 8,39$ ;  $p = 0,0057$ ) e volume por hectare ( $F = 4,97$ ;  $p = 0,026$ ). No menor espaçamento as árvores apresentaram menor diâmetro e volume individual e maior produção de volume por unidade de área (Tabela 2).

**Tabela 2.** Médias para as variáveis dendrométricas em plantio de tachi-branco sob diferentes espaçamentos aos 70 meses de plantio em Cantá, RR

**Table 2.** Averages for dendrometric variables in tachi-branco planting under different spacing at 70 months of age in Cantá, RR.

Tratamento	DAP (cm)	h (m)	v ( $\text{m}^3$ )	V (ha)	M (%)
T1	6,2 <sup>c</sup>	6,7	0,00939 <sup>b</sup>	21,0 <sup>a</sup>	10,0
T2	7,0 <sup>ab</sup>	6,6	0,013107 <sup>a</sup>	19,3 <sup>ab</sup>	7,7
T3	6,9 <sup>b</sup>	6,4	0,011148 <sup>ab</sup>	17,7 <sup>ab</sup>	6,0
T4	7,3 <sup>ab</sup>	6,4	0,014356 <sup>a</sup>	19,0 <sup>ab</sup>	8,0
T5	7,5 <sup>a</sup>	6,6	0,014045 <sup>a</sup>	14,7 <sup>b</sup>	8,0

Em que: T1 = 2 m x 2m; T2 = 2,5 m x 2,5 m; T3 = 3 m x 2 m; T4 = 3 m x 2,5 m; T5 = 3 m x 3 m DAP = diâmetro a 1,30 m do solo; h = altura total; v = volume individual total do tronco; V = volume total por unidade de área; M = mortalidade (%). Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Não houve efeito significativo do espaçamento sobre a biomassa aérea total por unidade de área. A produção de biomassa variou significativamente apenas para os espaçamentos extremos, com o maior espaçamento (T5) produzindo árvores com mais biomassa total individual e no tronco (Tabela 3).

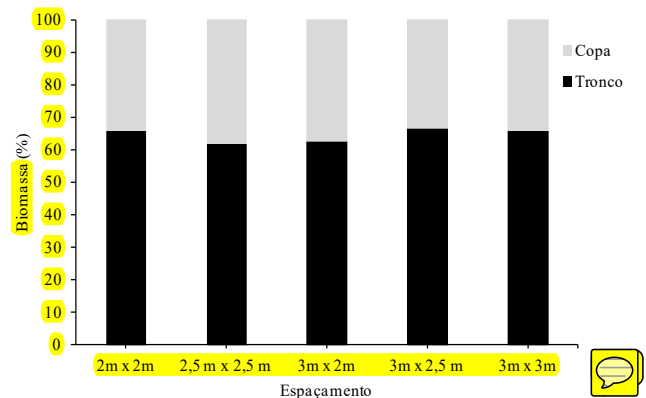
**Tabela 3.** Médias dos componentes da biomassa em função do espaçamento para árvores de tachi-branco aos 70 meses de plantio em Cantá, RR.

**Table 3.** Average biomass components as a function of spacing for tachi-branco trees 70 months of age at Cantá, RR.

Tratamentos	$B_{total}$	$B_{ind}$	$B_T$	$B_C$	FL	GF	GG
	$\text{Mg ha}^{-1}$	$\text{kg árvore}^{-1}$					
T1	22,2	9,9 <sup>b</sup>	6,5 <sup>b</sup>	3,3 <sup>a</sup>	1,2 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	0,51 <sup>a</sup>
T2	22,9	15,6 <sup>ab</sup>	9,6 <sup>ab</sup>	6,0 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>	2,7 <sup>a</sup>	0,95 <sup>a</sup>
T3	17,7	11,4 <sup>ab</sup>	7,0 <sup>ab</sup>	4,3 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	0,76 <sup>a</sup>
T4	19,2	14,5 <sup>ab</sup>	9,7 <sup>ab</sup>	4,8 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>	0,96 <sup>a</sup>
T5	18,2	17,8 <sup>a</sup>	11,7 <sup>a</sup>	6,2 <sup>a</sup>	2,6 <sup>a</sup>	2,1 <sup>a</sup>	1,40 <sup>a</sup>

Em que: T1 = 2 m x 2 m; T2 = 2,5 m x 2,5 m; T3 = 3 m x 2 m; T4 = 3 m x 2,5 m; T5 = 3 m x 3 m;  $B_{total}$  = biomassa total por hectare;  $B_{ind}$ ,  $B_T$ ,  $B_C$ , FL, GF, GG = biomassa individual total, no tronco, na copa, de folhas; de galhos finos e de galhos grossos, respectivamente. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Não houve influência do espaçamento de plantio sobre a alocação percentual da biomassa acumulada no tronco e na copa (Figura 1), em que as médias foram 62,8% e 37,2%, respectivamente.



**Figura 1.** Alocação da biomassa entre os compartimentos copa e tronco nos diferentes espaçamentos de plantio de tachi-branco aos 70 meses de idade, no município de Cantá, RR.

**Figure 1.** Allocation of canopy and trunk biomass at different spacing for tachi-branco trees 70 months of age, in the municipality of Cantá, RR.

Não houve diferença estatística significativa para as características energéticas da madeira em função do espaçamento de plantio (Tabela 4).

**Tabela 4.** Características energéticas da madeira de tachi-branco nos diferentes espaçamentos, ao 70 meses, em Cantá, RR.

**Table 4.** Energetic characteristics of tachi-branco wood at different spacing, at 70 months of age, in Cantá, RR.

Tratamentos	D <sub>b</sub> (g cm <sup>-3</sup> )	MV (%)	Cinzas (%)	CF (%)	PCS (kcal kg <sup>-1</sup> )	PE (tep ha <sup>-1</sup> )
T1	0,675	80,9	0,57	18,4	4299,6	31870,2
T2	0,687	81,4	0,67	18,0	4309,4	32515,9
T3	0,673	80,9	0,56	18,5	4324,2	32705,8
T4	0,564	82,3	0,55	17,1	4271,0	30225,9
T5	0,628	81,7	0,48	17,8	4322,2	30340,5

Em que: T1 = 2 m x 2 m; T2 = 2,5 m x 2,5 m; T3 = 3 m x 2 m; T4 = 3 m x 2,5 m; T5 = 3 m x 3 m; Db = densidade básica; MV = materiais voláteis; CF= carbono fixo; PCS= poder calorífico superior; PE = potencial energético.

## Discussão

Os incrementos médios anuais em diâmetro (1,20 cm) e altura (1,12 m) observados foram inferiores à maioria dos observados para plantios de tachi-branco a pleno sol em diferentes regiões do Brasil, onde são observadas variações de 1,4 m a 3,1 m em altura e 1,67 cm a 3,4 cm em diâmetro (Carvalho, 2003; Lima, 2004; Mochiutti et al., 2006; Tonini et al., 2006; Martinoto et al., 2012). Porém, foram superiores aos observados por Castro et al. (1998) para o cerrado do Amapá, onde foram relatados incrementos médios anuais de 0,71 cm e 0,6 m para diâmetro e altura, respectivamente.


O volume por unidade de área variou entre 14,7 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a 21 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, com incremento médio anual de 5,81 ± 7,57 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, podendo ser considerado baixo para a espécie, quando comparado com os relatados por Tomaselli et al. (1983); Castro et al. (1998); Carvalho (2003), Lima (2004); Tonini et al. (2006) e Souza et al. (2008), com resultados variando entre 19,2 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a 65,9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

A taxa de mortalidade variou entre 6% e 10%, sendo próxima à observada por Castro et al. (1998) no cerrado do Amapá aos sete anos (5,3%) e inferior às observadas por Farias et al. (2016) em Nova Xavantina, MT, Tonini et al. (2006), no Cantá, RR e Souza et al. (2008), em Manaus, AM, que relataram valores superiores a 50%. Em trabalho de revisão sobre plantios com a espécie, Carvalho (2003) relatou taxas de sobrevivência variando entre 5,3% a 67%.

Apesar da ampla distribuição geográfica (Carvalho, 2003) e da propagada adaptação a solos de baixa fertilidade (Castro et al., 1998; Mochiutti et al., 2006),

as variações na porcentagem de sobrevivência (5,3% a 100%) e no incremento volumétrico (5,8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> a 43,23 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) observado em áreas experimentais (Castro et al., 1998; Carvalho 2003; Lima, 2004; Tonini et al., 2006; Souza et al., 2008; Oliveira et al., 2008; Martinoto et al., 2012; Orelhana, 2015a; Farias et al., 2016 e Silva et al., 2016), mostram grande variação na capacidade de resposta da espécie às condições ambientais onde tem sido plantada, possibilitando indicar regiões limitantes ao seu cultivo.

Lima (2004), ao comparar o desempenho da espécie em diferentes sítios na Amazônia, observou que com a escolha do sítio mais adequado, o ganho percentual em volume por hectare, pode chegar a 380%. Foi observado que a disponibilidade hídrica acima de 110 mm e o teor de silte no solo estão associados ao bom desempenho da espécie, sendo a maior capacidade de água disponível (224 mm a 348 mm) e o menor déficit hídrico os mais favoráveis ao crescimento. A capacidade de água disponível de 114 mm foi considerada como limite mínimo para o desenvolvimento satisfatório da espécie. Ainda, segundo o mesmo autor, nos sítios ao norte do estado de Roraima, na região de cerrado e transição entre floresta e cerrado, o elevado déficit hídrico e a água disponível restringem o desenvolvimento do tachi-branco.

Relacionando os dados disponíveis na literatura sobre a produtividade da espécie (Castro et al., 1998; Carvalho 2003; Tonini et al., 2006; Souza, 2008; na, 2012; Silva et al., 2016; Martorano et al., 2018) e os dados climáticos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (2017), observou-se melhor desempenho em plantios que utilizaram procedências de Belterra, PA, implantados em área de Floresta Ombrófila Densa, em Latossolo Amarelo com textura argilosa a franco-arenosa, em locais com precipitação média anual entre 1.960 mm a 2.068 mm anuais, com 3 a 4 meses secos (precipitação mensal inferior a 60 mm), em sítios com déficit hídrico entre 175 mm a 260 mm e restrição hídrica de quatro a cinco meses.

Esta relação entre desempenho e déficit hídrico também foi considerada por Martorano et al. (2018), ao afirmarem que a oferta hídrica no período menos chuvoso é um fator considerado importante para o estabelecimento de plantios de tachi-branco, que suporta deficiência hídrica entre 150 mm a 250 mm.

A baixa produção média observada nesse estudo (5,8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) atribuída às características de clima e

disponibilidade hídrica, é consistente com as reduções severas de produtividade observadas por Castro et al. (1998), Tonini et al. (2006) e Oliveira et al. (2008) em áreas de cerrado e de transição floresta/cerrado, com precipitação média anual entre 1.495 mm a 2.500 mm, em estação seca bem definida **durando de três a cinco meses (variações de 1 a 8 meses)** e déficit hídrico entre 115 mm a 805 mm com restrição hídrica entre 5 a 8 meses ( $9,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  a  $27,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ).

As temperaturas médias mínimas e máximas ( $24,6 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $34,1 \text{ }^\circ\text{C}$ ) e a umidade relativa do ar ( $74,7\%$ ) observadas durante o período de avaliação não são consideradas como as ideais para o bom desenvolvimento da espécie definidas por Martorano et al. (2018), as quais variam entre  $29,5 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $32,5 \text{ }^\circ\text{C}$  para as máximas, e  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $23,0 \text{ }^\circ\text{C}$  para as mínimas, com  $80\%$  de umidade relativa.

A produção de biomassa observada (Tabela 3) variou entre  $3,0$  a  $3,9 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , sendo inferiores às relatadas por autores como Oliveira et al. (2008) e Orelhana (2015a) em região de cerrado, com  $5,52 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e  $12,31 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em Planaltina, DF ( $3 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$  aos 18 anos) e Macapá, AP ( $3 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$  aos 20 anos), respectivamente.

A maior produção de biomassa para a espécie foi relatada por Farias et al. (2016) em Nova Xavantina, MT, com  $67,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  aos 4 anos em espaçamento de  $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ . No entanto, a metodologia empregada por estes autores para a estimativa de biomassa não permitiu comparações com os demais, já que a estimaram de forma indireta por modelo geral obtido por Feldpausch et al. (2012) ajustado para florestas nativas.

As propriedades energéticas da madeira do tachi-branco não foram influenciadas pelo espaçamento e a adubação (Tabela 4), semelhante ao obtido por Oliveira et al. (2008). Porém, os resultados podem variar com o sítio e a idade (Orelhana, 2015b).

Os valores médios de densidade básica ( $0,645 \text{ g cm}^{-3}$ ) e poder calorífico da madeira ( $4.305,3 \text{ kcal kg}^{-1}$ ) observados neste estudo estão dentro da faixa de variação observada para a espécie em plantios, com valores entre  $0,57 \text{ g cm}^{-3}$  a  $0,70 \text{ g cm}^{-3}$  (Tomaselli et al., 1983; Carvalho, 2003; Oliveira et al., 2008; Orelhana, 2015b) e um pouco abaixo do PCS relatado por Carvalho (2003), com  $4.390 \text{ kcal kg}^{-1}$  e por Orelhana (2015b) com valor médio de  $4.812 \text{ kcal kg}^{-1}$ , em plantio com 18 anos no cerrado do Amapá. Entre as variações observadas na densidade básica da madeira para *T. vulgaris*, as maiores foram observadas em árvores nativas no cerrado, com  $0,74 \text{ g cm}^{-3}$  (Thompson, 2009).

De forma geral, tem-se observado pouco ou nenhum efeito do espaçamento sobre as propriedades energéticas da madeira para o gênero *Eucalyptus* (Lopes et al., 2017) e para espécies nativas com potencial para uso energético, como *Ateleia glazoviana* e *Mimosa scabrela* (Eloy et al., 2015), indicando que são mais influenciadas pela herança genética e a idade do que pelo ambiente (Santos et al., 2012).

Porém, o espaçamento de plantio define o potencial energético de um plantio florestal, por ter relação direta com a produtividade volumétrica, a partição da biomassa na árvore e a idade de rotação (Eloy et al., 2015). Uma vez que até a idade avaliada não houve efeito do espaçamento de plantio sobre as características energéticas da madeira, sobre a biomassa aérea por unidade de área e sobre o potencial energético dos plantios, a adoção de espaçamentos maiores ( $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ ) mostrou-se vantajosa pelo maior acúmulo de biomassa no tronco, que é desejável sob o ponto de vista comercial e pela redução no número de árvores plantadas, desejável pelo ponto de vista econômico, por reduzir os custos de implantação.

Porém, pela baixa produtividade observada, não se recomenda o plantio do tachi-branco em monocultivos, visando exclusivamente a produção de energia ao norte do estado de Roraima, já que nesta região existem grandes áreas plantadas com *Acacia mangium*, que pode ser utilizada com a mesma finalidade e com produção volumétrica superior, chegando a  $21,08 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (Tonini et al., 2006). Na comparação com o eucalipto, além da menor produtividade, a espécie apresenta a desvantagem de ter ciclo de rotação maior e não rebrotar (Carvalho, 2003).

No entanto, pela reconhecida capacidade de fixação do N atmosférico e aumento da ciclagem de nutrientes via deposição de serapilheira (Mochiuti et al., 2006), a espécie poderia ser utilizada em plantios mistos ou sistemas agroflorestais.

Plantios mistos podem propiciar maior eficiência de uso dos nutrientes, especialmente em solos de baixa fertilidade, já que espécies vegetais com diferentes características anatômicas e fisiológicas podem aproveitar os nutrientes de diferentes materiais de origem e profundidades (Mochiuti et al., 2006).

O plantio do tachi-branco pode promover a melhoria na atividade biológica do solo e a formação de horizontes orgânicos em solos altamente intemperizados (Mochiuti et al., 2006). Também pode ser utilizado no

enriquecimento de capoeiras em vegetação de pouso (Brienza Junior et al., 2011) e em sistemas agroflorestais em consórcio com cultivos agrícolas em escala familiar, como por exemplo com mandioca ou milho (Brienza Junior et al., 2011; Martinotto et al., 2012).

## Conclusões

O espaçamento de plantio não teve influência sobre o crescimento diamétrico, a produção volumétrica, a biomassa individual produzida no tronco e o potencial energético de tachi-branco.

O maior espaçamento mostrou-se vantajoso aos 70 meses após o plantio, devido ao maior acúmulo de biomassa no tronco, desejável pelo ponto de vista comercial, e ao menor número de árvores plantadas, desejável para a redução de custos de implantação.

A baixa produtividade é restritiva para o uso da espécie em monocultivos com finalidade energética na região de Cantá, RR, com alto déficit e restrição hídrica entre 5 a 8 meses.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a parceria e o apoio da FIT Manejo Florestal do Brasil.

## Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR8112**: carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro, 1983.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR8633**: carvão vegetal: determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro, 1984.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR11941-02**: determinação da densidade básica em madeira. Rio de Janeiro, 2003.
- Barbosa, R. I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: Barbosa, R. I. et al. (Ed.). **Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1997. p. 325-334.
- Bhering, L. L. Rbio: a tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, p. 197-190, 2017. DOI: 10.1590/1984-70332017v17n2s29.
- Brienza Junior, S. et al. Plantio de árvores de crescimento rápido para a recuperação de área agrícolas na Amazônia Oriental Brasileira: estudo de caso com a produção de milho e mandioca. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, p. 347-353, 2011. DOI: 10.4336/2011.pfb.31.68.347.
- Carvalho, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 627 p.
- Castro, A. W. V. et al. Efeito do espaçamento na produtividade de biomassa de tachi-branco (*Sclerolobium paniculatum*, Vogel). **Acta Amazonica**, v. 82, n. 2, p. 141-146, 1998.
- Eloy, E. et al. Produtividade energética de espécies florestais em plantios de curta rotação. **Ciência Florestal**, v. 45, n. 8, p. 1424-1431, 2015. DOI: 10.1590/0103-8478cr20130177.
- Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Balanco energético nacional**: 2017: ano base 2016. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <[https://ben.epc.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2017.pdf](https://ben.epc.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2018.
- Erskine, P. D. et al. Growth performance and management of a mixed rainforest tree plantation. **New Forests**, v. 9, p. 117-234, 2005. DOI: 10.1007/s11056-005-0250-z.
- Farias, J. et al. Survival and growth of native *Tachigali vulgaris* and exotic *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* trees in degraded soils with biochar amendment in southern Amazônia. **Forest Ecology and Management**, v. 368, p. 173-182, 2016.
- Feldpausch, T. R. et al. Tree height integrated into pantropical forest biomass estimates. **Biogeosciences**, v. 9, p. 3381-3403, 2012. DOI: 10.5194/bg-9-3381-2012.
- Indústria Brasileira de Árvores. **IBÁ**: Indústria Brasileira de Árvores. Brasília, DF, 2017. Relatório 2017. Disponível em: <[http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2017.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf)>. Acesso em: 04 set. 2018.
- Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos para o ensino e a pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 20 maio 2017.
- Lima, R. M. B. **Crescimento de Sclerolobium paniculatum Vogel, na Amazônia, em função de fatores de clima e solo**. 2004. 212 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Lopes, E. D. Influência do espaçamento de plantio na produção energética de clones de *Corymbia* e *Eucalyptus*. **Floresta**, v. 47, n. 1, p. 95-104, 2017. DOI: 10.5380/ufv.v47i1.47141.
- Martinoto, F. et al. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies nativas do cerrado em consórcio com a mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 22-29, 2012.
- Martorano, L. G. et al. **Zoneamento topoclimático do Taxi-branco (Tachigali vulgaris L.F) na Amazônia Legal**: estratégias de planejamento com metas de desenvolvimento sustentável. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2018. 70 p. (Documentos, Embrapa Amazônia Oriental, 435).
- Mochiutti, S. et al. Produção de serrapilheira e retorno de nutrientes de um povoamento de tachi-branco e de uma floresta secundária no Amapá. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 52, p. 3-20, 2006.
- Oliveira, I. R. M. et al. Biomassa e características da madeira de *Sclerolobium paniculatum* cultivado em diferentes níveis de adubação. **Cerne**, v. 14, n. 4, p. 351-357, 2008.
- Orelhana, B. B. M. A. **Quantificação da biomassa e potencial energético de Tachigali vulgaris em áreas plantadas no estado do Amapá**. 2015a. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Brasília, Brasília, DF.

- Orelhana, J. B. P. **Valorização tecnológica da madeira de *Tachigali vulgaris* proveniente de plantios de dois sítios distintos localizados no estado do Amapá**. 2015b. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Brasília, Brasília, DF.
- Protásio, T. P. et al. Qualidade da madeira e do carvão vegetal oriundos de floresta plantada em Minas Gerais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 78, p. 111-123. 2014. DOI: 6/2014.pfb.34.78.657.
- Santos, L. C. et al. Propriedades da madeira e estimativas de biomassa, carbono e energia de clones de *Eucalyptus* plantados em diferentes locais. **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p. 971-980, 2012. DOI: 10.1590/S0100-67622012000500019.
- Silva, A. R. et al. Desempenho do tachi-branco em resposta a adubação combinada de fósforo e potássio em latossolos. **Acta Iguazu**, v. 5, n. 2, p. 37-48, 2016.
- Souza, C. R. Desempenho de espécies florestais de uso múltiplo na Amazônia. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 77, p. 7-14, 2008.
- Tomaselli, I. et al. Caracterização da madeira de tachi-branco da terra firme (*Sclerolobium paniculatum* VOGEL) para energia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 6/7, p. 33-44, 1983.
- Thompson, R. M. **Estimativas de volume, biomassa e carbono para o carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum* Vog. var *subvelutinum* Benth)**. 2009. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Brasília, Brasília, DF.
- Tonini, H. et al. Avaliação de espécies florestais em área de mata no estado de Roraima. **Cerne**, v. 12, n. 1, p. 8-18, 2006.
- Vale Junior, J. F & Schaefer, C. E. **Solos sob savanas de Roraima: gênese, classificação e relações ambientais**. Boa Vista: Gráfica Ioris, 2010. 219 p.