

Melhoramento genético de *Tachigali vulgaris* para plantações homogêneas: análise de um teste de procedências e progênies aos dez anos de idade

Daniele Aparecida Alvarenga Arriel
Keyla Maria Nunes e Silva
Ana Carolina Pereira
Thiago de Paula Protásio
Delman de Almeida Gonçalves

Introdução

O *Tachigali vulgaris* L. G. Silva & H. C. Lima, popularmente conhecido como tachi-branco ou carvoeiro, é uma espécie arbórea pertencente à família Fabaceae, que ocorre naturalmente em uma ampla região dos biomas da Amazônia, Caatinga e do Cerrado. Sua madeira apresenta características muito atrativas para a produção bioenergética (Orellana et al., 2018), além de outros usos múltiplos, com possibilidade para ser utilizada nos segmentos industriais de móveis, de produção de lâminas, na confecção de mourões e esteios, na construção civil e embalagens (Orellana, 2015; Tonini et al., 2018).

O tachi-branco se destaca pela sua capacidade de associação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium*, responsáveis pela fixação biológica do nitrogênio (Silva et al., 2016), sendo indicado para o enriquecimento de capoeiras, composição de sistemas agroflorestais e plantios homogêneos e, também, para promover o estabelecimento de cobertura florestal e recuperação de ambientes degradados (Orellana et al., 2018).

Mesmo cultivada sem tecnologia avançada e sem passar por programas de melhoramento, a espécie cresce rapidamente e produz grandes quantidades de biomassa (Carpanezi et al., 1983; Farias et al., 2016). Assim, tem grande potencial para cultivo em plantações comerciais e sua madeira apresenta características compatíveis à madeira do eucalipto, espécie atualmente mais cultivada no País (Orellana et al., 2018; Tonini et al., 2018).

Apesar do seu potencial, principalmente para fins energéticos, há um reduzido número de estudos voltados para a silvicultura e o manejo da espécie. Desta forma, a aplicação de boas práticas silviculturais associadas ao uso de material genético superior, obtido a partir de programas de melhoramento, poderá auxiliar no estabelecimento de plantios florestais de tachi-branco em escala produtiva (Cruz, 2017).

No que diz respeito ao melhoramento da espécie, os estudos ainda são muito incipientes. Existem algumas informações relacionadas à sua biologia produtiva, sendo classificada como uma espécie alógama, com inflorescência amarela terminal do tipo paniculiforme hermafrodita, tipicamente melitófila não seletiva, podendo também ser polinizada por dípteros e vespas (Venturieri et al., 1999). Testes genéticos em campo indicam a possibilidade de seleção e perspectivas favoráveis de ganhos com a seleção (Farias Neto et al., 1998, 2003; Farias Neto; Castro, 1999, 2000; Cruz et al., 2020).

Dessa forma, a fim de contribuir com as pesquisas sobre melhoramento genético, objetivou-se neste estudo estimar parâmetros genéticos e praticar a seleção para as características: sobrevivência, bifurcação e incremento médio anual em um teste de procedências e progênies de *T. vulgaris* com dez anos de idade instalado no estado do Pará.

Metodologia

Localização e implantação do experimento

O teste de procedências e progênies de *T. vulgaris* foi implantado em maio de 2011 e está localizado na região do Vale do Jari, no distrito de Monte Dourado, município de Almeirim, no estado do Pará, nas coordenadas 0°51'35,28"S e 52°57'48,28"O e altitude de 65 m (Figura 1).

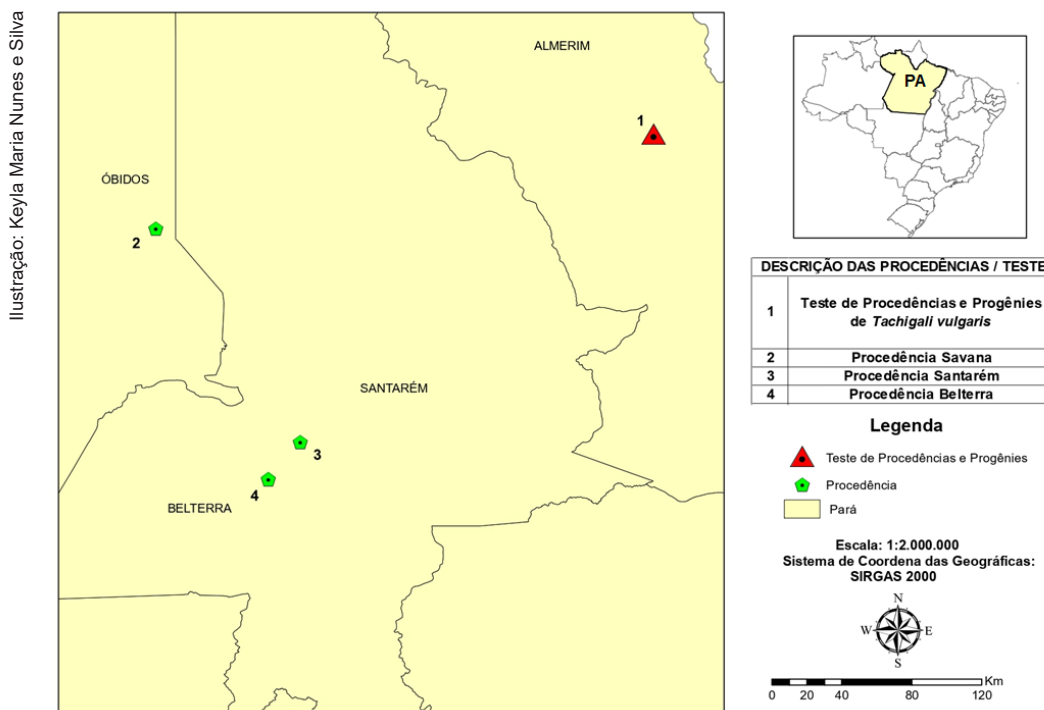


Figura 1. Localização do teste de procedências e progênies de *Tachigali vulgaris* com algumas das procedências indicadas e, para as demais, as informações não estão disponíveis.

A vegetação que caracteriza a região é a Floresta Ombrófila Densa que é predominante do Bioma Amazônico. Esta região é caracterizada pelo clima do tipo Am de Köppen. O regime pluviométrico se caracteriza por uma curta estação seca, nos meses de agosto a dezembro e uma estação chuvosa nos meses de janeiro a julho. A temperatura média anual é de 26 °C. A umidade média relativa do ar é 80% e a precipitação pluviométrica média anual é 2.115 mm (Alves; Miranda, 2008). O solo do local de implantação do experimento é do tipo Latossolo Amarelo com textura argilosa média (Santos et al., 2018).

Antes da implantação dos testes, foi realizada a limpeza manual do terreno e o controle químico de formigas. O preparo do solo para o plantio consistiu na prática de enleiramento e, posteriormente, realização de subsolagem com o uso de trator de esteira. Foi realizada adubação de base com 500 kg ha⁻¹ de fosfato natural reativo, pelo método de aplicação em sulco. Após o plantio foi realizada a adubação de cobertura com 217 kg ha⁻¹ de NPK 6-30-6 na cova, por planta, manualmente na linha de plantio, seguida de outra adubação de 129,3 kg ha⁻¹ de NPK 15-00-30, aos quatro meses após o plantio e 180,3 kg ha⁻¹ de fosfato natural reativo, aos 14 meses após o plantio.

Materiais genéticos e delineamento experimental

Para compor o teste, foram utilizadas 60 progênies de polinização aberta de *T. vulgaris*, advindas de cinco procedências diferentes (Tabela 1 e Figura 1). O experimento foi montado em delineamento de blocos ao acaso com seis plantas por parcela, quatro blocos, espaçamento de 3,5 m x 2,6 m, sem bordadura.

Tabela 1. Número de procedências e progênies de *Tachigali vulgaris* plantadas em experimento no município de Almeirim, PA.

Procedências	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)	Quantidade de progênies
Belterra	02°38'32,8"	54°56'35,1"	14
Buritizal	*	*	10
Macapá	*	*	5
Santarém	02°27'09,8"	54°46'21,1"	18
Savana	01°11'58,6"	55°29'11,7"	13
Total			60

* Coordenadas geográficas não disponíveis.

Coleta de dados

Aos dez anos de idade, foram mensuradas as características: diâmetro à altura do peito, altura, bifurcação e sobrevivência de todas as plantas do teste. O volume individual por planta foi estimado por meio da equação (1) (Ramos et al., 2021):

$$V = e^{-9,164635} + 1,912123 Lndeq + 0,751405 Lnh \quad (1)$$

em que:

V = volume, em m³, de madeira com casca até diâmetro mínimo de 5 cm;

Deq = diâmetro equivalente da j -ésima árvore (cm), medida a 1,30 m acima do solo;

n = número de troncos do j -ésimo árvore. Nesta situação, a altura das árvores bifurcadas corresponde à altura do tronco mais alto;

$$deq = i = 1nd^2$$

h = altura, em m, total da árvore. Em uma árvore com vários fustes, é a altura do fuste mais alto;

e = exponencial.

O volume estimado foi utilizado para estimar a característica incremento médio anual de volume de madeira (IMA) em $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ aos 10 anos de idade. Para avaliar a variável bifurcação, foi feita uma análise com dados binários, em que 1 representava um indivíduo bifurcado ou com mais de dois fustes e 0 não bifurcado. O mesmo procedimento foi realizado para sobrevivência, sendo utilizado 1 para um indivíduo vivo e 0 para um indivíduo morto.

Medições em anos anteriores também foram realizadas. No entanto, os dados de bifurcação não foram coletados e, assim, optou-se por analisar os dados na idade em que esta variável foi medida.

Análise de dados

As características IMA de volume de madeira, bifurcação e sobrevivência foram utilizadas para estimar parâmetros genéticos e praticar a seleção de genótipos superiores de tachi-branco.

As estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos foram obtidas pelo procedimento REML/BLUP (Máxima Verossimilhança Restrita/Melhor Predição Linear Não Viciada), através do *software* genético-estatístico Selegen- REML/BLUP. Para tanto, foi utilizado o Modelo 5 que compreende o estudo de progênies de polinização aberta com várias plantas por parcela, várias populações, em delineamento de blocos ao caso e avaliadas em um só local (Resende, 2007):

$$y = Xr + Za + Wp + Ts + e$$

em que:

y = vetor de dados;

r = vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral;

a = vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios);

p = vetor dos efeitos de parcela (assumidos como aleatórios);

s = vetor dos efeitos de população ou procedência (aleatórios);

e = vetor de erros ou resíduos(aleatórios);

X , Z , W e T = representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Para avaliar a significância dos efeitos do modelo genético, utilizou-se a análise de deviance, empregando-se o teste da Razão da Máxima Verossimilhança (LTR) a 1% e a 5% de significância.

Foram estimados os seguintes componentes de variância: variância genética aditiva, variância ambiental entre progênies, variância genética entre procedências, variância residual dentro de parcelas e variância fenotípica individual. Os parâmetros genéticos estimados foram: herdabilidade individual no sentido restrito, herdabilidade da média de progênies, acurácia da seleção de progênies, coeficiente de determinação dos efeitos de parcela, coeficiente de determinação dos efeitos de procedência, coeficiente de variação genética aditiva individual, coeficiente de variação genotípica entre progênies, coeficiente de variação experimental, coeficiente de variação relativa e a média geral.

Seleção das melhores procedências, progênes e genótipos

A seleção foi realizada para diferentes intensidades e unidades de seleção: seleção das melhores procedências, com a seleção daquelas que contribuíram para um aumento da média no caso IMA de volume de madeira e diminuição no caso da bifurcação e, também, seleção das 20 melhores progênes para IMA e sobrevivência. Neste caso, foi feito ainda um ordenamento adicional para as progênes, resultante da multiplicação dos valores genótipos preditos para o IMA pelos valores genotípicos preditos da sobrevivência. Esse procedimento foi adotado para verificar se a elevada taxa de mortalidade encontrada para algumas progênes superestimava as suas produtividades, uma vez que o volume de cada árvore é estimado individualmente e árvores que eventualmente tem uma alta taxa de plantas mortas ao seu redor poderiam vir a crescer mais devido à falta de competição. Por fim, foi feita a seleção dos melhores indivíduos para IMA com base no valor genético aditivo. Posteriormente, foi estimado o ganho de seleção para todas as situações.

Resultados e discussão

O efeito de procedências foi significativo a 1% e 5% de probabilidade apenas para IMA e sobrevivência, indicando maiores perspectivas de ganhos com a seleção de diferentes procedências e que a variação entre procedências ou populações foi mais acentuada do que dentro de populações para estes caracteres. O efeito de progênes, entretanto, foi significativo a 5 % de probabilidade apenas para sobrevivência (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de deviance para incremento médio anual de volume de madeira ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$), sobrevivência (%) e bifurcação do teste de procedências e progênes de *Tachigali vulgaris* aos dez anos, no município de Almeirim, PA.

Efeitos	IMA		Sobrevivência		Bifurcação	
	Deviance	LRT	Deviance	LRT	Deviance	LRT
Progênie	6.355,12	1,97	-597,27	5,37*	-520,61	0,05
Procedência	6.366,85	13,35**	-602,25	0,39	-510,98	9,58**
Modelo	6.353,15		-602,64		-520,56	

Qui-quadrado tabelado para um grau de liberdade: 3,84 e 6,63, para níveis de significância de 5% e 1%, respectivamente. * significativo ao nível de 5% de probabilidade, ** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Outros testes de progênes de *T. vulgaris* avaliados, em idades diferentes das deste estudo, identificaram significâncias dos efeitos de progênes para características relacionadas ao crescimento, como altura e diâmetro à altura do peito em um teste aos quatro anos (Farias Neto; Castro, 1999), altura, DAP e biomassa em um teste de progênes aos oito anos (Farias Neto et al., 1998; Farias Neto; Castro, 2000). No entanto, fatores como delineamento, idade do material genético e a composição dos genótipos amostrados para o teste podem influenciar na manifestação da variabilidade genética, o que pode ter levado a divergência entre os resultados encontrados.

A média de sobrevivência foi 56% (Tabela 3) e não variou muito em relação às diferentes procedências, sendo que a procedência de Santarém obteve a maior média (59%) e, Macapá, a menor (50%). Em relação às progênes, os valores variaram de 81% (Progênie 31) a 24% (Progênie 24).

Tabela 3. Parâmetros genéticos para sobrevivência (%), incremento médio anual de volume de madeira ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) e bifurcação no teste de procedências e progênies de *Tachigali vulgaris*, aos dez anos, no município de Almeirim, PA.

Parâmetros genéticos	Sobrevivência	IMA	Bifurcação
Variância aditiva das procedências	0,0327	67,6230	0,0018
Variância ambiental entre parcelas	0,0142	5,4235	0,0048
Variância entre procedências	0,0024	40,0643	0,0063
Variância residual dentro de parcelas	0,1959	729,8335	0,1827
Variância fenotípica	0,2451	842,9443	0,1955
Herdabilidade individual no sentido restrito	0,1335+/- 0,0545	0,0800 +/-0,0577	0,0091 +/- 0,0187
Herdabilidade da média de progênies	0,5098	0,3699	0,0582
Acurácia da seleção de progênies	0,7140	0,6082	0,2413
Coeficiente dos efeitos de parcela	0,0578	0,0064	0,0244
Coeficiente dos efeitos de procedências	0,0097	0,0475	0,0321
Coeficiente de variação genética aditiva individual (%)	32,0488	16,7826	5,7604
Coeficiente de variação genotípica entre progênies (%)	16,0242	8,3913	2,8802
Coeficiente de variação residual (%)	39,9667	23,7578	25,7391
Coeficiente de variação relativa	0,8019	0,7064	0,2238
Média geral	0,56	49,00	0,73

*IMA: incremento médio anual de volume de madeira.

Os valores médios encontrados estão próximos aos observados em um teste de progênies de tachi-branco, aos 18 meses de idade, no qual a taxa média de sobrevivência, já nesta idade mais jovem, foi de 50,68% (Cruz et al., 2020).

Diversos fatores podem estar relacionados à baixa taxa de sobrevivência encontrada, tais como a adaptação dos genótipos ao local do teste, a necessidade de tratamentos silviculturais mais específicos em nível de material genético, os possíveis processos de endogâmicos, os fatores relacionados à qualidade das mudas, o manejo florestal adotado, o espaçamento de plantio, entre outros. Como as informações relacionadas aos aspectos silviculturais e ao manejo da espécie ainda são relativamente escassas, estudos recentes ou que estão sendo desenvolvidos (Silva et al., 2016; Abreu et al., 2017; Souza et al., 2019; Barros Júnior, 2020; Ramos et al., 2021) e que podem auxiliar em uma maior expressão do potencial genético dos materiais testados devem ser empregados no estabelecimento de testes futuros, a fim de se avaliar a possibilidade de identificar genótipos com maior taxa de sobrevivência.

O IMA de volume de madeira, aos dez anos, foi $49 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$. A procedência de Belterra apresentou o maior valor de IMA ($56 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) e, Savana, foi aquela que apresentou o menor valor ($41 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$). Em nível de genitor, o maior valor de IMA foi $65 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (Genitor 9), enquanto o valor mais baixo foi $37 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (Genitor 46). É difícil comparar a produtividade média obtida neste teste com espécies que poderiam ser utilizadas para fins bioenergéticos como *Eucalyptus spp.*, uma vez que para este gênero o corte para tais finalidades é realizado por volta dos sete anos, com uma produtividade média de $35 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (IBÁ, 2020). Assim, seria importante que as análises fossem conduzidas em idades semelhantes para fins comparativos. Pesquisas recentes indicam que a produtividade média de tachi-branco pode variar entre $26\text{-}30 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, em diferentes espaçamentos sob condições experimentais aos onze anos, resultados inferiores à média encontrada neste trabalho. Estas pesquisas apontaram, ainda, idades técnicas de corte, com base na maior produção média em volume, por volta dos 5-6 anos. Dessa forma, recomenda-se que

futuros testes genéticos sejam analisados também nesta idade, a fim de selecionar materiais mais produtivos para a idade rotacional indicada para a espécie.

Uma característica comum no tachi-branco é a presença de bifurcação ou mais de dois fustes. A percentagem de indivíduos vivos que apresentaram, pelo menos, dois fustes foi 73%. Na procedência de Belterra, cerca de 80% das plantas foram bifurcadas. Esta característica não é desejada em espécies florestais mais plantadas no País, como pinus e eucalipto, pois usualmente se dá prioridade a fustes retilíneos e únicos. Além disso, a bifurcação pode trazer dificuldades para a colheita mecanizada e diminuir a densidade básica e a densidade relativa aparente do carvão vegetal, aumentando o consumo específico da madeira (Barros Júnior, 2020).

Os coeficientes de determinação de efeito de parcela foram abaixo de 10% para todos os caracteres (Tabela 3), indicando boa precisão experimental (Resende, 2002). Os coeficientes de variação genética aditiva individual e de variação genotípica entre progênies expressam a variação genética existente em relação à média geral. Estes valores foram maiores para sobrevivência, seguido do IMA de volume de madeira e da bifurcação.

Em nenhuma das características avaliadas, o coeficiente de avaliação relativa foi superior a 1, o que apontaria maiores perspectivas de ganho com a seleção, pois assim a proporção da variação genética seria maior do que a ambiental. No entanto, para sobrevivência e IMA, as estimativas de acurácia da seleção de progênies se apresentaram de altas à médias magnitudes (Resende; Duarte, 2007), respectivamente, gerando mais confiabilidade na seleção. A acurácia da sobrevivência também foi de baixa magnitude. Isso era esperado devido à baixa variação genética em relação à ambiental para este caráter.

As herdabilidades individuais foram baixas para os três caracteres avaliados. No entanto, as herdabilidades na média de progênies foram de altas e médias magnitudes para sobrevivência e IMA, respectivamente. Assim, maiores ganhos são esperados com a seleção baseada nas médias das progênies. Para a bifurcação, a herdabilidade foi praticamente nula, demonstrando um baixo controle genético e um grande efeito ambiental na manifestação deste caráter e, conseqüentemente, maior dificuldade em se praticar o melhoramento neste caso. Valores de maior magnitude para herdabilidade na média de progênies foram encontrados para diâmetro à altura do peito (0,88), altura (0,89) e biomassa (0,90) em um teste de progênies de tachi-branco aos oito anos (Farias Neto; Castro, 2000; Farias Neto et al, 2003).

De forma geral, os parâmetros genéticos indicaram perspectivas maiores de ganho para sobrevivência e IMA, respectivamente. Isso é decorrente da maior variabilidade genética encontrada para estes caracteres no presente estudo. Conforme já mencionado, uma maior expressão da variabilidade genética pode estar relacionada a vários fatores como idade e variação genética captada nas procedências e progênies utilizadas no teste, entre outros. Assim, estes fatores devem ser considerados na elaboração de novos testes genéticos visando aumentar as perspectivas de ganhos para os caracteres de interesse para o melhoramento da espécie. Estudos com marcadores moleculares que busquem elucidar a distribuição da variação genética da espécie entre e dentro de populações também poderiam auxiliar na elaboração destes novos testes a fim de captar maior variabilidade.

A seleção das melhores procedências foi realizada apenas para as características que tiveram efeito significativo na análise de deviance: IMA e sobrevivência. Em relação ao IMA, foram selecionadas as três procedências que contribuíram para um aumento deste caráter em relação à média geral. O ganho estimado com a seleção foi 7,53% (Tabela 4). Conforme já comentado, Belterra foi o local

com maior IMA e, assim, o mais indicado para a coleta de sementes visando plantios com maior volume em condições ambientais similares aquelas de Almeirim, PA. Em relação à bifurcação, a seleção foi realizada no sentido de diminuir a média para este caráter. As duas procedências que apresentaram médias inferiores à média geral foram Buritizal e Savana. E o ganho estimado foi de 9,58% (Tabela 4). No entanto, mesmo com a seleção, a média de bifurcação média esperada seria acima de 60%.

Tabela 4. Ganho com a seleção das melhores procedências para incremento médio anual de volume de madeira (IMA, $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) e para sobrevivência (%) no teste de procedências e progênes de *Tachigali vulgaris* aos dez anos, no município de Almeirim, PA.

Procedências	IMA		
	Valor genotípico	Nova média	Ganho (%)
Belterra	56,1096	56,1096	14,91
Macapá	52,1482	54,1289	10,70
Santarém	49,6229	52,6260	7,53
Bifurcação			
Buritizal	0,6272	0,6222	14,77
Savana	0,6922	0,6597	9,58

Embora o efeito de progênes tenha sido significativo apenas para sobrevivência, a seleção para este caráter também foi feita para IMA a fim de identificar as matrizes mais indicadas para a coleta de sementes ou para o uso de eventuais de sementes remanescentes. O ganho com a seleção das 20 melhores progênes foi de 14,72% para IMA e 22,61% para sobrevivência (Tabela 5). Grande parte das progênes selecionadas para IMA são da procedência de Belterra. Isso era esperado devido ao efeito significativo de procedência para este caráter, uma vez que o valor genético da procedência está somado ao da sua respectiva progêne. Fazendo a multiplicação do IMA pela sobrevivência, observa-se um ganho de 26,09% com a seleção das 20 melhores progênes. Observa-se, ainda, que as progênes 9, 2, 19, 23 e 50 aparecem dentre as 20 melhores para o IMA e com a multiplicação do IMA pela sobrevivência o que indica que elas são progênes com alto IMA e taxa de sobrevivência. Esta correção é importante para evitar superestimativas de produtividade que podem estar relacionadas às condições ambientais do teste. A média geral corrigida de IMA foi de $27,66 m^3 ha^{-1} ano^{-1}$, valores mais próximos aos estimados em um outro estudo avaliando a produtividade de tachi-branco em diferentes espaçamentos aos 11 anos.

A seleção em nível individual foi feita para IMA para valores aditivos, a fim de identificar os melhores indivíduos para serem mantidos no teste caso ele fosse convertido em um pomar de sementes por mudas (PSM) ou um pomar clonal de sementes (PCS), em uma eventual propagação vegetativa destes indivíduos. A intensidade de seleção foi realizada de forma a manter um tamanho efetivo mínimo (N_e) de 30. O ganho com a seleção de 101 indivíduos ($N_e = 30$) foi de 20,37% e a média $58,98 m^3 ha^{-1} ano^{-1}$. Embora esta situação não tenha sido simulada, no caso de seleção para valores genotípicos totais em uma possível clonagem em larga escala destes genótipos, existem indivíduos bifurcados cujo volume individual estimado foi de $180 m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ e, outros de fuste único, com valores de $88 m^3 ha^{-1} ano^{-1}$.

Tabela 5. Ganho com a seleção das melhores procedências para incremento médio anual de volume de madeira (IMA, m³ ha⁻¹ ano⁻¹), sobrevivência (SOB, %) e para o IMA multiplicado pela sobrevivência no teste de procedências e progênes de *Tachigali vulgaris* aos dez anos, no município de Almeirim, PA.

Ordem	IMA			SOB			IMA X SOB				
	Genitor/ Procedência	Ganho	Ganho (%)	Genitor/ procedência	Ganho	Ganho (%)	Genitor/ procedência	IMA *sobrevivência	Nova média	Ganho	Ganho (%)
1	9 (BE)	16,22	33,10	31 (SA)	0,24	43,94	9 (BE)	46,32	46,31	18,66	67,48
2	50 (BE)	15,43	31,48	29 (BE)	0,24	43,55	29 (BE)	42,93	44,62	16,97	61,36
3	24(BE)	14,17	28,92	46 (AS)	0,22	39,83	2 (BE)	40,67	43,30	15,65	56,59
4	28 (BE)	13,45	27,45	44 (SA)	0,20	36,51	10 (BE)	39,50	42,35	14,70	53,15
5	2(BE)	12,96	26,46	9 (BE)	0,19	34,39	23 (BE)	38,75	41,63	13,98	50,54
6	23(BE)	12,17	24,83	10 (BE)	0,18	32,95	5 (BE)	36,52	40,78	13,12	47,45
7	54 (MA)	11,56	23,59	12 (SA)	0,17	31,23	22 (SA)	36,33	40,14	12,49	45,15
8	10 (BE)	10,94	22,33	13 (SA)	0,16	29,94	50 (SA)	34,82	39,48	11,82	42,75
9	34 (SA)	10,41	21,26	22 (SA)	0,16	28,95	7 (BE)	34,44	38,92	11,26	40,72
10	59 (SA)	9,89	20,18	8 (SA)	0,15	28,13	44 (SV)	34,17	38,44	10,79	39,00
11	5 (BE)	9,44	19,25	37 (BU)	0,15	27,44	38 (SA)	32,95	37,94	10,29	37,20
12	14 (SA)	9,05	18,47	2 (BE)	0,15	26,82	1 (SA)	32,25	37,47	9,81	35,48
13	39(BE)	8,72	17,80	5 (BE)	0,14	26,31	21 (BU)	31,71	37,02	9,37	33,88
14	53 (MA)	8,44	17,22	23 (BE)	0,14	25,85	8 (SA)	31,64	36,64	8,99	32,49
15	60 (MA)	8,18	16,70	20 (SA)	0,14	25,14	31 (SV)	31,42	36,29	8,64	31,23
16	3 (BE)	7,96	16,25	38 (SA)	0,13	24,52	26 (SA)	31,26	35,98	8,32	30,09
17	7 (BE)	7,75	15,82	41 (SV)	0,13	23,95	3 (BE)	31,06	35,69	8,03	29,05
18	22 (SA)	7,55	15,42	47 (SV)	0,13	23,46	34 (SA)	30,47	35,40	7,74	28,00
19	40(BE)	7,38	15,05	30 (SV)	0,12	23,01	27 (SA)	30,25	35,12	7,47	27,02
20	29 (BE)	7,21	14,72	21 (BU)	0,12	22,61	41 (SV)	29,99	34,87	7,22	26,09

Legenda: Procedências: BE) Belterra, MA) Macapá, AS) Santarém, BU) Buritizal e SV) Savana.

Esses resultados embora animadores, devem ser observados com cautela e com a avaliação da condição em que estes indivíduos estão situados no experimento em campo, pois fatores como a falta de competição podem favorecer esses valores expressivos encontrados.

Considerações finais

Dentre as procedências estudadas, Belterra foi a que apresentou indivíduos com maior IMA e, Buritizal, as menores taxas de bifurcação, embora estas ainda sejam altas.

As herdabilidades individuais foram baixas para todas as variáveis. As herdabilidades nas médias de progênies foram de alta, média e baixa magnitudes para sobrevivência, IMA de volume de madeira e bifurcação, respectivamente.

Existe perspectiva de ganhos com a seleção das melhores progênies e melhores indivíduos para sobrevivência e IMA e com a seleção das melhores progênies para sobrevivência.

Sugere-se que novos testes sejam realizados incorporando novos materiais genéticos a fim de aumentar as perspectivas de ganho. Recomenda-se que as análises sejam realizadas na idade rotacional mais adequada para a cultura.

Estudos com marcadores moleculares e de metodologias eficientes de propagação da espécie também devem ser desenvolvidos, a fim de auxiliar no planejamento de testes genéticos e programas de melhoramento.

Agradecimentos

Os autores expressam seus sinceros agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Embrapa Amazônia Oriental e ao Grupo Jari pelo financiamento da pesquisa.

Referências

ABREU, D. C. A. de.; PORTO, K. G.; NOGUEIRA, A. C. Métodos de superação da dormência e substratos para germinação de sementes de *Tachigali vulgaris* L. G. Silva & H. C. Lima. **Floresta e Ambiente**, n. 24, e00071814, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.071814>.

ALVES, J. C. Z. O.; MIRANDA, I. S. Análise da estrutura de comunidades arbóreas de uma Floresta Amazônica de Terra Firme aplicada ao manejo florestal. **Acta Amazônia**, v. 38, n. 4, p. 657-666, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000400008>.

BARROS JÚNIOR, U. O. **Tachigali vulgaris em plantios homogêneos na Amazônia**: parâmetros de crescimento, madeira e carvão vegetal para fins energéticos. 2020. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas.

CARPANEZZI, A. A.; MARQUES, L. C. T.; KANASHIRO, M. **Aspectos ecológicos e silviculturais de tachi-branco-da-terra-firme (*Sclerolobium paniculatum*)**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1983. 8 p. (EMBRAPA-URPFCS. Circular técnica, 8). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215491/1/circ-tec08.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.

- CRUZ, S. L. **Análise genética do crescimento inicial de procedências e progênies de taxi-branco (*Tachigali vulgaris* L. F. Gomes da Silva & H. C. Lima)**: uma espécie de potencial agroecológico para a Amazônia. 2017. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Universidade Estadual de Roraima, Boa Vista.
- CRUZ, S. L.; PEDROZO, C. A.; OLIVEIRA, V. X. A.; SILVA, A. M. da; RESENDE, M. D. V. de; GONÇALVES, D. de A. Parâmetros genéticos e seleção inicial de procedências e progênies de taxi-branco (*Tachigali vulgaris*) em Roraima. **Ciência Florestal**, v. 30, n.1, p. 258-269, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509831631>.
- FARIAS NETO, J. T.; CASTRO, A. W. V.; MOCHIUTTI, S. Eficiência da seleção combinada no melhoramento genético do taxi-branco (*Sclerobium paniculatum* Vogel). **Acta Amazônica**, v. 28, n. 2, p. 147-152, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43921998282152>.
- FARIAS, J.; MARIMON, B. S.; SILVA, L. D. 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.03.022>.
- FARIAS NETO, J. T.; CASTRO, A. W. V. Avaliação de progênies de taxi-branco (*Sclerobium paniculatum*) e estimativas de parâmetros genéticos. **Acta Amazonica**, v. 29, n. 3, p. 423-428, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43921999293428>.
- FARIAS NETO, J. T.; CASTRO, A. W. V. Aplicação de diferentes critérios de seleção no melhoramento genético do taxi-branco. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 41, p. 46-54, 2000. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/43068/1/AplicacaoTaxiBranco.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.
- FARIAS NETO, J. T.; CASTRO, A. W. V.; BIANCHETT, A. Aplicação da seleção precoce em famílias de meios irmãos de taxi-branco. **Acta Amazonica**, v. 33, n. 1, p. 85-91, 2003. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/407552/1/1v33n1a08.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.
- IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório IBÁ 2020**. Brasília, DF: IBÁ, 2020. 93 p. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.
- MARTINOTO, F. **Avaliação do desenvolvimento inicial de espécies arbóreas nativas do cerrado**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.
- ORELLANA, B. B. M. A. **Quantificação da biomassa e potencial energético de *Tachigali vulgaris* em áreas plantadas no estado do Amapá**. 2015. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília.
- ORELLANA, B. B. M.; DO VALE A. T.; GONÇALEZ, J.; GUEDES, M. C.; ORELLANA, J. B. P.; LIMA, C. M. Produtividade energética da madeira de *Tachigali vulgaris* por classe diamétrica em plantios experimentais na Amazônia. **Nativa**, v. 6, p. 773-781, 2018. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i0.5130>.
- RAMOS, L. O.; MIRANDA, R. O. V.; SOARES, A. A. V.; PROTÁSIO, T. de P.; GONÇALVES, D. de A. Wood volumetry of *Tachigali vulgaris* pure plantations in different planting spacings. **Floresta**, v. 51, n. 4, p. 990-999, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5380/uf.v51i4.75138>.
- RESENDE, M. D. V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.
- RESENDE, M. D. V. de. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 362 p.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/1867/1773>. Acesso em: 20 out. 2022.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.
- SILVA, A. R.; GONÇALVES, D. de A.; SALES, A. Desempenho do taxi-branco em resposta à adubação combinada de fósforo e potássio em Latossolos. **Acta Iguazu**, v. 5, n. 2, p. 37-48, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/148489/1/Desempenho.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.

SOUZA, J. C. D.; PEDROZO, C. Â.; SILVA, K. D.; OLIVEIRA, V. X. A.; ALENCAR, A. M. D. S. Ambientes para a produção de mudas e nodulação por rizóbios em *Tachigali vulgaris*. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 116-129, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509827955>.

TONINI, H.; SCHWENGBER, D. R.; MORALES, M. M.; OLIVEIRA, J. M. F. de. Crescimento e qualidade energética da madeira de *Tachigali vulgaris* sob diferentes espaçamentos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, p. 1-8, 2018. DOI: 10.4336/2018.pfb.38e201801569.

VENTURIERI, G. C.; BRIENZA JÚNIOR, S.; NEVES, C. de B. Ecologia reprodutiva do taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* var. *paniculatum* Vogel) Leg: Caesalpinoideae. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: contribuições do Projeto Embrapa/DFID, 1999, Belém. **Anais** [...]. Belém: EMBRAPA-CPATU: DFID, 1999. p. 83-90. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 123). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57956/1/Doc123-p83-90.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.