UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

OTAVIO PAES SOSSOLOTI

VARIAÇÃO GENÉTICA PARA CARACTERES SILVICULTURAIS EM UMA POPULAÇÃO DE [Hevea brasiliensis (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell. - Arg.]

Ilha Solteira

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

OTAVIO PAES SOSSOLOTI

VARIAÇÃO GENÉTICA PARA CARACTERES SILVICULTURAIS EM UMA POPULAÇÃO DE [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell. - Arg.]

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia Câmpus de Ilha Solteira – Unesp como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes
Orientador

Ilha Solteira
2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S715v

Sossoloti, Otavio Paes.
Variação genética para caracteres silviculturais em uma população de [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell. - Arg.] / Otavio Paes Sossoloti. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
33 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agronômica) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2024

Orientador: Mario Luiz Teixeira de Moraes

Inclui bibliografia

1. Parâmetros genéticos. 2. REML/BLUP. 3. Seringueira. 4. Teste de progênies.

Amanda Sertori dos Santos
Bibliotecária - CRB/8-9061
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao Usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" FACULDADE DE ENGENHARIA – UNESP – CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: **VARIAÇÃO GENÉTICA PARA CARACTERES SILVICULTURAIS EM UMA POPULAÇÃO MELHORADA DE** [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell. - Arg.]

ALUNO: **OTÁVIO PAES SOSSOLOTI** - RA: 181053471

ORIENTADOR: **MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES**

Aprovado (X) Reprovado ( ) pela Comissão Examinadora com nota obtida: 9,0

Comissão Examinadora:

PROF. DR. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES
1º EXAMINADOR (Orientador-Presidente)

DR. ALEXANDRE MARQUES DA SILVA
2º EXAMINADOR

Documento assinado digitalmente
gov.br LARA COMAR RIVA
Data: 06/01/2024 08:02:07-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

DRA. LARA COMAR RIVA
3ª EXAMINADORA

OTÁVIO PAES SOSSOLOTI
Aluno

Ilha Solteira (SP), 05 de janeiro de 2024.

Digitalizado com CamScanner

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho de conclusão de curso aos meus pais Donizeti Sossoloti e Catarina de Cássia Paes Sossoloti, a meus irmãos Flávio Paes Sossoloti e Cárita Paes Sossoloti e a minha avó Julia Paes Perez (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes, pela orientação, disposição e ensinamentos.

A Selma Maria Bozzite Moraes e ao José Cambuim pela ajuda na coleta de dados e aprendizados.

Aos meus professores da graduação e todos os funcionários da instituição.

Aos gestores do Programa de Melhoramento de Seringueira do IAC, Dr. Paulo de Souza Gonçalves, Dr. Erivaldo José Scaloppi Junior e Dra. Ligia Regina Lima Gouvêia, pelo fornecimento das mudas de seringueira e parceria.

Epígrafe

> *“*Se faltar calor, a gente esquenta. Se ficar pequeno, a gente aumenta. E se não for possível, a gente tenta”.
>
> Pose (Gessinger, H. 1992)

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a variação genética para os caracteres silviculturais em um teste de progênies clonais de polinização aberta de seringueira (*Hevea brasiliensis*), que se encontra instalada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP (FEPE), localizada em Selvíria, MS. Foram avaliados aos 16 anos, após o plantio, o diâmetro a altura do peito (DAP), forma do fuste (FOR) e sobrevivência (SOB). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 34 tratamentos (famílias), quatro repetições e parcelas lineares de 10 plantas, no espaçamento de 3 x 3 m. As estimativas dos componentes de variância e os parâmetros genéticos foram obtidos, por meio da utilização da metodologia de máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viciada (REML/BLUP). A análise de deviance apresentou valores significativos a para DAP e SOB e não significativos para FOR. As médias para o DAP, FOR e SOB foram: 19,34 cm, 4,43 e 78,16%, respectivamente. O DAP é o caráter mais indicado para uma eventual seleção, por apresentar a maior herdabilidade, em nível de média (0,83), acurácia (87,39%), coeficiente de variação genética (20,93%) e coeficiente de variação relativa (1,09) quando comparado a FOR. A população evidenciou considerável base genética. Dessa forma, justifica a transformação do teste de progênies em um pomar de sementes por mudas.

Palavras-chave: Parâmetros genéticos, REML/BLUP, Seringueira, Teste de progênies.

ABSTRACT

The objective of the work was to evaluate the genetic variation for silvicultural traits in a test of open-pollinated clonal progenies of rubber trees (*Hevea brasiliensis*), installed at the Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) belonging to the Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP) located in Selvíria, MS. Diameter at breast height (DBH), stem shape (FOR) and survival (SOB) were evaluated at 16 years of age, after planting. The experimental design used was randomized blocks with 34 treatments (families), four replications and linear plots of 10 plants, spaced 3 x 3 m. Estimates of variance components and genetic parameters were obtained using the restricted maximum likelihood and best unbiased linear prediction (REML/BLUP) methodology. The deviance analysis showed significant values for DAP and SOB and non-significant values for FOR. The averages for DAP, FOR and SOB were: 19.34 cm, 4.43 and 78.16%, respectively. DAP is the most suitable trait for eventual selection, as it presents the highest heritability, at an average level (0.83), accuracy (87.39%), coefficient of genetic variation (20.93%) and coefficient of relative variation (1.09) when compared to FOR. The population demonstrated a considerable genetic base. In this way, it justifies the transformation of the progeny test in a seed orchard by seedlings.

Keywords: Genetic parameters, REML/BLUP, Rubber Tree, Progeny test.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Local de estudo na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, da Faculdade de Engenharia Câmpus de Ilha Solteira/UNESP (FEPE), Selvíria-MS. A- Teste de progênies; B- Sede da fazenda..... 20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativas de parâmetros genéticos e estatísticos para os caracteres, diâmetro a altura do peito (DAP), forma do fuste (FOR), e média geral em progênies de *Hevea brasiliensis*, aos 16 anos, em Selvíria-MS..... 24

1 INTRODUÇÃO..... 13
2 OBJETIVOS..... 15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 16
3.1 SERINGUEIRA:CARACTERÍSTICASGERAIS..... 16
3.2 USO MADEIREIRO..... 17
3.3 MELHORAMENTO GENÉTICO DA SERINGUEIRA..... 17
4 MATERIAL E MÉTODOS..... 19
4.1 MATERIAL..... 19
4.2 MÉTODOS..... 19
4.2.1 Local de estudo e instalação do teste de progênies..... 19
4.2.2 Caracteres avaliados..... 20
4.2.3 Delineamento estatístico e estimativa de parâmetros genéticos.. 21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 22
6 CONCLUSÃO..... 26
REFERÊNCIAS..... 27

APÊNDICE A – Croqui com o experimento de avaliação de progênies de seringueira (Hevea brasiliensis) cedidas pelo IAC com plantio realizado dia 04 a 05/07/2006, com espaçamento 3 x 3 m, sendo: 34 progênies, 4 repetições e 10 plantas/parcela..... 31

APÊNDICE B – Estimativas das variâncias: genética aditiva ( ), ambiental entre parcelas ( ), residual (ambiental + não aditiva) ( ) e fenotípica individual ( ) em um teste de progênies de Hevea brasiliensis, aos 16 anos em Selvíria-MS..... 32

ANEXO A – Escala de notas para a forma do fuste (FOR)..... 33

1 INTRODUÇÃO

A seringueira, especificamente a espécie *Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell. - Arg., é uma árvore nativa da floresta amazônica do Brasil, desempenhando um papel de destaque na biodiversidade da região. Com sua capacidade produtiva e variabilidade genética superiores, ela se tornou a espécie mais importante do ponto de vista comercial. A seringueira é reconhecida não apenas por ser uma das maiores fontes produtoras de borracha vegetal e látex do mundo, sendo considerada uma matéria-prima estratégica para o progresso da humanidade, mas também como recurso florestal, podendo ser utilizada como fonte de energia, na fabricação de móveis e objetos artesanais, na construção civil e na produção de chapas de cimento-madeira. É essencial adotar práticas de manejo sustentável para garantir o equilíbrio entre a produção de borracha e o aproveitamento da madeira, permitindo que a seringueira contribua positivamente para a economia e a sociedade (GONÇALVES et al., 1990; COSTA et al., 2001; DOURADO, 2016)

A borracha obtida da seringueira, conhecida como borracha natural, é um recurso inestimável para diversas indústrias. Seu látex é amplamente utilizado em uma infinidade de produtos, abrangendo cerca de 50 mil itens diferentes em diversos setores. As indústrias de adesivos, pneumáticos, luvas descartáveis, materiais cirúrgicos, preservativos, pisos, revestimentos e muitos outros se beneficiam das propriedades únicas da borracha natural. Sua elasticidade, flexibilidade e resistência à abrasão e ao impacto são atributos que garantem a qualidade e a durabilidade de diversos produtos fabricados com esse material. Além disso, a facilidade de adesão a tecidos e aço, bem como sua impermeabilidade, tornam-na uma matéria-prima versátil e de alto desempenho. É difícil subestimar o valor da borracha natural na produção de uma variedade de itens essenciais para o cotidiano moderno (COSTA et al., 2001; RIPPEL e BRAGANÇA, 2009; DOURADO, 2016).

Ao longo da história, a seringueira foi de extrema importância econômica para o Brasil. Até o início do século XX, o país era o principal produtor mundial de borracha natural, graças à vasta extensão de seringais naturais encontrados na região amazônica. No entanto, a situação mudou na década de 1950, quando o Brasil se tornou um importador líquido desse recurso. Hoje, apesar de ainda ser um dos principais produtores, o país ocupa a 9ª posição na produção mundial de borracha natural. A heveicultura, a prática de cultivo da seringueira, desempenha um papel

relevante na economia brasileira, com o estado de São Paulo liderando a produção nacional (DOURADO, 2016).

A busca por melhoramento genético tem sido uma prioridade na heveicultura. Pesquisadores têm se dedicado ao desenvolvimento de clones promissores e ao aprimoramento das técnicas de cultivo para aumentar a produtividade da seringueira. A obtenção de clones de seringueira mais produtivos e resistentes a doenças é essencial para garantir a sustentabilidade e a competitividade do setor.

A seringueira, com sua importância econômica e ecológica, desempenha um papel fundamental no desenvolvimento sustentável da região amazônica e na oferta global de borracha natural. Seu cultivo e o uso de tecnologias de melhoramento genético são essenciais para garantir a continuidade desse recurso, que contribui para o progresso da humanidade e para o fornecimento de uma variedade de produtos essenciais em diferentes indústrias. A preservação e a gestão responsável dos seringais são fundamentais para assegurar um futuro próspero, tanto para a seringueira quanto para a sociedade.

2 OBJETIVOS

Os objetivos gerais do trabalho foram:

i) Conhecer a base genética para os caracteres silviculturais (diâmetro à altura do peito – DAP e forma do fuste – FOR) em um teste de progênies de uma população de *Hevea brasiliensis*, obtida a partir de sementes de clones comerciais de seringueira em cruzamento natural;

ii) Fornecer subsídios para a futura transformação do teste de progênies em um pomar de sementes por mudas, visando a obtenção de sementes de seringueira, com qualidade genética, a partir da recombinação entre as plantas das progênies, que forem selecionadas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1SERINGUEIRA: CARACTERÍSTICAS GERAIS

Conhecida como seringueira, a *Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) pertence à família Euphorbiaceae, é a espécie comercialmente mais importante dentre as 11 existente do gênero *Hevea*, por ter uma grande variabilidade genética e ter a maior capacidade produtiva. Sua origem se dá na floresta amazônica brasileira, sendo de extrema importância para a economia do país, por se tratar de uma árvore que produz borracha vegetal e látex, além do seu potencial uso madeireiro (GONÇALVES et al., 1990; DOURADO, 2016).

As outras 10 espécies o gênero *Hevea,* são: *H*. *pauciflora* (Spruce ex Benth), *H*. *microphylla* Pires, *H*. *spruceana* (Benth), *H*. *rigidifolia* (Spruce ex Benth) Muell.-Arg., *H*. *paludosa* Ule Jarb., *H*. *camporum* Ducke, *H*. *nitida* Mart. ex Muell.-Arg., e *H*. camargona *Pires*, *H*. guianensis *Aublet*, *H*. *benthamiana* Muell.-Arg. As únicas que produzem látex aceitável além da *Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) são: (*H*. *guianensis*, *H*. *benthamiana*) (GONÇALVES et al., 1990; DOURADO, 2016).

As folhas são trifolioladas, com longo pecíolo (SECCO, 2008). Ostendorf e Ramaer (1931) mostraram que as folhas têm disposição espiralada e são distribuídas em fluxos que divergem em um ângulo geralmente de 138º (2/5) ou ocasionalmente de 103º (2/7). As inflorescências são em forma de panículas dispostas ao longo de brotos terminais, ou no ápice de ramos curtos. A primeira floração ocorre entre o 3º e 5º ano após plantio, no caso de plantio comercial.

As flores são de tonalidade amarelada e claras, unissexuais (diclinas), monoclamídeas (só apresentam cálice), não apresentam corola, monóica (flores masculinas estaminadas e femininas pistiladas ocorrem na mesma inflorescência) (DOURADO, 2016).

O fruto é lenhoso e apresenta três mericarpos. As sementes são leves, o que facilita a dispersão pela água, e fazem parte da cadeia alimentar de peixes, são subovais a elíptico-oblongas, em número de três, por mericarpo de fruto (SECCO, 2008).

3.2 USO MADEIREIRO

A madeira da seringueira possui características desejáveis na indústria moveleira, pode ser curvada com facilidade com o uso de vapor, furada, colada, pregada e apresenta cor clara, o que facilita seu tingimento, apesar disso, quando uma plantação precisa ser renovada e retiradas as plantas antigas, o comum destino que se tem para essas árvores no Brasil é o uso como lenha. Sua densidade quando seca ao ar, varia de 560 a 650 Kg/m³ (SERVOLO FILHO, 2013). Quando comparamos com o eucalipto que é uma madeira muito utilizada na indústria moveleira, podemos observar uma densidade próxima, de 490 a 730 Kg/m³ como mostrado por Oliveira (2005).

Okino et al. (2004) nos mostram que a madeira da *Hevea* também é viável para a produção de chapa aglomerada de cimento-madeira após o fim do ciclo produtivo de látex.

3.3 MELHORAMENTO GENÉTICO DA SERINGUEIRA

Foi durante a era vitoriana, com os britânicos buscando novas culturas promissoras para áreas tropicais do seu império que se iniciou a domesticação do gênero *Hevea,* em 1849 Richard Spruce descreveu oito espécies, que forneceu base para que essas entrassem em um programa de domesticação, então no período de 1873 a 1875 foram realizadas algumas tentativas sem sucesso da introdução da *Hevea brasiliensis* na Inglaterra por ordem do diretor do Jardim Botânico Real de Kew (GONÇALVES et al., 1990).

Foi a partir de 1876, com a coleta bem-sucedida de Henry Alexander Wickman, considerada um dos marcos mais importantes no melhoramento da *Hevea brasiliensis,* que começou a se ter os maiores avanços nesse sentido, Wickman considerou que as melhores seringueiras eram de *H. brasiliensis* da região do rio Tapajós, então coletou 70.000 sementes com a ajuda do índios Mura e as enviou a Londres, tendo germinadas em solo britânico, cerca de 2800, porém com seu rápido crescimento, foi necessário o envio para o Jardim Botânico de Ceilão, de lá então foram enviadas para muitas localidades da Malásia e outros países asiáticos, sendo que apenas 22 plântulas foram destinadas a Malásia, deste modo, essas 22 plantas

formam hoje a base de progênies de *Hevea brasiliensis* de toda a Ásia (GONÇALVES et al., 1990).

A partir daí foi realizada uma disseminação rápida dessa cultura nas áreas tropicais do sul e sudeste asiático e desenvolvido um novo sistema de corte, que diminuiu os danos causados a árvores, aumentando assim sua produção e sua sangria podendo ser realizadas mais de 100 vezes ao ano. Foi descoberto então, em 1919 em um estudo realizado por Whitby, que 9,9% das árvores descendentes de cruzamentos casuais tinham capacidade de produzir o triplo de látex que as árvores já existentes. Com a fixação dessas árvores, com o auxílio da enxertia, descoberta em 1917, foi possível o desenvolvimento de clones de qualidade superior e sua consequente propagação, tendo como próximo passo, a hibridação seletiva de clones superiores e propagação de clones obtidos dos híbridos superiores, com a utilização dessa técnica, foi obtidos os clones comerciais mais modernos, tendo aumentado a produção em seis vezes, quando comparados as árvores observadas do Wickman, em 1876 (GONÇALVES et al., 1990).

O mal-das-folhas foi responsável por grande avanço no melhoramento da seringueira, com a Companhia Ford tendo investido em programas de melhoramento, pois havia perdido grandes plantações em Fordlândia e Belterra (GONÇALVES et al., 1990).

Atualmente, os objetivos da seleção vão variar de acordo com a região que se destina tal população, como a resistência ao mal-das-folhas, produção de látex, vigor, formato da copa (em caso de material para uso em sistemas agroflorestais) ou ainda o crescimento do caule após o início da sangria, visto que é uma cultura de alto investimento inicial e quando mais cedo poder-se abrir o painel sem prejudicar a árvore, mais viável economicamente torna-se o seu plantio, porém, podemos destacar como o carácter mais importante a produção de látex, seguida do vigor (GONÇALVES; MARQUES, 2008; MARQUES et al., 2007).

A técnica que tem sido usada para melhorar esses caracteres é a seleção fenotípica dos paternais, a hibridização e finalmente, a seleção clonal. Recentemente, tem sido utilizada extensivamente a seleção entre e dentro de progênies de meios-irmãos, principalmente em função da facilidade prática de obtenção desse tipo de progênies (GONÇALVES et al., 1998).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

A população de *Hevea brasiliensis*, obtida a partir de sementes de clones comerciais de seringueira de polinização aberta, tem como base matrizes clonais selecionadas: 1-12-56-77, 64B 850, Fx (2261 e 3864), GT1, IAC (15, 35, 40, 41, 44, 301, 307 e 311,), IAN 873, IRCA 111, MT 45, PB (28/59, 217, 235, 252, 260 e 330), Pind 595/89, PR (255 e 261), RO-I (35 e 110), RRIM (600, 606, 701 e 725), procedentes do Centro de Seringueira e Sistemas Agroflorestais, IAC (Instituto Agronômico) de Votuporanga, SP. Portanto, faz parte de um programa de melhoramento da seringueira do IAC. Esta população foi denominada de população melhorada (PM).

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Local de estudo e instalação do teste de progênies

O teste de progênies clonais de polinização aberta de seringueira foi instalado no período de 04 a 05/07/2006 na forma de teste de progênies na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, da Faculdade de Engenharia Câmpus de Ilha Solteira (FEPE/FEIS/UNESP), em Selvíria-MS (Figura 1).

A localização geográfica aproximada da área do experimento está na latitude 20° 20’ 30’’ S, longitude 51° 24’ 14’’ W e 375 metros de altitude. O relevo é caracterizado como moderadamente plano e ondulado. Pela classificação de Köppen o clima do local é do tipo Aw, com temperatura média anual de 24,5°C, umidade média anual de 64,8%, precipitação média anual de 1232,2 mm e insolação média de 7,3 horas/dia (HERNANDEZ; LEMOS FILHO; BUZETTI, 1995; UNESP CLIMA, 2023). O solo local foi classificado segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018), como Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso, A moderado, hipidistrófico, álico, caulinítico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido (LVd).

Figura 1. Local de estudo na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, da Faculdade de Engenharia Câmpus de Ilha Solteira/UNESP (FEPE), Selvíra-MS. A-Teste de progênies; B- Sede da fazenda.

Fonte: Google maps

4.2.2 Caracteres avaliados

Os caracteres silviculturais, avaliados aos 16 anos após o plantio, foram:

a) Diâmetro do caule à altura do peito (DAP) com auxílio de fita métrica (cm);

b) Forma do fuste das árvores (FOR), sendo esta obtida com base na média aritmética entre as duas medidas obtidas por escala de notas de 1 a 5, considerando (Apêndice 3):

i) Bifurcação do fuste (BI):

1: Bifurcação abaixo de 1,30 com diâmetro igual ao fuste principal;

2: Bifurcação acima de 1,30 com diâmetro igual ao fuste principal;

3: Bifurcação abaixo de 1,30 com diâmetro inferior ao fuste principal;

4:Bifurcação acima de 1,30 com diâmetro inferior ao fuste principal;

5: Sem bifurcação.

ii) Retidão, ou tortuosidade do fuste (TO):

1. Tortuosidade acentuada em toda a extensão;

2. Tortuosidade acentuada abaixo de 1,30 m;
3. Tortuosidade acentuada acima de 1,30 m;
4. Leve tortuosidade em toda extensão;
5. Sem tortuosidade.

Sendo representada pela seguinte expressão:

FOR = $\frac{BI+TO}{2}$

c) Além dos caracteres silviculturais foi avaliada a sobrevivência, atribuindo-se “1” para a presença da planta e “0’ para a ausência da planta.

4.2.3 Delineamento estatístico e estimativa de parâmetros genéticos

O teste de progênies foi instalado em delineamento de blocos casualizados com 34 tratamentos (Progênies), quatro repetições e 10 plantas por parcela na forma linear no espaçamento de 3 x 3 m (Apêndice 1).

As estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos, de cada caráter avaliado no teste de progênies, foram obtidas empregando-se o procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), utilizando a metodologia dos modelos lineares mistos. Para tanto, se utilizou o "modelo 93" do *software* genético-estatístico SELEGEN (RESENDE, 2007; 2016).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 16 anos após o plantio as progênies de *H. brasiliensis* apresentam em média um desempenho de 19,34 cm em DAP (significativo a 5% de probabilidade); 4,43 em FOR (não significativo). Enquanto a sobrevivência média foi de 78,16% (significativa a 5% de probabilidade) (Tabela 1). Dessa forma, verifica-se que as progênies de seringueira apresentaram desenvolvimento semelhante em FOR, mas crescimento diferenciado em DAP e também em relação a sobrevivência, sendo que aqui se destacam as progênies, via sementes dos clones: RRIM 606 (95,0%), PR 261 (92,5%), PB 252 (90,0%), IAC 311 (90,0%), GT 1 (90,0%), IRCA 111 (87,5%), PR 255 (87,5%), RRIM 701 (85,0%), IAN 873 (85,0%), PB 217 (85,0%), 1-12-56-77 (85,0%) e IAC 35 (82,5%) cuja sobrevivência foi igual ou superior ao RRIM 600 (82,5%), tido como referência.

Quanto aos valores de acurácia ($r_{\hat{a}a}$), podemos classificá-los como alta para DAP (87,39%) e baixa para FOR (13,51%), segundo a classificação de Resende e Duarte (2007), que classificam como muito alta as estimativas de 90% a 99%, alta de 70% a 89%, moderada de 50% a 69% e baixa de 10% a 49%. Os mesmos autores nos indicam que uma acurácia acima de 70% é uma correlação ótima para um programa de melhoramento, deste modo, podemos dizer que os valores estimados para DAP estão próximos aos valores genéticos reais.

O coeficiente de variação experimental (CV_e) apresentou valores de 9,58% para DAP e 9,73% para forma, bem abaixo do encontrado por Boock et al. (1995) (57,65 %) para DAP, em uma população com três anos de idade. Segundo (Pimentel-Gomes; Garcia, 2002), valores entre 10% e 20% podem ser considerados baixos em experimentos onde ocorre competição entre plantas. Esses baixos valores para coeficiente de variação experimental indicam que houve uma coleta de dados uniforme, diminuindo assim o erro experimental, que nos leva a resultados mais precisos. Estimativas maiores de 17,27% para o CV_e foram obtidas para a sobrevivência, mas ainda aceitáveis no intervalo citado (Tabela 1).

As estimativas de variâncias para os caracteres DAP e FOR indicam a participação da parte genética e ambiental na expressão fenotípica individual (Apêndice 2). Estas estimativas foram a base para se obter os parâmetros ambientais (coeficiente de determinação dos efeitos de parcela) e genéticos como as

herdabilidades, a acurácia e os coeficientes de variação genética e relativa (Tabela 1).

As estimativas do coeficiente de determinação dos efeitos de parcela se referem a forma como as parcelas estão distribuídas nos blocos e se esta distribuição pode ou não ter interferência na estimativa dos parâmetros genéticos. Resende (2002) sugere que estimativas deste coeficiente até 20% não chegam a interferir nas estimativas dos parâmetros genéticos dos caracteres que estão sendo avaliados. No presente trabalho se obteve estimativas de 0,34% (DAP) e 14,52% (FOR), portanto inferiores ao preconizado pelo autor (Tabela 1). As maiores estimativas para a FOR podem ser atribuídas a influência do sombreamento diferenciado em função que ocorre nas parcelas em função das falhas, mas que não chega a proporcionar viés nas estimativas dos parâmetros genéticos.

A relação das estimativas das herdabilidades em nível de média (0,83; 0,02), individual (0,44;0,00) e aditiva dentro de parcela (0,37; 0,00), respectivamente para o DAP e FOR, já é um indicativo que a população, em estudo, pode ser conduzida como sendo de polinização aberta, pois a relação $\hat{h}_m^2 > \hat{h}_a^2 > \hat{h}_{ad}^2$ se mostra verdadeira (Tabela 1). Moreti et al. (1994) e Boock et al. (1995), obtiveram valores de mesma magnitude para DAP com a herdabilidades em nível de média (0,67; 0,75), individual (0,32; 0,47) e aditiva dentro de parcela (0,25; 0,43), tendo como base a classificação de Resende (1995) em que estimativas de 0,01 a 0,15 (baixas), 0,15 a 0,50 (média) e superiores a 0,50 alta, as estimativas encontradas para o DAP são de média a alta magnitude e a da FOR são de baixa magnitude. Estas estimativas são fundamentais na escolha do caráter a ser selecionado e a melhor estratégia de seleção visando ganhos genéticos com a seleção individual, por famílias (progênies), dentro de famílias ou em conjunto.

O valor do coeficiente de variação relativa (CV_r) foi de 1,09 para o DAP e 0,07 para FOR (Tabela 1). Segundo Vencovsky e Barriga (1992), quanto maior o valor do CV_r (alta magnitude), significa que o caráter está expressando um maior o controle genético quando comparado aos fatores ambientais, que possam atuar neste caráter. Portando, estes caracteres são comumente escolhidos, pois têm melhores perspectivas, para obtenção de ganhos expressivos na seleção. Desse modo, o caráter recomentado para se proceder a seleção em um eventual programa de melhoramento genético dessa população é o DAP.

Em relação aos valores de coeficiente de variação genética individual (CV_{gi}), que expressa em porcentagem da média geral a quantidade de variação genética existente, um valor elevado somente para DAP (20,93%), acima do encontrado por (COSTA et al., 2000; COSTA et al., 2008) e por (DOURADO, 2016), na mesma população, com oito anos de idade, evidencia que esta população continua a expressar a sua variabilidade genética detectada por meio da avaliação do DAP (Tabela 1).

Tabela 1. Estimativas de parâmetros genéticos e estatísticos para os caracteres, diâmetro a altura do peito (DAP), forma do fuste (FOR), e média geral em progênies de *Hevea brasiliensis*, aos 16 anos, em Selvíria-MS.

Estimativas	DAP (cm)	FOR	SOB (%)
$\hat{h}_a^2$	0,44±0,12	0,00±0,01	----
$\hat{h}_{aj}^2$	0,44	0,01	----
$\hat{C}_p^2$ (%)	0,34	14,52	----
$\hat{h}_m^2$	0,83	0,02	----
$r_{\hat{a}a}$ (%)	87,39	13,51	----
$\hat{h}_{ad}^2$	0,37	0,00	----
CV_{gi} (%)	20,93	1,33	----
CV_{gp} (%)	10,47	0,66	----
CV_e (%)	9,58	9,73	17,27
CV_r	1,09	0,07	----
$\hat{m}$	19,34	4,43	78,16
LRT (c^2)	40,97**	$0,01^{ns}$	10,53**

*significativo a 5%, com 1 grau de liberdade; ^{ns} não significativo. $\hat{h}_a^2$ herdabilidade individual dos efeitos aditivos; $\hat{h}_{aj}^2$ herdabilidade individual ajustada para os efeitos de parcela; $\hat{C}_p^2$ coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas; $\hat{h}_m^2$ herdabilidade da média de progênies; $r_{\hat{a}a}$ acurácia; $\hat{h}_{ad}^2$ herdabilidade aditiva dentro de parcela; CV_{gi} coeficiente de variação genética aditiva individual; CV_{gp} coeficiente de variação genotípica entre progênies; CV_e coeficiente de variação experimental; CV_r coeficiente de variação relativa; $\hat{m}$ média geral ; LRT: Teste da razão de verossimilhança; χ^2 qui-quadrado da deviance.

A partir das estimativas dos parâmetros genéticos (herdabilidades, acurácia, coeficientes de variação genética e relativa) fica claro que a recomendação da seleção com base no caráter DAP é o mais indicado para se fazer um desbaste no teste de progênies nesta população de seringueira para torná-lo num pomar de sementes por mudas, cuja recombinação entre os indivíduos selecionados proporcionarão sementes com qualidade genética superior.

6. CONCLUSÃO

A população de *Hevea brasiliensis* apresenta variabilidade genética, que permite a sua utilização como uma população base de um programa de melhoramento genético.

A transformação do teste de progênies de *H. brasiliensis* em um pomar de sementes por mudas é viável, tanto para a continuação do programa via sementes e ou por propagação vegetativa.

REFERÊNCIAS

BOOCK, M. V. et al. Herdabilidade, variabilidade genética e ganhos genéticos para produção e caracteres morfológicos em progênies jovens de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 5, p. 673-681, 1995.

COSTA, R. B.; GONÇALVES, P. S.; RÍMOLI, A. O.; ARRUDA, E. J. Melhoramento e conservação genética aplicados ao desenvolvimento local – o caso da seringueira (Hevea sp.). **INTERAÇÕES, Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, Campo Grande, v. 1, n. 2, p. 51-58, 2001.

COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; ARAUJO, A. J.; GONÇALVES, P. S.; BORTOLETTO, N. Seleção combinada univariada e multivariada aplicada ao melhoramento genético da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 2, p. 381- 388, 2000.

COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; GONÇALVES, P. S.; OLIVEIRA, L. C. S.; ÍTAVO, L. C. V.; ROA, R. A. R. Seleção simultânea para porte reduzido e alta produção de látex em seringueira. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 649-654, 2008.

DOURADO, C. L. **MELHORAMENTO EM PROGÊNIES DE SERINGUEIRA [Hevea brasiliensis (Willd. Ex Adr. de Juss.) Muell.- Arg.] POR CARACTERES QUANTITATIVOS E MARCADORES MOLECULARES DO TIPO SSR EM DUAS POPULAÇÕES DE DIFERENTES PROCEDÊNCIA**. 2016. 97 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Unesp, Ilha Solteira, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPSO, 1999. 412 p.

GESSINGER, H. **Pose**. Rio de Janeiro: BMG: 1992. Disponível em: https://open.spotify.com/intl-pt/track/4wxRZZwHffZhSHVIAMlK7f. Acesso: 10 jan. 2024

GONÇALVES, P. S; BORTOLETTO, N.; SANTOS, W. R.; ORTOLANI, A. A.; GOTTARDI, M. V. C.; MARTINS, A. L. M. Avaliação genética de progênies em meios irmãos de seringueira em diferentes regiões do Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 7, p. 1085-1095, 1998. Disponível em:< https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/47308/1/AVALIACAO-GENETICA-DE-PROGENIES-EM-MEIOS-IRMAOS-DE-SERINGUEIRA.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2024.

GONÇALVES, P. S.; CARDOSO, M.; ORTOLANI, A. A. Origem, variabilidade e domesticação da Hevea: uma revisão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 2 p. 135-156. 1990.

GONÇALVES, P. S.; MARQUES, J. R. B. Melhoramento genético da seringueira: passado, presente e futuro. In: ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. (Ed.). **Seringueira**. Viçosa: Epamig, 2008. p. 401-407.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 1995. 45 p. (Série Irrigação, 1).
OKINO, E.Y.A.; SOUZA, M.R.S.; SANTANA, M.A.E.; SOUZA, M.E.; TEIXEIRA, D.E. Chapa aglomerada de cimento-madeira de Hevea brasiliensis (Mull Arg.). **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.3, p.451-457, 2004.

MARQUES, J. R. B.; MONTEIRO, W. R.; LOPES, U. V. VALLE, R. R. M. O cultivo do cacaueiro em sistemas agroflorestais com a seringueira. **Ciência, tecnologia e manejo do cacaueiro**. Itabuna: Gráfica e Editora Vital, 2007. p. 272-290.

MORETI, D.; GONÇALVES, P. S.; GORGULHO, E. P.; MARTINS, A. L. M.; BORTOLETTO, N. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos esperados com a

seleção de caracteres junenis em progênies de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 7, p. 1099-1109, 1994.

OLIVEIRA, J. T. S. VARIAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE E DA DENSIDADE BÁSICA NA MADEIRA DE SETE ESPÉCIES DE EUCALIPTO. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 115-127, 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rarv/a/V3vHbRGbdf4vVzGHVjNrtVx/. Acesso em: 16 jan. 2024.

OSTENDORF, F. F. W.; RAMAER, H. On plyllotaxis in Hevea. **Archives Rubberculture in Nederlandshc-Indië**, Baravia, n. 15, p. 437-440, 1931.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

RESENDE, M.D.V. Delineamento de experimentos de seleção para a maximização da acurácia seletiva e progresso genético. **Revista Árvore**, v.19, n.4, p.479-500, 1995.

RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.

RESENDE, M.D.V. Software Selegen – REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.16, n.4, p.330-339, 2016.

RESENDE, M.D.V. **Software SELENGE-REML/BLUP**: sistemas estatísticos e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359p.

RIPPEL, M. M.; BRAGANÇA, F. C. Borracha natural e nanocompósitos com argila. **Química Nova**, Campinas, v. 32, n. 3, p. 818-826, 02 abr. 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/hWr3LdwtTRCpcRhGddQxv9F/. Acesso em: 10 nov. 2023.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018. 353p.

SECCO, R.S. A botânica da seringueira [Hevea brasiliensis (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell Arg.] In: ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. (Ed.). **Seringueira**. Viçosa: Epamig. 2008. p. 01-24.

SERVOLO FILHO, H. J. **Propriedades mecânicas da madeira de clones de seringueira (Hevea brasiliensis-RRIM600 E GT1) analisadas em duas épocas do seu ciclo fenológico anual**. 2013. 93 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Usp, Piracicaba, 2013. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-14052013-170717/publico/Henrique_Jose_Servolo_Filho_versao_revisada.pdf. Acesso em: 16 jan. 2024.

UNESP - Área de Hidráulica e Irrigação. **Canal Clima**. 2023. Disponível em: http://clima.feis.unesp.br. Acesso em: 20 de novembro de 2023.

VENCOSVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

APÊNDICE A - Croqui com o experimento de avaliação de progênies de seringueira (*Hevea brasiliensis*) cedidas pelo IAC com plantio realizado dia 04 a 05/07/2006, com espaçamento 3 x 3 m, sendo: 34 progênies, 4 repetições e 10 plantas/parcela.

Sistema Integração Lavoura Pecuária Floresta

R 4				R 3				R 2				R 1			
	5 IAC 35	**23** PB 217	**17** IAC 307		**24** GT1	**23** PB 217	**25** PB 330		**6** 64B 850	**23** PB 217	**21** IAC 44		**25** PB 330	**16** ROI 110	**7** PB 260
	12 IAC 15	**16** ROI 110	**26** FX 3864		**15** IAC 301	**6** 64B 850	**28** FX 2261		**2** IAC 40	**10** RRIM 606	**8** PB 252		**24** GT 1	**15** IAC 301	**6** 64B 850
31 IAC 35 Votu	**29** 1-12-56-77	**20** IAN 873	**11** RRIM 701	**31** IAC 35 Votu	**5** IAC 35	**8** PB 252	**20** IAN 873	**34** RRIM 725 Votu	**1** RRIM 600	**26** FX 3864	**30** PIND 595/89	**33** RRIM 725	**23** PB 217	**14** IAC 311	**5** IAC 35
34 RRIM 725 Votu	**25** PB 330	**30** PIND 595/89	**1** RRIM 600	**34** RRIM 725 Votu	**11** RRIM 701	**19** ROI 35	**10** RRIM 606	**32** PB 235 Votu	**3** IAC 41	**27** MT 45	**24** GT1	**31** IAC 35 Votu	**22** PR 261	**13** PB 28/59	**4** PB 235
22 PR 261	**24** GT1	**3** IAC 41	**18** PR 255	**26** FX 3864	**2** IAC 40	**14** IAC 311	**18** PR 255	**28** FX 2261	**15** IAC 301	**22** PR 261	**25** PB 330	**30** PIND 595/89	**21** IAC 44	**12** IAC 15	**3** IAC 41
13 PB 28/59	**10** RRIM 606	**19** ROI 35	**14** IAC 311	**17** IAC 307	**30** PIND 595/89	**16** ROI 110	**9** IRCA 111	**5** IAC 35	**17** IAC 307	**20** IAN 873	**18** PR 255	**29** 1-12-56-77	**20** IAN 873	**11** RRIM 701	**2** IAC 40
15 IAC 301	**2** IAC 40	**27** MT 45	**9** IRCA 111	**3** IAC 41	**7** PB 260	**12** IAC 15	**29** 1-12-56-77	**7** PB 260	**29** 1-12-56-77	**19** ROI 35	**16** ROI 110	**28** FX 2261	**19** ROI 35	**10** RRIM 606	**1** RRIM 600
6 64B 850	**28** FX 2261	**8** PB 252	**32** PB 235 Votu	**13** PB 28/59	**4** PB 235	**27** MT 45	**32** PB 235 Votu	**4** PB 235	**13** PB 28/59	**14** IAC 311	**31** IAC 35 Votu	**27** MT 45	**18** PR 255	**9** IRCA 111	**34** RRIM 725 Votu
7 PB 260	**21** IAC 44	**4** PB 235	**33** RRIM 725	**21** IAC 44	**1** RRIM 600	**22** PR 261	**33** RRIM 725	**12** IAC 15	**9** IRCA 111	**11** RRIM 701	**33** RRIM 725	**26** FX 3864	**17** IAC 307	**8** PB 252	**32** PB 235 Votu

ESTRADA

Eucalyptus urophylla – PCPN

-- Teste de progênies de seringueira do Acre à direita

-- Teste de espaçamento de Mogno Africano à esquerda

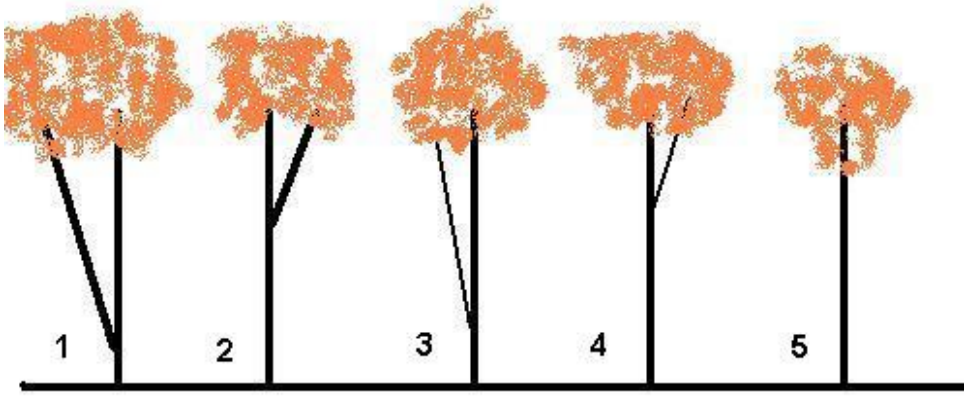
APÊNDICE B - Estimativas das variâncias: genética aditiva ($\hat{\sigma}^2_a$), ambiental entre parcelas ($\hat{\sigma}^2_c$), residual (ambiental + não aditiva) ($\hat{\sigma}^2_e$) e fenotípica individual ($\hat{\sigma}^2_f$) em um teste de progênies de *Hevea brasiliensis*, aos 16 anos em Selvíria-MS.

Estimativas	DAP (cm)	FOR
$\hat{\sigma}^2_a$	16,39	0,0035
$\hat{\sigma}^2_c$	0,1248	0,1168
$\hat{\sigma}^2_e$	20,7538	0,6841
$\hat{\sigma}^2_f$	37,2713	0,8044

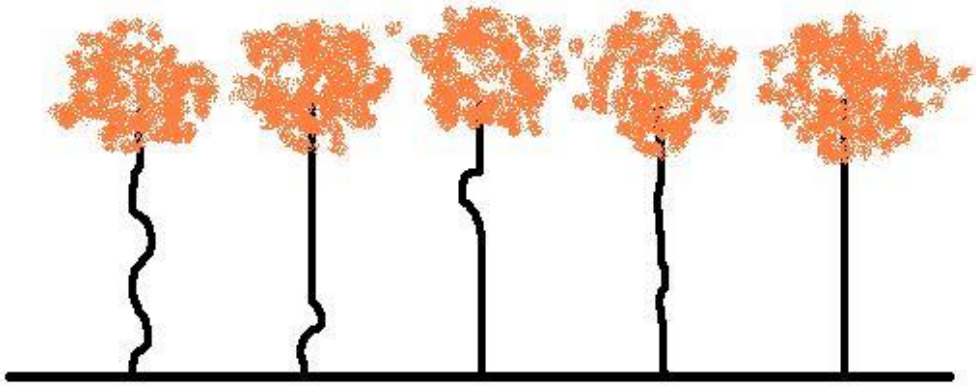
ANEXO A - Escala de notas para a forma do fuste (FOR).

Escala de notas, variando de 1 a 5, tanto para bifurcação (B) como para retidão (R), sendo que a nota final é dada, utilizando-se da expressão: $FT = (B + R)/2$. As descrições das notas são apresentadas nos itens a e b:

a) Escala de notas para Bifurcação (B), considerando um fuste de 2,20 m: 1: Bifurcação abaixo de 1,30 m, com diâmetro igual ao fuste principal; 2: Bifurcação acima de 1,30 m, com diâmetro igual ao fuste principal; 3: Bifurcação abaixo de 1,30 m, com diâmetro inferior ao fuste principal; 4: Bifurcação acima de 1,30 m, com diâmetro inferior ao fuste principal; 5: Sem bifurcação.



b) Escala de notas para Retidão (R), considerando um fuste de 2,20 m: 1: Tortuosidade acentuada em toda extensão; 2: Tortuosidade acentuada abaixo de 1,30 m; 3: Tortuosidade acentuada acima de 1,30 m; 4: Leve tortuosidade em toda extensão; 5: Sem tortuosidade.



FONTE: CAMBUIM, SILVA, GUERRA, MORAES (2008) Comunicação pessoal.