

Ganhos na seleção para a produtividade de látex em população natural de *Hevea brasiliensis* na Reserva Chico Mendes: estudo de caso das IAPs (Ilhas de alta produtividade)

Genetic gains in the selection for latex productivity in natural populations of *Hevea brasiliensis* in Chico Mendes Reserve: a case study of the IAPs (Islands of High Productivity)

Paulo Yoshio Kageyama
Renaxon Silva de Oliveira
Pedro Albuquerque Ferraz
Edson Luis Furtado
Alexandre Dias de Souza
Alexandre Magno Sebbenn

RESUMO: Este estudo relata os ganhos genéticos preditos para a produção de látex em Ilhas de Alta Produtividade (IAPs), a partir da seleção de árvores superiores em uma população natural de *Hevea brasiliensis* no Estado do Acre. Para tanto, foram realizadas oito coletas de látex em oito “estradas” de quatro colocações da Reserva Chico Mendes. Devido à ausência de controle ambiental, não foi possível estimar os parâmetros herdabilidade no sentido restrito em nível de plantas e coeficiente de repetibilidade, sendo estes obtidos da literatura para caracterizar a herança do caráter produção de látex. Os resultados de ganhos na produção de látex mostram alta variação entre as estradas e colocações. Os ganhos preditos nas IAPs para a média do seringal foram altos, sendo o ganho médio de 67,9%. Maiores progressos poderão ser obtidos quando for possível correlacionar a produção de látex das árvores selecionadas nas estradas com a produção nas IAPs.

PALAVRAS-CHAVE: *Hevea brasiliensis*, Seringueira, Seleção em população natural, Ganhos na seleção, Ilhas de alta produtividade

ABSTRACT: This study demonstrates the increase in rubber yield in “Island of Hight Productivity” (IAPs) as a result of the use of plus trees selected from natural *Hevea brasiliensis* population. In Seringal Reserva Chico Mendes, in Acre, Brazil, four sites were selected which in each site two “estradas” of 26 trees (total = 104 trees). Collection of rubber were corred out eight times in each site. Due to the absence of environmental control, it was not possible to estimate of the strictu sensu heritability. Therefore, heritability and repeatability parameters of rubber production trait were obtained from the literature. The increase in the rubber production was high and showed a high variation among sites and “estradas”. The average increase was 67,9%. More progress can be obtained when it will be possible to correlate rubber production of plus trees in natural population and the rubber production in the IAPs.

KEYWORDS: *Hevea brasiliensis*, Selection in natural population, Gain from selection, Island of high productivity, Rubber tree

INTRODUÇÃO

As Ilhas de Alta Produtividade (IAPs) representam uma proposta de manejo neoextrativista para a Amazônia com o plantio de pequenas áreas de *Hevea brasiliensis* (seringueira), espaçadas entre si e rodeadas pela diversidade da floresta natural. Nas IAPs, a *Hevea brasiliensis* entra como o principal componente de uma combinação de espécies, que visa o aumento da produção e da produtividade das colocações a partir do adensamento nos roçados. Com o uso de técnicas adequadas e específicas os seringais têm aumentado a produtividade do extrativismo gumífero, evitando a ocorrência de problemas de sanidade com a cultura e diversificando a produção extrativista via SAFs - Sistemas Agroflorestais.

No entanto, a baixa produção de látex nos seringais nativos do Acre é resultado da heterogeneidade das árvores, uma vez que algumas poucas produzem alta quantidade de látex e a grande maioria produz pouco, promovendo um baixo rendimento da terra e da mão de obra. Neste sentido, o uso de clones é uma alternativa viável, mesmo sendo eles mais susceptíveis ao *Microcyclus ulei*. Haja vista que dentro das IAPs, plantados em pequenas áreas, rodeados de floresta e consorciados, evitar-se-à a ocorrência de problemas de sanidade com a cultura, além do fato de que na mesma IAP pode ser introduzido um policlonal, isto é, vários clones com resistência a diferentes raças de fungo e com queda de folhas em épocas diferenciadas.

Por outro lado, não estão mais disponíveis no Acre as estruturas botânicas (jardins clonais) para a produção de borbulhas para a enxertia. Nesse caso melhorar a produção e a produtividade dos seringais é uma grande questão e optou-se por implantar as seringueiras por outro caminho: a seleção massal com alta intensidade em populações naturais.

Os testes de progênies instalados a partir de sementes de árvores de uma população, em

delineamentos estatísticos adequados, permitem a estimativa de parâmetros genéticos importantes para o uso na seleção e melhoramento de espécies cultivadas. Um dos parâmetros mais importantes é o coeficiente de herdabilidade no sentido restrito (h_i^2), que mostra quanto da variação fenotípica da população original pasará para a geração seguinte pela seleção de árvores superiores.

Existem diversas estimativas de herdabilidade no sentido restrito para populações de *Hevea brasiliensis*, em diferentes idades da cultura. Moretti et al. (1994) estimaram a h_i^2 para diversos caracteres de seringueira, aos três anos de idade; obtiveram para a produção de borracha (PPB) um valor de 0,82, ou alto controle genético na variação fenotípica do caráter, indicando grandes possibilidades de avanços pela seleção fenotípica (massal).

Boock et al. (1995) estimaram, para progênies de polinização aberta de seringueira aos três anos de idade, uma h_i^2 de 0,35 para a produção de borracha seca, que embora menor que a anterior é ainda expressiva para permitir ganhos genéticos substanciais na seleção fenotípica. Gonçalves et al. (1996), avaliando um teste de progênies de 17 anos de idade, estimaram a h_i^2 para a produção de borracha, seguindo o teste de Hamaker-Morris-Mann, obtendo um valor alto de 0,82 ($\pm 0,24$).

Esses resultados revelam que a herdabilidade no sentido restrito para produção de borracha é alta (mínimo 0,35), indicando boas perspectivas de ganhos pela seleção massal para o caráter nas populações da espécie. Contudo, existem relatos de herdabilidades médias (Tan et al., 1975; Paiva et al., 1983; Akika, 1985) e baixas (Tan et al., 1975; Valois et al., 1979) para a produção de borracha, portanto, sugerem que a seleção massal pode ser pouco eficiente.

O objetivo deste trabalho foi quantificar os ganhos na produção de látex nos IAPs, pela

seleção das melhores árvores localizadas nas estradas das colocações da Reserva Chico Mendes. Para tanto, a seleção de árvores altamente produtoras de látex foi feita em populações naturais de *Hevea brasiliensis*, através do conhecimento tradicional dos seringueiros, que há vários anos cortam diariamente seringueiras de suas estradas e conhecem as melhores árvores da sua colocação.

MATERIAL E MÉTODOS

A seleção de árvores superiores em espécies arbóreas geralmente envolve áreas muito grandes, como é o caso da *Hevea spp.*, em função do espaçamento amplo e do normal ciclo longo da espécie. Isso determina que a seleção tenha que controlar a variação ambiental, maximizando os efeitos genéticos, o que pode ser feito com a estratificação da área da população em seleção. Desta forma, para a quantificação da produtividade de um seringal na reserva Chico Mendes no Estado do Acre, foram utilizadas quatro colocações (cada colocação tem aproximadamente 400 hectares), cada uma com duas estradas, totalizando 8 árvores avaliadas para alta produção e 96 (12 por estrada) árvores representativas do seringal.

Em cada colocação, considerou-se que ao se tomar um conjunto de árvores representativas do local onde se encontra a melhor árvore produtora de borracha, avaliar-se-á a média das árvores mais produtivas, reduzindo-se as diferenças ambientais. Contudo, como não é possível controlar o efeito da idade dos indivíduos, utilizaram-se medidas conservadoras, com base no intervalo de confiança do ganho. Vale ressaltar que, desde o início de programas de seleção em espécies arbóreas, já se preconizava a estratificação fenotípica (Fetcher e Faulker, 1974). Estes autores recomendavam a comparação da árvore selecionada com quatro a cinco árvores dominantes ao seu redor, sendo que estas representariam a média da população naquele local. Aqui no caso, a comparação foi

realizada com doze árvores localizadas em cada estrada, sendo seis anteriores e seis posteriores à árvore selecionada. Da árvore selecionada foram coletadas sementes de polinização aberta e posteriormente plantadas nas IAPs, isoladas entre si pela floresta amazônica. Assim, cada IAP é constituída de 400 irmãos maternos de polinização aberta.

Os dados de produção de látex correspondem à média de oito coletas realizadas durante o ano de 2000. Para a coleta do látex foi estabelecido que este deveria ser deixado coagular naturalmente para a formação dos “biscoitos” ou cernambi. Após a coagulação, foram colocados em sacos de papel e postos para secar em uma estufa X21 modelo W34, programada para manter a temperatura em 72° C. Após a secagem os saquinhos foram pesados em balança de precisão. Devido aos pesos corresponderem ao total de oito coletas, estimou-se a produtividade média para cada coleta.

Na impossibilidade de estimar *in loco* os valores de herdabilidade no sentido restrito e repetibilidade, para uso nas medidas de ganhos genéticos, utilizaram-se dados da literatura. Estimaram-se a média dos parâmetros e os intervalos de confiança a 95% de probabilidade pelo teste *t*, com base em Beiguelman (1996).

A seleção foi realizada através da estimativa dos valores genéticos individuais, obtidos segundo Resende et al. (1995). Neste caso têm-se apenas os valores genéticos (VG) dos candidatos à seleção, logo a seleção é puramente fenotípica. A expressão utilizada para a seleção foi:

$$VG = (VFM - MGP) \left[\frac{m\hat{h}_i^2}{1 + (m-1)\hat{r}_i} \right]$$

Em que: VFM = valor fenotípico médio (média de várias safras) da árvore selecionada; MGP = média geral da população de todas as safras; *m* = número de safras; \hat{h}_i^2 = coeficientes de

herdabilidade no sentido restrito em nível de plantas individuais; \hat{r}_i = coeficiente de repetibilidade do caráter em nível de indivíduos.

Estas estimativas foram realizadas em nível de “estradas”, “colocação” e para o seringal como um todo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os coeficientes de herdabilidade e de repetibilidade em nível de plantas encontrados em vários trabalhos para o caráter produção de borracha são apresentados na Tabela 1. Observa-se que a herança do caráter é média (0,357) e a repetibilidade é alta ($> 0,700$). Como neste estudo não foi possível realizar a estimativa destes parâmetros, pela falta de controle ambiental, as respectivas estimativas de ganhos preditos na seleção (Tabelas 2 e 3) foram obtidas com base na estimativa média de herdabilidade (0,357) e no seu intervalo de confiança inferior (0,104) e superior (0,610). Contudo, utilizou-se apenas o valor do intervalo de confiança superior da estimativa de repetibilidade (0,85), a fim de obter medidas conservadoras dos progressos genéticos. Ressalta-se que, caso fosse usado o intervalo de confiança inferior do coeficiente de repetibilidade (0,700), o valor genético dos candidatos à seleção ficaria superestimado, dado que esta medida entra na equação do valor genético como um divisor, como pode ser verificado pela expressão do valor genético; logo, quanto menor sua contribuição, maior o resultado da divisão.

As médias das populações originais, selecionadas e melhoradas, juntamente com os ganhos esperados na seleção em percentual (\hat{G}_S) e seus respectivos intervalos de confiança para a produção de látex nas estradas são apresentados na Tabela 2 e para as colocações na Tabela 3.

A média de produção de látex variou consideravelmente entre as estradas (Tabela 2), po-

rém em menor proporção entre as colocações (Tabela 3). As estradas das Colocações Morada Nova e Baixa Verde foram as mais produtivas de látex, produzindo, em média, 45% mais látex por coleta do que as estradas da Colocação Rio Branco (Tabela 3). Esta grande diferença pode ter duas possíveis origens, uma genética e outra ambiental. A genética pode ser atribuída à constituição dos indivíduos membros destas estradas e devido à seleção local para genes específicos. A ambiental pode ser atribuída a diferentes características de microclima, solo ou idade dos indivíduos. Considerando que a amostragem foi estratificada, procurando-se coletar material em grupos de vizinhança, portanto havendo um certo controle do ambiente, estas diferenças tornam-se, aparentemente, função da constituição genética dos indivíduos e/ou de diferenças na maturidade das plantas. Inúmeros estudos de procedências com essências florestais têm revelado diferenças, para caracteres quantitativos, entre distintas regiões geográficas e altitudinais, sendo estas atribuídas à seleção natural para condições ambientais específicas e, portanto, de origem genética. Por outro lado, um histórico de colonização mais recente, resultando em populações mais jovens, pode causar a redução na produção de látex. Então, com base na suposição que pelo menos uma determinada proporção da variação detectada entre as estradas e colocações é de origem genética, estimaram-se os ganhos na seleção para as Ilhas de Alta Produtividade (IAPs). Também, devido ao baixo controle experimental, foram considerados como plausíveis de obtenção, apenas os valores médios e o limite inferior do intervalo de confiança do ganho genético.

Os ganhos pela seleção nas IAPs variaram consideravelmente entre estradas (Tabela 2). As IAPs implantadas a partir de material selecionado na estrada 1, da Colocação Baixa Verde, apresentaram os maiores ganhos (98,7; $IC = 28,8$ a 169,7%) e a estrada 2, na mesma colo-

cação, apresentou os menores ganhos (42,7 IC = 12,5 a 73,0%). Comparando-se os ganhos médios nas IAPs entre as colocações (Tabela 3), verifica-se que o material originado da Baixa Verde, apesar de apresentar a maior variação entre as estradas, permitiu os maiores progressos na seleção (71%). Resende et al. (1995), comparando por simulação os ganhos para a produção de borracha entre diversos métodos

de seleção, obtiveram valores variando entre 53,5 a 82,0%, logo, semelhantes aos aqui obtidos. Considerando que no estudo de Resende e colaboradores os ganhos foram preditos com base em experimentos com controle ambiental, portanto, com maior precisão nas estimativas, é mais seguro aqui assumir-se o intervalo de confiança do ganho, como plausível.

Tabela 1.

Coefficientes de herdabilidade no sentido restrito (\hat{h}_i^2) e de repetibilidade (\hat{r}_i) em nível de plantas, médias e intervalos de confiança associados ao caráter produção de borracha em *Hevea brasiliensis*.

(Narrow sense heritability (\hat{h}_i^2) and repetibility (\hat{r}_i) coefficients at plant level, mean and confidence intervals associated to the rubber production characteristic in *Hevea brasiliensis*)

Autores	\hat{h}_i^2	Autores	\hat{r}_i
Akika (1985)	0,150	Gonçalves et al. (1982)	0,800
Paiva et al. (1983)	0,194	Gonçalves et al. (1990b)	0,710
Boock et al. (1995)	0,350	Akika (1980)	0,773
Gonçalves et al. (1996)	0,820	Gonçalves et al. (1990a)	0,820
Moretti et al. (1994)	0,820	Média	0,776
Tan et al. (1975)	0,110	IC (95%)	(0,700 a 0,852)
Tan et al. (1975)	0,340		
Valois et al. (1979)	0,072		
Média	0,357		
IC (95%)	(0,104 a 0,610)		

Tabela 2.

Médias de produção de látex (g) nas populações originais (estr.), selecionadas (Sel.) e melhoradas (melh) e ganhos na seleção (\hat{G}_S) para as Colocações na Reserva Chico Mendes.

(Latex production means (g) in original (estr.), selected (Sel.) and improved (melh) populations, and selection gains (\hat{G}_S) for "colocações" of Chico Mendes Reserve)

	MN		RF		RB		BV		Média
	Est-1	Est-2	Est-1	Est-2	Est-1	Est-2	Est-1	Est-2	
Média da estrada	99,7	79,1	78,7	67,4	42,2	36,8	97,2	95,2	74,5
Média selecionada	80,2	35,0	58,7	36,4	29,1	20,5	96,0	40,7	49,6
Média melhorada	179,9	114,1	137,4	103,8	71,4	57,4	193,3	135,9	124,1
\hat{G}_S (%)	80,5	44,3	74,7	54,0	69,0	55,8	98,7	42,7	66,5
IC (95%)	±57,0	±31,4	±52,9	±38,8	±48,9	±39,5	±70,0	±30,3	±47,2

a: Intensidade de seleção: 7,7% ou 1:13; MN: Morada Nova; RF: Rev. Francisco; RB: Rio Branco; BV: Baixa Verde.

Tabela 3.

Média de produção de látex (g) das populações originais, selecionada, melhorada e ganhos na seleção (\hat{G}_S) para cada colocação.

(Latex production Mean (g) of the original, selected and improved populations, and selection gains for each "colocação")

	Colocação ^a				Média
	Morada Nova	Rev. Francisco	Rio Branco	Baixa Verde	
Média da população	89,38	73,03	39,55	96,23	74,55
Média selecionada	57,63	47,58	24,85	68,35	49,60
Média melhorada	147,02	120,60	64,40	164,58	124,15
\hat{G}_S (%)	64,5	65,1	62,8	71,0	66,5
IC (95%)	(18,8 a 110,2)	(19,0 a 111,3)	(18,3 a 107,3)	(20,7 a 121,4)	(19,4 a 113,7)

a Intensidade de seleção: 7,7% ou 2:26.

Finalmente, tendo em vista as considerações que se apresentam, ou seja, ausência de controle experimental, pode-se considerar estes progressos como excelentes. Maiores progressos genéticos poderão ser obtidos quando for possível correlacionar a produção de látex individual das IAPs com a produção dos seus genitores, hoje avaliados. Com isso também será possível comparar-se os ganhos reais com os preditos e aferir a precisão das estimativas aqui obtidas.

CONCLUSÕES

Os ganhos estimados na seleção podem ser considerados como excelentes, pois foram preditos com base na seleção em uma população natural, onde o ambiente não foi rigorosamente controlado. O ganho médio esperado para a produtividade de látex nas IAPs é de 66%.

AUTORES

PAULO YOSHIO KAGEYAMA é Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ / USP - Av. Pádua Dias, 11 - Piracicaba, SP - 13400-970 - E-mail: kageyama@esalq.usp.br

RENAXON SILVA DE OLIVEIRA é Pesquisador do Parque Zoobotânico da UFAC – Universidade Federal do Acre – E-mail: renaxon@mdnet.com.br

PEDRO ALBUQUERQUE FERRAZ é Pesquisador do Parque Zoobotânico da UFAC – Universidade Federal do Acre – E-mail: ferraz@ufac.br

EDSON LUIS FURTADO é Pesquisador do Parque Zoobotânico da UFAC – Universidade Federal do Acre – E-mail: pz@ufac.br

ALEXANDRE DIAS DE SOUZA é Pesquisador do Parque Zoobotânico da UFAC – Universidade Federal do Acre – E-mail: adsouza@mdnet.com.br.

ALEXANDRE MAGNO SEBBENN é Pesquisador do Instituto Florestal do Estado de São Paulo – Estação Experimental de Bauru – Caixa Postal 372 - Bauru, SP - 17001-970 - E-mail: amsebben@esalq.usp.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKIKA, J.E. Herdability and genotypic gain from selection rubber (*Hevea brasiliensis*). **Silvae genetica**, v.34, n.1, p.1-4, 1985.
- AKIKA, J.E. Possibilities of early selection in herdability and genotypic gain *Hevea brasiliensis*. **Silvae genetica**, v.29, p.161-162, 1980.

- BEIGUELMAN, B. **Curso prático de bioestatística**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Genética, 1996. 242p.
- BOOCK, M.V. et al. Herdabilidade, variabilidade e ganhos genéticos para a produção e caracteres morfológicos em progênies jovens de seringueira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.30, p.673-681, 1995.
- FETCHER, A.M.; FAULKER, R.A. Plant for improvement of sitka spruce by selection breeding. **Forest commission research and development paper**, v.85, p.21-31, 1972.
- GONÇALVES, P.S.; CARDOSO, M.; SAES, L.A. Estimativa de repetibilidade na seleção de árvores adultas de seringueira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.25, n.7, p.1031-1038, 1990b.
- GONÇALVES, P.S.; CARDOSO, M.; COLOMBO, C.A.; ORTOLANI, A.A.; MARTINS, A.L.M.; SANTOS, I.C.I. Variabilidade genética na produção anual de seringueira: estimativas de parâmetros genéticos e estudo da interação genótipo x ambiente. **Bragantia**, v. 49, n.2, p.305-320, 1990a.
- GONÇALVES, P.S.; ROSSETTI, A.G.; VALOIS, A.C.C.; VIEGAS, I.J.M. Coeficiente de repetibilidade e eficiência do mini-teste de produção na seleção de plantas de seringueira (*Hevea spp.*). **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.17, n.2, p.233-237, 1982.
- GONÇALVES, P.S.; ROSSETTI, A.G.; VALOIS, A.C.C.; VIEGAS, I.J.M. Estimates of genetic parameters and correlations of juvenile characters on open pollinated progenies of *Hevea*. **Braslian journal of genetics**, v.19, p.105-111, 1996.
- MORETTI, D. et al. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos esperados com a seleção de caracteres juvenis em progênies de seringueira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.29, p.1099-1109, 1994.
- PAIVA, J.R.; MIRANDA FILHO, J.B.; SIQUEIRA, E.R.; VALOIS, A.C.C. Parâmetros genéticos em seringueira em condições de viveiro. **Revista brasileira de genética**, v.6, n.3, p.505-525, 1983.
- RESENDE, M.D.V.; STURION, J.A.; MENDES, S. **Genética e melhoramento de erva-Mate (*Ilex paraquariensis* St. Hil.)**. Colombo: EMBRAPA / CNPF, 1995. 33p. (Documentos EMBRAPA / CNPF, n.25)
- TAN, H.; MUKHERJEE, T.K.; SUBRAMANIAN, S. Estimates of genetic parameters of certain characters of young *Hevea* seedlings. In: INTERNATIONAL RUBBER CONFERENCE, Kuala Lumpur, 1975. **Proceedings**. Kuala Lumpur: RRI, 1975. v.2, p.13-16
- VALOIS, A.C.; VASCONCELOS, M.E.C.; PINHEIRO, E.; SILVA, E.B. Emprego do índice de seleção para clones de seringueira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.18, n.9., p.989-995, 1986.