

Amostragem genética em populações de pupunha integrantes do programa de melhoramento coordenado pela Embrapa Florestas

*José Alfredo Sturion¹
Antonio Nascim Kalil Filho²
Marcos Deon Vilela de Resende³*

A pupunha é cultivada de duas formas distintas: para a produção de frutos e para a produção de palmito. No caso de frutos, o cultivo ocorre em pomares caseiros, pequenos sistemas agroflorestais e, raramente, pequenos pomares de 50 plantas por hectare, em consórcio com espécies arbustivas. Para a produção de palmito, as plantações ocorrem em monocultivo, em geral, com cinco a dez mil plantas por ha. Se a touceira for bem conduzida, pode sobreviver por décadas de corte contínuo, nunca chegando à fase reprodutiva (KALIL FILHO et al., 2010).

As principais populações de pupunha cultivadas no mundo (pupunha domesticada) são as de Yurimáguas (Peru), da raça Pampa Hermosa, de Benjamin Constant, AM, da raça Putumayo, melhorada por duas gerações, e a de San Carlo (Costa Rica), da raça Utilis, população Guatuso, esta última com muitos espinhos. Os plantios de pupunha para palmito no Brasil estão representados por populações melhoradas de Yurimáguas e de Benjamin Constant. A pupunha

da raça Pampa Hermosa, de Yurimáguas (Peru), é a mais cultivada no Brasil e no mundo, tanto pela disponibilidade de sementes no mercado, como pela baixa quantidade de espinhos. É utilizada nos programas de melhoramento para palmito da Embrapa, do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). A pupunha da raça Utilis é utilizada para produção de palmito na Costa Rica. A pupunha da raça Putumayo, população de Benjamin Constant melhorada, é cultivada em vários estados do Brasil.

O Reflorestamento Consorciado Adensado (RECA) comercializa atualmente cerca de 30 t de sementes origami por ano, sendo utilizadas no programa de melhoramento da Embrapa. Originalmente, as sementes foram disponibilizadas pelo Projeto Reça, envolvendo uma associação de produtores catarinenses estabelecidos em Nova Califórnia, Município de Extrema, Rondônia.

¹Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas, jose.sturion@embrapa.br

²Engenheiro-agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas, antonio.kalil@embrapa.br

³Engenheiro-agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas, marcos.resende@embrapa.br

Germoplasma de pupunha das populações de Yurimaguas, Peru, composta de alelos das raças Pampa Hermosa, Putumayo e outras não identificadas, apresentam 60% a 80% de plantas inermes (sem espinhos), e de Benjamin Constant, AM, da raça Putumayo, 15% a 25% de plantas inermes (CLEMENT, 1988, 1991). Entretanto, o germoplasma de Benjamin Constant presente nas Unidades da Embrapa (RO, AC, AM, RR, AP, PA e PR) foi melhorado para ausência de espinhos e vigor por duas gerações, a primeira no Inpa e a segunda no Projeto Reça, em um assentamento de produtores em Extrema, Rondônia. A segunda geração de melhoramento da população de Benjamin Constant foi resultante de parceria entre a Embrapa Acre e o Projeto Reça, e as matrizes selecionadas estão nas áreas dos produtores desse projeto, sendo fonte de sementes para plantios comerciais no Brasil. Estas matrizes dão origem, em média, a 7,4% de indivíduos com espinhos no estipe (KALIL FILHO et al., 2002).

O sucesso de um programa de melhoramento genético está condicionado à utilização e ao manejo corretos dos recursos genéticos ao longo dos ciclos seletivos. Assim, partindo-se de uma população com base genética ampla, devem ser dispendidos esforços na obtenção de bons progressos genéticos imediatos, por meio da exploração da variabilidade genética livre expressa em cada ciclo, ao mesmo tempo em que se objetiva atingir o teto seletivo da população por melhoramento em longo prazo.

O progresso genético em longo prazo e, conseqüentemente, a obtenção do limite seletivo, depende, sobretudo, da variabilidade genética potencial, isto é, daquela que é mantida ao final de cada ciclo seletivo e é liberada nos ciclos subsequentes por meio da recombinação genética. Deduz-se, então, que o limite seletivo está intimamente relacionado com a manutenção de adequado tamanho efetivo populacional ao final de cada ciclo seletivo, como forma de

evitar a perda de alelos favoráveis ao longo dos ciclos de melhoramento. Outro fator que interfere negativamente no melhoramento em longo prazo é a ocorrência de endogamia devida ao pequeno tamanho efetivo populacional, a qual contribui para a atenuação dos ganhos obtidos com o melhoramento, por meio do efeito da depressão endogâmica (somente para caracteres exibindo dominância alélica), reduzindo a média populacional. Assim, limites seletivos, tamanho efetivo populacional e endogamia são intimamente relacionados no contexto de um programa de melhoramento genético.

O presente trabalho tem por objetivos verificar, com base em estimativas do tamanho efetivo populacional (N_e), a amostragem alélica realizada em duas populações de pupunha e a endogamia potencial das subpopulações, devido ao cruzamento entre indivíduos aparentados e, também, a endogamia no pomar de sementes por mudas, após o desbaste no teste combinado de procedências e progênies.

Foi utilizado nesse estudo um teste combinado de procedências e progênies de meios-irmãos de pupunha instalado no Município de Londrina, em delineamento de blocos ao acaso com 40 repetições de uma planta por progênie por parcela (Tabela 1), com as procedências Yurimaguas, raça pampa hermosa (15 progênies) e Benjamin Constant, AM, Brasil, raça Putumayo (80 progênies). O teste, após a seleção dos melhores indivíduos para massa foliar, com base em seus valores genéticos, será transformado em pomar de sementes por mudas, considerando, também, a possibilidade da instalação de um pomar de sementes biclonal, com o propósito de maximizar ganhos genéticos.

A amostragem em populações naturais e em bancos de germoplasma, com vistas à conservação genética *ex situ* e/ou utilização em programas de melhoramento, deve fundamentar-se no conceito de tamanho efetivo populacional (N_e). Este conceito está

Tabela 1. Procedências e progênies de pupunha coletadas em Benjamin Constant, AM, e Yurimáguas (Peru), plantadas em Morretes, PR.

Populações	Números de progênies	Latitude (S)	Longitude (O)	Altitude (m)
Benjamin Constant, AM	80	04°22'59"	70°01'52"	65
Yurimáguas, Peru	15	05° 54'0"	76°05'00"	147
Total	95			

relacionado à representatividade genética de amostras de plantas e sementes, e indica tamanho genético, e não físico. Com base neste conceito, torna-se possível dimensionar e especificar o tamanho de amostras, em termos de número de matrizes, que originarão as progênies, e número de indivíduos (sementes) por matriz, de forma a se obter determinado nível de variabilidade genética nas amostras.

Na estratégia sexuada, a questão do tamanho efetivo populacional deve ser analisada sob dois aspectos: 1) se a seleção objetiva a produção de sementes em apenas uma geração; e 2) se a seleção objetiva a produção de sementes e o melhoramento contínuo do material nas gerações futuras. No primeiro caso, a única preocupação é evitar a depressão endogâmica nos indivíduos que compõem os plantios, enquanto que no segundo, os maiores problemas são a endogamia que vai sendo acumulada no decorrer das gerações devido ao cruzamento entre indivíduos aparentados e também ao risco de não se conseguir atingir o limite seletivo, devido à perda de alelos favoráveis por deriva genética. Para o melhoramento contínuo em longo prazo, um tamanho efetivo razoável deve ser mantido por todas as gerações. Backer e Curnow (1969), Rawlings (1969) e Pereira e Vencovsky (1988) determinaram que esse N_e deveria ser de, aproximadamente, 30 a 50. É importante ressaltar que, para estratégias sexuadas em longo prazo, a utilização de testes de progênie é imprescindível.

Com base em estimativas do N_e , pode-se inferir a respeito da amostragem alélica realizada na população e da endogamia potencial das subpopulações, devido ao cruzamento entre indivíduos aparentados. A representatividade genética de uma população depende do número de progênies amostradas e de indivíduos amostrados por progênie. Tal representatividade pode ser aferida com base nas frequências dos alelos em amostras de diferentes tamanhos efetivos. Com base nessas considerações, várias inferências podem ser realizadas em função da amostragem genética nas populações amostradas (Tabela 2).

Com base nos valores mínimos das frequências dos alelos retidos indicados na Tabela 2, observa-se que a amostragem realizada na população de Benjamin Constant conseguiu capturar alelos com frequência (FAR)³ 1% (N_e ³ 320), o que é adequado

em termos de representatividade da população, conseguindo capturar alelos raros. Para a população de Yurimaguas, a amostragem conseguiu capturar alelos com frequência (FAR)³ 4% (N_e ³ 60). Tamanhos efetivos superiores a 60 conduzirão a coeficientes de endogamia inferiores a 1%, o que contribuirá para reduzir muito o aparecimento de depressão endogâmica nos descendentes.

Tabela 2. Amostragem genética em duas populações de pupunha integrantes do programa de melhoramento da Embrapa Florestas.

	Nº de indivíduos selecionados	N_e	F.A.R.	E (%)
	2	2	0,49	25,00
	30	23	0,08	2,20
	50	35	0,06	1,43
	70	46	0,04	1,10
	100	60	0,02	0,83
Procedências	Nº de famílias selecionadas			
Yurimaguas	15	60	0,05	0,83
Benjamin Constant	80	320	0,01	0,16

N_e = tamanho efetivo; F.A.R. = frequência mínima dos alelos retidos; E = endogamia potencial.

O tamanho efetivo populacional obtido no teste combinado de procedências e progênies de pupunha, após a seleção das 50 árvores com os maiores valores genéticos aditivos, e não mais que cinco indivíduos por família, é de 30. Esse valor é suficiente para a condução do programa de melhoramento por vários ciclos. É importante relatar que o N_e necessário para a obtenção do teto seletivo, de maneira geral, não é de grande magnitude, situando-se na faixa de 30 a 60, conforme alguns estudos realizados (RAWLINGS, 1969; PEREIRA; VENCOVSKY, 1988; KANG, 1979).

Segundo Resende e Bertolucci (1995), na constituição de um pomar biclonal, a probabilidade de autofecundação e o coeficiente de endogamia são considerados iguais a zero, quando se trabalha com constituição desbalanceada dos indivíduos selecionados, em termos de rametes no pomar. Neste caso, um clone é repetido várias vezes ao redor do outro, objetivando maximizar o ganho e minimizar a autofecundação. A semente melhorada virá apenas do melhor clone. O ganho nesta situação é alto, apesar das complicações práticas.

Na implantação do pomar biclonal, a partir de um teste de progênie, sugere-se a prévia avaliação de cruzamentos específicos, envolvendo os indivíduos com maiores valores genéticos. Nesse caso, haverá maximização do ganho, porém, com baixíssimo nível de diversidade genética, fato que concorrerá para uma baixa estabilidade do material genético selecionado. Também esse material não terá variabilidade genética para o estabelecimento de outro ciclo seletivo.

É importante salientar que pela estratégia clonal (plantios clonais) não há preocupação com o tamanho efetivo da população em que os clones estão sendo selecionados e também não tem tanta importância o grau de parentesco entre indivíduos envolvidos na seleção. A importância do grau de parentesco se restringe apenas ao fato de que os clones aparentados poderiam ser mais vulneráveis ao ataque de pragas e patógenos, e não devido à depressão endogâmica. Por outro lado, na estratégia sexuada, cuidados adicionais referentes ao germoplasma utilizado são requeridos, tais como o tamanho efetivo da população de melhoramento e grau de parentesco entre os indivíduos que a compõe.

Conclusões

Com base nos valores das frequências dos alelos retidos para as duas populações, a amostragem conseguiu capturar alelos com frequências (FAR)³ 4% (N_e ³ 60), sendo adequada em termos de representatividade da população. Quanto à endogamia, em curto e médio prazos, os níveis serão baixos. A reunião de duas populações diferentes em uma população composta é desejável em termos de tamanho efetivo.

Pela estratégia clonal, não há preocupação com o tamanho efetivo da população em que os clones estão sendo selecionados e também não tem tanta importância o grau de parentesco entre indivíduos envolvidos na seleção.

Para a constituição de um pomar de sementes biclonal, deve-se trabalhar com contribuição desbalanceada de rametes dos dois indivíduos não aparentados, selecionados com base em seus valores genéticos aditivos. Neste caso, um clone é repetido várias vezes ao redor do outro, objetivando maximizar o ganho e minimizar a autofecundação.

Em função da endogamia potencial, deve-se manter no pomar de sementes por mudas 50 árvores com os maiores valores genéticos aditivos, com um máximo de 5 indivíduos por família (N_e ³ 30). Esse número de indivíduos é suficiente para novos ciclos seletivos.

Referências

- BACKER, I. M.; CURNOW, R. N. Choice of population size of variation between replicate populations in plant breeding selection programs. **Crop Science**, Madison, v. 9, p. 555–560, 1969.
- CLEMENT, C. R. Domestication of the pejobaye palm (*Bactris gasipaes*): past and present. In: SOCIETY FOR ECONOMIC BOTANY, 1986, New York. **The Palm: tree of life. biology, utilization and conservation: annual meeting...** New York: The New York Botanical Garden, 1988. p. 155-174. (Advances in Economic Botany, 6).
- CLEMENT, C. R. The pejobaye: a domesticated tree. **Ciência Hoje**. n. Especial, p. 43-47, 1991.
- KALIL FILHO, A. N.; SANTOS, A. F. dos; NEVES, E. J. M.; KALIL, G. P. da C.; SILVA, V. F. O. Presença/ausência de espinhos em progênies de pupunha (*bactris gasipaes*) do projeto reca como fonte de sementes. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 44, p. 127-132, 2002.
- KALIL FILHO, A. N.; CLEMENT, C. R.; REZENDE, M. D. V.; FARIAS NETO, J. T. de; BERGO, C. L.; YOKOMIIZO, G. K.; KAMINSKI, P. E.; YUYAMA, K.; MODOLO, V. **A. Programa de melhoramento genético de pupunha na Embrapa, IAC e INPA**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. (Embrapa Florestas. Documentos, 205).
- KANG, H. Designing a tree breeding system. In: MEETING OF THE CANADIAN TREE IMPROVEMENT ASSOCIATION, 17., 1979, Gander. **Proceedings**. Ottawa: Canadian Tree Improvement Association, 1980. p. 51-66.
- PEREIRA, M. B.; VENCOSKY, R. Limites da seleção recorrente. I. Fatores que afetam o acréscimo das frequências alélicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 7, p. 769–780, 1988.

RAWLINGS, J. D. Present status of research on long and short-term recurrent selection in finite populations: choice of population size. In: INTERNATIONAL UNION OF FORESTRY RESEARCH ORGANIZATIONS: section 22: Working Group on quantitative genetics, 1969, Raleigh. **Papers presented...**New Orleans: Southern Forest Experiment Station, U.S. Department of Agriculture, 1970. 15 p.

RESENDE, M. D. V. de; BERTOLUCCI, F. L. G. Maximization of genetic gain with restriction on effective population size and inbreeding in *Eucalyptus grandis*. In: IUFRO CONFERENCE ON EUCALYPT PLANTATIONS: improving fibre yield and quality, 1995, Hobart. [**Proceedings Papers**]. Sandy Bay, Tasmania, Australia: Cooperative Research Centre for Temperate Hardwood Forestry, 1995. p. 167-170.

Comunicado Técnico, 326

Embrapa Florestas
Endereço: Estrada da Ribeira Km 111, CP 319 Colombo, PR, CEP 83411-000
Fone / Fax: (0**) 41 3675-5600
E-mail: cnpf.sac@embrapa.br



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



1ª edição
Versão eletrônica (2013)

Comitê de Publicações

Presidente: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Secretária-Executiva: *Elisabete Marques Oaida*
Membros: *Alvaro Figueredo dos Santos, Cláudia Maria Branco de Freitas Maia, Elenice Fritzsos, Guilherme Schnell e Schuhli, Jorge Ribaski, Luis Claudio Maranhão Froufe, Maria Izabel Radomski, Susete do Rocio Chiarello Pentead*

Expediente

Supervisão editorial: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Revisão de texto: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Normalização bibliográfica: *Francisca Rasche*
Editoração eletrônica: *Rafaele Crisostomo Pereira*