

Correlações e divergência fenotípica entre  
genótipos cultivados de castanha-do-BrasilCorrelation and phenotypic divergence  
among cultivated genotypes of Brazil NutRosimeire Almeida Teixeira<sup>1</sup>, Cássia Ângela Pedrozo<sup>2</sup>, Elen Keila Lima da Costa<sup>3</sup>,  
Karine Dias Batista<sup>2</sup>, Helio Tonini<sup>4</sup> e Luiz Alberto Pessoni<sup>5</sup>

---

**Resumo**

O presente estudo foi conduzido com os objetivos de estimar coeficientes de correlação e de avaliar a divergência fenotípica entre 21 genótipos de castanha-do-brasil, cultivados em um sistema agroflorestal instalado no Cantá - RR. Na safra de 2013, cinco frutos foram aleatoriamente coletados de cada genótipo e avaliados quanto a doze caracteres da árvore, do fruto e da semente, e quanto a quatro caracteres da produção. Inicialmente, os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e as correlações de Pearson obtidas. Com exceção dos caracteres da produção, as médias fenotípicas padronizadas dos demais caracteres avaliados foram utilizadas para estimar as dissimilaridades entre os genótipos, por meio da distância Euclidiana média. A matriz obtida foi utilizada no agrupamento dos genótipos pelo método hierárquico aglomerativo, baseado na distância aritmética média (UPGMA), e pelo método de otimização de Tocher associado à técnica de componentes principais. A seleção para plantas que apresentam frutos maiores tende a selecionar também plantas com frutos mais pesados, de maior espessura da casca e com sementes maiores e mais pesadas. Os métodos de agrupamento de Tocher e o baseado em componentes principais possibilitaram uma discriminação mais consistente entre os genótipos, com formação de quatro grupos distintos. Cruzamentos entre os genótipos C37 e C53 com o genótipo C29 podem representar boas alternativas para obtenção de populações segregantes a serem utilizadas em futuros trabalhos de melhoramento da espécie.

**Palavras-chave:** *Bertholletia excelsa*, melhoramento genético, sistema agroflorestal.

**Abstract**

This study was conducted with the objective of estimating correlation coefficients and phenotypic divergence among 21 genotypes of Brazil nut trees grown in an agroforestry system in Cantá - RR. In 2013, five fruits were randomly collected from each genotype and assessed for twelve traits of tree, fruit and seed, and for four traits of yield. The data were submitted to descriptive statistical analysis and the Pearson correlations were obtained. Except for the yield characters, the standardized phenotypic means were used to estimate the dissimilarity between genotypes by the average Euclidean distance. The matrix obtained was used in the clustering by agglomerative hierarchical process, based on the arithmetic average distance (UPGMA) and the Tocher optimization method associated with the technique of principal components. Selecting for plants that have larger fruit tends to also selecting plants with heavier fruits, with greater skin thickness and larger and heavier seeds. The Tocher method and the technique of principal components allowed a more consistent discrimination between genotypes, with formation of four distinct groups. Crosses between C37 and C53 with genotype C29 can represent good alternatives for obtaining segregating populations for use in future breeding programs of the species.

**Keywords:** *Bertholletia excelsa*, genetic improvement, agroforestry system.

---

<sup>1</sup>Graduada em Ciências Biológicas. Faculdades Cathedral de Ensino Superior. Av. Luís Canúto Chaves, 293 - 69307-053 - Caçari, Boa Vista - RR. E-mail: [rosimeirealmeida.96@gmail.com](mailto:rosimeirealmeida.96@gmail.com).

<sup>2</sup>Pesquisadora Doutora. Embrapa Roraima - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Rodovia BR 174, KM . Distrito Industrial - 69301-970 - Boa Vista, RR. E-mail: [cassia.pedrozo@embrapa.br](mailto:cassia.pedrozo@embrapa.br); [karine.batista@embrapa.br](mailto:karine.batista@embrapa.br).

<sup>3</sup>Graduada em Ciências Biológicas. Faculdades Cathedral de Ensino Superior. Av. Luís Canúto Chaves, 293 - 69307-053 - Caçari, Boa Vista - RR. E-mail: [elenkeila.l.c@hotmail.com](mailto:elenkeila.l.c@hotmail.com).

<sup>4</sup>Pesquisador Doutor. Embrapa Agrossilvipastoril - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Rodovia MT 222, km 2,5 Zona Rural - 78550970 - Sinop, MT. E-mail: [helio.tonini@embrapa.br](mailto:helio.tonini@embrapa.br).

<sup>5</sup>Professor Associado I. UFRR - Universidade Federal de Roraima, Centro de Estudos da Biodiversidade. Avenida Capitão Ene Garcez - 9310000 - Boa Vista, RR. E-mail: [luizpessoni@yahoo.com.br](mailto:luizpessoni@yahoo.com.br).

## INTRODUÇÃO

Dentre os produtos florestais não madeireiros da Amazônia, a castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) é uma das espécies de maior importância, uma vez que tem participação significativa na geração de divisas para a região, além de ser fonte geradora de emprego e renda para milhares de trabalhadores rurais e urbanos (TONINI, 2011).

As amêndoas da espécie apresentam elevado valor nutritivo, sendo um dos principais produtos provenientes do extrativismo exportados na região. Apesar da relevância, a exportação brasileira de castanha tem perdido espaço para outros países produtores, o que se deve, dentre outros fatores, a problemas de desmatamento, à baixa qualidade das castanhas coletadas, aos baixos preços obtidos pelo produto e à falta de políticas para incentivo à produção (NASCI-MENTO et al., 2010).

A possibilidade de plantios de enriquecimento, bem como plantios solteiros ou consorciados com outras espécies em áreas degradadas, utilizando mudas provenientes de material genético selecionado pode ser uma importante estratégia para a retomada da competitividade da produção e da exportação brasileira de castanha-do-brasil.

De acordo com Tonini et al. (2008a), o desenvolvimento de pesquisas que procurem quantificar a produção de frutos por árvore, e determinar quais são os fatores que influenciam a variabilidade da produção individual é imprescindível. O conhecimento assim gerado pode ser utilizado tanto em programas de melhoramento, quanto em programas de conservação genética da espécie. Estudos de correlação e de divergência genética, os quais podem auxiliar neste sentido, são escassos para a castanha-do-brasil (SERRA et al., 2006; FERNANDES et al., 2007; KAMINSKI et al. 2008; TONINI et al., 2008a, 2008b; CAMARGO et al., 2010).

O presente estudo teve por objetivos estimar coeficientes de correlação e avaliar a divergência fenotípica entre 21 genótipos de castanha-do-brasil pertencentes a um sistema agroflorestal em Cantá - RR.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um sistema agroflorestal implantado no Campo Experimental Confiança, pertencente à Embrapa Roraima e situado a 90 km de Boa Vista, no Município do

Cantá (02° 15' 00" de latitude norte e 60° 39' 54" de longitude oeste).

A região apresenta vegetação de Floresta e, segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Ami, com nítido período de seca. A precipitação anual varia entre 1.795 mm a 2.385 mm, com período chuvoso concentrado nos meses de maio a julho (MOURÃO JR. et al., 2003). A amplitude térmica entre as médias do mês mais quente e do mês mais frio do ano é inferior a 5°C. O relevo da região é ondulado, com predominância de solos do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Um total de 21 genótipos de castanha-do-brasil (C01, C02, C05, C07, C08, C09, C12, C19, C25, C29, C30, C33, C36, C37, C38, C39, C40, C41, C43, C52 e C53), com 18 anos de idade e originados de sementes provenientes de plantas de polinização aberta cultivadas no Estado do Amazonas, foi avaliado na safra de 2013.

Cada genótipo foi avaliado quanto a caracteres do fruto, da semente e da planta, bem como quanto a caracteres da produção total. Em relação aos frutos, foram avaliados os seguintes caracteres: massa fresca do fruto + sementes (MF+S; em g), diâmetro do poro (DP; em cm), espessura da casca (EC; em cm), circunferência transversal do fruto (CTF; em cm), circunferência longitudinal do fruto (CLF; em cm), número de sementes por fruto (NSF) e massa fresca de sementes por fruto (MSF; em g). Em relação à semente foram avaliados: massa fresca média da semente (MMS; em g), comprimento médio da semente (CMS; em cm) e circunferência média da semente (CIRCMS; em cm). Quanto à planta, foram avaliados a altura total (H; em m) e o diâmetro à altura do peito (DAP; em m). Por último, massa fresca de frutos da planta (MFP, em kg), massa fresca de sementes da planta (MSP, em kg), número total de frutos da planta (NFP) e massa média de sementes da planta (MSP<sub>m</sub>), sendo este último obtido pela média da produção de sementes ao longo de quatro anos (2009, 2010, 2012 e 2013), foram também obtidos.

Os caracteres do fruto foram avaliados de uma amostra aleatória de cinco frutos coletados de cada genótipo, enquanto que os caracteres da semente foram avaliados a partir de uma amostra de 10 sementes por fruto. Para avaliação desses caracteres, foram utilizadas fita métrica, régua graduada e balança digital com precisão de duas casas decimais, no caso dos frutos, e de quatro casas decimais, no caso das sementes. Os caracteres MFP, MSP, NFP e MSP<sub>m</sub> foram avaliados pela

coleta de todos os frutos presentes sob a copa de cada planta, sendo os mesmos contados, pesados e abertos para posterior pesagem das sementes, utilizando-se para isso uma balança de gancho digital com precisão de 50 g. Por fim, a H e a circunferência à altura do peito foram avaliadas com auxílio de um hipsômetro eletrônico e uma fita métrica, respectivamente, sendo este segundo caractere posteriormente transformado para DAP.

Os dados obtidos foram inicialmente submetidos à análise estatística descritiva e, com exceção da  $MSP_m$ , as correlações simples, ao nível de média de genótipos, foram obtidas entre todos os demais caracteres. As médias padronizadas da MF+S, CTE, CLF, DP, EC, NSF, MSF, MMS, CMS, CIRCMS, H e DAP foram utilizadas para estimar as dissimilaridades entre os genótipos, por meio do cálculo da distância Euclidiana média. A matriz de dissimilaridade obtida foi utilizada no processo de agrupamento dos genótipos pelo método hierárquico aglomerativo, baseado na distância aritmética média (UPGMA), e pelo método de otimização de Tocher associado à técnica de componentes principais (CP).

Para testar a eficiência do agrupamento gerado pelo método UPGMA, calculou-se o coeficiente de correlação cofenética (SOKAL; ROHLE, 1962). O ponto de corte no dendrograma formado por aquele mesmo método foi definido conforme o proposto por Mojema (1977). Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software GENES (CRUZ, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias (Tabela 1) obtidas para MF+S e MSF (756,17 g e 155,45 g, respectivamente) foram superiores à média obtidas para estes mesmos caracteres em populações nativas do Mato Grosso (CAMARGO et al. 2010). No entanto, a média da MF+S foi inferior a relatada por Müller et al. (1995) e a da MSF foi inferior às relatadas por estes mesmos autores e por Kaminski et al. (2008), em populações nativas do Pará e de Roraima, respectivamente. Em relação ao NSF, a média (16 sementes) foi semelhante à encontrada por Camargo et al. (2010) e por Kaminski et al. (2008), e inferior à relatada por Müller et al. (1995). Em relação à massa e tamanho das sementes, as médias obtidas para MMS e CMS (10 g e 4,5 cm, respectivamente) foram similares àquelas obtidas por Kainer et al. (1999) no Acre.

A massa de semente por planta (MSP) em 2013 foi 3,09 kg. Este valor não é representativo

da produção, devidos aos fatos da castanheira ser uma espécie perene e da produtividade ser uma variável altamente influenciada pelo ambiente. A média da  $MSP_m$ , a qual foi obtida de dados de produção de sementes ao longo de quatro anos, foi 2,21 kg. Este valor é inferior aos obtidos em castanhais nativos de Roraima e do Acre (VIANA et al., 1998; WADT et al., 2005; KAINER et al., 2007; TONINI et al., 2008b), onde foi obtida produção variando de 3,43 kg a 24,00 kg de sementes por planta.

Dentre outros fatores, as diferenças de produção obtidas em relação às populações nativas podem ser explicadas pela juvenilidade das plantas avaliadas no presente estudo, as quais apresentavam 18 anos de idade no período da avaliação. Os dados de produtividade obtidos em áreas nativas, geralmente são coletados em árvores com DAP acima de 0,50 m, as quais são consideradas adultas. Segundo Zuidema (2003), para atingir estas dimensões em florestas nativas uma árvore pode levar cerca de 100 anos. Apesar da dificuldade de extrapolações para resultados obtidos em áreas nativas, vale ressaltar que das plantas avaliadas, no presente estudo apenas quatro (C07, C19, C43 e C53) apresentaram DAP acima de 0,50 m. Além do fator idade, destaca-se as diferenças de metodologias empregadas na coleta, uma vez que o trabalho realizado por Viana et al. (1998), o qual obteve produção de 24,0 kg de sementes por planta, foi realizado com o auxílio de castanheiros que, normalmente, evitam as árvores menos produtivas, aumentando, desta forma, a média da produção.

A grande amplitude observada entre os valores mínimos e máximos dos caracteres demonstra presença de variabilidade entre os genótipos avaliados, o que está de acordo com estudo realizado por Buckley et al. (1988), os quais observaram elevado nível de variação genética dentro populações de castanheira, consequência da elevada taxa de cruzamento entre os indivíduos (O'MALLEY et al., 1988).

Com relação à  $MSP_m$ , seis genótipos (C29, C30, C37, C39, C40 e C53) apresentaram valores acima (2,35 a 10,50 kg) da média geral. C39 e C40 apresentaram valores abaixo da média geral para a maioria dos caracteres do fruto e da semente. Embora tenha apresentado valores desejáveis para um grande número de caracteres, o genótipo C30 apresentou sementes pequenas e leves. Os genótipos C29, C37 e C53 apresentaram elevados valores para grande parte dos caracteres avaliados.

**Tabela 1.** Valores médios, mínimos e máximos dos caracteres massa do fruto + sementes (MF+S), circunferência transversal do fruto (CTF), circunferência longitudinal do fruto (CLF), diâmetro do poro (DP), espessura da casca (EC), número de sementes por fruto (NSF), massa de sementes por fruto (MSF), massa média da semente (MMS), comprimento médio da semente (CMS), circunferência média da semente (CIRCMS), altura da planta (H), diâmetro à altura do peito (DAP), massa de frutos da planta (MFP), massa de sementes da planta (MSP), número total de frutos da planta (NF) e massa média de sementes da planta (MSP<sub>m</sub>), avaliadas em 21 genótipos de castanha-do-brasil cultivados em um sistema agroflorestal. Cantá – RR, 2013.

**Table 1.** Mean, minimum and maximum values of fruit + seeds mass (MF + S), transverse circumference of the fruit (CTF), longitudinal circumference of the fruit (CLF), pore diameter (DP), shell thickness (EC), number of seeds per fruit (NSF), seed mass per fruit (MSF), average mass of the seed (MMS), average length of the seed (CMS), average circumference of the seed (CIRCMS), plant height (H), diameter at breast height (DBH), fruit mass per plant (MFP), seed mass per plant (MSP), total number of fruits per plant (NF) and average mass of seed per plant (MSP<sub>m</sub>) evaluated in 21 genotypes Brazil nut grown in an agroforestry system. Cantá – RR, 2013

	MF+S (g)	CTF (cm)	CLF (cm)	DP (cm)	EC (cm)	NSF	MSF (g)	MMS (g)	CMS (cm)	CIRCMS (cm)	H (m)	DAP (m)	MFP (kg)	MSP (kg)	NF	MSP <sub>m</sub> (kg)
C01	669,74	35,4	38,0	0,7	1,1	17	124,07	7,74	4,0	7,2	21,5	0,43	20,81	3,74	30	0,94
C02	645,54	34,7	38,5	1,0	1,3	16	112,58	7,86	4,3	7,0	19,5	0,36	8,84	1,53	14	1,04
C05	628,24	35,5	37,4	1,4	1,6	16	150,96	9,37	4,2	7,8	16,7	0,35	10,09	2,32	18	0,69
C07	586,26	35,0	36,0	1,5	1,4	15	110,71	8,07	4,1	7,4	21,8	0,54	1,10	0,18	2	1,51
C08	783,68	38,5	39,9	1,3	1,5	16	172,09	10,91	4,5	8,0	16,2	0,35	6,30	1,34	8	2,00
C09	921,20	39,1	41,4	1,5	1,7	18	184,56	10,00	4,5	7,8	15,1	0,35	5,47	1,06	6	1,15
C12	789,82	37,8	40,2	1,2	1,4	19	204,66	9,92	4,2	8,0	15,3	0,31	3,95	1,02	5	0,28
C19	483,40	32,9	33,6	1,0	1,4	12	93,32	7,73	4,2	6,7	23,0	0,57	10,88	2,03	21	0,60
C25	653,28	34,9	37,2	2,0	1,4	15	121,33	8,58	4,1	7,7	16,3	0,43	13,61	2,38	19	1,81
C29	812,76	37,9	40,2	0,9	1,6	20	214,40	10,89	4,5	8,2	21,5	0,36	19,99	4,99	29	2,43
C30	1024,16	41,0	42,5	1,1	1,8	19	156,36	8,67	4,4	7,3	22,0	0,47	39,35	6,46	46	5,45
C33	665,08	36,6	37,8	0,8	1,4	20	164,25	8,37	4,6	7,2	24,5	0,47	10,35	2,43	16	0,98
C36	705,64	36,7	38,9	0,9	1,6	18	170,08	10,71	4,7	8,0	21,1	0,49	5,23	1,32	8	0,33
C37	971,52	40,6	41,3	1,4	1,7	13	213,60	16,31	5,5	9,2	18,3	0,38	9,87	1,85	10	2,35
C38	698,64	37,7	38,9	1,3	1,6	15	178,08	14,35	5,6	9,2	23,5	0,46	8,94	2,22	14	1,48
C39	756,29	36,0	38,3	1,1	1,4	16	142,90	7,49	3,8	7,0	20,5	0,49	24,64	8,43	30	2,84
C40	673,23	35,4	37,4	1,0	1,4	16	136,06	9,17	4,4	7,6	20,0	0,48	27,81	9,05	74	10,50
C41	665,18	35,0	37,6	1,3	1,4	16	127,25	7,57	3,7	7,2	16,2	0,39	15,70	2,54	20	1,64
C43	1072,04	42,9	41,5	1,1	1,9	10	107,03	10,43	4,8	7,7	20,5	0,64	7,26	0,74	8	0,39
C52	773,07	37,8	38,7	1,6	1,7	16	166,47	12,09	4,7	8,3	20,1	0,41	11,88	2,44	16	1,86
C53	900,82	39,3	40,4	1,7	1,5	21	213,77	13,71	4,9	8,7	20,1	0,53	31,12	6,88	48	6,24
Mg	756,17	37,2	38,9	1,2	1,5	16	155,45	10,00	4,5	7,8	19,7	0,44	13,96	3,09	21	2,21
Mínimo	483,40	32,9	33,6	0,7	1,1	10	93,32	7,49	3,7	6,7	15,1	0,31	1,10	0,18	2	0,28
Máximo	1072,04	42,9	42,5	2,0	1,9	21	214,40	16,31	5,6	9,2	24,5	0,53	39,35	9,05	74	10,50
DP	150,13	2,5	2,1	0,3	0,2	3	37,60	2,42	0,5	0,7	2,8	0,08	9,90	2,55	17	2,44

Mg: média geral; DP: desvio-padrão

Segundo Müller et al. (1995), sementes maiores e mais pesadas apresentam maior importância para a comercialização, bem como para a produção de mudas. Sendo assim, além da produtividade final, essas características também devem ser consideradas em trabalhos de melhoramento genético. Com base nestas considerações e de posse dos dados obtidos para MSP<sub>m</sub>, MMS, CMS e CIRCMS é possível ressaltar que os genótipos C29, C37 e C53 se destacaram.

Ao se considerar as correlações entre os caracteres do fruto, da semente e da planta (Tabela 2), as combinações MF+S x CLF; MF+S x CTF; CLF x CTF; CMS x CIRCMS; MMS x CMS; MMS x CIRCMS; CTF x EC; MF+S x EC; MSF x MMS e MSF x CIRCMS foram positivas, elevadas e significativas pelo teste t, com valores superiores a 0,70.

Correlações positivas, moderadas e significativas foram obtidas para as combinações MF+S x MSF; MF+S x MMS; MF+S x CMS; CTF x MSF; CTF x MMS; CTF x CMS; CTF x CIRCMS; CLF x EC; CLF x MSF; MSF x CMS; CLF x MMS; CLF x CMS; CLF x CIRCMS; MMS x EC; CMS x EC; CIRCMS x EC; e H x DAP. Correlações moderadas e significativas, mas negativas, foram obtidas entre DP e H e entre MSF e DAP (-0,4801 e -0,4718, respectivamente).

Pelos resultados de correlação apresentados, a seleção para plantas que apresentam frutos maiores tende a selecionar, também, para plantas com frutos mais pesados, de maior espessura da casca e com sementes maiores e mais pesadas. Este tipo de seleção poderia resultar em plantas com características desejáveis à comercialização e à produção de mudas.

**Tabela 2.** Coeficientes de correlação de Pearson entre 15 caracteres avaliados em 21 genótipos de castanha-do-brasil cultivados em um sistema agroflorestal em Roraima. Cantá - RR, 2013.

	CTF	CLF	DP	EC	NSF	MSF	MMS	CMS	CIRCMS	H	DAP	MFP	MSP	NFP
MF+S	0,9637**	0,9374**	0,0957	0,7566**	0,0853	0,4763*	0,4867*	0,4401*	0,4178	-0,1622	0,0316	0,2668	0,1190	0,0413
CTF		0,9086**	0,0872	0,814**	0,036	0,5041*	0,5897**	0,5885**	0,5249*	-0,0684	0,0766	0,1292	-0,0148	-0,0670
CLF			0,0369	0,6761**	0,2793	0,6174**	0,5001*	0,4432*	0,4804*	-0,2347	-0,2276	0,2102	0,0713	-0,0157
DP				0,1905	-0,0905	0,1442	0,3348	0,1487	0,4183	-0,4801*	-0,1117	-0,1109	-0,1611	-0,1588
EC					-0,139	0,347	0,5242*	0,5694**	0,461*	-0,0705	0,1028	0,0010	-0,1402	-0,1577
NSF						0,607	-0,0153	-0,1325	0,0624	-0,0271	-0,3669	0,3516	0,3310	0,2584
MSF							0,7132**	0,5131*	0,7471**	-0,1804	-0,4718*	0,0876	0,1209	0,0006
MMS								0,8917**	0,9614**	-0,0224	-0,1043	-0,0799	-0,0805	-0,0969
CMS									0,8167**	0,2524	0,1065	-0,1415	-0,1716	-0,1271
CIRCMS										-0,1142	-0,2185	-0,1182	-0,0992	-0,1237
H											0,6374**	0,2399	0,2279	0,2291
DAP												0,1852	0,1724	0,2114
MFP													0,8958**	0,8809**
MSP														0,9120**

\*\* e \* Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

MF+S: massa do fruto + sementes; CTF: circunferência transversal do fruto; CLF: circunferência longitudinal do fruto; DP: diâmetro do poro; EC: espessura da casca; NSF: número de sementes por fruto; MSF: massa de sementes por fruto; MMS: massa média da semente; CMS: comprimento médio da semente; CIRCMS: circunferência média da semente; H: altura da planta (H); DAP: diâmetro à altura do peito; MFP: massa de frutos da planta; MSP: massa de sementes da planta; NF: número total de frutos da planta.

MF+S: fruit + seeds mass; CTF: transverse circumference of the fruit; CLF: longitudinal circumference of the fruit; DP: pore diameter; EC: shell thickness; NSF: number of seeds per fruit; MSF: seed mass per fruit; MMS: average mass of the seed; CMS: average length of the seed; CIRCMS: average circumference of the seed; H: plant height; DBH: diameter at breast height; MFP: fruit mass per plant; MSP: seed mass per plant; NF: total number of fruits per plant.

Em relação às correlações entre MFP, MSP e NFP com os demais caracteres, não foi observado coeficiente significativo para nenhuma combinação, indicando que a produtividade final, neste estudo, independeu dos caracteres do fruto, da semente e da planta. Em florestas nativas, existe elevada correlação entre produção e DAP (WADT et al., 2005; TONINI et al., 2008b), pois nesta condição o DAP é um indicador de status reprodutivo, ou seja, apenas produzem frutos as árvores que atingem o dossel, sobrepujam os competidores e expandem lateralmente as suas copas. Em plantios, esta competição por luz não ocorre e é normal que a correlação seja nula ou reduzida, fato ocorrido no presente estudo.

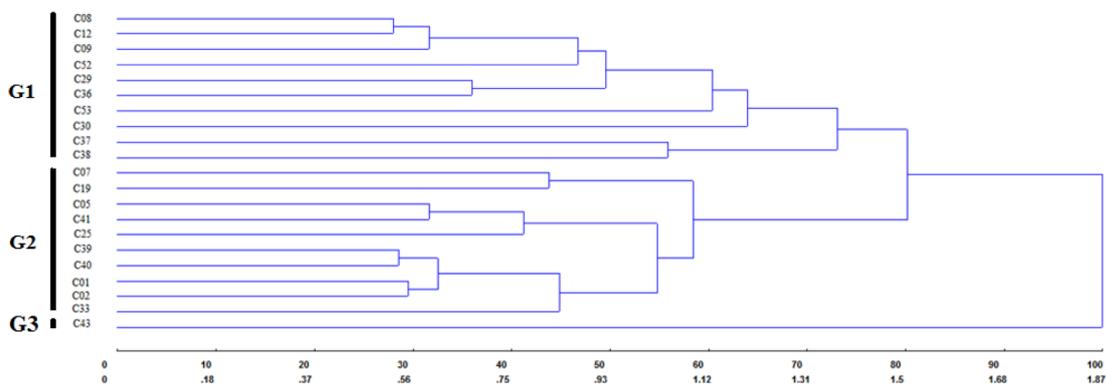
A avaliação do NFP é muito menos trabalhosa de ser realizada que a avaliação da MFP e da MSP. Ao se considerar a correlação entre estes três caracteres, foram obtidos coeficientes positivos e altamente significativos entre os mesmos (0,8958 para MFP x MSP; 0,8809 para MFP x NFP; e 0,9120 para MSP x NFP), indicando que a produção de sementes tende a ter seu valor aumentado com a elevação dos valores do NFP e da MFP. Apesar de indicarem a possibilidade de seleção indireta para MSP, com base na MFP e no NFP, estes resultados precisam ser vistos com cautela, uma vez que as correlações obtidas são fenotípicas, podendo haver contribuição significativa dos fatores ambientais para as estimativas das mesmas. Mesma consideração deve ser feita quanto à seleção para tamanho dos frutos, discutida anteriormente.

O valor do coeficiente de correlação cofenética para o dendrograma (Figura 1) formado pelo

método UPGMA foi 0,72, indicando provável distorção entre as distâncias originais estimadas entre os genótipos e aquelas representadas no dendrograma. De acordo com Rohlf e Fisher (1968) o valor mínimo desejável para este coeficiente é 0,8.

Considerando-se como ponto de corte o valor de 1,40; conforme Mojema (1977) foi possível formar três grupos de similaridade. O primeiro e o segundo grupo (G1 e G2, respectivamente) foi constituído por dez genótipos cada um (G1: C08, C12, C09, C52, C29, C36, C53, C30, C37 e C38; G2: C07, C19, C05, C41, C25, C39, C40, C01, C02, C33), enquanto que o e terceiro grupo (G3) foi constituído apenas pelo genótipo C43.

Pela aplicação do método de Tocher foi possível formar quatro grupos distintos, com padrão diferente daquele obtido pelo método UPGMA (Tabela 3). O primeiro grupo (G1) reuniu a maior parte dos genótipos (15), com médias variáveis para os caracteres avaliados. O segundo grupo (G2) foi formado por três genótipos (C37, C38 e C53), os quais apresentaram elevadas médias para os caracteres da semente. O terceiro grupo (G3), formado pelos genótipos C30 e C43, se caracterizou por apresentar elevadas médias para caracteres do fruto e da planta, mas médias reduzidas para caracteres da semente. O quarto grupo (G4), por sua vez, foi formado apenas pelo genótipo (C19), que apresentou médias reduzidas para os caracteres do fruto e da semente, mas médias elevadas para os caracteres da planta.



**Figura 1.** Dendrograma UPGMA (obtido a partir das distâncias Euclidianas médias padronizadas) entre 21 genótipos de castanha-do-brasil avaliados quanto a doze caracteres morfológicos e agrônômicos (massa do fruto + sementes, circunferência transversal do fruto, circunferência longitudinal do fruto, diâmetro do poro, espessura da casca, número de sementes por fruto, massa de sementes por fruto, massa média da semente, comprimento médio da semente, circunferência média da semente, altura da planta e diâmetro à altura do peito). Cantá – RR, 2013.

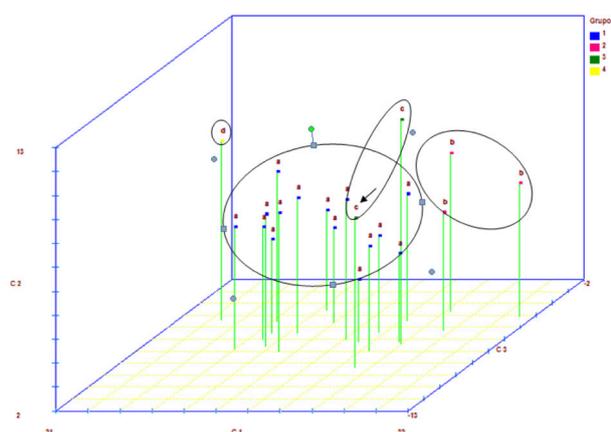
**Figure 1.** UPGMA dendrogram (obtained from the standardized average Euclidean distances) between 21 genotypes of Brazil nut evaluated for twelve morphological and agronomic traits (fruit + seeds mass, transverse circumference of the fruit, longitudinal circumference of the fruit, pore diameter, shell thickness, number of seeds per fruit, seed mass per fruit, average mass of the seed, average length of the seed, average circumference of the seed, plant height and diameter at breast height). Cantá – RR, 2013.

**Tabela 3.** Agrupamento de otimização entre 21 genótipos de castanha-do-brasil, obtido pelo método Tocher, com base em doze caracteres morfológicos e agrônômicos, utilizando a distância euclidiana média padronizada. Cantá – RR, 2013.

**Table 3.** Cluster of optimization among 21 genotypes of Brazil nut obtained by the Tocher method, based on twelve morphological and agronomic traits and by using the standardized mean Euclidean distance. Cantá – RR, 2013.

Grupo	Genótipos
G1(a)	C08, C09, C12, C05, C52, C29, C36, C40, C41, C39, C02, C33, C01, C07, C25
G2(b)	C37, C38, C53
G3(c)	C30, C43
G4(d)	C19

a, b, c e d indicam os grupos mostrados na Figura 2.



**Figura 2.** Dispersão gráfica de 21 genótipos de castanha-do-brasil em relação aos três primeiros componentes principais ( $c_1$ ,  $c_2$  e  $c_3$ ), estabelecidos pela combinação linear de 12 caracteres morfológicos e agrônômicos e identificados segundo quatro grupos (a, b, c e d - delimitados pelas elipses), obtidos pelo método de otimização de Tocher. Seta indica genótipo C30.

**Figure 2.** Graphic dispersion of 21 Brazil nut genotypes in relation to the first three principal components ( $c_1$ ,  $c_2$  e  $c_3$ ) established by the linear combination of 12 morphological and agronomic characters and labeled according to four groups (a, b, c and d - delimited by ellipses) obtained by the optimization method of Tocher. Arrow indicates genotype C30.

A análise dos componentes principais mostrou que os três primeiros componentes concentram cerca de 77% da variação investigada, com os componentes 1, 2 e 3 explicando, respectivamente, 45,9%, 18,2% e 12,9% dessa variação (dados não apresentados). Ainda com base na análise dos componentes principais, os caracteres de menor importância para a diversidade fenotípica, foram MF+S, MMS, CHF e CIRCMS, situação justificada pelo fato destes serem correlacionados com outros caracteres incluídos na investigação.

De modo geral, o padrão de dispersão dos genótipos no espaço tridimensional produzido pelos três primeiros componentes principais (Figura 2) foi consistente com o padrão de agrupamento obtido pelo método de Tocher. A

única discordância observada foi em relação ao genótipo C30 que, segundo o método de Tocher foi alocado no grupo G3, mas pelo método de componentes principais aparece na zona de dispersão dos genótipos do grupo a.

Para maior eficiência em programas de melhoramento é interessante selecionar indivíduos que apresentem bom desempenho, mas que não sejam relacionados, ou seja, é desejável que os genótipos sejam geneticamente distantes entre si, pois, devido aos seus não relacionamentos, contribuem com um arranjo genético diferente e mais proveitoso (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Considerando os grupos de genótipos formados pelo método de Tocher associado à técnica de componentes principais é possível inferir que cruzamentos entre o genótipo com genótipos dos demais grupos não são recomendados, uma vez que C19 foi um dos menos produtivos, apresentando valores insatisfatórios para todos os caracteres. Cruzamentos entre os genótipos C37 e C53, do G2, com o genótipo C29, do G1, podem representar boas alternativas para obtenção de populações segregantes a serem utilizadas em futuros trabalhos de melhoramento da castanheira, uma vez que estes genótipos são divergentes e apresentam valores desejáveis para a maioria dos caracteres de importância agrônômica avaliados.

## CONCLUSÕES

Correlações entre o número de frutos e a massa de frutos e de sementes indicam a possibilidade de seleção indireta para a produção de frutos e sementes. Os métodos de agrupamento de Tocher e baseado em componentes principais possibilitaram uma discriminação mais consistente entre os genótipos, onde C37, C53 e C29 são recomendados para cruzamentos, por apresentarem divergência fenotípica e um maior conjunto de características desejáveis.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos funcionários da Embrapa Roraima, José de Anchieta Moreira da Costa e Mário Etevaldo Pereira Coelho, pela assistência na coleta e avaliação dos frutos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUCKLEY, D. P.; O'MALLEY D. M.; APSIT, V.; PRANCE, G. T.; BAWA, K. S. Genetic of Brasil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., Lecythidaceae). 1. Genetic variation in natural populations. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 76, n. 6, p. 923-928, 1988.
- CAMARGO, F. F.; DA COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; ROA, R. A. R.; RODRIGUES, N. B.; DOS SANTOS, L. V.; DE FREITAS, A. C. A. Variabilidade genética para caracteres morfométricos de matrizes de castanha-do-brasil da Amazônia Mato-grossense. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 4, p. 705-710, 2010.
- CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 2003, v. 2, 585 p. FERNANDES, E. T. M. Morphological diversity and production of *Bertholletia excelsa* H.B.K. (Lecythidaceae) in the Southeast of Acre – Brazil. VIII CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu, 2007, v. 1, p. 27-28.
- KAINER, K. A.; MATOS MALAVASI, M.; DURYEY, M. L.; DA SILVA, A. R. Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) seed characteristics, preimbibition and germination. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 27, p. 731-745, 1999.
- KAINER, K. A.; WADT, L. H.; STAUDHAMMER, C. L. Explaining variation in Brazil nut fruit production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 250, n. 3, p. 244-255, 2007.
- KAMINSKI, P. E.; TONINI, H.; COSTA, P. **Manejo de Produtos Florestais não madeireiros na Amazônia**. Resultados de pesquisa. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008, 31 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 02).
- MOJEMA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, v. 20, p. 359-363, 1977.
- MOURÃO, J. R. M.; XAUD, M. R.; XAUD, H. A. M.; MOURA NETO, M. A.; ARCO-VERDE, M. E.; PEREIRA, P. R. V. S.; TONINI, H. **Precipitação pluviométrica em áreas de transição savana-mata de Roraima: campos experimentais Serra da Prata e Confiança**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2003, 7 p. (Comunicado Técnico, 17).
- MÜLLER, C. H.; FIQUEIREDO, F. J. C.; CARVALHO, J. E. U. **Características comparativas entre frutos e sementes de castanha-do-brasil**. Belém: Embrapa-CPATU, 1995, 21 p. (Documentos, 82).
- NASCIMENTO, W. M. O.; CARVALHO, J. E. U.; MULLER, C. H. **Castanha-do-brasil**. Jaboticabal: Funep, 2010, 41 p. (Série Frutas Nativas, 8).
- O'MALLEY D. M.; BUCKLEY, D. P.; PRANCE, G. T.; BAWA, K. S. Genetic of Brasil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., Lecythidaceae). 2. Mating system. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 76, n. 1, p. 929-932, 1988.
- ROHLE, F. J.; FISHER D. L. Test for hierarchical structure in random data sets. **Systematic Zoology**, v. 17, p. 407-412, 1968.
- SERRA, A. G. P.; PAIVA, R.; PAIVA, E.; NOGUEIRA, R. C.; SOARES, F. P.; PAIVA, P. D. O. Estudo da divergência genética em castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) utilizando marcadores moleculares RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA). **Magistra**, Cruz das Almas, v. 18, n. 1, p. 42-47, 2006.
- SOKAL, R. R.; ROHLE, F. J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, v. 11, n. 1, p. 30-40. 1962.
- TONINI, H. Fenologia da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., Lecythidaceae) no sul do estado de Roraima. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 123-131, 2011.
- TONINI, H.; COSTA, P.; KAMINSKI. Estrutura e produção de duas populações nativas de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* O. Berg) em Roraima. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 445-457, 2008a.

- TONINI, H.; KAMINSKI, P. E.; COSTA, P. Relação da produção de sementes de castanha-do-brasil com características morfométricas da copa e índices de competição. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 11, p. 1509-1515, 2008b.
- VIANA, V. M.; MELLO, R. A.; MORAES, L. M.; MENDES, N. T. Ecologia e manejo de populações de castanha-do-pará em reservas extrativistas, Xapuri, Estado do Acre. In: GASCON, C.; MOUTINHO, P. (Ed.). **Floresta Amazônica: dinâmica, regeneração e manejo**. Manaus: Inpa, 1998, p. 277-292.
- WADT, L. H. O.; KAINER, K. A.; GOMES-SILVA, D. A. P. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 211, n. 3, p. 371-384, 2005.
- ZUIDEMA, P. A. **Ecology and management of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*)**. Ribeiralta: Promab, 2003, 111 p. (Promab Scientific Series, 6).

Recebido em 21/07/2014

Aceito para publicação em 23/02/2015

