

**Propriedades de engenharia de grãos dos genótipos de *Coffea canephora*
mais cultivados na Amazônia Ocidental**

**Properties of engineering the grain most cultivated *Coffea canephora*
genotypes in the Western Amazon**

DOI: 10.55905/rdelosv17.n51-001

Recebimento dos originais: 24/11/2023

Aceitação para publicação: 29/12/2023

Hilton Lopes Junior

Doutorando em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia
Endereço: Jaru – RO, Brasil
E-mail: hilton.junior@ifro.edu.br

Rodrigo Barros Rocha

Doutor em Genética e Melhoramento
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - Rondônia
Endereço: Porto Velho - RO, Brasil
E-mail: rodrigo.rocha@embrapa.br

Alana Mara Kolln

Mestre em Ciências Ambientais
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia
Endereço: Jaru – RO, Brasil
E-mail: alana.kolln@ifro.edu.br

Reginaldo Lima Gomes

Mestre em Ensino de Física
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia
Endereço: Jaru – RO, Brasil
E-mail: reginaldo.gomes@ifro.edu.br

Enrique Anastácio Alves

Doutor em Engenharia Agrícola
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - Rondônia
Endereço: Porto Velho - RO, Brasil
E-mail: enrique.alves@embrapa.br

Alexsandro Lara Teixeira

Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - Rondônia

Endereço: Porto Velho - RO, Brasil

E- Instituição: alexsandro.teixeira@embrapa.br

RESUMO

A engenharia de grãos traz resultados importantes sobre a característica individual de cada genótipo, sendo assim, o objetivo deste trabalho foi de avaliar as propriedades de engenharia de diferentes clones de *C. canephora* no estado de Rondônia. Foram avaliados 86 genótipos ao longo de duas safras com delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial com dez repetições. Os caracteres avaliados neste estudo foram: volume, esfericidade, circularidade, área projetada, diâmetro geométrico e densidade da partícula. A associação entre características foi interpretada considerando estimativas de correlação simples e a significância interpretada pelo teste F da análise de variância a 1% de probabilidade e teste de média segundo Skott Knott a 5% de probabilidade. Observou-se diferença significativa entre os genótipos para todas as variáveis analisadas. Através da matriz de correlação evidenciou-se que a esfericidade está associada positivamente com a circularidade e negativamente com o comprimento dos grãos. O volume está associado de modo positivo com a área projetada e diâmetro geométrico e negativo com a densidade da partícula. Com o agrupamento de médias, verificou-se que os genótipos BAG39, LB102, LB20, LB12, GJ21, LB160, BAG30 apresentaram característica superior no quesito esfericidade. Referente ao volume, destacou-se o SK41, SK80, N11, N7. Já a densidade da partícula, o LB160 apresentou superioridade aos demais. Evidencia-se que os cafeeiros de Rondônia apresentam alta heterogeneidade nas propriedades de engenharia, sendo possível o produtor e empresa de torrefação selecionarem genótipos de acordo com a sua especificidade.

Palavras-chave: café, robustas amazônicas, caracterização física.

ABSTRACT

Grain engineering brings important results on the individual characteristics of each genotype, therefore, the objective of this work was to evaluate the engineering properties of different clones of *C. canephora* in the state of Rondônia. 86 genotypes were evaluated over two harvests with a completely randomized experimental design, in a factorial arrangement with ten replications. The characters evaluated in this study were: volume, sphericity, circularity, projected area, geometric diameter and particle density. The association between characteristics was interpreted considering simple correlation estimates and significance interpreted by the F test of analysis of variance at 1% probability and mean test according to Skott Knott at 5% probability. A significant difference was observed between genotypes for all variables analyzed. Through the correlation matrix, it was evident that sphericity is positively associated with circularity and negatively with grain length. Volume is positively associated with the projected area and geometric diameter and negatively associated with particle density. With the grouping of means, it was found that the genotypes BAG39, LB102, LB20, LB12, GJ21, LB160, BAG30 presented superior characteristics in terms of sphericity. Regarding volume, the SK41, SK80, N11, N7 stood out. Regarding particle density, LB160 was superior to the others. It is clear that coffee trees from Rondônia present high heterogeneity in engineering properties, making it possible for producers and roasting companies to select genotypes according to their specificity.

Keywords: coffee, amazonian robusta, physical characterization.

1 INTRODUÇÃO

O estado de Rondônia é o maior produtor de café da região Norte, quinto maior produtor nacional e segundo maior produtor da espécie *Coffea canephora* no Brasil, atrás apenas do Espírito Santo (CONAB, 2023), tendo potencial para se tornar a principal referência do setor. Isso se deve ao processo de transformação nas lavouras a partir do ano de 2010, onde as lavouras semíferas foram substituídas por lavouras formadas por mudas propagadas vegetativamente por meio de estaquia, conhecido como clonagem (ESPINDULA et al., 2022).

No processo de estaquia são utilizadas plantas matrizes selecionadas pelos produtores ou por empresas de pesquisa, resultando em um vasto número de clones ou cultivares distribuídos dentro do estado, acarretando genótipos com características únicas e diferenciadas, bebidas com nuances sensoriais superiores. Estes materiais genéticos são provenientes de híbridos (conilon e robusta) e são denominados de robustas amazônicos, que se destacam com a produção dos “robustas finos”.

A implantação do café clonal é um fator culminante para o crescimento socioeconômico dos cafeicultores, o produtor terá maior liberdade de escolha, selecionando clones de acordo com sua característica genética, tendo como resultado um produto final de maior valor agregado (TEIXEIRA, 2018).

Os clones plantados no estado apresentam significativa variabilidade genética, com formas e tamanhos dos frutos variadas, onde tais características são evidenciadas em campo pelos próprios produtores. Dentre os principais clones plantados no estado, tem-se o P50 que apresenta frutos pequenos, o GJ3, GJ5, AS2, P42, 88 com frutos de tamanhos médios e o GJ8, GJ25, GB7, SK41, SK80 com frutos grandes (RONDÔNIA, 2020; ESPINDULA et al., 2022).

A dimensionamento através de caracteres relacionados ao tamanho do grão de café é utilizado para a seleção de equipamentos específicos destinados a sua separação e classificação (GONELI et al., 2011), sendo possível determinar as características de engenharia destes materiais. O objetivo deste trabalho foi de avaliar as características de engenharia dos grãos de diferentes genótipos de *C. canephora* comercializados em domínio público no estado de Rondônia.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foram avaliados ao longo de dois anos 86 clones de *C. canephora* (Tabela 1) cultivados na Amazônia Ocidental, plantados no espaçamento de 3x1 (Tabela 1), instalado no Campo Experimental da Embrapa no município de Porto Velho – RO, nas coordenadas 8°48'05"S e 63°51'02"O. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial com dez repetições, tendo a parcela experimental composta por cinco plantas. As propriedades químicas do solo, a precipitação acumulada mensal e as temperaturas máxima, média e mínima registradas nas estações meteorológicas inteligentes Ambient Weather WS2902 são publicadas noutro local (LOURENCO et al., 2022).

Para garantir a representatividade de cada genótipo, amostras de café em estágio de maturação cereja foram colhidas de diferentes plantas do mesmo clone quando este apresentava aproximadamente 70% de frutos maduros. Os frutos de café no estágio cereja foram lavados para remoção de impurezas e defeitos, sendo deixados secando naturalmente sob uma cobertura tipo barça até que as amostras atingissem entre 11–12% de umidade. Após a secagem, os frutos foram despulpados manualmente, separando as cascas dos grãos para mensuração da dimensionalidade, medidas em milímetros, utilizando paquímetro digital. Para avaliar a massa de 100 grãos medidos em gramas utilizou-se uma balança de precisão.

Após a determinação das dimensões características, o volume (V), a esfericidade (E%), a circularidade (C%), a área projetada (Ap), o diâmetro geométrico (Dg) e a densidade da partícula (Dp) dos grãos de café foram determinados conforme proposto por Mohsenin (2020), de acordo com as Equações 1, 2, 3, 4, 5 e 6 respectivamente.

$$(1) V = \frac{\pi abc}{6}$$

$$(2) E = \left[\frac{(abc)^{\frac{1}{3}}}{a} \right] 100$$

$$(3) C = \left[\frac{b}{a} \right] 100$$

$$(4) Ap = \frac{\pi ab}{4}$$

$$(5) Dg = (abc)^{1/3}$$

$$(6) Dp = \frac{m}{v}$$

A associação entre características foi interpretada considerando estimativas de correlação simples segundo Pearson e a significância dos efeitos de genótipos foi considerada a partir da interpretação do teste F da análise de variância a 1% de probabilidade e agrupamento de média a 5% de probabilidade segundo Scott Knott. As análises foram realizadas no software GENES (CRUZ, 2013).

Tabela 1. Relação dos 86 genótipos (clones) avaliados para as características físicas de grãos e frutos ao longo de duas safras (2020-2021, 2021-2022) no campo experimental da Embrapa em Porto Velho – RO.

n	Genótipos	Origem	n	Genótipos	Origem	n	Genótipos	Origem
1	BAG19	Embrapa	30	AS1	Ademar Schmidt	59	LB22	Laerte Braun
2	BAG21	Embrapa	31	AS2	Ademar Schmidt	60	LB30	Laerte Braun
3	BAG22	Embrapa	32	AS3	Ademar Schmidt	61	LB33	Laerte Braun
4	BAG23	Embrapa	33	AS5	Ademar Schmidt	62	LB60	Laerte Braun
5	BAG24	Embrapa	34	AS6	Ademar Schmidt	63	LB68	Laerte Braun
6	BAG26	Embrapa	35	AS7	Ademar Schmidt	64	LB80	Laerte Braun
7	BAG27	Embrapa	36	AS10	Ademar Schmidt	65	LB88	Laerte Braun
8	BAG28	Embrapa	37	AS12	Ademar Schmidt	66	LB102	Laerte Braun
9	BAG29	Embrapa	38	L1	Alcides Rosa	67	LB110	Laerte Braun
10	BAG30	Embrapa	39	BG180	Adilson Berger	68	LB160	Laerte Braun
11	BAG31	Embrapa	40	AR106	Aldinei	69	N1	Nivaldo Ferreira
12	BAG32	Embrapa	41	CA1	Carlos Alves Silva	70	N2	Nivaldo Ferreira
13	BAG33	Embrapa	42	GJ1	Geraldo Jacomini	71	N7	Nivaldo Ferreira
14	BAG34	Embrapa	43	GJ3	Geraldo Jacomini	72	N8(G8)	Nivaldo Ferreira
15	BAG35	Embrapa	44	GJ5	Geraldo Jacomini	73	N11	Nivaldo Ferreira
16	BAG38	Embrapa	45	GJ8	Geraldo Jacomini	74	N12	Nivaldo Ferreira
17	BAG39	Embrapa	46	GJ20	Geraldo Jacomini	75	N13	Nivaldo Ferreira
18	BAG40	Embrapa	47	GJ21	Geraldo Jacomini	76	N16	Nivaldo Ferreira
19	BAG41	Embrapa	48	GJ25	Geraldo Jacomini	77	N17	Nivaldo Ferreira
20	BRS1216	Embrapa	49	GJ30	Geraldo Jacomini	78	N32	Nivaldo Ferreira
21	BRS2299	Embrapa	50	GJ31-131	Geraldo Jacomini	79	R22	Ronaldo Vitoriano
22	BRS2314	Embrapa	51	GB1	Gilberto Boon	80	R152	Ronaldo G Oliveira
23	BRS2336	Embrapa	52	GB4	Gilberto Boon	81	SK41	Sergio Kalk
24	BRS2357	Embrapa	53	GB7	Gilberto Boon	82	SK80	Sergio Kalk
25	BRS3137	Embrapa	54	LB07	Laerte Braun	83	VP156	Valdecir Piske
26	BRS3193	Embrapa	55	LB10	Laerte Braun	84	P50	Valdecir Piske
27	BRS3210	Embrapa	56	LB12	Laerte Braun	85	WP6	Wanderley Peter
28	BRS3213	Embrapa	57	LB15	Laerte Braun	86	P42	Wanderly Bernabé
29	BRS3220	Embrapa	58	LB20	Laerte Braun			

O prefixo BAG identifica os clones que fazem parte de Banco Ativo de Germoplasma e o prefixo BRS identifica cultivares desenvolvidas pela Embrapa. Os outros clones se caracterizam como materiais em domínio público cultivados na Amazônia Ocidental.

Fonte: autores

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A dimensionalidade dos grãos de café é interpretada a partir dos eixos ortogonais, sendo que os frutos são considerados esferoides triaxiais, porém, após o beneficiamento os grãos são semi-elipsóides, composto por três dimensões características, os eixos: maior, médio e menor (AGRAWAL; CLARY; SCHROEDER, 1973). Esse fato se ocorre, porque os grãos de café não apresentam um formato geometricamente perfeito e definido, sendo que para a determinação da sua classificação física, assume-se que o produto apresenta uma forma conhecida, o que acarreta uma aproximação (CORRÊA et. al., 2002).

Percebe-se que os genótipos de café distribuídos dentro do estado de Rondônia diferem para todas as propriedades de engenharia analisadas em ambas as medições (Tabela 2), sendo evidenciado a heterogeneidade na constituição dos materiais. Esse fato se deve a alogamia e autoincompatibilidade dos *C. canephora* (FERRÃO et al., 2021; SOUZA et al., 2021).

Tabela 2. Análise de variância quanto as características de engenharia dos 86 genótipos de *C. canephora* ao longo de duas safras (2020-2021, 2021-2022) no campo experimental da Embrapa em Porto Velho – RO.

E%	C%	V mm ³	Ap mm ²	Dg	Dp g/cm ³
1º medição (2021)					
12,32**	12,32**	41,51**	45,95**	41,03**	6,96**
2º medição (2022)					
17,67**	16,17**	40,96**	47,24**	39,80**	5,26**

** significativo a 1% de probabilidade. E: esfericidade de grãos, C: circularidade de grãos, V: volume de grãos, Ap: área projetada de grãos, Dg: diâmetro geométrico, Dp: densidade da partícula.

Fonte: autores

O valor médio no parâmetro esfericidade na primeira medição foi igual a 69,46% e na segunda medição 69,74% (Tabela 3). O genótipo que apresentou grãos mais esféricos em ambas as medições foi o clone BAG39. Enquanto os grãos que apresentaram menor valor foi o clone BAG27 na safra de 2021 (1ª medição) e o clone VP156 em 2022 (2ª medição).

A esfericidade contribui para a variação na taxa de escoamento do café, ou seja, quanto mais próximo a uma esfera o grão se comportar, melhor será o escoamento do material (MOYSE; LAMBERT; WANG, 1985). Este parâmetro é definido como o quanto o formato de determinado produto se aproxima ao de uma esfera de mesmo volume e está associado inversamente ao comprimento dos grãos (Tabela 4), ou seja, quanto menor o comprimento dos grãos maior será sua esfericidade.

Tabela 3. Valores médios, máximos e mínimos quanto as características de engenharia dos 86 genótipos de *C. canephora* ao longo de duas safras (2020-2021, 2021-2022) no campo experimental da Embrapa em Porto Velho – RO.

Parâmetros	1º medição			2º medição		
	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
Esfericidade (E%)	69.46	78.24	59.91	69.74	78.28	61.21
Circularidade (C%)	72.10	86.59	57.31	73.16	85.65	60.32
Volume (V) mm³	132.78	232.71	73.40	134.21	247.58	69.51
Área projetada (Ap) mm²	46.75	73.29	31.94	47.40	73.32	30.52
Diâmetro geométrico (Dg)	6.28	7.61	5.19	6.30	7.77	5.08
Densidade das partículas g/cm³	1,25	1,57	0,83	1,25	1,56	0,91

Fonte: autores

Enquanto a circularidade de um produto é a propriedade que descreve o quanto uma dada projeção de um sólido qualquer sobre uma de suas dimensões características principais se aproxima da forma de um círculo. Este parâmetro se encontra altamente correlacionado de forma positiva com a E% (Tabela 4). Os genótipos LB60 e LB20, apresentaram maior característica de círculo, respectivamente, na primeira e segunda medição. E o cultivar BRS2336 e o BAG27, em respectivas safras, com menor valor circular.

Tabela 4. Matriz de correlação segundoe Pearson entre as características físicas dos grãos: comprimento de grãos (Cg), largura de grãos (Lg), espessura de grãos (Eg) e as propriedades de engenharia dos genótipos de *C. canephora* ao longo de duas safras (2020-2021, 2021-2022) no campo experimental da Embrapa em Porto Velho – RO.

	Cg	Lg	Eg	E%	C%	V	Ap	Dg	Dp
Cg	1								
Lg	0.62	1							
Eg	0.47	0.66	1						
E%	-0.64	0.10	0.28	1					
C%	-0.55	0.28	0.11	0.89	1				
V	0.82	0.89	0.80	-0.12	-0.06	1			
Ap	0.90	0.89	0.62	-0.31	-0.16	0.95	1		
Dg	0.84	0.89	0.81	-0.13	-0.08	0.99	0.95	1	
Dp	-0.55	-0.49	-0.58	0.11	0.15	-0.63	-0.58	-0.63	1

Cg: comprimento de grãos, Lg: largura de grãos, Eg: espessura de grãos; E: esfericidade de grãos, C: circularidade de grãos, V: volume de grãos, Ap: área projetada de grãos, Dg: diâmetro geométrico, Dp: densidade da partícula.

Fonte: autores

O volume de um produto é o fator que influencia no entendimento dos fenômenos físicos relacionados a transferência de calor, que ocorrem em operações de secagem e aeração (BOTELHO et al., 2016). Sendo de grande importância para estudos voltados ao armazenamento e secagem de produtos agrícolas (SILVA et al., 2006). Na tabela 4, nota-se que o volume dos

grãos de café apresenta correlação positiva com o Cg, Lg e Eg, além da mesma correlação com Ap e Dg.

Dentre os genótipos estudados, o N11 apresentou maior V, Ap e Dg na primeira medição, enquanto o BAG31 apresentou menor V e Dg e o GJ21 menor Ap. Na segunda medição, o clone SK80 apresentou maior V, Ap e Dg, e o BAG31 menor V, Ap e Dg. Além disso, verifica-se que o volume do grão apresenta uma correlação negativa com a densidade da partícula e consequentemente o mesmo acontece com Ap e Dg, isto significa que grãos com eixos ortogonais menores tendem a ser mais densos.

Já a densidade é a razão entre a massa e volume de uma determinada partícula, sendo muito importante para processamento, embalagem, armazenamento e transporte do café (SANTANA et al. 2014). A densidade também influencia no nível de maturidade dos frutos, quanto maior o valor da densidade dos grãos mais tempo os mesmos durarão maduro (SUSANDI et al., 2019).

Sabe-se que durante a torra, há uma redução da densidade devido ao aumento de volume e diminuição da massa do grão, sendo que a baixa densidade dos grãos de café não é atraente, resultando em embalagens de maior volume e aumentando suas chances de oxidação (NAKILCIOĞLU-TAŞ & ÖTLEŞ, 2018). O genótipo que apresentou maior densidade da partícula na primeira medição foi o LB160 e de menor o N11. Já na segunda medição, o genótipo mais denso foi o BAG40 e o menos denso o SK80.

Através dos dados contidos nas duas medições, é possível realizar um agrupamento de médias estimada com o teste de Scott Knott a 5% de probabilidade dos genótipos de acordo com suas propriedades de engenharia, onde a esfericidade (Tabela 5), volume (Tabela 6) e densidade da partícula (Tabela 7) apresentou, respectivamente, uma amplitude de 78.26 a 60.86%, 226.22 a 71.46 mm³ e 1,55 a 0,89 g/cm³.

Tabela 5. Agrupamento das médias de valores médios de esfericidade dos 86 genótipos de *C. canephora* ao longo de duas safras (2020-2021, 2021-2022) no campo experimental da Embrapa em Porto Velho – RO, segundo Scott Knott a 5% de probabilidade.

Esfericidade %	Genótipos
>75,2%	BAG39, LB102, LB20, LB12, GJ21, LB160, BAG30
>72,9%	LB60, N7, BAG31, BRS2357, N17, GJ30, BAG24, AS7, BAG41, LB22, BRS1216
>71,1%	AR106, N13, AS2, BRS3193, GJ8, N2, LB68, BAG19, LB101, SK80, N8(G8), BAG35, BG180
>69,6%	BRS3137, N32, LB30, BAG23, N1, AS12, BAG21, 31-131, GB1, GJ5, BAG38, BAG28, BAG34, BRS2314, CA1
>67,8%	GJ3, LB10, N12, LB33, AS6, BAG33, P42, GJ25, AS10, BAG32, BRS3220
>66,2%	AS1, GB4, WP6, BAG29, LB15, BRS2299, L1, GJ20, GJ1, LB07
>63,6%	N11, AS5, BAG26, AS3, LB88, R22, N16, BRS3213, P50, SK41, LB80, R152, BAG40, GB7, BRS2336, BAG22, BRS3210
>60,8%	BAG27, VP156

Fonte: autores

Nesse estudo os materiais genéticos utilizados foram selecionados por produtores e pela Embrapa. Os genótipos selecionados pelos próprios produtores são popularmente conhecidos como clones e os materiais desenvolvidos pela EMBRAPA são denominados cultivares ou variedades. Dentre os 86 genótipos deste estudo, 57 são classificados como clones de materiais de domínio público, 10 são cultivares e 19 são clones que fazem parte do Banco Ativo de Germoplasma (BAG).

De acordo com os dados contidos na tabela 5, o BAG 30 e 39 apresentaram maior valor referente a esfericidade. Já os clones de produtores que se destacaram neste quesito foram o LB102, LB20, LB12, LB160 todos selecionados por Laerte Braun e GJ21, selecionado por Geraldo Jacomin, ambos na cidade de Nova Brasilândia d'Oeste, RO. Com relação as cultivares as que apresentaram valor mais elevado para esfericidade foi a BRS2357 e BRS1216.

Dentre as características relatadas na literatura por produtores a respeito dos frutos dos clones e cultivares que apresentaram maior valor de esfericidade, temos a LB12 com frutos de tamanho médio e a LB102 com frutos de tamanho grande. As cultivares BRS2357 e BRS1216, apresentam grãos classificados como de peneira média 15. Características estas diferente do clone VP156, com menor valor esférico, apresentando frutos longos e alongados (ESPINDULA et al., 2022).

Tabela 6. Agrupamento das médias do volume médio dos 86 genótipos de *C. canephora* ao longo de duas safras (2020-2021, 2021-2022) no campo experimental da Embrapa em Porto Velho – RO, segundo Scott Knott a 5% de probabilidade.

Volume (mm³)	Genótipos
>216,2	SK41, SK80, N11, N7
>191,0	BAG19
>171,8	LB10, N32, N8(G8), N13, R22,
>160,9	N17, L1, LB22, R152, N1, AS5
>152,2	AR106, LB88, BRS2336, BRS3210, N12
>142,5	N2, GJ5, N16, BAG24, AS1, AS12, GJ20, GJ25, BRS1216
>129,6	P42, BAG21, GJ1, LB30, LB102, VP156, BAG28, GB7, LB33, GB4, BAG27, BAG23, WP6
>114,0	AS7, LB20, BAG30, BG180, BRS3213, LB07, LB15, LB12, AS2, BAG33, GJ8, LB80, 31-131, LB60, GJ3, GB1, AS3, BAG22, BRS3220, BAG32, BAG39, BAG38
>95,8	BAG26, AS6, BRS2299, P50, CA1, GJ30, BAG29, BAG35, GJ21, BRS3137, BAG34, BRS2357, BRS2314, LB101
>83,4	LB68, BRS3193, LB160, AS10, BAG41, BAG40
>71,4	BAG31

Fonte: autores

No quesito volume, destacaram como grãos de maiores eixos ortogonais na categoria clones o SK41, SK80, N11 e N7, seguido pelo BAG19. Nas cultivares registradas o BRS2336, BRS3210 e BRS1216 apresentaram volume superior. Já a de menor volume, temos a BAG31, seguidas pelos clones LB68, LB160, AS10 e a cultivar BRS3193.

Os clones SK41 e SK88 selecionados por Anerlei Sergio Kalk (SK) em Cacoal-RO, apresentam frutos de tamanho grande (ESPINDULA et al., 2022). Além desses, os clones N11 e N7 também foram selecionados no mesmo município que os SK, no entanto não há dados na literatura a respeito das características físicas dos frutos.

Na tabela 7, observa-se que o clone LB160 apresenta valor mais elevado no quesito densidade da partícula, sendo que o mesmo clone apresentou menor volume. Destacamos também o BAG40, BAG31 e o BAG29 e como cultivar a BRS2357 se sobressaindo as demais no quesito grão denso. Já o clone N11 apresenta grãos de volume elevado e com densidade de partícula menor, confirmando assim a correlação negativa entre volume e densidade, vista na tabela 4.

Tabela 7. Agrupamento das médias da densidade de partícula dos 86 genótipos de *C. canephora* ao longo de duas safras (2020-2021, 2021-2022) no campo experimental da Embrapa em Porto Velho – RO, segundo Scott Knott a 5% de probabilidade.

Densidade da partícula (cm ³)	Genótipos
>1,55	LB160
>1,36	BAG40, AS10, BRS2357, BAG31, LB07, BAG29, LB101, AS5, LB60, LB68, GJ3
>1,24	LB12, BAG23, AS6, N12, GB1, BRS3193, AS2, LB30, WP6, R22, BAG41, BAG34, GJ21, LB33, BAG35, AS3, BRS3213, P50, GB4, N1, BAG33, GB7, BAG28, LB80, AS7, GJ8, LB88, BRS2299, N2, R152, LB102, BRS2314, GJ30, GJ25, BRS2336, BAG38, BAG21, CA1, BRS1216
>1,14	BRS3210, AR106, AS12, LB20, LB15, GJ5, LB10, L1, P42, N16, GJ20, BAG22, BRS3137, BAG39, BG180, N13, 31-131, GJ1, N8(G8), BRS3220, BAG19, BAG24, BAG26, BAG32, LB22
>1,05	AS1, N7, BAG27, N17, SK41, BAG30, VP156, SK80
>1,01	N32
>0,89	N11

Fonte: autores

A alta variabilidade genética dos genótipos de *C. Canephora* acarretam em mudanças nas suas características físicas, alterando formas e tamanhos dos frutos e consequentemente ocasionando mudanças nas propriedades de engenharia dos grãos. Isto se dá principalmente pelo sistema de polinização cruzada, como a variação das características físicas dos grãos (FERRÃO et al., 2022), massa dos grãos (ZANELATO, 2021) e o índice de produtividade entre os genótipos (LOURENÇO et al., 2022).

A diferença entre a massa dos grãos está diretamente relacionado aos eixos ortogonais e consequentemente as características de engenharia. Essa alocação de biomassa na constituição do fruto do café difere seus constituintes, ocasionando aumento ou diminuição de massa dos grãos pós beneficiamento, tendo esta constituição variada de acordo com características genotípicas da planta e totalmente influenciada pelos fatores genéticos (PARTELLI et al., 2021).

A elevada heterogeneidade nas propriedades de engenharia não é algo específico para os *C. canephora* da Amazônia ocidental, isto também é observado com genótipos do *C. arábica* e demais canéforas distribuídos pelo mundo, onde a caracterização física é alterada dependendo do cultivar e ambiente.

Isto é observado em estudo desenvolvido por Araújo (2019) com *C. arábica* da cultivar Oeiras, observando valor para esfericidade e circularidade inferior à média encontrada neste trabalho, respectivo 60.8% e 60.4%. Quando observado valores do *C. arábica* de outros cultivares, como o Catuaí, IAPAR e IAC, os valores médios se aproximam ao desse estudo

(BELAY et al., 2014; OLUKUNLE & AKINNULI, 2012; DIAS, 2017; SAATH et al., 2019; ARAÚJO JUNIOR et al., 2021; MELENDEZ; CONDORI; BARBOSA, 2021).

O mesmo comportamento evidenciado por Araújo (2019) para esferecidade também é visto para os caracteres V, Ap e Dg do C. arábica, com valores respectivos iguais a 365 mm³, 99.6 mm² e 8.86. Em trabalhos com cultivares C. arábica da Ethiopia o volume foi inferior à média encontrada nos cafés de Rondônia, com valor médio de 111.72 mm³ (BELAY, 2014), valor próximo ao encontrado para o cultivar IAC 81 (SAATH et al., 2019). Menores valores de volume foi verificado em trabalho com cultivares de Catuaí e IAPAR, 84.7 e 89.13 mm³ respectivamente (DIAS, 2007). Enquanto o cultivar IAC 144 apresentou volume de 157.53 mm³ (SAATH et al., 2019) e em estudo com café da Nigéria apresentou valor de 120.52 mm³ (OLUNKUJE & AKINNULI, 2012).

Com relação a densidade da partícula do C. arábica tanto do Peru como da Indonésia os valores foram bem próximos, variando de 0,9 a 0,92 g/cm³ (NAKILCIOĞLU-TAŞ & ÖTLEŞ, 2018; YUSIBANI et al., 2023). No entanto na província de Java, também na indonésia, encontrou valor de Dp igual 1.28 g/cm³ (HIDAYAT et al., 2020). Essas variações confirmam que todas as características de engenharia dos grãos de C. arábica apresentam alta heterogeneidade, igualmente a encontrada no C. canephora.

Yuwana et al. (2015), trabalhando com café robustas da Indonésia, relatou que os cafés daquela localidade apresentam valores de esfericidade e circularidade bem próxima a média deste estudo, respectivos 68.24 e 72.20% e volume de 281.79 mm³, próximos ao encontrados em Gana com valor de E% e C%, respectivos 68,34 e 68,24% (NIWAGABA & KIPKOECHSITIENEI, 2019). Este volume é difere do encontrado por Hidayat et al. (2020), com 120 mm³ em estudo na Indonésia.

Esta heterogeneidade também é vista no caractere densidade da partícula, com estudos que encontraram valor próximo a 1.0 g/cm³ (NIWAGABA & KIPKOECHSITIENEI (2019), 1.43 g/cm³ (HIDAYAT et al., 2020) e 1.16 g/cm³ (YUSIBANI et al., 2021).

Tais dados sobre C. canephota relatados por outros autores, confirmam e certificam os dados encontrados neste estudo, atribuindo para cafés desta espécie alta heterogeneidade para caracteres de engenharia dos grãos.

Com relação os BAG, verifica-se que apresentaram características de engenharia superiores (Tabela 4 e 5), reforçando a importância dos Bancos Ativos de Germoplasma como

ferramenta para os programas de melhoramento genético. A diferença nas características dos genótipos presente no BAG da EMBRAPA-RO não é verificado apenas neste trabalho, pois em pesquisas caracterizando as propriedades químicas dos mesmos, também observou-se diferença significativa entre os clones (VIENCZ et al., 2023).

Informações sobre a qualidade de bebida dos clones de produtores cultivados na Amazônia Ocidental ainda são escassas, estando disponíveis somente para alguns genótipos. É o caso do clone GJ5 e GJ25 que apresentam valor global de qualidade superior a 80 pontos, sendo considerados como potencial fino (DALAZEN et al., 2020). Esses genótipos apresentaram esfericidade e volume médio e densidade de partícula baixa. Com relação as dez cultivares lançadas pela Embrapa Rondônia, a BRS2314 é a que apresenta qualidade de bebida superior a 80 pontos. A esfericidade e densidade da partícula deste genótipo apresentou valor médio e volume pequeno.

Quando correlacionamos os dados contidos neste estudo com os encontrados na literatura, comparando as características das cultivares (VIENCZ et al., 2023; MORAIS et al., 2021; TEIXEIRA et al., 2020) conseguimos observar que a propriedade de engenharia volume apresentou correlação positiva superior a 0,87 com a produtividade e superior a 0,88 para peneira. Em quesitos como cafeína e qualidade de bebida não se observou correlação com volume, esfericidade e densidade de partícula.

O conhecimento das características destes grãos pode ser utilizado pelas empresas que trabalham no ramo de torrefação, principalmente aquelas que atuam na produção de blends de café. Uma vez que a torrefação deve ser processada com grãos uniformes (CHENG et al., 2016) e quando a torrefação do café ocorre com grãos de tamanhos diferentes, os maiores tendem a atingir a torra desejada enquanto os menores tendem a queimar ou passar do ponto de torra pré-definido, o que afeta tanto a aparência visual dos grãos quanto a qualidade de xícara (MUSCHLER, 2001).

Portanto, através dos resultados contidos neste trabalho, pode-se selecionar grãos de *C. canephora* semelhantes ao de *C. arábica*, a fim de produzir uma mistura mais uniforme no processo de torra e consequentemente um produto pós processamento de maior qualidade.

4 CONCLUSÃO

Observa-se que os cafés cultivados em Rondônia possuem alta variabilidade genética, apresentando diferença entre os genótipos estudados. A esfericidade dos cafés de Rondônia apresenta valores elevados, com máxima de 78.28%, não encontrando na literatura grãos com tais características. Verifica-se que quanto maior o volume de um grão, maior será o tamanho de seus eixos, com destaque para o SK80. A densidade da partícula dos grãos apresentou valor superior aos encontrados na literatura, destacando o clone LB160. Os grãos de café cultivados em Rondônia apresentam alta heterogeneidade nas propriedades de engenharia, e o agrupamento dessas propriedades possibilita selecionar genótipos de acordo com a especificidade do produtor.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, ao Governo do Estado de Rondônia, a Sedec, ao Consórcio Pesquisa Café, ao projeto Rede de avaliação de clones do estado de Rondônia e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- Agrawal, K. K., Clary, B. L., & Schroeder, E. W. (1973). Mathematical models of peanut pod geometry. *Transactions of the ASAE*, 16(2), 315-0319.
- Araujo, M. E. V. D. (2019). Propriedades físicas e aerodinâmicas de frutos e grãos de café (*Coffea arabica*) durante o processo de secagem. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.
- Belay, A., Bekele, Y., Abraha, A., Comen, D., Kim, H. K., & Hwang, Y. H. (2014). Discrimination of defective (Full Black, Full Sour and Immature) and nondefective coffee beans by their physical properties. *Journal of Food Process Engineering*, 37(5), 524-532. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12113>
- Botelho, F. M., Correa, P. C., Botelho, S. D. C. C., Vargas-Elías, G. A., Almeida, M. D. S. D., & Oliveira, G. H. H. D. (2016). Propriedades físicas de frutos de café robusta durante secagem: determinação e modelagem. *Coffee Science*, Lavras, v. 11, n. 1, p. 65 - 75.
- Cheng, B., Furtado, A., Smyth, H. E., & Henry, R. J. (2016). Influence of genotype and environment on coffee quality. *Trends in Food Science & Technology*, 57, 20-30. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.003>
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento. (2023). Observatório agrícola – Acompanhamento safra brasileira de café. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>
- Corrêa, P. C., Afonso Júnior, P. C., Queiroz, D. M. D., Sampaio, C. P., & Cardoso, J. B. (2002). Variação das dimensões características e da forma dos frutos de café durante o processo de secagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6, 466-470. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000300014>
- Correia, L. Z. (2021). Estudo da variabilidade genética em genótipos de *Coffea canephora* por meio de características de sementes. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.
- Cruz, C. D. (2013). Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35, 271-276. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>
- Dalazen, J. R., Rocha, R. B., Pereira, L. L., Alves, E. A., Espindula, M. C., & Souza, C. A. D. (2020). Beverage quality of most cultivated *Coffea canephora* clones in the Western Amazon. *Coffee Science*, v. 15, p. 1-10. <https://doi.org/10.25186/v15i.1711>
- Dias, L. F. L. (2007). Avaliação de algumas propriedades físicas de grãos de café (*Coffea arabica*) orgânico e convencional. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Oeste do Paraná.

Espindula, M. C., Dalazen, J. R., Rocha, R. B., Teixeira, A. L., Diocleciano, J. M., DIAS, J., ... & Gama, W. (2022). Robustas Amazônicas: os cafeeiros cultivados em Rondônia. (Vol. 1, pp. 1-146). Embrapa.

Ferrão, M. A. G., Mendonça, R. F. D., Fonseca, A. F. A., Ferrão, R. G., Senra, J. F. B., Volpi, P. S., ... & Comério, M. (2021). Characterization and genetic diversity of *Coffea canephora* accessions in a germplasm bank in Espírito Santo, Brazil. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 21.. <https://doi.org/10.1590/1984-70332021v21n2a32>

Ferrão, R., Volpi, P., Senra, J. D. B., Comério, M., Ferrão, M., Riva-Souza, E. M., ... & Verdin Filho, A. C. (2022). Variabilidade de *Coffea canephora* do Banco Ativo de Germoplasma do Incaper: Caracterização dos Acessos com Base em Descritores Mínimos. (V. 1, pp. 1-74). INCAPER, 2022.

Goneli, A. L. D., Corrêa, P. C., Magalhães, F. E. D. A., & Baptestini, F. M. (2011). Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 33, 01-08. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.4629>

Hidayat, D. D., Indriati, A., Andriansyah, C. E., Rahayuningtyas, A., & Sudaryanto, A. (2020). Changes of some engineering properties of coffee beans due to roasting process. *Asian Journal of Applied Sciences (ISSN: 2321-0893)*, 8(01).<https://doi.org/10.24203/ajas.v8i1.6055>

Lourenço, J. L. R., Rocha, R. B., Espindula, M. C., Alves, E. A., Teixeira, A. L., & Ferreira, F. M. (2022). Genotype× Environment Interaction in the Coffee Outturn Index of Amazonian Robusta Cultivars. *Agronomy*, 12(11), 2874.<https://doi.org/10.3390/agronomy12112874>

Huamaní Meléndez, V. J., Barragán Condori, M., & Darros Barbosa, R. (2021). Efeito da umidade nos fatores de forma dos grãos de café. *Brazilian Journal of Development*. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-066>

Mohsenin, NN (2020). Propriedades físicas de materiais vegetais e animais: v. 1: características físicas e propriedades mecânicas. Routledge.

Morais, J. A. D., Rocha, R. B., Alves, E. A., Espindula, M. C., Teixeira, A. L., & Souza, C. A. D. (2021). Beverage quality of *Coffea canephora* genotypes in the western Amazon, Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 43.<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.52095>

Moysey, E. B., Lambert, E. W., & Wang, Z. (1985). Flow rates of grain and oilseeds through orifices. *St. Joseph: MI, Technical note*, (85.3530), 1-22.

Muschler, R. G. (2001). Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforestry systems*, 51, 131-139. <https://doi.org/10.1023/A:1010603320653>

Nakilcioğlu-Taş, E., & Ötleş, S. (2019). Physical characterization of Arabica ground coffee with different roasting degrees. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 91, e20180191. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920180191>

Niwagaba, J., & KipkoechSitienei, W. Effect of Moisture Content on the Physical Properties of Coffee Beans (Robusta). *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, v. 12, 2019. <https://doi.org/10.9790/2380-1207010113>.

Olukunle, O. J., & Akinnuli, B. O. (2012). Investigating some engineering properties of coffee seeds and beans. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*, 3(5), 743-747.

Partelli, F. L., Oliosi, G., Dalazen, J. R., da Silva, C. A., Vieira, H. D., & Espindula, M. C. (2021). Proportion of ripe fruit weight and volume to green coffee: Differences in 43 genotypes of *Coffea canephora*. *Agronomy Journal*, 113(2), 1050-1057. <https://doi.org/10.1002/agj2.20617>

Alves, E., Dalazen, J., & Alves, E. A. (2020). Robustas Amazônicas: Estratégias para Safra 2020. Rondônia: SEAGRI e EMBRAPA.

Saath, R., Tonon, K. C., Limoni, L. H., Rodrigues, G. R. O., & da Silva Pereira, J. T. (2019). Propriedades físicas da massa granular dos cafés em função do teor de água dos grãos. *Revista AgroFIB*, 1(1). <https://doi.org/10.59237/agrofib.v1i1.386>

Santana, A. A., Oliveira, R. A. D., Kurozawa, L. E., & Park, K. J. (2014). Microencapsulation of pequi pulp by spray drying: Use of modified starches as encapsulating agent. *Engenharia Agrícola*, 34, 980-991. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162014000500017>

Silva, F. S., Corrêa, P. C., Calil-Júnior, C., & Gomes, F. C. (2006). Ângulo de repouso, atrito interno e efetivo dos grãos de café com pergaminho. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 8(1), 17-23. <https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v8n1p17-23>

Silvia, E., & Sidebang, B. (2015). Engineering properties of coffee beans from various colors of coffee cherries. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 3, 274-277. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.01.052>

SOUZA, L. C., Ferrao, M. A. G., Carvalho, R. D., Ferrao, R. G., Fonseca, A. F. D., Pinheiro, P. F., & Soares, T. C. (2021). Molecular characterization of parents and hybrid progenies of conilon coffee. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 93, e20201649. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120201649>

Susandi, E. (2019). *Coffee Roasting: Karena Seduhan Kopi Nikmat Berasal dari Proses yang Tepat*. AgroMedia. (Vol. 3, pp. 1-124).

Teixeira, A. L., Rocha, R. B., Espindula, M. C., Ramalho, A. R., Vieira Júnior, J. R., Alves, E. A., ... & Fernandes, C. D. F. (2020). Amazonian Robustas-new *Coffea canephora* coffee cultivars for the Western Brazilian Amazon. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 20. <https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n3c53>

Teixeira, A. L. (2018) Tem novidade no campo para o café canéfora: lançamento de cultivares em clones individuais é estratégia para a cafeicultura. In: EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Revista Cafés de Rondônia: Aroma, sabor e origem*.

Vienetz, T., Acre, L. B., Rocha, R. B., Alves, E. A., Ramalho, A. R., & de Toledo Benassi, M. (2023). Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids, melanoidins, and diterpenes contents of *Coffea canephora* coffees produced in the Amazon. *Journal of Food Composition and Analysis*, 117, 105140. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105140>

Yusibani, E., Putra, R. I., Rahwanto, A., & Surbakti, M. S. (2022, June). Physical properties of Sidikalang robusta coffee beans medium roasted from various colors of coffee cherries. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2243, No. 1, p. 012046). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2243/1/012046>