

Planaltina, DF / Dezembro, 2025



**Embrapa Cerrados**  
BR 020, Km 18, Rod. Brasília /  
Fortaleza  
Caixa Postal 08223  
CEP 73310-970, Planaltina, DF  
[www.embrapa.br/cerrados](http://www.embrapa.br/cerrados)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/](http://www.embrapa.br/fale-conosco/)  
sac

Comitê Local de Publicações  
Presidente  
*Eduardo Alano Vieira*

Secretaria-executiva  
*Lidiamar Barbosa de Albuquerque*

Membros  
*Alessandra de Jesus Boari*  
*Alessandra Silva G. Faleiro*  
*Angelo Aparecido Barbosa Sussel*  
*Fábio Gelape Faleiro*  
*Fabiola de Azevedo Araujo*  
*Giuliano Marchi*  
*Jussara Flores de Oliveira Arbués*  
*Karina Pulrolnik*  
*Maria Emilia Borges Alves*  
*Natália Bortoleto Athayde Maciel*

Edição executiva e  
revisão de texto  
*Jussara Flores Oliveira Arbués*  
Normalização bibliográfica  
*Isabelle Vitória Andrade Lima*  
(CRB 7/7721)  
Projeto gráfico  
*Leandro Sousa Fazio*  
Diagramação  
*Jussara Flores de Oliveira Arbués*  
Publicação digital: PDF

Todos os direitos  
reservados à Embrapa.

## Variabilidade de características físicas e químicas de frutos e amêndoas do baruzeiro

Nathany Pereira da Silva<sup>(1)</sup>, Carlos Eduardo Lazarini da Fonseca<sup>(2)</sup>, Natalia Bortoleto Athayde<sup>(3)</sup>, Vlayton Tome Maciel<sup>(3)</sup>, Francisco Marcos dos Santos Delvico<sup>(3)</sup> e Helenice Moura Gonçalves<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Estudante de Agronomia da União Pioneira de Integração Social, estagiária na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. <sup>(2)</sup>Pesquisadores, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. <sup>(3)</sup>Analistas da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

**Resumo** – O baruzeiro (*Dipteryx alata* Vogel) é uma espécie nativa do Cerrado, com potencial alimentício, nutricional e industrial. É explorado de forma extrativista e pouco estudado sob o ponto de vista agronômico. O estudo avaliou a variabilidade físico-química de frutos e amêndoas de 12 matrizes de baruzeiro coletadas na Embrapa Cerrados, visando apoiar estratégias de seleção para melhoramento genético. Foram analisadas características físicas (dimensões, massa e volume) de 10 frutos por matriz e componentes químicos (macro e micronutrientes, extrato etéreo e proteína bruta) de 5 amêndoas. Os resultados mostraram diferenças significativas entre matrizes para quase todas as características, com destaque para a ampla variabilidade física dos frutos e amêndoas, especialmente nas massas e volumes. Houve variação moderada nos teores de extrato etéreo e proteína bruta, com valores de extrato etéreo abaixo do esperado. A composição mineral apresentou grande variabilidade entre matrizes, sobretudo para Ca, K, Mg, P, S e para os micronutrientes Mn, Cu, Fe, Al e B. Os coeficientes de repetibilidade foram altos para a maioria das características físicas e químicas, indicando boa estabilidade dentro das matrizes, o que confere confiabilidade às estimativas e reforça a possibilidade de seleção eficiente. O estudo concluiu que existe ampla variabilidade genética entre as matrizes de baruzeiro e que a seleção baseada em atributos físicos e químicos é fundamental para programas de melhoramento voltados à valorização comercial e nutricional do baru.

**Termos para indexação:** baru; variabilidade fenotípica; estratégias para seleção.

## Variability of physical and chemical traits of *Dipteryx alata* (Vogel) fruits and kernels

**Abstract** – The baruzeiro (*Dipteryx alata* Vogel) is a species native to the Cerrado, with food, nutritional, and industrial potential. It is exploited through extractivism and has been little studied from an agronomic standpoint. This study evaluated the physicochemical variability of fruits and kernels from 12 baruzeiro matrices collected at Embrapa Cerrados, aiming to support selection strategies for genetic improvement. Physical characteristics (dimensions, mass, and volume) of 10 fruits per tree and chemical components (macro and micronutrients, ether extract, and crude protein) of 5 kernels were analyzed. The results showed significant differences among trees for almost

all characteristics, highlighting the wide physical variability of fruits and kernels, especially in mass and volume. There was moderate variation in ether extract and crude protein levels, with ether extract values lower than expected. Mineral composition showed high variability among trees, particularly for Ca, K, Mg, P, and S, as well as for the micronutrients Mn, Cu, Fe, Al, and B. Repeatability coefficients were high for most physical and chemical traits, indicating good stability within trees, which provides reliability to the estimates and reinforces the potential for efficient selection. The study concluded that there is broad genetic variability among baruzeiro mother trees and that selection based on physical and chemical attributes is essential for breeding programs focused on enhancing the commercial and nutritional value of baru.

**Index terms:** baru; phenotypic variability; selection strategies.

## Introdução

O Cerrado brasileiro é reconhecido como um dos biomas mais diversos do mundo, abrigando uma riqueza incomparável de flora e fauna, ainda pouco explorada quanto ao seu potencial científico e econômico. Nesse contexto, destaca-se o baruzeiro (*Dipteryx alata* Vogel), espécie arbórea perene nativa que tem despertado crescente interesse em razão de sua ampla gama de aplicações, como alimento humano, insumo para alimentação animal e matéria-prima para indústrias alimentícias e farmacêuticas (Siqueira et al., 1993; Schiassi et al., 2018).

Seus frutos, popularmente conhecidos como baru, cumbaru, cumaru e castanha-de-burro (Sano et al., 2004), podem ser consumidos tanto in natura quanto em produtos processados, como pães, farinhas, doces, sorvetes, licores e barras de cereais. Além disso, o óleo extraído de suas amêndoas tem sido cada vez mais utilizado nas indústrias alimentícia e cosmética, devido às suas propriedades nutritivas e funcionais (Ribeiro et al., 1992). Estudos recentes demonstram a presença de diversos compostos bioativos nas amêndoas e no óleo de baru, incluindo ácidos graxos, proteínas, fibras e antioxidantes, que conferem propriedades funcionais e medicinais aos produtos (Fiorini, 2018; Schiassi, 2018; Rinaldi et al., 2021), indicando potenciais benefícios para a saúde humana.

Apesar do potencial econômico do baru, sua exploração ainda enfrenta desafios para inserção mais robusta em sistemas de produção sustentáveis. A produção permanece predominantemente

extrativista e, como os estudos agronômicos e silviculturais se encontram em estágio inicial, a espécie ainda está em processo de domesticação. Entre as vantagens do extrativismo destacam-se a preservação de espécies nativas, o equilíbrio ecológico, a geração de renda para comunidades locais e o menor impacto ambiental. Por outro lado, a crescente demanda de mercado impõe desafios quanto à escalabilidade da produção e à possibilidade de intensificação da coleta, com risco de comprometer a regeneração natural e afetar a fauna que utiliza os frutos como recurso alimentar. O cultivo sustentável, preferencialmente em sistemas agroflorestais (SAFs), permite produção mais controlada, maior planejamento, oferta estável, recuperação de áreas degradadas e atendimento à demanda em maior escala. Contudo, ainda há lacunas em relação a práticas agronômicas adequadas e ao potencial produtivo do baruzeiro.

Diante disso, torna-se necessária a geração de tecnologias agronômicas integradas para diferentes sistemas de produção, visando à consolidação do baruzeiro em cultivos comerciais diversificados. A qualidade dos frutos e das amêndoas constitui elemento central para o sucesso desses cultivos e para sua inserção em cadeias de valor. Nesse contexto, a caracterização físico-química da produção é essencial para a seleção de materiais geneticamente superiores quanto à produtividade e à qualidade dos frutos e das amêndoas. Tal caracterização possibilita conhecer a variabilidade das características avaliadas, fornecendo subsídios para o início de programas de seleção e melhoramento genético da espécie.

O objetivo deste trabalho foi determinar a variabilidade fenotípica de caracteres físicos e químicos dos frutos e das amêndoas, entre e dentro de 12 matrizes de baruzeiro selecionadas na Embrapa Cerrados. Essas características se relacionam à promoção da qualidade de vida, em razão do valor nutricional do baru para consumo humano.

A avaliação da variabilidade física e química de frutos e amêndoas do baruzeiro (*Dipteryx alata* Vogel) é essencial para identificar materiais com maior rendimento, valor nutricional e potencial agroindustrial, contribuindo para o uso mais eficiente dos recursos naturais, conforme a Meta 12.2 do ODS 12. Ao gerar conhecimento que otimiza o aproveitamento integral do fruto e orienta práticas de processamento com menor desperdício, o estudo também atende à Meta 12.5, que estabelece a redução substancial da geração de resíduos por meio de prevenção, reciclagem e reuso. Assim, esta pesquisa fortalece cadeias produtivas sustentáveis

do Cerrado, agregando valor à sociobiodiversidade e promovendo modelos de produção alinhados à Agenda 2030.

## Material e métodos

Foram coletados aleatoriamente dez frutos maduros, visualmente sadios, inteiros e sem defeitos, no solo após queda natural, entre agosto e novembro de 2023, provenientes de 12 matrizes de *Dipteryx alata* plantadas entre 1984 e 1988 em áreas da Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina, DF ( $15^{\circ}35'30''$  S,  $47^{\circ}42'30''$  W; altitude de 1.007 m). O solo predominante na área é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, de textura argilosa (Embrapa Solos, 1999), com relevo plano. O clima regional caracteriza-se por duas estações bem definidas: (a) estação chuvosa, de outubro a abril; e (b) estação seca, de maio a setembro, com ausência quase total de chuvas.

Inicialmente, procedeu-se à mensuração dos 120 frutos utilizando-se paquímetro Montoyo de 150 mm, com precisão de 0,05 mm, para avaliação das características morfológicas — comprimento, largura e espessura. Em seguida, as amêndoas foram retiradas com o auxílio de guilhotina apropriada (Figura 1). Utilizando-se o mesmo paquímetro, foram avaliados o comprimento, a largura e a espessura de dez amêndoas por matriz. Os resultados foram expressos em milímetros (mm).

As massas dos frutos e das amêndoas, expressas em gramas (g), foram determinadas em balança analítica com precisão centesimal. Os volumes dos frutos e das amêndoas foram estimados pela fórmula (Equação 1):

$$V = \frac{3}{4} \pi a b c \quad (1)$$

em que:

$V$  = o volume dos frutos.

$a$ ,  $b$ ,  $c$  = o comprimento, a largura e a espessura considerados como semieixos de uma elipsóide, formato aproximado tanto do fruto quanto da amêndoa.

Após as mensurações físicas, as amêndoas foram armazenadas em sacos de polietileno e imediatamente enviadas ao Laboratório de Química Analítica de Plantas da Embrapa Cerrados. Para as análises químicas, cinco amêndoas provenientes de cada planta matriz foram aleatoriamente selecionadas entre as dez utilizadas para as análises físicas, totalizando 60 amêndoas. As amêndoas foram trituradas (Figura 2A) em moinho elétrico contendo

nitrogênio líquido (Figura 2B) e acondicionadas novamente em sacos de polietileno para os procedimentos analíticos.



Fotos: Nathany Pereira da Silva

Figura 1. Fruto inteiro (A), amêndoas de baru (B).



Fotos: Nathany Pereira da Silva

Figura 2. Amêndoas embebida em nitrogênio líquido (A); moinho e detalhe da amêndoas triturada (B).

As amostras foram enviadas para determinação de macronutrientes (N, P, K, S, Ca, Mg), micronutrientes (Fe, Mn, Cl, Cu, B) e extrato etéreo. A proteína bruta foi estimada pela multiplicação do teor de N por 6,25.

Para as análises de macro e micronutrientes, 0,200 g de cada amostra foram transferidos para tubos de digestão. O bloco digestor foi ajustado para 250 °C, e, em seguida, adicionaram-se 3 mL da solução digestora à amostra. Essa solução foi preparada pela mistura de ácido perclórico e peróxido de hidrogênio, na proporção 2:1 (V/V). Posteriormente, os tubos contendo solução digestora e amostra foram colocados no bloco digestor. Os extratos foram acondicionados em tubos tipo Falcon e a marcha analítica realizada por espectrometria de emissão óptica com plasma induutivamente acoplado (ICP-OES), baseada na emissão de radiação eletromagnética por átomos neutros ou ionizados excitados nas faixas ultravioleta e visível. As ionizações dos elementos foram promovidas pelo plasma de argônio (Carmo et al., 1998).

A determinação do teor de extrato etéreo foi realizada a partir de 0,500 g de cada amostra, com uso de éter de petróleo sob alta pressão. Utilizou-se o extrator XT15 da marca ANKOM, conforme metodologia indicada pelo fabricante e acreditada pela American Oil Chemists' Society, método 5-04 (AOCS, 2005).

As análises de variância (Anova) foram conduzidas a partir de modelo linear com dados balanceados e distribuição original atendendo aos pressupostos de normalidade. As características que apresentaram diferenças significativas entre matrizes na Anova foram submetidas ao teste Fisher da Diferença Mínima Significativa (DMS ou LSD), para identificar diferenças estatisticamente significativas entre médias. As médias foram classificadas em ordem decrescente, e o valor de DMS permitiu identificar matrizes estatisticamente distintas e aquelas agrupadas por similaridade. Adicionalmente, realizaram-se análises descritivas de todas as características físico-químicas.

Com base nos componentes de variância da Anova, foram estimados os índices de repetibilidade para cada característica avaliada. O índice de repetibilidade expressa a consistência ou estabilidade de uma característica quando medida repetidamente no mesmo indivíduo. Valores próximos de 1,0 indicam baixa variabilidade entre frutos da mesma matriz, refletindo alta consistência nas medidas; valores próximos de zero indicam maior variabilidade intramatriz.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no RStudio 2024.12.1+563, com o software R 4.2.1 e os pacotes agricolae 1.3-7 (Mendiburu, 2022), car 3.2-1 (Fox et al., 2023), ggplot2 3.4.4 (Wickham et al., 2023), lme4 1.1-35.1 (Bates et al., 2023) e stats 4.2.1 (R Core Team, 2022).

## Resultados e discussão

A repetibilidade desempenha papel importante no melhoramento genético de plantas perenes, pois permite compreender a natureza da variabilidade genética dos caracteres avaliados. Características com alta repetibilidade possibilitam que as seleções sejam mais eficientes, devido ao menor número de medições fenotípicas necessárias, o que aumenta a eficiência no uso de recursos e o potencial de ganhos genéticos. Além disso, a repetibilidade representa o valor máximo que a herdabilidade de um caráter, no sentido amplo, pode atingir (Falconer, 1987; Cruz; Regazzi, 1994) e é utilizada para determinar o número de observações fenotípicas que devem ser realizadas em cada indivíduo para que a discriminação ou seleção fenotípica entre genótipos seja conduzida de forma eficiente, e com menor custo e mão de obra. Nesse contexto, coeficientes de repetibilidade têm sido estimados em espécies perenes, como em coqueiro (Siqueira, 1982), cupuaçzeiro (Fonseca et al., 1990; Costa et al., 1997) e guaranazeiro (Valois et al., 1979).

Na Tabela 1, apresentam-se as médias das características físicas de 10 frutos de 12 matrizes de baru avaliadas na safra de 2023 na Embrapa Cerrados. As variáveis analisadas incluíram comprimento, largura, espessura (mm), massa (g) e volume (mm<sup>3</sup>). A tabela também fornece estatísticas descritivas, como média, desvio padrão, valores mínimo e máximo, significância estatística (P>F), índices de repetibilidade (r), coeficiente de variação (CV%) e diferença mínima significativa ao nível de 5% (DMS 5%).

Os frutos apresentaram comprimento médio de 52,91 mm, com variação de 47,23 mm a 63,98 mm. O desvio padrão foi de 5,87 mm, indicando variação moderada entre as matrizes. O valor de P>F (2,2<sup>e-16</sup>) sugeriu diferenças estatisticamente significativas no comprimento dos frutos entre matrizes. A largura média foi de 37,52 mm, com valores variando entre 34,23 mm e 42,50 mm. O desvio padrão de 3,19 mm também indicou variação moderada, e o valor de P>F (2,2<sup>e-16</sup>) apontou diferenças significativas entre matrizes. A espessura média dos frutos foi de 27,54 mm, variando de 25,37 mm a 29,34 mm, com desvio padrão de 2,43 mm. O valor

de P>F ( $7,83^{e-02}$ ) indicou ausência de diferenças estatisticamente significativas na espessura dos frutos.

A massa média dos frutos foi de 29,67 g, com variação de 24,54 g a 40,73 g. O desvio padrão foi de 6,46 g, sugerindo variação expressiva entre matrizes. O valor de P>F ( $2,059^{e-07}$ ) indicou diferenças significativas para essa variável. O volume médio dos frutos foi de  $130,8 \text{ mm}^3$ , com variação de  $103,98 \text{ mm}^3$  a  $190,65 \text{ mm}^3$  e desvio padrão de  $33,06 \text{ mm}^3$ , refletindo variação significativa; o valor de P>F ( $1,701^{e-11}$ ) também confirmou diferenças significativas entre matrizes.

Os coeficientes de repetibilidade ( $r$ ) estimados para as características físicas dos frutos de baru indicaram altos níveis de consistência entre os frutos avaliados dentro de cada matriz (Tabela 1). Os maiores valores foram observados para comprimento ( $r = 0,96$ ), largura ( $r = 0,94$ ), volume ( $r = 0,92$ ) e massa ( $r = 0,89$ ), revelando elevada estabilidade e confiabilidade dessas características ao longo das amostragens. Isso indica que os frutos provenientes de uma mesma matriz são muito semelhantes em dimensões, massa e volume, apresentando

baixa variação interna. Esses resultados sugerem que poucos frutos por matriz são suficientes para estimativas precisas dessas variáveis, favorecendo a seleção e o melhoramento genético. Além disso, sugerem alta estabilidade genética e baixa influência ambiental, com possível herança mono ou oligogênica.

O coeficiente de variação (CV%) é uma medida de dispersão relativa que indica a variabilidade dos dados em relação à média. Valores mais baixos de CV% indicam menor variabilidade. Na tabela, os valores de CV% para comprimento, largura, espessura, massa e volume são, respectivamente, 6,24%, 5,6%, 7,82%, 16,8% e 17,76%. Assim, massa e volume apresentaram maior variabilidade entre matrizes do que as dimensões lineares, sugerindo maior efetividade da seleção para essas características.

A DMS a 5% indica a menor diferença entre médias considerada estatisticamente significativa. Os valores de DMS para comprimento, largura, espessura, massa e volume foram, respectivamente, 2,92 mm, 1,86 mm, 1,91 mm, 4,42 g e  $20,59 \text{ mm}^3$ , indicando que diferenças superiores a esses limites foram significativas ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 1.** Média e desvio padrão das características físicas comprimento, largura, espessura, massa e volume dos frutos de 12 matrizes de baru avaliadas na safra 2023 na Embrapa Cerrados (Planaltina, DF, 2025).

| Matriz | Comprimento (mm) | Largura (mm)     | Espessura (mm)   | Massa (g)        | Volume (mm <sup>3</sup> ) |
|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------|
| C04    | $53,6 \pm 2,1$   | $35,8 \pm 1,7$   | $28,4 \pm 1,9$   | $30,9 \pm 4,9$   | $128,9 \pm 18,9$          |
| C05    | $54,4 \pm 2,8$   | $37,0 \pm 1,6$   | $28,4 \pm 1,7$   | $33,2 \pm 4,6$   | $135,5 \pm 19,2$          |
| C11    | $55,0 \pm 2,2$   | $36,2 \pm 1,9$   | $26,2 \pm 1,5$   | $26,4 \pm 2,6$   | $123,8 \pm 17,4$          |
| C12    | $50,4 \pm 2,3$   | $36,8 \pm 2,2$   | $25,4 \pm 1,1$   | $28,4 \pm 4,4$   | $111,2 \pm 13,8$          |
| C14    | $47,2 \pm 1,6$   | $36,0 \pm 1,8$   | $26,6 \pm 1,5$   | $25,6 \pm 3,1$   | $106,8 \pm 12,8$          |
| C17    | $64,0 \pm 4,9$   | $42,5 \pm 2,7$   | $29,3 \pm 3,3$   | $40,7 \pm 9,3$   | $190,7 \pm 44,2$          |
| C19    | $56,6 \pm 2,4$   | $41,3 \pm 1,8$   | $27,3 \pm 1,6$   | $31,7 \pm 3,1$   | $149,9 \pm 17,9$          |
| C21    | $48,2 \pm 4,0$   | $38,2 \pm 1,7$   | $29,2 \pm 3,1$   | $28,1 \pm 3,0$   | $127,3 \pm 21,5$          |
| C22    | $58,3 \pm 3,4$   | $40,5 \pm 3,0$   | $28,9 \pm 1,6$   | $33,3 \pm 4,6$   | $161,4 \pm 24,8$          |
| C23    | $47,5 \pm 3,6$   | $34,2 \pm 2,2$   | $26,8 \pm 2,1$   | $25,8 \pm 4,3$   | $104,0 \pm 21,6$          |
| C24    | $47,4 \pm 4,0$   | $35,2 \pm 1,9$   | $28,1 \pm 2,2$   | $24,5 \pm 7,4$   | $111,2 \pm 19,6$          |
| C25    | $52,6 \pm 4,2$   | $36,4 \pm 2,4$   | $25,9 \pm 2,9$   | $26,4 \pm 4,8$   | $118,9 \pm 29,9$          |
| Média  | $52,9 \pm 5,9$   | $37,5 \pm 3,2$   | $27,5 \pm 2,4$   | $29,7 \pm 6,5$   | $130,8 \pm 33,1$          |
| Mínimo | $47,2 \pm 1,6$   | $34,2 \pm 2,2$   | $25,4 \pm 1,1$   | $24,5 \pm 7,4$   | $104,0 \pm 21,6$          |
| Máximo | $64,0 \pm 4,9$   | $42,5 \pm 2,7$   | $29,3 \pm 3,3$   | $40,7 \pm 9,3$   | $190,7 \pm 44,2$          |
| P>F    | $2,20^{e-16***}$ | $2,20^{e-16***}$ | $7,83^{e-02 ns}$ | $2,06^{e-07***}$ | $1,701^{e-11***}$         |
| r      | 0,96             | 0,94             | 0,76             | 0,89             | 0,92                      |
| CV (%) | 6,24             | 5,6              | 7,82             | 16,8             | 17,76                     |
| DMS 5% | 2,92             | 1,86             | 1,91             | 4,42             | 20,59                     |

\*\*\*Significante ao nível de 0,1% de probabilidade; ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade; r: repetibilidade; CV: coeficiente de variação; e DMS 5%: Fisher diferença mínima significativa.

As probabilidades ( $P>F$ ) relativas ao comprimento, à largura, à massa e ao volume indicaram diferenças significativas entre as matrizes para essas quatro características avaliadas. Dessa forma, aplicou-se o teste DMS aos valores médios de cada característica, classificados em ordem decrescente. As médias das matrizes cujas diferenças foram superiores ao valor da DMS diferiram significativamente entre si. Assim, o teste permitiu separar as matrizes que apresentaram diferenças significativas em suas médias e agrupar aquelas que mostraram similaridade nos valores observados.

Na Tabela 2, são apresentadas as médias das características físicas de frutos de 12 matrizes de baru para comprimento (Comp.), largura (Larg.), massa (Mas.) e volume (Vol.), que mostraram diferenças significativas na Anova (Tabela 1), com agrupamentos baseados na DMS. As letras atribuídas aos valores médios indicam os grupos formados pela análise da DMS. Matrizes que compartilham a mesma letra não diferiram significativamente entre si para a característica considerada.

A matriz C17 destacou-se com o maior comprimento médio do fruto (63,98 mm), formando um grupo exclusivo de maior valor. Matrizes como C22 e C19 apresentaram comprimentos intermediários, enquanto C23, C24 e C14 compuseram o grupo de menor comprimento. A matriz C17 também se destacou com a maior largura média (42,50 mm), formando um grupo superior com C19, seguida por C22, com largura ligeiramente inferior. Já C14, C4, C23 e C24 integraram o grupo de menor largura média. A matriz C17 apresentou, ainda, a maior massa média (40,73 g), formando novamente um grupo exclusivo. As matrizes C22 e C19 apareceram em sequência, reunidas em grupos intermediários de massa. Por sua vez, C23, C24 e C14 integraram o grupo de menores valores médios de massa de frutos. No que se refere ao volume, a matriz C17 registrou o maior valor médio (190,65 mm<sup>3</sup>), formando novamente um grupo exclusivo. As matrizes C22 e C19 vieram na sequência, com volumes ligeiramente menores, compondo um grupo superior entre as intermediárias. C23 e C14, por sua vez, apresentaram os menores volumes, agrupadas na faixa inferior.

**Tabela 2.** Médias das características físicas de comprimento do fruto, largura do fruto, massa do fruto e volume do fruto de 10 frutos provenientes de 12 matrizes baru agrupadas (Gr) com base na DMS (Planaltina, DF, 2025).

| Matriz | Comprimento (mm) | Gr | Matriz | Largura (mm) | Gr | Matriz | Massa (g) | Gr | Matriz | Volume (mm <sup>3</sup> ) | Gr   |
|--------|------------------|----|--------|--------------|----|--------|-----------|----|--------|---------------------------|------|
| C17    | 63,98            | a  | C17    | 42,50        | a  | C17    | 40,73     | a  | C17    | 190,65                    | a    |
| C22    | 58,32            | b  | C19    | 41,31        | ab | C22    | 33,30     | b  | C22    | 161,42                    | b    |
| C19    | 56,28            | bc | C22    | 40,48        | b  | C05    | 33,17     | b  | C19    | 149,86                    | bc   |
| C11    | 55,04            | cd | C21    | 38,23        | c  | C19    | 31,68     | bc | C5     | 135,52                    | cd   |
| C05    | 54,42            | cd | C5     | 37,01        | cd | C04    | 30,93     | bc | C4     | 128,92                    | de   |
| C04    | 53,60            | cd | C12    | 36,77        | cd | C12    | 28,42     | cd | C21    | 127,35                    | def  |
| C25    | 52,56            | de | C25    | 36,41        | cd | C21    | 28,13     | cd | C11    | 123,77                    | defg |
| C12    | 50,40            | ef | C11    | 36,26        | d  | C11    | 26,43     | d  | C25    | 118,93                    | defg |
| C21    | 48,21            | fg | C14    | 36,03        | de | C25    | 26,41     | d  | C12    | 111,23                    | efg  |
| C23    | 47,47            | g  | C4     | 35,81        | de | C23    | 25,81     | d  | C24    | 111,20                    | efg  |
| C24    | 47,36            | g  | C24    | 35,19        | de | C14    | 25,55     | d  | C14    | 106,82                    | fg   |
| C14    | 47,23            | g  | C23    | 34,23        | e  | C24    | 25,54     | d  | C23    | 103,99                    | g    |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível  $\alpha = 0,05$ .

A identificação de matrizes com frutos que apresentam características desejáveis, como maior massa ou volume, é fundamental para programas de melhoramento genético. Matrizes como C17, C19 e C22 podem ser selecionadas para produzir mudas de qualidade superior, com vistas ao aumento da produtividade e à melhoria do tamanho dos frutos. Matrizes com frutos menores, como C24, C23 e

C14, podem ser exploradas para produtos específicos que demandem tamanhos reduzidos, atendendo a nichos de mercado distintos.

Mais especificamente, essas diferenças entre matrizes resultam de variabilidade intraespecífica, essencial para a manutenção da estrutura genética das populações de baruzeiro. Matrizes geneticamente diversas podem ser utilizadas em projetos de

conservação e restauração ambiental, contribuindo para ecossistemas mais robustos, com maior diversidade genética, mais resiliência e maior capacidade de adaptação a mudanças ambientais.

Correlações entre diferentes características dos frutos podem revelar atributos inter-relacionados. Por exemplo, se a massa da amêndoa estiver fortemente correlacionada ao diâmetro transversal do fruto, este último, por ser de mensuração mais simples, pode ser utilizado como indicador indireto em programas de seleção (Santos, 2019).

A compreensão das diferenças nas características dos frutos auxilia no desenvolvimento de produtos específicos, como alimentos ou cosméticos, adaptados às particularidades de cada matriz. Além disso, processos de beneficiamento podem ser otimizados com base nas propriedades físicas dos frutos e das amêndoas.

Matrizes que produzem frutos com características superiores podem agregar valor econômico, seja pela venda in natura, seja por meio de produtos processados. A diferenciação baseada em atributos específicos pode abrir nichos de mercado e aumentar a competitividade dos subprodutos. Desse forma, explorar as diferenças significativas entre matrizes de baru enriquece o conhecimento científico sobre a espécie e promove aplicações práticas com benefícios para a conservação, a economia, a sociedade e a sustentabilidade.

A Tabela 3 apresenta a média e o desvio-padrão das características físicas das amêndoas de 12 matrizes de baru avaliadas na safra de 2023 na Embrapa Cerrados. As variáveis analisadas incluem comprimento, largura, espessura, massa e volume. Conforme as análises estatísticas, houve diferenças significativas entre as matrizes para todas as características avaliadas ( $P < 0,001$  para todas as variáveis), o que confirma a existência de variabilidade para essas características. A matriz C12 apresentou os maiores valores médios de comprimento (26,2 mm), massa (1,9 g) e volume (4,1 mm<sup>3</sup>), sugerindo bom potencial para produção de amêndoas maiores. Já C21 registrou o menor comprimento (17,5 mm) e volume (2,5 mm<sup>3</sup>), indicando amêndoas de menor tamanho.

As amêndoas apresentaram variação significativa no comprimento médio (21,6 mm), com desvio-padrão elevado ( $\pm 3,1$  mm), indicando que algumas matrizes produzem amêndoas substancialmente maiores que outras. A largura (8,8 mm) e a espessura (7,2 mm) apresentaram menor variação, embora também com diferenças significativas entre as matrizes. A massa média foi de 1,4 g, com

desvio-padrão de  $\pm 0,4$  g, sugerindo variação considerável entre matrizes. O volume apresentou a maior variabilidade relativa ( $\pm 0,9$  mm<sup>3</sup>), reforçando diferenças marcantes entre matrizes.

Os valores de repetibilidade ( $r$ ) variaram de 0,85 a 0,94, sendo elevados para todas as características. Isso indica consistência nas diferenças observadas entre frutos dentro de cada matriz, favorecendo a seleção de materiais superiores. A massa da amêndoa ( $r = 0,94$ ) e o comprimento ( $r = 0,92$ ) apresentaram os maiores valores, revelando alta estabilidade e confiabilidade para seleção. Como os valores de repetibilidade foram altos, a seleção precoce das melhores matrizes tende a ser eficiente, visto que essas características se mantêm ao longo das safras. Entre elas, a massa se destacou não apenas pelo valor agronômico e comercial, mas também por ter apresentado a maior repetibilidade.

O maior coeficiente de variação (CV) foi observado para volume (21,28%) e massa (16,22%), indicando maior variação entre matrizes para essas características. O CV mais baixo foi registrado para largura (9,04%), sugerindo maior estabilidade dessa variável. Essa variabilidade pode ser explorada em programas de melhoramento, com foco em matrizes de maior massa e volume para produção de amêndoas. As matrizes C12 e C19 se destacaram como potenciais candidatas para seleção, em razão das maiores médias em múltiplas características.

Na Tabela 4, são apresentadas as médias das características físicas de 10 amêndoas de 12 matrizes de baru, classificadas em grupos estatísticos (G) com base na DM. Foram avaliados comprimento, largura, espessura, massa (Mas.) e volume das amêndoas.

A matriz C17 apresentou as amêndoas mais longas (26,2 mm), seguida por C22 (23,9 mm) e C12 (23,6 mm). A menor média foi registrada para C23 (17,5 mm), significativamente inferior às demais. A separação em oito grupos estatísticos indicou alta variabilidade para o comprimento das amêndoas. Para largura, C22 apresentou os maiores valores médios (10,3 mm), seguida por C17 (9,6 mm) e C21 (9,5 mm). A menor largura foi verificada em C25 (7,8 mm). O agrupamento em seis grupos distintos sugeriu variação moderada para essa característica entre as matrizes. Em relação à espessura, C22 e C21 apresentaram os maiores valores (8,0 mm e 7,9 mm, respectivamente), enquanto C19 teve a menor média (6,1 mm). O agrupamento estatístico mostrou diferenças perceptíveis entre matrizes, embora inferiores às observadas para o comprimento.

**Tabela 3.** Média e desvio padrão das características físicas comprimento, largura, espessura, massa e volume de amêndoas de 12 matrizes de baru avaliadas na safra 2023 na Embrapa Cerrados (Planaltina, DF, 2025).

| Matriz | Comprimento<br>(mm) | Largura<br>(mm) | Espessura<br>(mm) | Massa<br>(g) | Volume<br>(mm <sup>3</sup> ) |
|--------|---------------------|-----------------|-------------------|--------------|------------------------------|
| C04    | 21,3 ± 0,9          | 8,7 ± 1,0       | 7,8 ± 0,7         | 1,3 ± 0,2    | 3,4 ± 0,5                    |
| C05    | 22,3 ± 1,3          | 8,9 ± 0,6       | 7,8 ± 0,6         | 1,6 ± 0,2    | 3,6 ± 0,5                    |
| C11    | 21,3 ± 1,1          | 8,4 ± 0,6       | 7,2 ± 0,7         | 1,3 ± 0,2    | 3,0 ± 0,5                    |
| C12    | 23,6 ± 1,9          | 9,4 ± 0,6       | 7,1 ± 0,7         | 1,7 ± 0,2    | 3,7 ± 0,6                    |
| C14    | 22,0 ± 1,1          | 8,2 ± 0,6       | 6,6 ± 0,8         | 1,1 ± 0,1    | 2,8 ± 0,5                    |
| C17    | 26,2 ± 2,9          | 9,6 ± 1,1       | 6,9 ± 0,9         | 1,9 ± 0,4    | 4,1 ± 1,1                    |
| C19    | 22,8 ± 2,1          | 8,7 ± 1,0       | 6,1 ± 0,7         | 1,4 ± 0,2    | 2,9 ± 0,7                    |
| C21    | 19,8 ± 1,9          | 9,5 ± 0,7       | 7,9 ± 0,9         | 1,4 ± 0,2    | 3,5 ± 0,6                    |
| C22    | 23,9 ± 3,2          | 10,3 ± 0,9      | 8,0 ± 0,7         | 1,9 ± 0,3    | 4,7 ± 0,9                    |
| C23    | 17,5 ± 2,5          | 8,2 ± 1,0       | 7,1 ± 0,8         | 1,2 ± 0,2    | 2,5 ± 0,8                    |
| C24    | 20,2 ± 3,4          | 8,3 ± 0,7       | 7,1 ± 0,8         | 1,2 ± 0,3    | 2,9 ± 0,9                    |
| C25    | 18,6 ± 1,7          | 7,8 ± 0,6       | 6,8 ± 0,5         | 1,1 ± 0,1    | 2,3 ± 0,4                    |
| Média  | 21,6 ± 3,1          | 8,8 ± 1,0       | 7,2 ± 0,9         | 1,4 ± 0,4    | 3,3 ± 0,9                    |
| Mínimo | 17,5 ± 2,5          | 7,8 ± 0,6       | 6,1 ± 0,7         | 1,1 ± 0,1    | 2,3 ± 0,4                    |
| Máximo | 26,2 ± 2,9          | 10,3 ± 0,8      | 8,0 ± 0,7         | 1,9 ± 0,3    | 4,7 ± 0,9                    |
| P>F    | 6,22e-12***         | 2,65e-07***     | 8,05e-05***       | 2,2e-16***   | 8,22e-09***                  |
| r      | 0,92                | 0,88            | 0,85              | 0,94         | 0,90                         |
| CV (%) | 9,95                | 9,04            | 10,24             | 16,22        | 21,28                        |
| DMS 5% | 1,90                | 0,70            | 0,65              | 0,20         | 0,62                         |

\*\*\*Significante ao nível de 0,1% de probabilidade; ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade; r: repetibilidade; CV: coeficiente de variação; e DMS 5%: Fisher diferença mínima significativa.

**Tabela 4.** Médias das características físicas de 10 amêndoas para comprimento (Comp.), largura, espessura (Esp.) (mm), massa (g) e volume (mm<sup>3</sup>) provenientes de 12 matrizes de baru agrupadas (Gr) com base na DMS (Planaltina, DF, 2025).

| Matriz | Comp. | Gr  | Matriz | Largura | Gr  | Matriz | Esp. | Gr | Matriz | Massa | Gr  | Matriz | Volume | Gr  |
|--------|-------|-----|--------|---------|-----|--------|------|----|--------|-------|-----|--------|--------|-----|
| C17    | 26,2  | a   | C22    | 10,3    | a   | C22    | 8,0  | a  | C17    | 1,9   | a   | C22    | 4,7    | a   |
| C22    | 23,9  | b   | C17    | 9,6     | b   | C21    | 7,9  | a  | C22    | 1,9   | a   | C17    | 4,1    | ab  |
| C12    | 23,6  | bc  | C21    | 9,5     | bc  | C05    | 7,8  | ab | C12    | 1,7   | b   | C12    | 3,7    | bc  |
| C19    | 22,8  | bcd | C12    | 9,4     | bcd | C04    | 7,8  | ab | C05    | 1,6   | bc  | C05    | 3,6    | bcd |
| C05    | 22,3  | bcd | C05    | 8,9     | cde | C11    | 7,2  | bc | C19    | 1,4   | cd  | C21    | 3,5    | bcd |
| C14    | 22,0  | cde | C19    | 8,7     | de  | C24    | 7,1  | c  | C21    | 1,4   | cd  | C04    | 3,4    | cde |
| C11    | 21,3  | def | C04    | 8,7     | e   | C12    | 7,1  | c  | C04    | 1,3   | de  | C11    | 3,0    | def |
| C04    | 21,3  | def | C11    | 8,4     | ef  | C23    | 7,1  | c  | C11    | 1,3   | def | C24    | 2,9    | efg |
| C24    | 20,2  | efg | C24    | 8,3     | ef  | C17    | 6,9  | c  | C24    | 1,2   | def | C19    | 2,9    | efg |
| C21    | 19,8  | fg  | C14    | 8,2     | ef  | C25    | 6,8  | c  | C23    | 1,2   | ef  | C14    | 2,8    | efg |
| C25    | 18,6  | gh  | C23    | 8,2     | ef  | C14    | 6,6  | cd | C14    | 1,1   | ef  | C23    | 2,5    | fg  |
| C23    | 17,5  | h   | C25    | 7,8     | f   | C19    | 6,1  | d  | C25    | 1,1   | f   | C25    | 2,3    | g   |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível  $\alpha = 0,05$ .

As amêndoas mais pesadas foram as das matrizes C17 e C22 (1,9 g), seguidas por C12 (1,7 g) e C5 (1,6 g). As menores massas foram observadas em C25 e C14 (1,1 g). A separação em seis grupos estatísticos confirmou diferenças significativas entre as matrizes para essa característica. Em relação ao volume, C22 apresentou o maior valor médio ( $4,7 \text{ mm}^3$ ), seguida por C17 ( $4,1 \text{ mm}^3$ ). O menor volume foi verificado em C25 ( $2,3 \text{ mm}^3$ ). A separação em sete grupos demonstrou elevada variabilidade entre as matrizes para essa variável.

As matrizes C17 e C22 se destacaram em várias características. A C17 apresentou o maior valor médio de comprimento e uma das maiores massas e volumes, sugerindo potencial para seleção de amêndoas maiores e mais robustas. A matriz C22 se sobressaiu em largura, espessura, massa e volume, indicando amêndoas mais densas e volumosas, o que também a qualifica como candidata promissora em programas de seleção. Por outro lado, C23 e C25 apresentaram os menores valores para a maioria das características, indicando menor potencial para seleção quando o objetivo é priorizar amêndoas maiores e mais pesadas.

Assim, matrizes como C17 e C22 representam materiais promissores, por combinarem elevada massa, volume e dimensões, atributos desejáveis na seleção de amêndoas de qualidade. A separação estatística por DMS evidenciou diferenças significativas entre matrizes para todas as características físicas avaliadas, reforçando a viabilidade de seleção de genótipos superiores de baru.

As características físicas apresentaram baixa a moderada variabilidade, o que favorece a seleção de genótipos estáveis. Em contrapartida, os teores de proteína e micronutrientes apresentaram maior variação, indicando potencial adicional para seleção de matrizes com perfis nutricionais diferenciados.

Na Tabela 5, são apresentados os teores médios de extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB), em g/kg, de amêndoas de 12 matrizes de baru, cada uma avaliada com cinco amêndoas e agrupadas com base na DMS. O extrato etéreo, também denominado gordura bruta, corresponde à fração de compostos lipídicos presentes nas amêndoas que são solúveis em solventes orgânicos, como o éter, e insolúveis em água (Brum et al., 2009). Essa fração inclui gorduras, óleos, pigmentos e outras substâncias lipossolúveis.

Observou-se variação significativa nos teores de EE entre as matrizes. A matriz C11 apresentou o maior teor (306,4 g/kg), enquanto a matriz C19 registrou o menor valor (226,9 g/kg), com média geral de 270,9 g/kg. Esses valores foram inferiores aos relatados em outros estudos, como 382,0 g/kg (Takemoto et al., 2001), 332,8 g/kg (Vera et al., 2009), 410,4 g/kg (Freitas; Naves, 2010),  $419,5 \pm$

4,4 g/kg (Sousa et al., 2011) e  $395,2 \pm 21,6 \text{ g/kg}$  e  $398,0 \pm 25,4 \text{ g/kg}$  (Rinaldi et al., 2021), e próximos aos obtidos por Gonçalves et al. (2020) (242,0 g/kg).

Os menores teores observados podem estar relacionados ao período de armazenamento das amêndoas antes das análises. As amêndoas foram colhidas entre setembro e novembro de 2023, mantidas dentro dos frutos em salas sem refrigeração e analisadas entre seis e oito meses após a colheita. Esse intervalo pode ter favorecido algum nível de rancificação do óleo. A rancificação dos óleos em amêndoas pode influenciar os resultados das análises de extrato etéreo (EE). Como o extrato etéreo reflete o conteúdo total de lipídios em uma amostra, incluindo gorduras, óleos e outros compostos solúveis em solventes orgânicos, a rancificação dos lipídios promove a degradação oxidativa ou hidrolítica dos lipídios, resultando na formação de compostos como ácidos graxos livres, aldeídos e cetonas (Antoniassi, 2001). Tais compostos podem alterar a composição química da amostra, interferindo na quantificação do extrato etéreo e reduzindo o conteúdo lipídico mensurado. A metodologia de extração lipídica também pode influenciar o resultado, pois solventes e temperatura afetam a eficiência da extração (Brum et al., 2009).

O coeficiente de variação (CV) de 8,33% indicou variação moderada para EE entre as matrizes. A alta significância estatística sugere diferenças reais nos teores de EE, e a repetibilidade de 0,67 aponta consistência moderada nas medições entre amêndoas de uma mesma matriz.

Os teores de PB também variaram significativamente entre as matrizes. A matriz C11 apresentou o maior teor (285,2 g/kg), enquanto a C25 registrou o menor (230,8 g/kg), com média geral de 261,1 g/kg. Esses valores foram próximos aos obtidos por Rinaldi et al. (2021), que variaram de  $242,5 \pm 26,1$  a  $252,4 \pm 15,7 \text{ g/kg}$  em materiais coletados na Embrapa Cerrados e em Arinos, MG. Resultados similares foram relatados por Freitas e Naves (2010), Gonçalves et al. (2020), Takemoto et al. (2001) e Sousa et al. (2011), com médias entre 239,0 e 299,2  $\pm 3,7 \text{ g/kg}$ . O CV de 6,89% e a amplitude de 230,8 a 285,2 g/kg sugerem variação moderada entre matrizes. A significância estatística reforça a existência de diferenças reais nos teores de PB, porém, tanto para EE quanto para PB, a DMS resultou na formação de apenas quatro agrupamentos.

As matrizes C11, C14 e C23 destacaram-se pelos maiores teores de PB, configurando-se como candidatas promissoras para programas de melhoramento visando à produção de amêndoas com maior valor nutricional. Identificar matrizes com teores elevados desse componente pode agregar valor comercial ao produto, desde o melhoramento genético até aplicações industriais e nutricionais.

**Tabela 5.** Média dos teores de extrato etéreo (EE) e de proteína bruta (g/kg) de cinco amêndoas provenientes de cada uma das 12 matrizes de baru agrupadas (Gr) com base na DMS (Planaltina, DF, 2025).

| Matriz | Extrato etéreo<br>(g/kg) | Gr  | Matriz | Proteína bruta<br>(g/kg) | Gr  |
|--------|--------------------------|-----|--------|--------------------------|-----|
| C11    | 306,4                    | a   | C11    | 285,2                    | a   |
| C21    | 298,0                    | a   | C14    | 283,9                    | a   |
| C23    | 288,4                    | ab  | C23    | 283,5                    | a   |
| C22    | 285,0                    | ab  | C04    | 268,9                    | ab  |
| C24    | 279,2                    | abc | C22    | 266,5                    | abc |
| C17    | 270,1                    | abc | C05    | 265,7                    | abc |
| C04    | 269,7                    | abc | C19    | 261,0                    | abc |
| C25    | 269,0                    | abc | C21    | 254,8                    | bcd |
| C12    | 257,5                    | bcd | C24    | 247,1                    | bcd |
| C14    | 256,8                    | bcd | C12    | 246,1                    | bcd |
| C05    | 244,1                    | cd  | C17    | 239,5                    | cd  |
| C19    | 226,9                    | d   | C25    | 230,8                    | d   |
| Média  | 270,9                    |     |        | 261,1                    |     |
| DP     | 22,59                    |     |        | 17,99                    |     |
| Mínimo | 226,9                    |     |        | 230,76                   |     |
| Máximo | 306,4                    |     |        | 285,24                   |     |
| P>F    | 0,00614***               |     |        | 0,00177***               |     |
| r      | 0,67                     |     |        | 0,72                     |     |
| CV (%) | 8,33                     |     |        | 6,89                     |     |
| DMS 5% | 38,13                    |     |        | 2,80                     |     |

\*\*\*Significante ao nível de 0,1% de probabilidade; ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade; r: repetibilidade; CV: coeficiente de variação; e DMS 5%: Fisher diferença mínima significativa.

Os coeficientes de repetibilidade estimados para EE e PB foram moderados (0,67 e 0,72, respectivamente), indicando consistência intermediária na expressão dessas características entre frutos da mesma matriz e sugerindo influência de fatores ambientais e variação intramatriz. O valor de  $r = 0,72$  para PB demonstra ligeira superioridade na estabilidade dessa característica entre as amostras analisadas.

Na Tabela 6, são apresentados os teores médios de macronutrientes (cálcio – Ca, magnésio – Mg, potássio – K, fósforo – P e enxofre – S), em g/kg, de amêndoas de 12 matrizes de baru, agrupadas com base na DMS. Observou-se variação significativa nos teores de todos os macronutrientes entre as matrizes. A matriz C4 se destacou por apresentar o maior teor de Ca (6,86 g/kg) e Mg (2,38 g/kg), além de situar-se no grupo superior para K (11,42 g/kg), sem diferir estatisticamente das matrizes C5 e C12 (11,80 e 11,52 g/kg, respectivamente). Por outro lado, a matriz C4 apresentou os menores teores de P (1,70 g/kg) e S (1,53 g/kg). A matriz C24 destacou-se pelo maior teor de P

(8,81 g/kg), enquanto a matriz C22 apresentou o maior teor de S (2,12 g/kg). Registrhou-se ampla variação nos teores dos macronutrientes, com exceção do enxofre.

A média de Ca foi de  $2,90 \pm 2,34$  g/kg, valor semelhante ao observado por Vera et al. (2009) (3,00 g/kg) e ligeiramente superior aos relatados por Freitas e Naves (2010) e Sousa et al. (2011), de 1,20 g/kg e 1,11 g/kg, respectivamente, mas compatível com a amplitude verificada no presente estudo (0,78 a 6,86 g/kg). O teor médio de Mg foi de 1,36 g/kg, resultado similar ao de Vera et al. (2009) (1,30 g/kg) e ligeiramente inferior ao reportado por Sousa et al. (2011) (1,65 g/kg), igualmente compatível com a faixa observada neste estudo (0,82 a 2,38 g/kg). O teor médio de K foi de  $6,79 \pm 3,58$  g/kg, inferior aos valores obtidos por Takemoto et al. (2001) (8,27 g/kg), Vera et al. (2009) (9,20 g/kg), Freitas et al. (2010) (8,19 g/kg) e Sousa et al. (2011) (9,80 g/kg), porém ainda dentro da amplitude reportada para este estudo. Os coeficientes de variação (CV), variando de 13,3% a 27,7%, indicaram boa variabilidade entre as matrizes.

**Tabela 6.** Média dos teores de macronutrientes (g/kg), de cinco amêndoas provenientes de cada uma das 12 matrizes de baru agrupadas (Gr) com base na DMS (Planaltina, DF, 2025).

| Matriz | Ca   | Gr | Matriz | Mg   | Gr | Matriz | K     | Gr | Matriz | P    | Gr  | Matriz | S    | Gr   |
|--------|------|----|--------|------|----|--------|-------|----|--------|------|-----|--------|------|------|
| C04    | 6,86 | a  | C4     | 2,38 | a  | C05    | 11,80 | a  | C24    | 8,81 | a   | C22    | 2,12 | a    |
| C05    | 5,66 | b  | C11    | 2,06 | b  | C12    | 11,52 | a  | C25    | 7,45 | b   | C17    | 2,08 | ab   |
| C11    | 5,55 | b  | C05    | 1,84 | bc | C04    | 11,42 | a  | C22    | 6,81 | bc  | C24    | 2,00 | abc  |
| C12    | 5,35 | bc | C12    | 1,78 | bc | C11    | 10,41 | a  | C23    | 6,50 | cd  | C23    | 1,84 | abcd |
| C14    | 4,34 | c  | C14    | 1,66 | c  | C14    | 8,39  | b  | C17    | 6,27 | cde | C19    | 1,80 | bcd  |
| C21    | 1,48 | d  | C24    | 1,07 | d  | C17    | 4,70  | c  | C19    | 5,70 | de  | C25    | 1,77 | cde  |
| C25    | 1,09 | d  | C22    | 0,97 | d  | C25    | 4,29  | c  | C21    | 5,63 | e   | C21    | 1,67 | def  |
| C19    | 1,03 | d  | C17    | 0,97 | d  | C19    | 4,03  | c  | C14    | 3,40 | f   | C14    | 1,56 | def  |
| C22    | 0,99 | d  | C25    | 0,95 | d  | C24    | 3,95  | c  | C11    | 2,39 | g   | C04    | 1,53 | ef   |
| C24    | 0,91 | d  | C19    | 0,91 | d  | C23    | 3,84  | c  | C12    | 1,93 | g   | C11    | 1,52 | ef   |
| C23    | 0,79 | d  | C23    | 0,89 | d  | C21    | 3,56  | c  | C05    | 1,80 | g   | C05    | 1,45 | f    |
| C17    | 0,78 | d  | C21    | 0,82 | d  | C22    | 3,53  | c  | C04    | 1,70 | g   | C12    | 1,44 | f    |
| Média  | 2,90 |    |        | 1,36 |    |        | 6,79  |    |        | 4,87 |     |        | 1,73 |      |
| ±DP    | 2,34 |    |        | 0,55 |    |        | 3,58  |    |        | 2,49 |     |        | 0,24 |      |
| Mínimo | 0,78 |    |        | 0,82 |    |        | 3,53  |    |        | 1,70 |     |        | 1,44 |      |
| Máximo | 6,86 |    |        | 2,38 |    |        | 11,80 |    |        | 8,81 |     |        | 2,12 |      |
| P>F    | <.01 |    |        | <.01 |    |        | <.01  |    |        | <.01 |     |        | <.01 |      |
| r      | 0,98 |    |        | 0,96 |    |        | 0,97  |    |        | 0,98 |     |        | 0,83 |      |
| CV%    | 27,6 |    |        | 18,0 |    |        | 21,4  |    |        | 13,8 |     |        | 13,3 |      |
| DMS    | 1,02 |    |        | 0,31 |    |        | 1,85  |    |        | 0,85 |     |        | 0,29 |      |

\*\*\*Significante ao nível de 0,1% de probabilidade; ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade; r: repetibilidade; CV: coeficiente de variação; e DMS 5%: Fisher diferença mínima significativa.

Os coeficientes de repetibilidade estimados para os teores de macronutrientes variaram de 0,83 a 0,98, evidenciando alta consistência fenotípica entre os indivíduos avaliados. Os nutrientes Ca, Mg, K e P apresentaram valores de r superiores a 0,96, indicando elevada estabilidade das médias individuais e permitindo seleção confiável mesmo com número reduzido de amostras por matriz. Esses resultados reforçam a robustez desses atributos para fins de caracterização e seleção em programas de melhoramento voltados à composição mineral das amêndoas. O enxofre apresentou repetibilidade moderadamente alta ( $r = 0,83$ ), ainda satisfatória para estudos exploratórios e avaliações iniciais, embora demande maior número de repetições para maior acurácia.

A alta repetibilidade observada para a maioria dos macronutrientes demonstra que as diferenças

entre as matrizes são geneticamente consistentes, com menor influência de fatores ambientais ou erro amostral. Isso permite identificar materiais superiores com base em poucos ciclos de coleta, sendo resultado relevante para estratégias de melhoramento genético voltadas à qualidade nutricional e funcional do baru, com otimização de recursos, tempo, mão de obra e custos financeiros.

Na Tabela 7, são apresentadas as médias dos teores de micronutrientes — alumínio (Al), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) — em amêndoas de 12 matrizes de baru. A análise revelou variações significativas entre as matrizes para todos os micronutrientes avaliados ( $P>F < 0,01$ ), indicando influência de diferenças genéticas e/ou ambientais sobre a composição mineral das amêndoas. Os teores de Al variaram de 3,68 mg/100 g (C24) a 6,36 mg/100 g (C4), com média de

4,99 mg/100 g. Para B, os valores oscilaram entre 1,34 mg/100 g (C22) e 3,32 mg/100 g (C4), com média de 2,11 mg/100 g. O teor de Cu variou de 0,11 a 0,92 mg/100 g, com média de 0,46 mg/100 g, inferior ao relatado por Vera et al. (2009), que observaram média de 1,67 mg/100 g e coeficiente de variação (CV) de 22,5%. O Fe variou de 2,08 a 8,23 mg/100 g, com média de 3,53 mg/100 g, também inferior aos dados de Vera et al. (2009), que obtiveram média de 19,81 mg/100 g e CV de 20,5%. O Mn variou de 0,39 a 6,18 mg/100 g, com média de 2,17 mg/100 g, abaixo da média de 5,72 mg/100 g reportada por Vera et al. (2009), cujo CV foi de 62,7%, refletindo grande variabilidade.

Os coeficientes de repetibilidade para os teores de micronutrientes nas amêndoas variaram de 0,66 a 0,98, indicando diferentes níveis de estabilidade entre as características. O boro apresentou o maior valor ( $r = 0,98$ ), seguido por ferro, manganês e cobre, com valores entre 0,93 e 0,96, classificados como elevados. Esses resultados sugerem que a variabilidade observada para esses elementos é

predominantemente genética, permitindo estimar médias das matrizes com alta confiabilidade, mesmo com número limitado de repetições. Assim, tais nutrientes mostram-se promissores para uso em programas de seleção e caracterização nutricional de materiais superiores. O alumínio apresentou repetibilidade moderada ( $r = 0,66$ ), possivelmente refletindo maior influência de fatores ambientais, variações amostrais, metodológicas ou instabilidade na expressão desse elemento. Dessa forma, os micronutrientes B, Cu, Fe e Mn destacam-se como características altamente estáveis para fins de seleção.

Embora a inclusão de parâmetros químicos demande maior tempo e disponibilidade de recursos, essa abordagem é complementar à avaliação física e essencial para programas de melhoramento genético voltados à valorização comercial e nutricional do baru. A integração desses atributos contribui para a identificação de materiais promissores com elevado potencial de produtividade e qualidade das amêndoas.

**Tabela 7.** Média dos teores dos micronutrientes alumínio (Al), boro (B), Cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) (mg/100g), de cinco amêndoas provenientes de cada uma das 12 matrizes de baru agrupadas (Gr) com base na DMS (Brasília, DF, 2025).

| Matriz   | Al    | Gr   | Matriz | B     | Gr | Matriz | Cu    | Gr  | Matriz | Fe    | Gr | Matriz | Mn   | Gr |
|----------|-------|------|--------|-------|----|--------|-------|-----|--------|-------|----|--------|------|----|
| C04      | 6,36  | a    | C04    | 3,32  | a  | C22    | 0,92  | a   | C04    | 8,23  | a  | C05    | 6,18 | a  |
| C14      | 5,82  | ab   | C05    | 3,10  | ab | C17    | 0,82  | ab  | C05    | 6,18  | b  | C04    | 5,36 | a  |
| C05      | 5,76  | abc  | C12    | 2,86  | bc | C25    | 0,70  | abc | C12    | 4,26  | c  | C11    | 3,73 | b  |
| C12      | 5,39  | abcd | C11    | 2,81  | bc | C19    | 0,66  | bcd | C11    | 4,04  | c  | C12    | 3,67 | b  |
| C21      | 5,15  | abcd | C14    | 2,58  | c  | C23    | 0,55  | cd  | C14    | 3,31  | cd | C14    | 2,08 | c  |
| C23      | 4,91  | bcd  | C24    | 1,62  | d  | C21    | 0,55  | cd  | C24    | 2,58  | de | C22    | 1,29 | cd |
| C19      | 4,88  | bcd  | C19    | 1,60  | d  | C24    | 0,46  | de  | C25    | 2,44  | de | C24    | 0,77 | d  |
| C11      | 4,88  | bcd  | C17    | 1,58  | d  | C14    | 0,25  | ef  | C22    | 2,39  | de | C21    | 0,75 | d  |
| C17      | 4,47  | cde  | C25    | 1,56  | d  | C04    | 0,16  | f   | C17    | 2,34  | de | C25    | 0,71 | d  |
| C22      | 4,44  | de   | C21    | 1,54  | d  | C11    | 0,15  | f   | C19    | 2,30  | de | C19    | 0,58 | d  |
| C25      | 4,15  | de   | C23    | 1,35  | d  | C05    | 0,15  | f   | C23    | 2,26  | e  | C17    | 0,51 | d  |
| C24      | 3,68  | e    | C22    | 1,34  | d  | C12    | 0,11  | f   | C21    | 2,08  | e  | C23    | 0,39 | d  |
| Média    | 4,99  |      |        | 2,11  |    |        | 0,46  |     |        | 3,53  |    |        | 2,17 |    |
| $\pm DP$ | 0,76  |      |        | 0,76  |    |        | 0,29  |     |        | 1,91  |    |        | 2,05 |    |
| Mínimo   | 3,68  |      |        | 1,34  |    |        | 0,11  |     |        | 2,08  |    |        | 0,39 |    |
| Máximo   | 6,36  |      |        | 3,32  |    |        | 0,92  |     |        | 8,23  |    |        | 6,18 |    |
| P>F      | <.01  |      |        | <.01  |    |        | <.01  |     |        | <.01  |    |        | <.01 |    |
| r        | 0,66  |      |        | 0,98  |    |        | 0,93  |     |        | 0,96  |    |        | 0,95 |    |
| CV%      | 20,69 |      |        | 11,77 |    |        | 39,16 |     |        | 23,21 |    |        | 46,1 |    |
| DMS      | 1,30  |      |        | 0,31  |    |        | 0,20  |     |        | 1,00  |    |        | 1,20 |    |

\*\*\*Significante ao nível de 0,1% de probabilidade; ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade; r: repetibilidade; CV: coeficiente de variação; e DMS 5%: Fisher diferença mínima significativa.

## Conclusões

1. As dimensões comprimento, largura e espessura tiveram as menores variabilidades entre matrizes, enquanto massa e volume tanto de frutos quanto de amêndoas revelaram maior diversidade genética, pontos favoráveis para seleção de genótipos mais produtivos.
2. O teor de óleo na amêndoas mostrou ser de baixa variação e, potencialmente, ter melhor estabilidade genética entre as matrizes. Entretanto, como os teores ficaram abaixo daqueles relatados na literatura, há a necessidade de novos estudos. A baixa variabilidade, também para proteína bruta, evidenciou pouca diversidade entre matrizes.
3. Dentre os macronutrientes, Ca e K foram os que mais variaram entre matrizes, sinalizando diferenças relevantes na absorção e/ou armazenamento. Mg, P e S apresentaram menor amplitude de variação. Houve uma diversidade mais alta entre matrizes para teores de Cu e Mn, moderada para Fe e Al e mais baixa para B. Isso reforça a heterogeneidade genética das matrizes e/ou ambiental afetando os teores de macro e micronutrientes.
4. Tanto as características físicas dos frutos quanto das amêndoas apresentaram, em sua maioria, repetibilidades altas, reforçando a presença de um controle genético mais efetivo. Isso sugere que seleções precoces podem ser eficazes, sobretudo para comprimento, largura e massa. Essas características estão diretamente relacionadas ao rendimento e à qualidade comercial do baru.
5. Os teores de extrato etéreo e proteína bruta nas amêndoas apresentaram repetibilidade moderada ( $r = 0,67$  e  $r = 0,72$ , respectivamente), sugerindo uma maior influência de fatores ambientais e a necessidade de um número maior de amostras por matriz para garantir estimativas mais confiáveis.
6. Os elevados valores de repetibilidade obtidos para a maioria dos macro e micronutrientes, reforçam a confiabilidade dos dados e sugerem que a composição mineral das amêndoas de baru apresenta forte componente genético, o que favorece a seleção de genótipos superiores com base em poucas repetições.
7. O coeficiente de variação entre matrizes revelou um panorama genético amplo e diversificado nas matrizes de baru estudadas. Esse panorama reforça o valor das matrizes analisadas como recurso genético estratégico para programas de

melhoramento, seja com foco em produtividade, qualidade nutricional ou adaptação ambiental.

## Referências

- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Am 5-04**: rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction. [S. I.], 2005. 3 p.
- ANTONIASSI, R. Métodos de avaliação da estabilidade oxidativa de óleos e gorduras. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 353-380, jul./dez. 2001. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/414061>. Acesso em: 12 nov. 2025.
- BATES, D.; MÄCHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. **lme4: Linear Mixed-Effects Models using "Eigen" and S4**. Version 1.1-35.1. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=lme4>. Acesso em: 12 nov. 2025.
- BRUM, A. A. S.; ARRUDA, L. F. de; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 849-854, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000400005>.
- CARMO, C. A. F. de S. do; NOGUEIRA, A. R. de A.; OLIVEIRA, A. S. de; ALMEIDA, D. G. de; FERNANDES, F. D.; PITTA, G. V. E.; CARLOS, G. M.; OLIVEIRA, H. de; MAMÃO, J. B.; ARMELIN, M. J. A.; SALDANHA, M. F. C.; MYAZAWA, M.; SCRAMIM, S.; BARRETO, W. de O.; RUFINI, Y. A. Tecidos vegetais. In: NOGUEIRA, A. R. de A.; MACHADO, P. L. O. de A; CARMO, C. A. F. de S. do; FERREIRA, J. R. (ed.). **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 1998. p. 32-42. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/44394>. Acesso em: 28 nov. 2011.
- COSTA, J. G. da; LEDO, A. da S.; OLIVEIRA, M. N. de. Estimativas de repetibilidade de características de frutos de cupuaçuzeiro no Estado do Acre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 19, n. 3, p. 313-318, dez. 1997. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/492658>. Acesso em: 26 nov. 2025.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 1994. 390 p.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 1987. 279 p.
- FIORINI, A. M. R. **Atividade funcional e antioxidante das amêndoas do baru**. 2018. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/153042>. Acesso em: 12 nov. 2025.

FONSECA, C. E. L. da; ESCOBAR, J. R.; BUENO, D. M. Variabilidade de alguns caracteres físicos e químicos do fruto do cupuaçuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 7, p. 1079-1084, jul. 1990. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/download/13555/7698>. Acesso em: 12 nov. 2025.

FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 2, p. 269-279, abr. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732010000200010>.

GONÇALVES, T. de O.; FILBIDO, G. S.; PINHEIRO, A. P. de O.; PIERETI, P. D. P.; DALLA VILLA, R.; OLIVEIRA, A. P. de. In vitro bioaccessibility of Cu, Fe, Mn and Zn in the baru almond and bocaiúva pulp and macronutrients characterization. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 86, 103356, Mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103356>.

MENDIBURU, F. **Agricolae**: statistical procedures for agricultural research. Version 1.3-7. Lima: National Institute of Agricultural Innovation, 2022. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=agricolae>. Acesso em: 12 nov. 2025.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Version 4.2.1. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 12 nov. 2025.

RIBEIRO, J. F.; SILVA, J. A.; FONSECA, C. F. L. Espécies frutíferas da região do Cerrado. In: DONADIO, L. C.; MARTINS, A. B. G.; VALENTE, J. P. (ed.). **Fruticultura tropical**. Jaboticabal: Funep, 1992. p. 159-189.

RINALDI, M. M.; ROCHA, F. S.; SANTOS, R. M. dos; PEREIRA, M. dos S.; QUEIROZ, D. B. V. de; MORAIS, F. M. de. Produção, caracterização física, química e funcional de frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog., Fabaceae) oriundos da Embrapa Cerrados e Arinos, MG: safra 2019. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 376. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1135426>. Acesso em: 12 nov. 2025.

SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; BRITO, M. A. de. **Baru: biologia e uso**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 52 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 116). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/566595/1/doc116.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2025.

SANTOS, F. R. da S. **Diversidade genética entre matrizes de baruzeiro (*Dipteryx alata* Vog.) amostradas no estado de Goiás**. 2019. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, GO. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/841/2/>

Dissertacao\_Francisca%20Rodrigues%20da%20Silva%20Santos.pdf. Acesso em: 12 nov. 2025.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em: 26 nov. 2025.

SCHIASSI, M. C. E. V.; SOUZA, V. R. de; LAGO, A. M. T.; CAMPOS, L. G.; QUEIROZ, F. Fruits from the Brazilian Cerrado region: physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities and sensory evaluation. **Food Chemistry**, v. 245, p. 305-311, Apr. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.104>.

SIQUEIRA, A. C. M. de F.; NOGUEIRA, J. C. B.; KAGEYAMA, P. Y. Conservação dos recursos genéticos *ex situ* do cumbaru (*Dipteryx alata* Vog. - Leguminosae). **Revista do Instituto Florestal**, v. 5, n. 2, p. 231-243, 1993. DOI: <https://doi.org/10.24278/2178-5031.199352498>.

SIQUEIRA, E. R. Coeficiente da repetibilidade de produção de frutos de coqueiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 4, p. 573-574, abr. 1982. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220371/1/Coeficiente-repetibilidade-producao-1982.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2025.

SOUSA, A. G. de; FERNANDES, D. C.; ALVES, A. M.; FREITAS, J. B. de; NAVES, M. M. V. Nutritional quality and protein value of exotic almonds and nuts from the Brazilian Savanna compared to peanut. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2319-2325, Aug. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.013>.

TAKEMOTO, E.; OKADA, I. A.; GARBELLOTTI, M. L.; TAVARES, M.; AUED-PIMENTEL, S. Composição química da semente e do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nativo do Município de Pirenópolis, Estado de Goiás. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 60, n. 2, p. 113-117, 2001. DOI: <https://doi.org/10.53393/rial.2001.60.35540>.

VALOIS, A. C. C.; CORRÊA, M. P. F.; VASCONCELLOS, M. E. da C. Estudo de caracteres correlacionados com a produção de amêndoas secas no guaranazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 14, n. 2, p. 175-179, abr. 1979. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197847/1/Estudode-caracteres-correlacionados.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2025.

VERA, R.; SOARES JUNIOR, M. S.; NAVES, R. V.; SOUZA, E. R. B. de; FERNANDES, E. P.; CALIARI, M.; LEANDRO, W. M. Características químicas de amêndoas de barueiros (*Dipteryx alata* Vog.)

de ocorrência natural no Cerrado do estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, mar. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000100017>.

WICKHAM, H.; PENG, R.; WESTON, S.; SEIDEL, D. **Ggplot2**: Elegant graphics for data analysis. Version 3.4.4. Vienna: R Foundation, 2023. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=ggplot2>. Acesso em: 12 nov. 2025.



Ministério da  
Agricultura e  
Pecuária