

Macapá, AP / Novembro, 2025

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

Desempenho produtivo e variabilidade genética de quatro clones de cupuaçuzeiro no Amapá

Gilberto Ken Iti Yokomizo⁽¹⁾, Raimundo Pinheiro Lopes Filho⁽¹⁾ (in memoriam), Rafael Moysés Alves⁽²⁾ e Thais Oliveira da Luz⁽³⁾

⁽¹⁾ Pesquisadores, Embrapa Amapá, Macapá, AP. ⁽²⁾ Pesquisador, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. ⁽³⁾ Estagiária, Embrapa Amapá, Macapá, AP.

Resumo – O cupuaçuzeiro é uma das fruteiras de grande importância para a região amazônica. Seu cultivo tem relevante papel social, econômico e ambiental nas áreas de pequenos agricultores. No entanto, pesquisas são necessárias para disponibilizar cultivares que permitam melhorar o desempenho produtivo em diferentes condições ambientais na região. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo de uma população melhorada composta por quatro clones nas condições do distrito da Fazendinha, município de Macapá, Amapá. O material genético envolveu uma seleção de plantas superiores dos clones BRS Codajás, BRS Coari, BRS Manacapuru e BRS Belém, obtidas da área de produção seminal da cultivar BRS Carimbó. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, com dez plantas por clone, no qual cada planta representa uma repetição, sendo avaliados dez frutos por planta. As variáveis avaliadas foram: comprimento longitudinal de fruto (CFR); diâmetro transversal do fruto (DFR); espessura da casca (ECA); peso da casca (PCA); peso de sementes (PSE); peso de fibra presente no fruto (PFI); peso da polpa (PPO); peso total do fruto (PFR); número de sementes no fruto (NSE); número total de frutos por planta (NFR); e produtividade de frutos total por planta (PRO). Os resultados mostram que há diferenças significativas entre os clones, não se constatando interação genótipo x ambiente entre os anos de 2022 e 2023, indicando a estabilidade dos clones estudados – reflexo da eficiência do processo de seleção de plantas produtivas e estáveis realizado em etapa anterior. As herdabilidades foram altas em todas as características, exceto em NFR, assegurando a manifestação de desempenhos em gerações sucessoras. Entende-se que, em um novo processo de seleção recorrente, à exceção da variável NFR, todas as variáveis focadas neste estudo podem ser utilizadas. Há variabilidade genética disponível para garantir estabilidade média de produção perante a interação com efeitos ambientais. Os clones avaliados podem gerar uma nova cultivar essencialmente derivada da BRS Carimbó.

Termos para indexação: *Theobroma grandiflorum*, propagação vegetativa, melhoramento genético, frutífera amazônica.

Embrapa Amapá

Rodovia Josmar Chaves Pinto,
nº. 2.600, Km 05
68903-419, Macapá, AP
Caixa Postal 10
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Jamile da Costa Araújo

Secretário-executivo

Raimundo Pinheiro Lopes Filho

Membros:

Daniela Loschtschagina Gonzaga,

Gilberto Ken-Iti Yokomizo,

Leandro Fernandes Damasceno,

Nagib Jorge Melém Júnior e

Valeria Saldanha Bezerra

Edição executiva

Daniela Loschtschagina Gonzaga

e Jamile da Costa Araújo

Revisão de texto

Maria Perpétua Beleza Pereira

Normalização bibliográfica

Andrea Liliane Pereira da Silva

(CRB-2/1166)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Gleise Maria Teles de Oliveira

Publicação digital (2025): PDF

Todos os direitos
reservados à Embrapa.

Productive performance and genetic variability in clones of cupuassu tree in Amapá, Brazil

Abstract – Cupuassu is one of the most important fruit trees in the Amazon region. Its cultivation plays a relevant social, economic and environmental role in the areas of small farmers. However, research is needed to make available cultivars that allow for improved production performance under different environmental conditions in the region. Thus, the objective of this study was to evaluate the agronomic performance of an improved population composed of four clones in the conditions of the Fazendinha district, municipality of Macapá, Amapá. The genetic material involved a selection of superior plants of the clones BRS Codajás, BRS Coari, BRS Manacapuru and BRS Belém obtained from the seed production area of the cultivar BRS Carimbó. A completely randomized experimental design was used, with 10 plants per clone, where each plant represents a replicate, and 10 fruits per plant were evaluated. The variables evaluated were: longitudinal fruit length (CFR); transverse fruit diameter (DFR); peel thickness (ECA); peel weight (PCA); seed weight (PSE); weight of fiber present in the fruit (PFI); pulp weight (PPO); total fruit weight (PFR); number of seeds in the fruit (NSE); total number of fruits per plant (NFR); and total fruit productivity per plant (PRO). The results indicate that there are significant differences between the clones, with no Genotype x Environment interaction between 2022 and 2023, indicating the stability of the clones studied, reflecting the efficiency of the selection process of productive and stable plants carried out in the previous stage. Heritability was high in all characteristics, except for NFR, ensuring the manifestation of performance in succeeding generations. It is understood that in a new recurrent selection process, with the exception of the NFR variable, all variables focused on in this study can be used. There is genetic variability available to ensure average production stability in the face of interaction with environmental effects. The clones evaluated can generate a new cultivar essentially derived from BRS Carimbó.

Index terms: *Theobroma grandiflorum*, plant propagation, genetic improvement, amazon fruit tree.

Introdução

O gênero *Theobroma* é composto por 22 espécies descritas taxonomicamente, dentre as quais

há três que se destacam: cacau (*Theobroma cacao* L.), cupuaçu [*T. grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum] e cacau-do-peru (*T. bicolor* Humb y Bonpl) (Unterladstaetter, 2005). O cupuaçuzeiro, espécie arbórea perene da família Malvaceae, subfamília Byttnerioideae, tribo Theobromeae (SILVA et al., 2017), é uma das fruteiras de grande importância para a região amazônica (COSTA, 2003). Mais recentemente, com a expansão do cultivo, considera-se que as plantações de cupuaçu podem desempenhar um importante papel social, econômico e ambiental nas áreas dos pequenos agricultores (Barbalho et al., 2022). A espécie pode ser encontrada espontaneamente em áreas de floresta do sul e nordeste da Amazônia Oriental Brasileira e nordeste do Maranhão, além da região amazônica de países vizinhos (Costa et al., 2003). Quanto aos países produtores, mais especificamente, está presente no norte da Bolívia, na Colômbia, Guiana, Venezuela, no Equador, Peru e Suriname (Unterladstaetter, 2005).

Trata-se de uma espécie frutífera estreitamente conectada com a tradição e cultura amazônica que remonta a épocas pré-colombianas. Corroborando essa afirmativa a dispersão da espécie margeando os rios amazônicos, tendo como sua distribuição espacial e centro de origem as matas de terra firme e várzeas na parte sul e leste do estado do Pará, abrangendo as áreas do Médio Tapajós, rios Xingu e Guamá, alcançando o nordeste do estado do Maranhão, ao longo dos rios Turiaçu e Pindaré (Alves et al., 2013), processo realizado de maneira antrópica pelos primeiros habitantes da região, atraídos pelo aroma e sabor da polpa do cupuaçu (Alves et al., 2007). Marcas da dispersão do cupuaçuzeiro estão presentes em toda a Bacia Amazônica, sendo a Amazônia Brasileira a única reserva de variabilidade genética da espécie (Alves et al., 2015).

No Brasil, a produção e comercialização do cupuaçu estão concentradas nos estados do Acre, Amazonas, Maranhão, Pará e Rondônia (Ramos, 2016). Existe uma diversidade de subprodutos gerados tanto da polpa como da semente do cupuaçu, cujos principais atrativos são o sabor e o odor atraentes e singulares. Do fruto, no caso a polpa, são produzidos diversos alimentos, como bolos, geleias, sucos e outros produtos alimentícios (López, 2015; Pereira et al., 2018; Silva et al., 2018). Das sementes, com processamento similar ao do cacau, obtém-se o cupulate, produto com características nutricionais e sensoriais assemelhadas ao chocolate. Mais recentemente, o óleo das sementes tem sido utilizado na indústria de cosméticos (Costa et al., 2019; Silva; Pierre, 2021).

Esse crescente interesse pelo cupuaçu estimula o melhoramento genético da cultura, cujo foco é o desenvolvimento de variedades que, além da alta produtividade e qualidade de frutos e resistência aos principais patógenos, apresentem adequação às condições ambientais específicas às diferentes áreas de produção (Giustina et al., 2017). No entanto, são ainda escassos os conhecimentos sobre aspectos fisiológicos e fenotípicos do cupuaçuzeiro (Falcão et al., 2022). Estudos voltados à compreensão do comportamento da cultura são dificultados pelo período juvenil relativamente longo da espécie (3 a 4 anos), assim como por seu longo ciclo reprodutivo, sendo necessárias avaliações repetidas no tempo (Souza et al., 2002, 2012; Alves et al., 2021).

Com base nesses aspectos, o cupuaçuzeiro também vem despertando interesse no estado do Amapá, contudo não há cultivares com estabilidade e adaptabilidade específicas para as condições desse estado, sendo plantado material nativo não melhorado ou então cultivares desenvolvidas para as condições de outros estados.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho de quatro clones (BRS Coari, BRS Codajás, BRS Manacapuru e BRS Belém) de plantas selecionadas de população recorrente, componentes da cultivar BRS Carimbó, nas condições do distrito da Fazendinha, município de Macapá, Amapá. Buscou-se assim verificar se o desempenho dessa população melhorada pode gerar uma cultivar essencialmente derivada, conseguindo com os resultados atender ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável, ao almejar disponibilizar nova opção agrícola capaz de gerar recursos econômicos adicionais mediante ações de melhoramento da produtividade agrícola, particularmente destinado aos povos indígenas e/ou agricultores familiares. Adicionalmente, os resultados deste estudo podem contribuir para sistemas mais sustentáveis de produção de alimentos, capazes de aumentar a produtividade e a produção, fortalecendo a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, principalmente em condição de clima equatorial, uma vez que o desempenho dos clones foi avaliado sob condições de elevadas temperaturas e alta umidade do ambiente local.

Material e métodos

O experimento está instalado no Campo Experimental da Fazendinha, pertencente à Embrapa Amapá, situado no Polo Hortifrutigranjeiro da Fazendinha, Macapá, AP (0°01'01.51"S e 51°06'35.18"W), altitude de 10 m. O clima da

região é do tipo Am, megatérmico úmido com estação seca curta, segundo a classificação climática de Köppen (Tavares, 2014). A precipitação pluvial média anual é próxima de 2.600 mm. A temperatura média anual é de 26,5 °C e a umidade relativa média anual é de 83%.

As avaliações foram realizadas no primeiro semestre de 2022 e 2023, na idade de 15 e 16 anos das plantas, cujas mudas, seguindo procedimento descrito por Souza e Souza (2018), foram iniciadas com plantio de sementes coletadas do Banco Ativo de Germoplasma de Cupuaçu da Embrapa Amapá em sacos plásticos de polietileno preto de 20 cm de largura por 30 cm de altura, preenchidos com substrato composto de terriço (camada superficial do solo de mata, que contém matéria orgânica decomposta). As sementes foram colocadas a 2 cm de profundidade e mantidas em casa de vegetação coberta com sombrite 50%, destinadas a serem os porta-enxertos, até o caule atingir a espessura aproximada de 0,8 a 1 cm, momento em que se realiza a enxertia das copas dos clones BRS Codajás, BRS Coari, BRS Manacapuru e BRS Belém, por meio da técnica de borbúlia em placas, cujos ramos para obtenção das borbúlias foram provenientes da Embrapa Amazônia Oriental. As mudas foram aptas para o plantio quando apresentaram oito folhas maduras e 30 a 50 cm de altura.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com dez plantas de cada clone, constituindo cada planta uma parcela experimental, sendo avaliados dez frutos para cada planta. O espaçamento utilizado foi em triângulos equiláteros 4,0 x 4,0 m, num total de 722 plantas ha⁻¹. Os tratamentos culturais foram feitos de acordo com as recomendações preconizadas para a cultura, eliminando-se plantas invasoras nas entrelinhas, preferencialmente por meio de capina manual, com máximo de cuidado para não danificar as raízes; evitou-se capina mecanizada para não compactar o solo. O coroamento foi realizado na projeção da copa das plantas, deixando-se as invasoras cortadas como cobertura morta. Por meio de poda foram eliminados os ramos "ladrões", ramos entrelaçados entre plantas, ramos mortos e ramos doentes. Quanto à adubação, esta deve ser realizada para a manutenção de níveis adequados dos nutrientes e para o acréscimo da produtividade (Souza, 2007). Esse quantitativo de plantas, ou seja, dez para cada clone, é superior ao exigido em Brasil (2013), quando cita que, no caso de plantas propagadas vegetativamente, todas as observações devem ser realizadas em cinco plantas ou em partes de cada uma das cinco plantas.

Não se instalou conjuntamente na área a cultivar BRS Carimbó, cujo estudo aqui visa verificar se os quatro clones (BRS Codajás, BRS Coari, BRS Manacapuru e BRS Belém) obtidos da área de produção seminal da cultivar original da Embrapa Amazônia Oriental respondem ao processo de seleção recorrente populacional (Alves; Ferreira, 2012), pois haveria um acréscimo de 400% na área de avaliação, o que tornaria inviável a sua execução, associado ao aspecto de que Brasil (2013), nas instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de cacaueteiro, não exige a instalação de padrões ou testemunhas na área de avaliação da possível cultivar essencialmente derivada. O desempenho médio dos quatro clones será comparado com os valores apresentados pela cultivar BRS Carimbó nos trabalhos de Alves e Ferreira (2012) e Santos et al. (2018).

Amostras de dez frutos de cada planta dos diferentes clones foram tomadas para avaliação das seguintes variáveis: comprimento de fruto (CFR), medido no sentido longitudinal do fruto, em centímetros, com uso de régua milimetrada; diâmetro do fruto (DFR), medido no sentido transversal do fruto, em centímetros, com uso de régua milimetrada; espessura da casca (ECA), medida na parte média do fruto, em milímetros, com uso de paquímetro; peso da casca (PCA), medido em gramas, com uso de balança semianalítica; peso de sementes (PSE), medido em gramas, com uso de balança semianalítica; peso de fibra presente no fruto (PFI), medido em gramas, com uso de balança semianalítica; peso da polpa (PPO), medido em gramas, com uso de balança semianalítica; peso total do fruto (PFR), medido em gramas, com uso de balança semianalítica; número de sementes por fruto (NSE), avaliado por contagem; número total de frutos (NFR), soma realizada de 2 em 2 meses, por três vezes, atingindo 6 meses, que é período total estimado da safra no ano, somando o total de cada contagem; e produção de frutos total por planta (PRO), em quilograma por planta, com uso de balança semianalítica.

A análise de variância foi realizada com base nas médias das parcelas para verificar a presença ou ausência de diferenças estatísticas significativas relativamente às diferentes variáveis estudadas. Os procedimentos estatísticos adotados foram os propostos por Cruz et al. (2014), segundo o modelo estatístico: $Y_{ij} = m + G_i + A_j + GA_{ij} + E_{ij}$, em que Y_{ij}

é o valor fenotípico médio da característica Y medido no clone i , na repetição j ; m é a média geral dos dados em estudo; G_i é o efeito do i -ésimo clone, aleatório; A_j é o efeito do j -ésimo ano de avaliação; GA_{ij} é o efeito da interação do i -ésimo clone com o j -ésimo ano; E_{ij} é o efeito do erro experimental. Adicionalmente foi realizado o agrupamento de médias de Scott-Knott, segundo metodologia modificada, apresentada por Vasconcelos et al. (2007), usando o programa Genes (Cruz, 2016).

Por esse método, as médias dos clones são classificadas em grupos, sem sobreposição, pelas diferenças significativas existentes. O critério de classificação da metodologia modificada diferencia-se por realizar os agrupamentos de forma simultânea, separando os clones num único processo, em relação ao método tradicional baseado num processo hierárquico ou de ramificação, dividindo-se as médias de tratamentos em dois grupos e assim sucessivamente em novos subgrupos, cada subgrupo contendo padrões de similaridade em seu conjunto de médias. O processo de divisões encerra-se quando se tenta dividir um subgrupo em dois novos grupos e esses não apresentam diferenças significativas. O método de divisão adotado é o de Edwards e Cavalli-Sforza (1965), que consiste em medir a similaridade das médias individuais de tratamentos dentro dos grupos pela soma dos mínimos quadrados (SQ) dos indivíduos.

Resultados e discussão

A análise de variância e os parâmetros fenotípicos e genotípicos, apresentados na Tabela 1, são relacionados a clones de cupuaçuzeiro em 2 anos consecutivos (2022 e 2023), em Macapá. Pode-se observar que em todas as variáveis, exceto para NFR, os diferentes clones apresentaram diferenças significativas, indicando que há diferenças genéticas importantes entre eles, comportamento já esperado devido ao uso do polinizador, BRS Belém, cujos frutos e demais características sabidamente diferem de BRS Codajás, BRS Coari e BRS Manacapuru, que possuem origem de localidades próximas, sendo o primeiro incluído no conjunto lançado por apresentar fonte de tolerância possivelmente diferente das outras três cultivares por ser oriundo de região distinta em relação às outras três (Alves; Cruz, 2003).

Tabela 1. Análise de variância e de parâmetros fenotípicos e genotípicos relativos aos clones de cupuaçuzeiro BRS Codajás, BRS Coari, BRS Manacapuru e BRS Belém. Ma-capá, 2022 e 2023.

FV ⁽¹⁾	GL ⁽²⁾	DFR ⁽³⁾		CFR ⁽⁴⁾	ECA ⁽⁵⁾		PCA ⁽⁶⁾	PSE ⁽⁷⁾	PFI ⁽⁸⁾	PPO ⁽⁹⁾	PFR ⁽¹⁰⁾		NSE ⁽¹¹⁾	NFR ⁽¹²⁾	PROD ⁽¹³⁾	
		(cm)			(g)						(kg)					
Clones (C)	3	156,95**	370,01**	23,97 ^{ns}	752.502,01**	77.244,61**	35.123,23**	517.874,69**	4.088.374,35**	313,34**	518,43 ^{ns}	2.546,62 ^{ns}				
Ano (A)	1	26,81 ^{ns}	1,25 ^{ns}	173,17**	2.004,80 ^{ns}	37,29 ^{ns}	3.176,33*	2.283,17 ^{ns}	2.699,21 ^{ns}	5,04 ^{ns}	105,80 ^{ns}	547,95 ^{ns}				
C x A	3	9,31 ^{ns}	4,31 ^{ns}	4,39 ^{ns}	7.837,09 ^{ns}	515,33 ^{ns}	228,77 ^{ns}	2.576,37 ^{ns}	27.293,30 ^{ns}	7,10 ^{ns}	410,63 ^{ns}	440,37 ^{ns}				
Res	72	17,87	5,75	3,46	26.140,23	1466,58	493,28	7.286,04	84.296,48	42,72	289,57	519,52				
Total	79															
Média	–	35,04	24,31	8,32	586,72	179,17	79,09	388,82	1.229,57	24,96	27,65	33,15				
CV	–	12,61	9,87	22,35	28,56	21,37	28,08	21,95	23,61	26,18	61,54	68,76				
σ ² _{ambiet} ⁽¹⁴⁾	–	17,87	5,75	3,46	26.140,23	1466,58	493,28	7.286,04	84.296,48	42,72	289,57	519,52				
σ ² _{genot} ⁽¹⁵⁾	–	7,38	18,29	0,98	37.233,25	3836,46	1744,72	25.764,92	203.054,05	15,31	5,39	105,31				
H ² ₍₁₆₎	–	94,07	98,83	81,68	98,96	99,33	99,35	99,50	99,33	97,73	20,79	82,71				
CV _g ⁽¹⁷⁾	–	7,75	17,59	11,89	32,89	34,57	52,81	41,28	36,65	15,68	8,40	30,96				
CV _g /CV _e ⁽¹⁸⁾	–	0,64	1,78	0,53	1,19	1,62	1,88	1,88	1,55	0,60	0,14	0,45				

⁽¹⁾ FV – Fonte de variação. ⁽²⁾ GL – Graus de liberdade. ⁽³⁾ DFR – Diâmetro do fruto. ⁽⁴⁾ CFR – Comprimento de fruto. ⁽⁵⁾ ECA – Espessura da casca do fruto. ⁽⁶⁾ PCA – Peso da casca do fruto. ⁽⁷⁾ PSE – Peso de sementes do fruto. ⁽⁸⁾ PFI – Peso de fibra presente no fruto. ⁽⁹⁾ PPO – Peso da polpa do fruto. ⁽¹⁰⁾ PFR – Peso total do fruto. ⁽¹¹⁾ NSE – Número de sementes no fruto. ⁽¹²⁾ NFR – Número total de frutos por planta. ⁽¹³⁾ PROD – Produtividade de frutos total por planta. ⁽¹⁴⁾ σ^2_{ambiet} – Componente de variância ambiental. ⁽¹⁵⁾ σ^2_{genot} – Componente de variância genotípica. ⁽¹⁶⁾ H² – Herdabilidade (média) – %. ⁽¹⁷⁾ CV_g – coeficiente de variação genético (%). ⁽¹⁸⁾ CV_e – coeficiente de variação residual (%).

Razão CV_g/CV_e

*Significativo a 5% de probabilidade, **Significativo a 1% de probabilidade, ^{ns} Não significativo pelo teste F.

Para o efeito dos anos avaliados, apenas em ECA e PFI houve diferenças significativas e se nota que, para a interação G x A, não houve efeito em nenhuma das características, diferindo do que foi constatado em estudo de Oliveira et al. (2020), que observaram existência dessa interação relativamente às variáveis peso e número de sementes do fruto. O resultado para a interação sugere que as respostas dos clones foram relativamente consistentes entre os anos, o que é interessante, similar ao relatado por Santos et al. (2018) e Ribeiro et al. (2019), resultando na manifestação de estabilidade, respondendo de maneira consistente ao ambiente em ambos os anos. Isso é relevante, pois clones com boa estabilidade temporal são preferíveis em programas de melhoramento, especialmente em regiões tropicais onde a variação climática pode ser substancial. Adicionalmente indica que a seleção efetuada na população recorrente foi eficiente para esse aspecto em etapa de formação da cultivar BRS Carimbó.

As variâncias genotípicas (Tabela 1) foram superiores às ambientais em 6 das 11 características avaliadas, ou seja, as maiores contribuições referem-se ao efeito genético dos clones nestas. Quanto à herdabilidade, adotando-se as classes apresentadas por Resende (2002), considerando-se como baixas ($10 < H\% < 40$), médias ou moderadas ($40 \leq H\% < 70$) e altas ($H\% \geq 70$), tem-se que coeficiente de herdabilidade da média de tratamentos

indica que, caso seja efetuada uma seleção, há possibilidades de se obter ganhos considerando as características. Para as variáveis avaliadas, a herdabilidade é alta (acima de 70%), sugerindo que grande parte da variação observada nas variáveis é devida a diferenças genéticas e não a fatores ambientais, excetuando-se o caso do número total de frutos por planta (NFR). Esses resultados são consistentes com os achados por Alves et al. (2021).

Na relação $CV_g\%/CV_e\%$, denominada de coeficiente de variação relativa, tem-se que valores acima de 1,0 indicam possibilidades de ganhos com a aplicação da seleção entre progênies, sugerindo que variáveis que se enquadram nessa situação podem ser trabalhadas facilmente no melhoramento, pois, com valores altos de $CV_g\%/CV_e\%$, tem-se uma alta acurácia seletiva, mesmo que os $CV_e\%$ sejam altos (Resende; Duarte, 2007). Aqui obtiveram-se valores acima da unidade para as variáveis CRF, PCA, PSE, PFI, PPO e PFR. Essa relação mostra boa possibilidade de seleção de genótipos superiores, tendo por base essas variáveis, o que corrobora a afirmação de Pires et al. (2012) sobre os resultados relacionados à produtividade.

O teste de classificação de médias de Scott-Knott foi realizado para avaliar as diferenças entre quatro clones de cupuaçuzeiro para as variáveis (Tabela 2). Os clones foram agrupados em diferentes classes, de acordo com as variáveis analisadas, com base nos valores médios de 2022–2023.

Tabela 2. Teste de classificação de médias de Scott-Knott relativo a quatro clones (CI) de cupuaçuzeiro (BRS Codajás, BRS Coari, BRS Manacapuru e BRS Belém). Macapá, média 2022–2023.

CI ⁽¹⁾	DFR ⁽²⁾	CFR ⁽³⁾	ECA ⁽⁴⁾	PCA ⁽⁵⁾	PSE ⁽⁶⁾	PFI ⁽⁷⁾	PPO ⁽⁸⁾	PFR ⁽⁹⁾	NSE ⁽¹⁰⁾	NFR ⁽¹¹⁾	PROD ⁽¹²⁾
	(cm)					(g)					(kg)
1	35,10 a	25,71 b	7,22 b	603,20 a	179,12 b	71,24 b	390,15 b	1.247,00 b	28,93 a	34,45 a	42,11 a
2	37,73 a	28,47 a	8,94 a	767,48 a	259,76 a	132,28 a	560,57 a	1.709,58 a	24,94 a	22,20 a	37,93 a
3	31,16 b	18,31 c	7,59 b	314,21 b	108,50 c	30,44 c	173,43 c	621,11 c	19,56 b	26,30 a	16,68 a
4	36,16 a	24,75 b	9,53 a	662,00 a	169,28 b	82,41 b	431,11 b	1.340,60 b	26,41 a	27,65 a	35,87 a

⁽¹⁾ CI – Clone; ⁽²⁾ DFR – Diâmetro do fruto; ⁽³⁾ CFR – Comprimento do fruto; ⁽⁴⁾ ECA – Espessura da casca do fruto; ⁽⁵⁾ PCA – Peso da casca do fruto; ⁽⁶⁾ PSE – Peso de sementes do fruto; ⁽⁷⁾ PFI – Peso de fibra presente no fruto; ⁽⁸⁾ PPO – Peso da polpa do fruto; ⁽⁹⁾ PFR – Peso total do fruto; ⁽¹⁰⁾ NSE – Número de sementes no fruto; ⁽¹¹⁾ NFR – Número total de frutos por planta; ⁽¹²⁾ PROD – Produtividade de frutos total por planta.

Letras semelhantes na mesma coluna SK indicam classificações iguais para o teste de médias de Scott-Knott.

Para o diâmetro do fruto (DFR), os clones 1 (Codajás), 2 (Manacapuru) e 4 (Coari) foram agrupados na classe superior, apresentando maiores valores, enquanto o clone 3 (Belém) foi classificado em uma classe inferior. A mesma tendência foi observada para o comprimento do fruto (CFR), em que o clone 2 apresentou o maior valor, seguido pelos clones 1 e 4, e, novamente, o clone 3 ficou em uma

classe inferior. O peso da semente (PSE) também apresentou variação significativa entre os clones, com o clone 2 sendo superior, seguido pelos clones 1 e 4, enquanto o clone 3 apresentou o menor valor, condizente com as características de cada clone envolvido no estudo. Essas características são cruciais para a produção comercial de cupuaçu, uma vez que influenciam diretamente o rendimento e a

qualidade dos frutos. Esses resultados indicam que o clone 2 possui grande potencial para ser utilizado em programas de melhoramento genético voltados para a maximização da produtividade e qualidade dos frutos. Esses resultados são consistentes com os achados de Martins et al. (2021), que também observaram variações significativas em clones de cupuaçu.

Para espessura da casca (ECA), o clone 4 apresentou o maior valor, seguido pelo clone 2, enquanto os clones 1 e 3 foram classificados em classes inferiores. No caso do peso da casca (PCA), os clones 1, 2 e 4 mostraram valores semelhantes, com médias elevadas, enquanto o clone 3 teve um peso significativamente menor, sendo que essa variável representa quase metade do peso total do fruto (Vriesmann; Petkowicz, 2009; Lopéz, 2015; Alves et al., 2020). O mesmo padrão de classificação foi observado para o peso do fruto individual (PFI), com o clone 2 se destacando e o clone 3 apresentando o menor valor.

As variáveis relacionadas à polpa, como PPO (peso da polpa) e PFR (peso de frutos), também apresentaram uma diferença marcante. O clone 2 se destacou com os maiores valores para ambas as características, enquanto o clone 3 novamente apresentou os menores valores. A variação observada nos caracteres relacionados à polpa é especialmente relevante, visto que esses fatores influenciam diretamente a qualidade do produto final, desta forma o clone 2 possui maior potencial para a produção de polpa, o que o torna preferível para a indústria de processamento de cupuaçu. Oliveira et al. (2022) também destacaram a importância de clones que produzem frutos com maior peso de polpa, mencionando que esses clones são preferidos tanto para o mercado de polpa fresca quanto para a produção de derivados industriais.

No que diz respeito ao número de sementes por fruto (NSE) e número total de frutos por planta (NFR), os clones não apresentaram grandes diferenças, exceto o clone 3, que teve o menor NSE. Quanto à produtividade total (PROD), os clones foram agrupados em uma única classe para essa variável, sugerindo menor variação entre eles nesse aspecto. Mesmo assim, são indicativas do potencial produtivo dos materiais genéticos avaliados. O clone 2 novamente destacou-se, e esses resultados corroboram o citado por Costa et al. (2023), ao sugerirem que clones de cupuaçu com maiores valores de peso de polpa e fruto tendem a resultar em maiores produtividades totais, tanto para o mercado interno quanto para exportação.

A importância da seleção de clones com características superiores em relação ao peso e tamanho dos frutos é vital para o melhoramento genético do cupuaçuzeiro. Costa et al. (2023) identificaram que clones com maiores DFR e PSE tendem a apresentar maior produtividade comercial, uma vez que essas variáveis estão correlacionadas com a capacidade de rendimento dos frutos. Além disso, Oliveira et al. (2022) destacaram que o peso da semente é um dos principais indicadores de qualidade nos frutos de cupuaçu, tornando o clone 2 (Manacapuru) o possuidor de melhores características comerciais dentre o conjunto avaliado.

O clone 3 (Belém), por outro lado, apresentou valores inferiores para quase todas as variáveis analisadas, indicando que possui potencial de produção consideravelmente menor em comparação com os outros clones, porém deve-se esclarecer que esse clone, conforme estudos realizados por Alves (2012), distingue-se por seu bom desempenho como fornecedor de pólen.

Para se ter uma visualização mais fácil em relação a cada componente do fruto e sua colaboração no total foi estruturada a Tabela 3. Inicialmente tem-se a citação de Souza et al. (1999), de que os frutos de cupuaçu podem ser constituídos por 39 a 52% de casca, 24 a 50% de polpa, 10 a 29% sementes e 2 a 4% de placenta (fibra), ou seja, existe uma ampla faixa de variação, sendo que Buzaglo et al. (2020) também apresentam a mesma amplitude para a polpa, portanto os valores aqui obtidos estão condizentes com os existentes nas referências bibliográficas. Neste trabalho houve formação de maior porcentual de fibra refletindo em pequena redução da polpa comparativamente aos resultados apresentados por Alves e Cruz (2003) e Silva e Pierre (2021).

O desempenho dos clones, relativamente às variáveis avaliadas, ressalta a importância da seleção genotípica com base em características fenotípicas para o sucesso de programas de melhoramento genético. Estudos como o de Martins et al. (2021) também enfatizam a relevância da utilização de testes de classificação de médias para identificar os melhores genótipos em termos de produtividade e qualidade de frutos para o cupuaçuzeiro.

Considerando 400 plantas da BRS Carimbó, Alves e Ferreira (2012) verificaram que, aos 8 anos de idade, essa cultivar apresentou uma média de produtividade de frutos da ordem de 11.600 kg ha⁻¹, valor ratificado por Santos et al. (2018). No presente estudo, a média obtida pelos quatro clones foi de 13.259 kg ha⁻¹, indicando que, sem dúvida, o processo de seleção na população recorrente foi capaz de

selecionar indivíduos superiores, passíveis de gerar uma cultivar essencialmente derivada. Tem-se, ainda, que a área experimental tratada nesta pesquisa comportou 772 plantas ha⁻¹, com isso uma estimava

de produção de 23.932 kg ha⁻¹, ou seja, muito superior ao valor por hectare original ao associar a distribuição de plantas em triângulo equilátero.

Tabela 3. Porcentual de casca, semente, fibra e polpa em quatro clones (Cl) de cupuaçuzeiro (BRS Codajás, BRS Coari, BRS Manacapuru e BRS Belém). Macapá, média 2022–2023.

Clone	PCA ⁽¹⁾	PSE ⁽²⁾	PFI ⁽³⁾ (g)	PPO ⁽⁴⁾	PFR ⁽⁵⁾
Codajás	48,37	14,36	5,71	31,29	100,00
Manacapuru	44,89	15,19	7,74	32,79	100,00
Belém	50,59	17,47	4,90	27,92	100,00
Coari	49,38	12,63	6,15	32,16	100,00

⁽¹⁾ PCA – Porcentual no fruto do peso da casca. ⁽²⁾ PSE – Peso de sementes. ⁽³⁾ PFI – Peso de fibras. ⁽⁴⁾ PPO – Peso de polpa. ⁽⁵⁾ PFR – Peso total dos frutos em quatro clones de cupuaçuzeiro (BRS Codajás, BRS Coari, BRS Manacapuru e BRS Belém). Média dos anos de 2022 e 2023. Macapá, AP.

Conclusões

As plantas selecionadas da população recorrente original dos clones BRS Codajás, BRS Coari, BRS Manacapuru e BRS Belém, que compõem a cultivar BRS Carimbó, possuem desempenho superior, portanto podem gerar uma nova cultivar essencialmente derivada desta.

Apesar de serem clones, ainda se observa variabilidade genética disponível para garantir estabilidade média de produção perante possível interação com efeitos ambientais.

O resultado obtido para NFR confirma ser uma característica de controle genético quantitativo com baixa herdabilidade, recomendando-se utilizar os demais que apresentaram alta herdabilidade e, portanto, maior facilidade de manifestação em gerações sucessivas ao se efetuar um novo processo de seleção recorrente.

Agradecimentos

Ao supervisor do Campo Experimental da Fazenda e aos empregados lotados nesse campo, que realizaram a coleta de dados e a manutenção da área experimental dos clones de cupuaçuzeiros.

Referências

ALVES, R. M. **Substituição de copa do cupuaçuzeiro: método alternativo para controle da vassoura-de-bruxa**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012. 6 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 236).

ALVES, R. M.; CHAVES, S. F. S.; ALVES, R. S.; SANTOS, T. G.; ARAÚJO, D. G.; RESENDE, M. D. V. Cupuaçu tree genotype selection for an agroforestry system environment in the Amazon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, e02139, 2021.

ALVES, R. M.; CRUZ, E. D. **Cultivares de cupuaçuzeiro tolerantes à vassoura-de-bruxa**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 4 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Recomendações técnicas). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61938/1/FD00199.pdf>. Acesso em: 20 maio 2025.

ALVES, R. M.; FERREIRA, F. N. **BRS Carimbó: nova cultivar de cupuaçuzeiro da Embrapa Amazônia Oriental**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012. 8 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 232).

ALVES, R. M.; MADRUGA, M. R.; TAVARES, H. R.; LOBATO, T. C.; OLIVEIRA, T. F. Modelo de efeitos fixos com medida repetida aplicado em experimentos de melhoramento genético do cupuaçuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 4, p. 993-1000, 2015.

ALVES, R. M.; RESENDE, M. D. V.; FARIAS NETO, J. T. de; SANTOS, A. F. Selection for high yield and fruit quality traits in cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) using mixed models. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 1, e32431231, 2020.

ALVES, R. M.; SEBBENN, A. M.; ARTERO, A. S.; CLEMENT, C.; FIGUEIRA, A. High levels of genetic divergence and inbreeding in populations of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*). **Tree Genetics & Genomes**, v. 3, p. 289-298, 2007.

- ALVES, R. M.; SILVA, C. R. S.; SILVA, M. S. C.; SILVA, D. C. S.; SEBBENN, A. M. Diversidade genética em coleções amazônicas de germoplasma de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.]. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 818-828, 2013.
- BARBALHO, G. N.; MATOS, B. N.; BRITO, G. F. da S.; MIRANDA, T. da C.; ALENCAR-SILVA, T.; SODRÉ, F. F.; GELFUSO, G. M.; CUNHA-FILHO, M.; CARVALHO, J. L.; SILVA, J. da; GRATIERI, T. Skin regenerative potential of cupuaçu seed extract (*Theobroma grandiflorum*), a native fruit from the Amazon: development of a topical formulation based on chitosan-coated nanocapsules. **Pharmaceutics**, v. 14, n. 1, p. 207, 2022.
- BRASIL. Ato nº 29, de 3 de abril de 2013. Divulga Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.). **Diário Oficial da União**: seção 1, ano 150, n. 85, p. 3, 6 maio 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/arquivos/do-06-05-2013-s1.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- BUZAGLO, A. C.; BARROS, P. J. B.; BARROS, N. F. Cultivo de cupuaçu na agricultura familiar. In: INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO E FLORESTAL SUSTENTÁVEL DO ESTADO DO AMAZONAS. **Boas práticas de produção sustentável no Amazonas**: contribuição do serviço de ATER. Manaus, 2020. p. 42-48. Disponível em: <https://www.idam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/Cupua%C3%A7u.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- COSTA, J. S.; MIRANDA, F. P.; ROCHA, R. P. Genetic diversity and adaptability of *Theobroma grandiflorum* in Amazonian regions. **Journal of Agricultural Science**, v. 15, n. 1, p. 123-132, 2023.
- COSTA, M. C.; MAIA, G. A.; SOUZA, M. S. M. F.; FIGUEIREDO, R. W.; NASSU, R. T.; MONTEIRO, J. C. S. Conservação de polpa de cupuaçu [*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) Schum] por métodos combinados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 213-215, 2003.
- COSTA, R. S.; SANTOS, O. V.; LANNES, S. C. S.; CASAZZA, A. A.; ALIAKBARIAN, B.; PEREGO, P.; RIBEIRO-COSTA, R. M.; CONVERTI, A.; SILVA, J. O. C. Bioactive compounds and value-added applications of cupuassu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) agroindustrial by-product. **Food Science and Technology**, v. 40, p. 401-407, 2019.
- CRUZ, C. D. Genes software: extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2014. 668 p.
- EDWARDS, A. W. F.; CAVALLI-SFORZA, L. L. A method for cluster analysis. **Biometrics**, v. 21, p. 362-375, 1965.
- FALCÃO, L. L.; SILVA-WERNECK, J. O.; ALBUQUERQUE, P. S. B.; ALVES, R. M.; GRYNBERG, P.; TOGAWA, R. C.; COSTA, M. M. do C.; BRIGIDO, M. M.; MARCELLINO, L. H. Comparative transcriptomics of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) offers insights into the early defense mechanism to *Moniliophthora perniciosa*, the causal agent of witches' broom disease. **Journal of Plant Interactions**, v. 17, n. 1, p. 991-1005, 2022.
- GIUSTINA, C. D.; CARNEVALLI, R. A.; ROMANO, M. R.; ANTONIO, D. B. A.; ECKSTEIN, C. Growth of different fruit tree species in silvopastoral systems during the establishment phase. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 1040-1049, 2017.
- LOPÉZ, P. A. B. **Avaliação da cadeia produtiva do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (willd. ex spreng.) schum.) nos municípios de Itacoatiara, Presidente Figueiredo e Manaus**. 2015. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.
- MARTINS, M. C.; SOARES, T. S.; RIBEIRO, V. G. Variability and genetic parameters for selection in cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) using multivariate techniques. **Euphytica**, v. 217, n. 3, p. 71-83, 2021.
- OLIVEIRA, J. S.; RODRIGUES, P. R.; ALMEIDA, R. P. Genetic variability in cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) and implications for breeding programs. **Genetics and Molecular Research**, v. 21, n. 1, gmr18929, 2022.
- OLIVEIRA, L. C.; ALMEIDA, A. A. F.; JESUS, O. N.; SANTOS, M. G. Variabilidade temporal em características de frutos de cupuaçuzeiro. **Científica**, v. 48, n. 3, p. 233-240, 2020.
- PEREIRA, A. L. F.; ABREU, V. K. G.; RODRIGUES, S. Cupuassu – *Theobroma grandiflorum*. In: RODRIGUES, S.; SILVA, E. de O.; BRITO, E. S. de (ed.). **Exotic fruits**: reference guide. London: Academic Press, 2018. p. 159-162.
- PIRES, J. L.; FIGUEIRA, A.; SEBBENN, A. M. Variabilidade genética e seleção em cupuaçuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1275-1284, 2012.
- RAMOS, A. L. **Síntese e caracterização de nanopartículas lipídicas sólidas a partir da manteiga de cupuaçu – *Theobroma grandiflorum* (Shum) com aplicações nanobiotecnológicas**. 2016. 66 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC.
- RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnologia, 2002. 975 p.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

RIBEIRO, O. M.; SOUSA, D. O.; LIMA, J. S. Influence of environmental factors on the productivity of cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) in the Brazilian Amazon. **Acta Amazônica**, v. 49, n. 4, p. 280-288, 2019.

SANTOS, D. C.; ALMEIDA, A. A. F.; SANTOS, M. G. Stability of cupuaçu clones in different environmental conditions. **Bragantia**, v. 77, n. 1, p. 1-9, 2018.

SILVA, J. L.; DURIGAN, M. F. B.; CARVALHO, G. F. Métodos para extração de óleo das sementes da *Theobroma grandiflorum* como oportunidade a agroindústria familiar. **Revista Eletrônica Ambiente: gestão e desenvolvimento**, v. 11, n. 1, p. 266-277, 2018.

SILVA, L. S.; PIERRE, F. C. Aplicabilidade do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) Schum.) em produtos e subprodutos processados. **Revista Científica Eletrônica: Tekhne e Logos**, v. 12, n. 1, p. 19-33, 2021.

SILVA, V. B.; DAHER, R. F.; SOUZA, Y. P.; CASSARO, S.; MENEZES, B. R. S.; GRAVINA, L. M.; TARDIN, F. D. Prediction of genetic gains by selection indices using mixed models in elephant grass for energy purposes. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, p. 1-8, 2017.

SOUZA, A. G. C. **Boas práticas agrícolas da cultura do cupuaçuzeiro**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2007. 56 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/679234/1/LivroBPA.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2025.

SOUZA, A. G. C.; ALVES, R. M.; SOUSA, N. R.; SOUZA, M. G. Domestication and breeding of the cupuassu tree. In: BORÉM, A.; LOPES, M. T. G.; CLEMENT, C. R.; NODA, H. (ed.). **Domestication and breeding: Amazonian species**. Viçosa: Suprema, 2012. p. 319-331.

SOUZA, A. G. C.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, S. E. L.; SOUSA, N. R. The cupuaçu genetic improvement program at Embrapa Amazônia Ocidental. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, n. 3, p. 471-478, 2002.

SOUZA, A. G. C. de; SILVA, S. E. L. da; TAVARES, A. M.; RODRIGUES, M. do R. L. **A cultura do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.)**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1999. 39 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular técnica, 2). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/670563/1/circotec2.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2025.

SOUZA, A. das G. C.; SOUZA, M. G. **Enxertia de borbulhia em placa em cupuaçuzeiro**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2018. 4 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Comunicado técnico, 135). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1097689/1/122018Final.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2025.

TAVARES, J. P. N. Características da climatologia de Macapá-AP. **Caminhos da Geografia**, v. 15, n. 50, p. 138-151, jun. 2014.

UNTERLADSTAETTER, R. **Cultivo para los llanos cálidos de Bolivia**. Santa Cruz de la Sierra: Editorial Lewy Libros, 2005. 131 p.

VASCONCELOS, E. S.; CRUZ, C. D.; BHERING, L. L.; RESENDE JÚNIOR, M. F. R. Método alternativo para análise de agrupamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1421-1428, 2007.

VRIESMANN, L. C.; PETKOWICZ, O. C. L. Polysaccharides from the pulp of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*): structural characterization of a pectic fraction. **Carbohydrate Polymers**, v. 77, n. 1, p. 72-79, 2009.