

CARACTERIZAÇÃO E CORRELAÇÕES FENOTÍPICAS DE FRUTOS E GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ACHACHAIRU APÓS O ARMAZENAMENTO

Italo Aguiar Loureiro¹, Mayne Carvalho Seidel¹, Nubia Braga de Souza², Ricardo Carvalho dos Santos², Tiago de Oliveira Godinho³, Sarah Ola Moreira⁴.

¹Faculdade Anhanguera, Unidade Linhares, Avenida São Mateus, 1457, Araçá - 29901-350 – Linhares-ES, Brasil, italo.10aguiar@hotmail.com, mayne11@live.com

²Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Nossa Senhora da Conceição, Avenida São Paulo, 28, Aviso – 29901-150 – Linhares-ES, Brasil, nubia.braga.souza@outlook.com, ricardo.santos.1009@outlook.com

³Vale S.A. / Reserva Natural Vale, Rodovia BR 101 Norte, Km 122 – 29900-970 – Linhares-ES, Brasil, tiago.godinho@vale.com

⁴Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural / Centro de Pesquisa Desenvolvimento e Inovação Norte, Rodovia BR 101 Norte, Km 151, Bebedouro - 29915-140 – Linhares-ES, sarah.moreira@incaper.es.gov.br

Resumo

A espécie *Garcinia intermedia*, apesar de ser muito conhecida por suas propriedades medicinais, é pouco estudada pela comunidade científica, sendo desconhecidos trabalhos com seus frutos e sementes. O objetivo deste trabalho é medir e estimar as correlações entre variáveis de frutos de achachairu e avaliar a emergência de sementes após o armazenamento. Foram avaliados os diâmetros longitudinal e transversal, a massa dos frutos, o número e a massa de sementes por fruto e o percentual de polpa. Entre essas variáveis foi estimada a correlação de Pearson. Para o teste de germinação, as sementes foram armazenadas por 0 (controle), 15 e 30 dias, em potes de vidro herméticamente fechados e em geladeira, e após cada período de armazenamento foi avaliado o percentual, o índice de velocidade e o tempo médio de emergência, além das estruturas das plântulas formadas. Os frutos de achachairu têm ampla variabilidade e a massa dos frutos tem forte correlação com a massa de sementes. A emergência das sementes é baixa e lenta, porém não se alteram com o armazenamento, sendo necessários novos estudos para identificar tratamentos que favoreçam a sua germinação.

Palavras-chave: *Garcinia intermedia* (Pittier) B. Hammel. Biometria de frutos. Viabilidade de sementes. Pré-melhoramento.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônômica.

Introdução

A espécie *Garcinia intermedia* é popularmente conhecida como achachairu, tairu, fruta-da-bolívia, fruta-de-macaco, mangostão-de-limão. É originária do México e América Central, onde são apreciadas *in natura* por seu sabor agradável, além de ter alta capacidade nutracêutica, como o alto teor de carotenoide, e potencial uso medicinal, devido às suas propriedades antiparasitárias e por inibir o crescimento de células de câncer do cólon (EINBOND *et al.*, 2023; ANDRÉS-AGUSTÍN *et al.*, 2022; GIUFFRIDA *et al.*, 2022).

Pouco são os trabalhos científicos sobre esta espécie, especialmente com o objetivo de caracterização de frutos e de avaliação da germinação de sementes, indispensáveis para o reconhecimento de seus recursos genéticos e para ações de conservação da espécie. Andrés-Agustín *et al.* (2022) publicaram uma revisão relevante sobre os principais aspectos botânicos, origem e dispersão e usos potenciais de achachairu, no entanto, a caracterização dos frutos foi baseada em uma amostra muito reduzida, dificultando a extrapolação de resultados.

Para as sementes de *G. intermedia*, não foram encontradas informações sobre germinação de sementes, tão pouco, orientações sobre o seu armazenamento. Sabe-se, apenas, que as sementes de

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

algumas espécies do gênero *Garcina* são recalcitrantes, o que dificulta do seu armazenamento (NOOR *et al.*, 2016) e possuem dormência, o que aumenta o tempo de germinação (EYOG-MATIG *et al.*, 2007). A germinação pode variar de 48,9% para *G. prainiana* (NOOR *et al.*, 2016) a 97,50% para *G. xanthochymus* (MALIK *et al.*, 2005), e o tempo médio de germinação pode chegar a 178 dias para *G. kola* (EYOG-MATIG *et al.*, 2007). Considerando que as sementes são a principal forma de propagação para esta *G. intermedia*, novos estudos precisam ser conduzidos buscando preencher essa lacuna no conhecimento científico.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar frutos de achachairu, estimar as correlações fenotípicas entre essas variáveis biométricas e avaliar a germinação de suas sementes após o armazenamento.

Metodologia

Os frutos de achachairu foram coletados de diferentes matrizes na Reserva Natural Vale, localizada no município de Linhares, ES norte do estado do Espírito Santo (19°08'20.8" S, 40°03'58.2" W). As matrizes estavam localizadas em um pomar de frutas, cujo manejo consiste apenas na roçagem periódica, não sendo realizadas práticas de adubação, calagem, irrigação ou poda. O clima do município é classificado como Aw (tropical com inverno seco), com altitude de 45 m, temperatura média mensal do ar variando de 20,4 °C (julho) a 26,1 °C (fevereiro) e precipitação anual de 1.291 mm (ALVARES, *et al.* 2013). Os frutos foram coletados em sacolas de polietileno e levadas para análise ao laboratório do Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Norte, do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

Uma amostra de 40 frutos foi lavada, higienizada e avaliada para as seguintes características: diâmetro longitudinal (DLF, mm), diâmetro transversal (DTF, mm) e massa fresca de fruto (MFF, g), número de sementes por fruto (NS, un.fruto⁻¹), massa de semente por fruto (MSF, g.fruto⁻¹) e percentual de polpa (PP, %). As medições foram realizadas em paquímetro digital e as massas foram obtidas em balança analítica. O percentual de polpa foi obtido equação:

$$PP (\%) = \left(\frac{MFF - MFS}{MFF} \right) \times 100$$

Nos demais frutos foi feita a retirada das sementes, que em seguida foram higienizadas em imersão em solução com hipoclorito de sódio (3% do princípio ativo) por cinco minutos, lavados em água corrente e depois, colocadas em álcool 70% por um minuto e novamente lavados em água corrente. Após a higienização, as sementes foram dispostas em papel toalha e deixados à sombra para secar por 48h.

O teste de germinação foi realizado aos 0 dias (controle) e após 15 e 30 dias de armazenamento das sementes em pote de vidro hermeticamente fechado e em geladeira (5 ± 2 °C). O teste foi realizado em câmara de germinação do tipo BOD, sob temperatura de 25 °C e luz constante. As sementes foram semeadas em caixas plásticas tipo "gerbox", sobre vermiculita expandida e umedecidas com água na proporção 1:2 (g vermiculita: g água). Para cada tratamento foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, em delineamento inteiramente ao acaso.

O número de sementes emergidas foi contado a cada três dias, entre o 7º e o 120º dias após a semeadura (DAS), sendo avaliada a primeira contagem de sementes emergidas (PC) aos 40 DAS; o percentual de sementes emergidas (PE, %); índice de velocidade de emergência (IVE) e o tempo médio de emergência (TME, dias).

O índice de velocidade de emergência (IVE), segundo Maguire (1962), foi estimado por:

$$IVE = E_1/N_1 + E_2/N_2 + \dots + E_n/N_n$$

Em que E₁, E₂ ... E_n é igual ao número de sementes emergidas no intervalo de tempo, e N₁, N₂ ... N_n corresponde ao número de dias desde a semeadura.

O TME foi calculado pela equação (BORGHETTI; FERREIRA, 2004):

$$TME = \sum n_i \cdot t_i / \sum n_i$$

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Em que n_i é o número de sementes emergidas dentro de determinado intervalo de tempo t_{i-1} e t_i .

Ao final do teste de germinação, as sementes germinadas e emergidas foram lavadas em água corrente e medidas o comprimento da parte aérea (CPA, mm), o comprimento da raiz (CR, mm), a massa fresca e seca total de plântulas (MFT e MST, respectivamente, g). Para avaliação da MST, a MFT foi seca em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante.

Para os dados biométricos (DLF, DTF, MFF, NS, MSF e PP) foi estimada a média, o limite inferior e superior, a mediana, o desvio padrão e o coeficiente de variação (CV, %). Posteriormente, foi estimada a correlação fenotípica entre as variáveis pelo teste de Pearson, com significância testada pelo teste f e pelo teste de Mantel, baseado em 5.000 simulações. Já os dados do teste de germinação (PE, PC, IVE, TME, CPA, CR, MFT e MST) foram submetidos à análise de variância, com a significância testada pelo teste F a 5% de probabilidade, e as médias comparadas pelo teste de Tukey. As análises foram realizadas com auxílio do programa Genes (CRUZ, 2016).

Resultados

Os frutos de achachairu são bastante variáveis, com massa entre 1,99 e 10,77 g e percentual de polpa entre 6,07 e 65,17%. Em média, eles possuem 5,31 g e 44,89% de polpa. A relação entre o diâmetro longitudinal e transversal é de 1,08, caracterizando-os como arredondados, e possuem poucas sementes (1 a 3 por fruto, com média de 2,15 g.fruto⁻¹). O coeficiente de variação foi baixo para DLF, médio para DTF, e alto para as demais variáveis biométricas analisadas (Tabela 1).

Tabela 1 - Estatística descrita do diâmetro longitudinal (DLF, mm), diâmetro transversal (DTF, mm), massa fresca (MFF, g), número de sementes (NS, un.fruto⁻¹), massa fresca de sementes (MSF, g.fruto⁻¹) e percentual de polpa (PP, %) de frutos de achachairu.

Parâmetro	DLF	DTF	MFF	NS	MSF	PP
Média	23,02	21,20	5,31	2,15	2,94	44,89
Limite Inferior	17,88	15,57	1,99	1,00	1,06	6,07
Limite Superior	26,32	27,37	10,77	3,00	6,08	65,17
Mediana	23,45	21,15	5,12	2,00	2,91	45,56
Desvio Padrão	2,13	2,38	1,76	0,48	1,13	11,29
Coeficiente de variação (%)	9,25	11,21	33,05	22,47	38,21	25,16

Fonte: os autores.

Dentre as correlações fenotípicas analisadas, 66,67% foram significativas. As maiores correlações obtidas foram entre o diâmetro transversal e a massa dos frutos (0,92), e entre a essas duas variáveis e a massa fresca de sementes (0,83 e 0,88, respectivamente). O percentual de polpa está negativamente correlacionado com o diâmetro longitudinal dos frutos (-0,31), com o número de sementes por fruto (-0,35) e a massa de sementes por fruto (-0,54) (Tabela 2).

Tabela 2 – Correlações de Pearson entre diâmetro longitudinal (DLF), diâmetro transversal (DTF), massa fresca (MFF), número de sementes (NS), massa fresca de sementes (MSF) e percentual de polpa (PP) de frutos de achachairu.

	DTF	MFF	NS	MSF	PP
DLF	0,47****	0,52****	0,19	0,58****	-0,31**
DTF		0,92****	0,23	0,83****	-0,12
MFF			0,25	0,88****	0,08
NS				0,36**	-0,35**
MSF					-0,54****

****: Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t .

**+: Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de Mantel baseado em 5.000 simulações.

Fonte: os autores.

O teste de germinação indicou que o armazenamento de sementes de achachairu não interferiu em nenhuma das variáveis analisadas. O percentual de germinação foi de apenas 29,33%, e aos 40 dias, apenas 1,08 sementes haviam emergido. O tempo médio de emergência foi de 62,58 dias. Após 120

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

dias, as plântulas tinham 52,01 mm de parte aérea, 73,95 mm de raiz e 69,7% de água (MFT-MST/MFT). Os coeficientes de variação foram altos para todas as variáveis analisadas (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo a análise de variância para percentual de emergência (PE, %), primeira contagem de emergência (PC, un), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME, dias), comprimento da parte aérea (CPA, mm), comprimento da raiz (CR, mm), massa fresca total de plântulas (MFT, g) e massa seca total de plântulas (MST, g) avaliados em sementes de achachairu submetidas a diferentes tempos de armazenamento.

FV ¹	GL	Quadrados Médios							
		PE	PC	IVE	TME	CPA	CR	MFT	MST
Trat	2	549,33 ^{ns}	4,08 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1095,52 ^{ns}	102,72 ^{ns}	211,52 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Resíduo	9	266,67	1,19	0,005	392,79	526,77	1204,46	1,13	0,09
Média		29,33	1,08	0,12	62,58	52,01	73,95	1,55	0,47
CV (%)		55,67	100,89	61,82	31,67	44,13	46,93	68,38	65,59

¹ FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; Trat: tratamento; CV: coeficiente de variação. Ns: não significativo pelo teste F.

Fonte: os autores.

Apesar das diferenças entre os tempos de armazenamento não terem sido significativas, observou-se queda no percentual de emergência em 44% após 30 dias de armazenamento. Além disso, após 15 dias de armazenamento, o tempo médio de emergência foi de 44,11 dias, mais de 30 dias inferior ao controle (Tabela 4).

Tabela 4 - Comparação entre as médias para percentual de emergência (PE, %), primeira contagem de emergência (PC, un), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME, dias), comprimento da parte aérea (CPA, mm), comprimento da raiz (CR, mm), massa fresca total de plântulas (MFT, g) e massa seca total de plântulas (MST, g) avaliados em sementes de achachairu submetidas a diferentes tempos de armazenamento.

Tempo de armazenamento	PE	PC	IVE	TME	CPA	CR	MFT	MST
0 dias	38,00a	1,25a	0,13a	76,07a	46,37a	49,35a	1,83a	0,13a
15 dias	34,00a	2,00a	0,16a	44,11a	53,47a	53,93a	1,90a	0,16a
30 dias	16,00a	0,00a	0,07a	67,56a	56,18a	57,36a	0,93a	0,07a

¹ Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Fonte: os autores.

Discussão

Os frutos de achachairu possuem grande variação no seu tamanho, massa e percentual de polpa, como também relatado por Andrés-Agustín *et al.* (2022), que avaliaram 18 frutos de 10 diferentes matrizes de três cidades do México, região de origem da espécie. No entanto, os frutos avaliados no México tiveram massa entre 42,1 e 101,5 g, ou seja, em média, 13 vezes mais pesados do que os avaliados neste trabalho, e com 52% de polpa. Essa diferença pode ter ocorrido em função da maior adaptabilidade da espécie ao seu centro de origem – México e América Central - onde são encontradas em altitudes superiores a 1.000 metros acima do nível do mar.

O percentual de polpa indica uma situação favorável para industrialização de frutos das espécies, seja para produção de alimentos quanto para o uso farmacêutico, especialmente diante de suas propriedades nutricionais, especialmente carotenoides (GIUFFRIDA *et al.*, 2022) e para o controle de doenças (EINBOND *et al.*, 2023).

A análise de correlações permite avaliar como as características se interrelacionam, facilitando processo de melhoramento de plantas. Os dados obtidos mostraram que a massa do fruto tem forte relação com seu diâmetro transversal e com a massa de sementes. A massa de sementes, por sua vez, tem correlação negativa com o percentual de polpa. Isso indica que ao selecionar frutos maiores, isso não refletirá em aumento de polpa, mas sim em aumento de massa de sementes. Desta forma, é preciso identificar melhor os fatores diretos e indiretos que condicionam essa correlação, por meio da análise de trilha, bem como, buscar estratégias de melhoramento que permitem superar essa dificuldade (MOREIRA *et al.*, 2018).

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

O armazenamento não alterou a germinação e desenvolvimento das plântulas de achachairu. Para esta espécie não foram encontrados outros trabalhos que envolvesse a germinação de sementes para comparação, no entanto, foi observado grande variação para o potencial e tempo médio de emergência para outras espécies de *Garcinia*. Malik *et al.*, 2005, para três espécies deste gênero, observaram germinação entre 80 e 97,5%. Já Noor *et al.* (2016), para outras quatro espécies, relataram que percentual de germinação variou de 48,9 a 95,6%, e o tempo médio de germinação, entre 22,2 e 47 dias. Para o mangostão (*G. mangostana*), Rostika *et al.* (2008) relatam germinação entre 21 e 83%. Estes resultados indicam a grande variabilidade no potencial germinativo de espécies do gênero *Garcinia*, bem como, a necessidade de mais estudos para elucidar as condições ideais de germinação.

O tempo médio de emergência variou em mais de 30 dias entre os tratamentos avaliados, no entanto, essa diferença não foi significativa, possivelmente devido ao alto coeficiente de variação. Para *Garcinia kola*, foi observado tempo médio de germinação entre 130 e 178 dias, de acordo com o tratamento empregado para a quebra de dormência, necessitando identificar outros tratamentos mais eficazes para acelerar a germinação desta espécie (EYOG-MATIG *et al.*, 2007).

Conclusão

Os frutos de achachairu têm, em média, 5,31 g, 2,15 sementes por fruto e 44,89% de polpa. No entanto, foi observada grande variabilidade entre os frutos, que pode ser explorada pelo melhoramento de plantas.

A análise de correlações indicou que os frutos mais pesados têm maior massa de sementes e menor percentual de polpa, necessitando de estratégias mais apuradas de seleção.

A emergência das sementes foi baixa e lenta, no entanto, o armazenamento por 30 dias não alterou as características de germinação de achachairu.

Referências

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GOLÇALVES, J.L.M.; SPAVOREK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Acesso em 08 ago. 2023.

ANDRÉS-AUGUSTÍN, J.; CRUZ-CASTILLO, J. G.; BAUTISTA-VILLEGAS, J. C. *Garcinia intermedia*, a little-known fruit tree in the American tropics. **Revista Chapingo. Serie Horticultura**, v. 28, v. 1, p. 5-15 Disponível em: <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2021.03.005>. Acesso em: 31 jul. 2023.

BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. Interpretação de resultados de germinação. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação – do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 209-222.

CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. Agromony, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/sLvDYF5MYv9kWR5MKgxb6sL/?lang=en>. Acesso em 04 ago. 2023

DELGADO, L. F.; BARBEDO, C. J. Tolerância à dessecação de sementes de espécies de *Eugenia*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 265-272, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/NsKVtkGhDp5V3ZBsqhBc3Qc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 ago. 2023.

EINBOND, L. S.; MIGHTY, J.; KASHIWAZAKI, R.; FIGUEROA, M.; JALEES, F.; MUNOZ-ACUÑA, U.; LEGENDRE, O.; FOSTER, D. A.; KENNELLY, E. J. *Garcinia* benzophenones inhibit the growth of human colon cancer cells and synergize with sulindac sulfide and turmeric. **Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry**, v. 13, n. 10, p. 1540-1550, 2023. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/content/ben/acamc/2013/00000013/00000010/art00008>. Acesso em: 05 ago. 2023.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

EYOF-MATING, O.; AOUDJI, A. K. N.; LINSOUSSI, C. *Garcinia kola* heckel seeds dormancy-breaking. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 5, n. 1, p. 63-71, 2007. Disponível em: https://aloki.hu/pdf/0501_063071.pdf. Acesso em: 05 ago. 2023.

GIUFFRIDA, D.; TORIBIO, E. M.; MURILLO, E. First complete quali-quantitative carotenoids characterization of *Aiphanes aculeata*, *Quararibea cordata* and *Garcinia intermedia* fruits. **Applied Food Research**, v. 2, n.1, e-100045, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100045>. Acesso em: 05 ago. 2023.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MALIK, S. K.; CHAUDHURY, R.; ABRAHAM, Z. Seed morphology and germination characteristics in three *Garcinia* species. **Seed Science and Technology**, v. 33, n. 3, p. 595–604, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.15258/sst.2005.33.3.07>. Acesso em: 02 ago. 2023.

MOREIRA, S. O.; KUHLCAMP, K. T.; BARROS, F. L. S.; OLIVEIRA, S. B.; TRINDADE, R. S. Path analysis under multicollinearity for papaya production of the Solo and Formosa groups. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 3, e-110, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018110>. Aceso em: 10 ago. 2023.

NOOR, N. W.; AIZAT, W. M.; HUSSIN, K.; ROHANI, E. R. Seed characteristics and germination properties of four *Garcinia* (Clusiaceae) fruit species. **Fruits**, v. 71, n.4, p. 199-207, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/fruits/2016008>. Acesso em: 03 ago. 2023.

ROSTIKA, I.; SUNARLIM, N. MARISKA, I. Micropropagation of mangosteen (*Garcinia mangostana*). **Indonesian Journal of Agriculture**, v.1, n. 1, p. 28-33, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ika-Roostika/publication/268268506_MICROPROPAGATION_OF_MANGOSTEEN_Garcinia_mangostana_1/links/5be56214a6fdcc3a8dc8acc8/MICROPROPAGATION-OF-MANGOSTEEN-Garcinia-mangostana-1.pdf. Acesso em: 01 ago. 2023.

Agradecimentos

À Reserva Natural Vale pela doação dos frutos de *Garcinia intermedia*.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes) pelo apoio financeiro ao projeto (TO n° 147/2023) e pela concessão de bolsas aos autores.

Aos bolsistas de Iniciação Científica Júnior da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Nossa Senhora da Conceição, Linhares, ES.