ESTABELECIMENTO, MICROPROPAGAÇÃO E ENRAIZAMENTO *IN VITRO* DE MAMOEIROS DA CULTIVAR ALIANÇA

Yohonatan Alain Duque Aurazo[1]*, Andressa Moratti Campista[1], Mírian Piassi[2], Patricia M. B. Fernandes[1], José Aires Ventura[1,2]

[1]Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Agronegócio, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES; [2]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural-Incaper, Vitória, ES. *yohanatan.aurazo@edu.ufes.br

INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é um dos frutos mais comercializados em todo o mundo; o Brasil, juntamente com a Índia, República Dominicana, Indonésia, México, Nigéria e a China, são os principais produtores, com 1.149.300 t/ano e exportações no valor de US$ 58.090.000, gerando importantes benefícios econômicos e sociais (FAOSTAT, 2024).

No entanto, a cultura enfrenta limitações, como pragas e doenças causadas por insetos, fungos, bactérias e vírus (Martins *et al*., 2024; Lima *et al*., 2001). Outra dificuldade é que *C. papaya* é dióica, ou seja, apresenta indivíduos masculinos, femininos e hermafroditas, o que exige estratégias de manejo pelos produtores, recomendando-se plantar no mínimo três plantas por cova até a sexagem na floração, para garantir a presença de plantas hermafroditas, o que acarreta gastos e exige mão de obra qualificada (Ávila *et al*., 2023; Martins *et al*., 2024). O ideal seria dispor desde o início de mudas hermafroditas, que além de oferecerem vantagens econômicas, produzem frutos mais demandados no mercado (Díaz *et al*., 2013; Barboza *et al*., 2019).

Para superar essas limitações, a biotecnologia oferece a possibilidade do cultivo de tecidos vegetais *in vitro*, que permite clonar plantas em condições controladas, mantendo as características da planta-matriz (Vidal *et al*., 2013). Dentre esses métodos, destacam-se: (a) Estabelecimento, que consiste em introduzir material vegetal de campo ou casa de vegetação em condições *in vitro*, livres de contaminantes, usando soluções desinfetantes; (b) Micropropagação, que utiliza partes vegetativas totipotentes para regenerar novas plantas, permitindo a produção em larga escala a partir de material inicial limitado; e (c) Enraizamento, em que, regulando as concentrações de reguladores de crescimento no meio de cultura, pode-se induzir respostas, como o desenvolvimento de raízes (Delgado; Rojas, 2001).

O presente trabalho avaliou-se o estabelecimento, micropropagação, e enraizamento *in vitro* de *C. papaya* da cv. Aliança, com o objetivo de estabelecer um protocolo eficiente de produção de mudas que possa viabilizar a expansão da cultura e sirva de base para futuros programas de melhoramento genético ou conservação de germoplasma.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Biotecnologia Aplicada ao Agronegócio (LBAA) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) durante 2025-2026. O material inicial foram plântulas com 60 dias, germinadas a partir de sementes coletadas na fazenda Caliman (Linhares, ES), provenientes de plantas sadias com características comerciais desejáveis. A germinação em casa de vegetação incluiu um tratamento pré-germinativo com ácido giberélico agroindustrial "ANS Agrotech solutions" a 0,1 % durante 12-24 h. Em seguida, foram semeadas em bandejas plásticas (6×8 células, 10 g/célula) com turfa esterilizada em autoclave e regadas duas vezes por semana com água destilada.

Aos 45 dias, as plântulas foram pulverizadas com fungicida Orthocide 500 (0,24 % p/v, Captan 0,12 %) por duas semanas. Posteriormente, foram cortados os caules tenros de 10 cm, lavados com solução de detergente comercial neutro Bio-Kriss (0,06% v/v, LAS 5%) e água destilada; e desinfestados em câmara de fluxo laminar vertical com álcool a 70 % durante 1 min, depois em hipoclorito de sódio comercial diluído 1:4 (2,5 % de cloro ativo) por 5 min, e enxaguados três vezes com água destilada estéril. Em ambiente asséptico na câmara de fluxo vertical foram seccionados segmentos caulinares contendo um nó, e inoculados em meio MS (Murashige; Skoog, 1969) suplementado com 1,0 mg/L de tiamina-HCl, 100 mg/L de mio-inositol, 0,5 mg/L de piridoxina, 3 % de sacarose e diferentes concentrações de benzilaminopurina (BAP), ácido giberélico (AG_3), ácido naftalenoacético (ANA), ácido indolbutírico (AIB) e sulfato de adenina. O pH foi ajustado para 5,5-5,8 com NaOH e HCl 0,1 M.

Para os experimentos de micropropagação, organogênese e enraizamento, foram utilizados explantes já estabelecidos em condições *in vitro*. O material foi incubado a 26 °C, ~2.000 lux e fotoperíodo de 16/8 h (luz/escuro) durante 30 dias, após esse período, foram avaliados os seguintes parâmetros: percentual de sobrevivência, altura do explante, número de folhas, tamanho das folhas, percentual de formação de calos, percentual de brotação, percentual de enraizamento.

Os dados foram analisados (ANOVA y Test de tukey 95%) com o IBM SPSS Statistics v. 21.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estabelecimento *in vitro*

A contaminação foi inferior a 5% e foi causada por bactérias. Não houve diferenças significativas nos valores das variáveis avaliadas dos explantes. Observou-se brotação de até 100% no tratamento T1 com baixa concentração de regulador de crescimento (BAP 0,1 mg/L) e a presença de calo foi constante (Tabela 1).

Solis *et al*. (2011) demonstraram a importância do sulfato de adenina (10 mg/L) e BAP (0,5 mg/L) no estabelecimento. Kumari *et al*. (2023) obtiveram menos ao 50 % de estabelecimento sem reguladores, utilizando apenas glicina e caseína hidrolisada. Al-Drisi *et al*. (2022), avaliando diferentes concentrações de sacarose para o estabelecimento de *C. papaya*, concluíram que 3% era o ideal, coincidindo com o utilizado em

nossos experimentos (Figura 1A).

Tabela 1 - Avaliação após 30 dias do estabelecimento *in vitro* de *C. papaya*, cv. Aliança, utilizando diferentes concentrações de BAP em meio MS, com seções de nós laterais de uma casa de vegetação como explantes

Tratamento	BAP (mg/L)	AG3 (mg/ L)	Sulfato de adenina (mg/L)	Tamanho (cm)	N° folhas	Calogênese (%)	Brotamento (%)
T1	0,1	0,5	30	1,0 ± 0,1	4	100	100
T2	0,2	0,5	30	0,6 ± 0,1	4	66,6	83.3
T3	0,5	0,5	30	0,5 ± 0,2	4	71,4	57,1

Os valores representam a média ± erro padrão (n = 8 repetições). Não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas nas comparações das médias entre os tratamentos (p > 0,05).

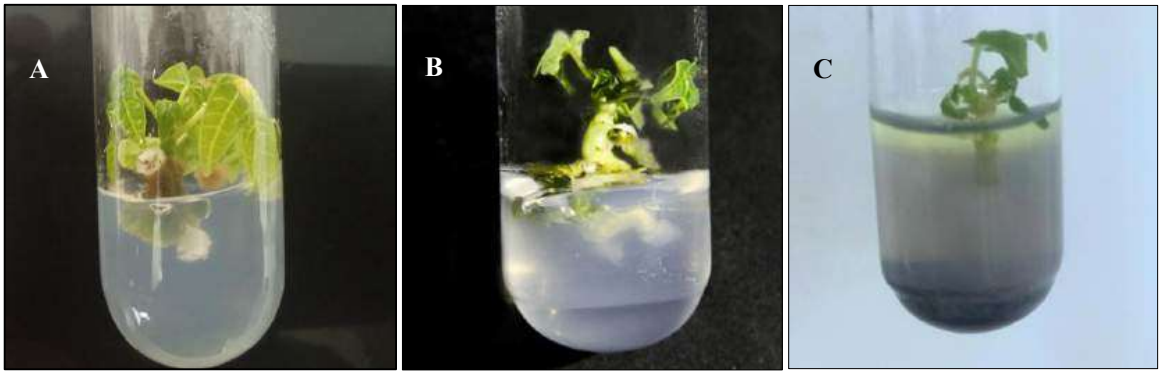


Figura 1 - Micropropagação *in vitro* de *C. papaya*, cv. Aliança: A). Estabelecimento *in vitro* no tratamento T1 (BAP 0,1 mg/L) partindo dos nós da casa de vegetação, B). Muda cultivada no tratamento M2 (BAP 0,5 mg/L, ANA 0,5 mg/L), C). Enraizamento *in vitro* segundo Drew (1990), usando meio de dupla fase.

Micropropagação

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. O controle M0 (sem reguladores) apresentou o maior desenvolvimento, atingindo uma altura de 1,5 cm. A adição de BAP 0,5 e 1,0 mg/L reduziu o tamanho das plântulas nos tratamentos M1 e M2 (Tabela 2). Da mesma forma, o aparecimento de calos estava relacionado à concentração de BAP. Al-Drisi *et al*. (2022) relataram o maior número de brotos com BAP (1,5 mg/L) e ANA (0,5 mg/L). Waidyaratne *et al.* (2022), utilizando BAP e ANA (0,5 mg/L), obtiveram até 5 brotos por explante. López *et al*. (2023) utilizaram BAP (0,5 mg/L), ANA (0,1 mg/L), GA_3 (0,5 mg/L), alcançando uma altura de 3,2 ± 0,2 cm e 4,1 ± 0,2 folhas às 8 semanas. Solis *et al.* (2011) empregaram sulfato de adenina com ácido giberélico para a multiplicação, obtendo plântulas de 1,5 cm aos 35 dias.

Tabela 2 - Avaliação após 45 dias de cultivo em meio de micropropagação de *C. papaya* cv. Aliança, utilizando diferentes concentrações de BAP e ANA em meio MS, com plântulas *in vitro* como explantes

Tratamento	BAP (mg/L)	ANA (mg/L)	Sulfato de adenina (mg/L)	Tamanho (cm)	N° folhas	Calogênese (%)	Brotamento (%)
M 0	0,0	0,0	30	1,5 ± 0,1 a	10	42,8	100
M 1	0,5	0,5	30	0,9 ± 0,1 b	9	96.3	92,6
M 2	1,0	0,5	30	0,8 ± 0,1 b	9	95.5	93,3

Os valores representam a média ± erro padrão (n = 25 repetições). Diferenças estatisticamente significativas foram detectadas nas comparações das médias entre os tratamentos (p > 0,05).

Enraizamento

Aplicamos a técnica de enraizamento proposta por Drew (1990). Ela consiste em cultivar as plântulas em um meio de cultura inicial com AIB (2,0 mg/L) durante dois tempos diferentes: 4 e 7 dias, para estimular a formação de raízes. Passado esse período, os explantes são transferidos para um meio de cultura final, onde foram avaliados dois sistemas: meio sólido e meio de dupla fase. No entanto, os resultados mostraram um baixo percentual de enraizamento. O tratamento mais bem-sucedido alcançou apenas 25% (Tabela 3). Waidyaratne *et al*. (2022) obtiveram uma porcentagem de enraizamento de 86% e a obtenção de raízes adequadas para a aclimatação com 2,0 mg/L de AIB. Kumari *et al*. (2023) registraram valores por explante estatisticamente superiores quanto ao número de raízes e à porcentagem de formação de raízes no meio MS/2 suplementado com 3,0 mg/L de AIB (1,58 e 28,47 %, respectivamente). Solis *et al.* (2011), utilizando AIB (3,0 mg/L), obtiveram até uma porcentagem de enraizamento de 83,33%, com raízes de 7,4 mm de tamanho, ao final de 21 dias. Todos esses autores demonstraram que o uso de AIB em valores superiores a 2,0 mg/L é eficiente, mas, ao aplicá-lo, a formação de calos é inevitável.

Tabela 3 - Avaliação após 30 dias de cultivo em meio do enraizamento *in vitro* de *C. papaya,* cv. Aliança utilizando os tratamentos segundo Drew (1990), com plântulas *in vitro* como explantes

Tratamento	Meio Inicial		Meio final	Tamanho (cm)	Sobrev. (%)	Calogênese (%)	Enraizamento (%)
	AIB (mg/L)	Tempo (dias)					
D1	2.0	4	MS sólido	0.63	100	100	0
D2	2.0	4	MS Dupla fase	0.60	40	40	0
D3	2.0	7	MS sólido	0.75	100	100	0
D4	2.0	7	MS Dupla fase	0.70	50	75	25

Os valores representam a média (n = 8 repetições). Não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas nas comparações das médias entre os tratamentos (p > 0,05).

CONCLUSÕES

O estabelecimento *in vitro* foi eficaz, com baixa contaminação e alta brotação (100%) com BAP 0,1 mg/L, embora a formação de calos tenha sido constante. No entanto, na micropropagação, a ausência de reguladores favoreceu o desenvolvimento, enquanto o BAP reduziu o tamanho. O enraizamento foi deficiente (máx. 25%), muito abaixo do relatado, o que indica que o protocolo com AIB e o sistema de dupla fase requerem ajustes para otimizar o processo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, À SEAG/Inovagro e FAPES pelo apoio financeiro ao projeto. À CAPES pelo apoio financeiro e à OEA e UFES bolsa de estudos (CAPES - 8887.949944/2024-00).

REFERÊNCIAS

AL-DRISI, E.E.; IBRAHIM, M.A.; JASIM, A.M. Impact of different sucrose concentrations on shoot multiplication of papaya (*Carica papaya* L.) cultured *in vitro*. **Basrah Journal of Agricultural Sciences**, v. 35, n. 2, p. 240 - 247. 2022. DOI: 10.37077/25200860.2022.35.2.171

ÁVILA, J.L.H., CARDENAS, M.R.A., CAMAS, A.R., MARTINEZ, A.A. Sex determination in papaya: current status and perspectives. **Plant Science**, v. 335, n. 1, p. 111814. 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2023.111814.

BARBOZA, B.L.; ARAYA, V.E.; BOGANTES, A.; HOLST, A.; VARGAS, M.C.; GÓMEZ, A.L. CHAVARRÍA, M. Field performance of hermaphrodite papaya plants obtained through molecular selection and micropropagation. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.19, n. 4, p. 420-427. 2019. DOI: https://doi.org/10.1590/1984-70332019v19n4a59

DELGADO, G.E.; ROJAS, I.C. **Cultivo de tejidos vegetales I: fundamentos y aplicaciones**. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedo Ruiz Gallo. 2001. 262 p.

DÍAZ, A.L., ANGULO, L.G., VEGAS, A.G., SANDREA, Y.R., *et al*. Evaluation of two types of SCAR markers to determine sex in papaya variety Maradol. **Agronomía Tropical**, v. 63, n. 1 - 2, p. 93-100. 2013. Disponível em: https://ve.scielo.org/pdf/at/v63n1-2/art10.pdf

DREW, R.A.; MCCOMB, J.A.; CONSIDINE, J.A. Rhizogenesis and root growth of *Carica papaya* L. *in vitro* in relation to auxin sensitive phases and use of riboflavin. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 33, n. 1, p. 1-7. 1993. DOI: https://doi.org/10.1007/BF01997591

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Data**. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/. Acesso em: 02 ago. 2026

KUMARI, R.; KUNDU, M.; MIR, H.; KUMAR, P. *In vitro* regeneration technique of papaya (*Carica papaya* L.) cv. Pusa Dwarf through shoot tip culture. **National Academy Science Letters**, v. 46, n. 1, p.1-5. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s40009-022-01186-8

LIMA, R.C.A.; LIMA, J.A.A.; SOUZA JR. M.T.; PIO-RIBEIRO, G.; ANDRADE, G.P. Etiologia e estratégias de

controle de viroses do mamoeiro no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 4, p. 689-702. 2001. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-41582001000400001

LÓPEZ, C.E.; LOPEZ, M.G.; REGALADO, J.J. *In Vitro* Long-term cultures of papaya (*Carica papaya* L. cv. Solo). **Horticulturae**, v. 9, n. 6, p. 671. 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/horticulturae9060671

MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A.; FERREGUETTI, G.A.; MARIN, S.L.D. **Recomendações técnicas para o cultivo do mamoeiro**. Incaper. Vitoria-ES. 2024. 198 p. DOI: https://doi.org/10.54682/livro.9788589274487

MURASHIGE, T.; SKOOG, F.A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v. 15, n. 1, p. 473- 479. 1962. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

SOLIS L, R.; OLIVERA, S.J.; LA ROSA, L.R S. Propagación *in vitro* de *Carica papaya* var. PTM-331 a partir de meristemos apicales. **Revista Peruana de Biología**, v. 18, n. 3, p. 343-348. 2026. Disponível em: https://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v18n3/a12v18n3.pdf

VIDAL, F.R.; DINIZ, J.D.N.; PEREIRA, D.A.; SILVA. F. Multiplicação *in vitro* de plantas juvenis de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 64-70, 2013. DOI: https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000100010

WAIDYARATNE, S.M.; SAMANMALIE, L.G.I.; BUDDHINIE, P.K.C. *In vitro* propagation of *Carica papaya* L. variety 'Horana Papaya Hybrid 01' using shoot tip. **World Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 1, p. 15-19. 2022. DOI: https://doi.org/10.12691/wjar-10-1-3