ANÁLISES MORFOLÓGICAS DE COFFEA ARABICA L. cv. ARARA GERMINADAS IN VITRO SOB LUZ BRANCA.

Autores: Lara Aparecida de Sá Morais[1], Gustavo Fernandes Mariano[1], Ewelin Nunes Martins[1], Warley Costa Silva[1], Karina Pope Mion[1], Milene Miranda Praça Fontes[1], Elias Terra Werner[1].

[1]Universidade Federal do Espirito Santo, Laboratório de Citogenética e Cultura de Tecidos Vegetais, Alto Universitário, S/N, 29500-000 - Alegre - ES, Brasil, lara.morais@edu.ufes.br, gustavo123mariano@hotmail.com, ewelin.martins@edu.ufes. warley.silva@edu.ufes.br karina.mion@edu.ufes.br, milenemiranda@yahoo.com.brelias.werner@ufes.br

Resumo

A cultura de tecidos vegetais constitui uma importante ferramenta biotecnológica para o cultivo e a multiplicação de espécies vegetais sob condições controladas. Objetivou-se avaliar o desenvolvimento *in vitro* de *Coffea arara* em diferentes meios nutritivos, utilizando frascos vedados com tampa convencional e mantidos sob iluminação branca. Foram utilizados meio de cultivo MS acrescido com 7,5 g L^{-1} de ágar, com ou sem adição de 30 g L^{-1} de sacarose e pH ajustado para 5,7 ± 0,1. Os recipientes ficaram expostos a iluminação, sob fotoperíodo durante 81 dias. Os resultados revelaram que o meio suplementado de sacarose favoreceu o maior crescimento da parte aérea, a medida em que a adição desse carboidrato promoveu o desenvolvimento de maior número de folhas Os resultados mostraram que o meio de cultivo com sacarose apresentou maior crescimento de parte aérea com 39,35 mm de média comparado com meio de cultivo sem sacarose com 33,59 mm. Conclui-se que a luz branca se evidencia adequada para o cultivo da espécie, e a supressão total da sacarose constitui estratégia promissora para a micropigmentação *in vitro* de explantes mais resistente, podendo contribuir para a redução dos custos do cultivo e para a maior acessibilidade da técnica.

Palavras-chave: Fotoautotrofia. Fotomixotrofia. *Coffea arara*. Desenvolvimento in vitro. Sacarose.

Área do Conhecimento: Ciências Biológicas – Botânica.

Introdução

Coffea arabica cultivar Arara amplamente utilizado na cafeicultura brasileira devido à sua elevada produtividade, resistência à ferrugem e excelente qualidade sensorial da bebida (Silva *et al*., 2024). Além da sua importância econômica para o setor cafeeiro, a cultivar apresenta grande potencial agronômico em diferentes regiões produtoras do Brasil, contribuindo significativamente para o fortalecimento da produção nacional de café (Ferrão *et al*., 2020).

A cultura de tecidos vegetais (CTV) representa uma ferramenta biotecnológica estratégica para a micropropagação *in vitro* de plantas, superando limitações da propagação convencional como a heterogeneidade genética, disseminação de doenças e no tempo para obtenção de plantas adultas (Aguilar *et al*., 2022; Ettore *et al*., 2018). Contudo, as condições artificiais dos sistemas tradicionais denominados fotomixotrófico frequentemente submetem os propágulos a estresses fisiológicos que comprometem o desenvolvimento *in vitro* da planta, causando baixa disponibilidade de dióxido de carbono, acúmulo de etileno, alta umidade relativa, funcionamento inadequado dos estômatos e redução da capacidade fotossintética (Da Silva *et al*., 2024; Abdalla *et al*., 2022). Tais alterações resultam em elevadas taxas de mortalidade durante a etapa de aclimatização *ex vitro*, o que representa um dos principais gargalos para a produção de mudas em larga escala de espécies comerciais (Valdés *et al*., 2021).

A interação entre a disponibilidade de carbono no meio de cultura e a qualidade da luz influencia diretamente a eficiência fotossintética e o desenvolvimento das plântulas cultivadas *in vitro*, tornando esses fatores determinantes para o sucesso da micropropagação (Fan; Manivannan; Wei, 2022). Além disso, a disponibilidade de sacarose no meio de cultura pode modificar a resposta das plântulas, influenciando nas características como: desenvolvimento da parte aérea, formação de folhas,

desenvolvimento das raízes e capacidade fotossintética, aspectos primordiais para a obtenção de mudas mais vigorosas durante a aclimatização.

Nos sistemas convencionais de micropropagação *in vitro*, denominado fotomixotrófico, a sacarose é acrescentada ao meio de cultura como fonte exógena de carbono para suprir a limitada capacidade fotossintética dos explantes (Mariano *et al*., 2026). Embora essa prática favoreça o crescimento inicial das plântulas, concentrações elevadas desse carboidrato podem inibir o a formação do aparato fotossintético, modificar o potencial osmótico do meio e retardar a transição para o metabolismo autotrófico (Nery *et al*., 2021). Em contraste, o cultivo em meio isento de sacarose estimula a formação do aparato fotossintético da planta, tendo a fotossíntese como principal fonte de carbono, caracterizando o sistema fotoautotrófico, que pode promover maior competência fisiológica das plântulas e aumentar sua capacidade de adaptação durante a fase de aclimatização (Alves *et al*., 2024).

A luz é um fator abiótico responsável pelo desenvolvimento das plantas, desde a captação dos fótons até o processo de sinalização dos aspectos morfofisiológicos das plantas cultivadas *in vitro* (Li, Xue *et al*. 2023). Diferentes espectros luminosos são percebidos por fotorreceptores específicos — fitocromos, criptocromos, fototropinas — que modulam respostas distintas, de modo que a combinação de comprimentos de onda pode otimizar o crescimento vegetal (Eghbal *et al*., 2024).Na natureza, a fonte de energia luminosa proveniente da luz solar abrange uma grande faixa de comprimento de onda, sendo que apenas uma pequena faixa encontra-se intimamente relacionada à ativação das reações que ocorrem nas membranas dos tilacoídes (Pshybytko N.L 2024). Nos últimos anos, a utilização de lâmpadas de diodos emissores de luz (LEDs) tem substituído fontes convencionais como as fluorescentes, por apresentar maior eficiência energética, menor emissão de calor, durabilidade prolongada e possibilidade de ajuste preciso do espectro, características que favorecem o desenvolvimento de mudas mais vigorosas e melhor adaptadas à transferência para o ambiente externo (Araújo *et al*., 2021).

A qualidade da luz é um dos fatores que mais influenciam o avanço de plantas cultivadas *in vitro*, pois intervém diretamente na germinação, no crescimento e no desenvolvimento das plântulas. Entre os diferentes espectros luminosos utilizados em sistemas de iluminação por LEDs, a luz branca se destaca por apresentar características semelhantes às da radiação solar, oportuniza a fotossíntese e processos relacionados à morfogênese (Cavallaro *et al*., 2022). Em *Coffea arabica*, esse espectro luminoso tem acarretado crescimento mais equilibrado e melhor qualidade fisiológica das plântulas, demonstrando seu potencial para aprimorar protocolos de micropropagação (Cardoso-Magaña *et al*., 2024).

Frascos utilizados na cultura de tecidos vegetais influenciam no aperfeiçoamento de plântulas, pois a vedação acomete diretamente nas trocas gasosas entre o ambiente externo e interno, na umidade e na disponibilidade de CO_2 presente no interior dos frascos podendo influenciar no crescimento e desempenho fisiológico das mudas (Abdalla *et al*., 2022). Os frascos vedados com tampas convencionais garantem condições assépticas e manterem condições do ambiente de cultivo, proporcionando o desenvolvimento inicial das mudas.

A partir das técnicas da cultura de tecidos vegetais, pretende-se comparar e definir qual sistema de cultivo *in vitro*, fotomixotrófico ou meios com e sem sacarose, será mais eficaz na germinação e no desenvolvimento inicial de *Coffea arabica* cv. Arara, visando determinar a condição mais adequada para a obtenção de explantes de qualidade em fontes luminosas de led branca e vedação dos frascos com tampa, visando otimizar o processo de aclimatização da espécie.

Metodologia

Sementes de Coffea arábica cultivar Arara foram coletadas em uma lavoura de café no município de Iúna – ES. Os experimentos relacionados à cultura de tecidos vegetais foram conduzidos no laboratório de Citogenética e Cultura de Tecidos Vegetais presente no prédio Núcleo de Estudos de Bioenergia (NEBES) da Universidade Federal do Espírito Santo campus Alegre (20°45'39.9"S 41°32'11.1"W).

Para testar o cultivo fotomixotrófico e fotoautotrófico no café, diferentes condições in vitro foram empregadas, a partir de um delineamento experimental em DIC num esquema fatorial triplo 2 x 1 x 1 (meio x vedação x luz), com seis repetições por tratamento, sendo a repetição constituída por um frasco e duas semente/planta.

Para o fator meio, as sementes foram inoculadas em meio de cultura contendo 4,4 g L-1 de MS (MURASHIGE; SKOOG, 1962) acrescido de 7,5 g L-1 de ágar e 30 g L-1 de sacarose, ou o meio MS

acrescido de 7,5 g L-1 de ágar, contudo sem adição de sacarose. Ambos os meios tiveram o pH ajustado para 5,7 ± 0,1. Potes de vidro (600 ml; 12 cm de altura e 5 cm de diâmetro interno) contendo 100 ml de meio foram utilizados e autoclavados a 121ºC a 1,1 atm por 20 min.

Para o fator vedação, foram utilizados, tampa de plástico fosca. O experimento foi conduzido para sala de crescimento a luz LED branca (duas lâmpadas Leds Tubulares de 60 cm Branco Frio, 10W, LEDTUBE Glass®, fornecendo 25 µmol m-2 s-1). Os frascos foram incubados a temperatura de 25±2 ºC em sala de crescimento sob fotoperíodo de 16/8 h (luz/escuro). Foram avaliados a porcentagem de germinação, comprimento de parte aérea, comprimento de raiz, número de folhas e número de segmentos nodais no tempo 0 à 81 dias.

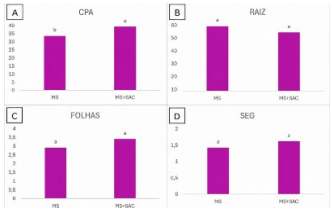
Resultados

Aos 30 dias de cultivo *in vitro*, foram avaliadas as características de comprimento da parte aérea (CPA), comprimento do sistema radicular (CPR), número de folhas e número de segmentos nodais das plântulas de *Coffea arabica* cv. Arara, cultivadas em meio MS com sacarose e sem sacarose. Para o comprimento da parte aérea, o tratamento sem sacarose apresentou maior média, com 33,66 mm, enquanto o tratamento com sacarose apresentou média de 27,63 mm. Em relação ao comprimento do sistema radicular, observou-se maior média no tratamento com sacarose, com 69,74 mm, em comparação a 54,69 mm no tratamento sem sacarose. Quanto ao número de folhas, o tratamento sem sacarose apresentou média de 2 folhas, enquanto não foram observadas folhas no tratamento com sacarose. Para o número de segmentos nodais, o tratamento sem sacarose apresentou média de 1 segmento, enquanto o tratamento com sacarose não apresentou formação de segmentos.

Aos 60 dias de cultivo *in vitro*, observou-se aumento das características avaliadas em ambos os tratamentos. Para o CPA, o tratamento com sacarose apresentou maior média, atingindo 50,20mm, enquanto o tratamento sem sacarose apresentou 43,78 mm. Para o comprimento do sistema radicular, o tratamento sem sacarose apresentou maior média, com 82,38 mm, enquanto o tratamento com sacarose apresentou 65,40 mm. Em relação ao número de folhas, o tratamento com sacarose apresentou média de 6 folhas, superior à observada no tratamento sem sacarose, que apresentou 4 folhas. Para o número de segmentos nodais, o tratamento com sacarose apresentou média de 3 segmentos, enquanto o tratamento sem sacarose apresentou 2 segmentos.

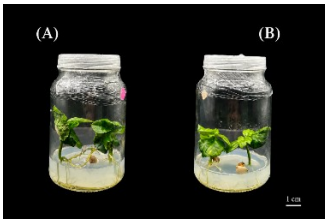
Após 81 dias de cultivo *in vitro*, os resultados de (CPA), apresentados na figura 1(A) e figura 2, mostraram que o crescimento e desenvolvimento *in vitro* das plântulas de café Arara, cultivadas em meio de cultura com e sem sacarose, diferiram estatisticamente entre si, apresentando maior média no meio de cultura suplementado com sacarose na figura 2 (A), com 39,35 mm, em comparação ao meio de cultura sem sacarose, que apresentou 33,59 mm. Para a variável (CPR), figura 1(B), em que as plântulas apresentaram uma média de 58,6 mm no meio de cultura sem sacarose e 52,28 mm no meio de cultura suplementado com sacarose, não sendo observada diferença estatística entre os tratamentos. Para a variável número de folhas, figura 1(C), o meio de cultura sem sacarose apresentou maior média, com 2 folhas, enquanto o meio suplementado com sacarose apresentou média de 3 folhas, novamente sem diferença estatística. A avaliação do número de segmentos, figura 1(D), também não apresentou diferença estatística, sendo observada maior média no meio de cultura sem sacarose, com 1,58 segmentos, em comparação a 1,41 segmentos no meio com sacarose.

Figura 1: Gráfico do desenvolvimento *in vitro* do café Arara em luz LED branco



Legenda: A - Comprimento de parte aérea (mm), B - Comprimento de raiz (mm), C - Número de folhas, D - Número de segmentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Shapiro-Wilk (P<0,05). Fonte: Próprio autor (2026).

Figura 2– Desenvolvimento de plântulas de *Coffea arabica* cv. Arara aos 81dias de cultivo *in vitro*, sob luz LED branca, em meio de cultura com sacarose (A) e sem sacarose (B).



Fonte: Próprio autor (2026).

Discussão

Os resultados obtidos mostraram que ambos os meios de cultura permitiram a germinação e o desenvolvimento *in vitro* inicial das plântulas de *Coffea arabica* cv. Arara sob iluminação por LED branca. Aos 81 dias de cultivo, observou-se maior comprimento da parte aérea nas plântulas cultivadas em meio MS contendo sacarose, com diferença estatística em relação ao tratamento sem sacarose.

Esse comportamento pode estar relacionado à disponibilidade de uma fonte exógena de carbono no meio de cultura, favorecendo o suprimento energético das plantas durante as fases iniciais do cultivo *in vitro*. Em *Coffea arabica*, a composição do meio de cultura e as condições estabelecidas durante o cultivo são fatores importantes para a propagação e o desenvolvimento das plantas *in vitro* (Avila-Victor *et al*., 2023). Da mesma forma, a presença de sacarose pode influenciar o desenvolvimento das plantas cultivadas *in vitro*, sendo essa resposta dependente das condições de cultivo e da característica avaliada (Nery *et al*., 2021).

A qualidade da luz também constitui um fator importante para o desenvolvimento das plantas cultivadas *in vitro*, uma vez que pode influenciar características relacionadas ao crescimento e à morfogênese. Silveira, Miranda e Abreu (2024), ao avaliarem diferentes qualidades de luz na multiplicação *in vitro* de *Apuleia leiocarpa*, observaram que a utilização de LED branco proporcionou maior crescimento em altura das brotações e maior vigor das plantas quando comparada às demais condições luminosas.

Embora as plântulas cultivadas em meio com sacarose tenham apresentado valores médios superiores para o número de folhas e número de segmentos, essas características não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos. Da mesma forma, a diferença no comprimento da raiz entre os meios, não obteve diferença estatística. Esses resultados indicam que, nas condições avaliadas, o efeito da sacarose foi mais evidente sobre o crescimento da parte aérea, não sendo suficiente para promover alterações estatisticamente significativas nas demais características avaliadas.

A sacarose é amplamente utilizada nos meios de cultura *in vitro* como fonte exógena de carbono, contribuindo para o suprimento energético dos explantes durante as fases iniciais do cultivo, quando a capacidade fotossintética ainda pode ser limitada. Entretanto, a utilização desse carboidrato também apresenta desvantagens, como o aumento do custo de preparo do meio e a maior disponibilidade de carbono, que pode favorecer o desenvolvimento de agentes microbianos. Nesse sentido, meios sem sacarose podem constituir uma alternativa mais econômica e reduzir a taxa de contaminação no sistema de cultivo. (Trauger *et al*., 2022).

Diferentes concentrações de sacarose têm sido testadas em diversas espécies cultivadas *in vitro*, evidenciando respostas variáveis conforme a espécie estudada. Barbosa *et al*. (2021) verificaram influência direta de diferentes concentrações de sacarose no desenvolvimento de embriões zigóticos de *Dipteryx alata* (baru), enquanto Fortini *et al*. (2021) constataram que maiores concentrações de sacarose no meio de cultura promoveram aumento na produção de compostos fenólicos em *Vernonia condensata*. Tais resultados reforçam que a resposta das plântulas à sacarose está condicionada à espécie e às condições específicas de cultivo, corroborando o observado no presente trabalho para *Coffea arabica* cv. Arara, no qual a concentração de sacarose utilizada promoveu diferença significativa apenas no comprimento da parte aérea.

As condições do cultivo *in vitro*, como elevada umidade relativa, menor disponibilidade de CO_2 e alterações nas trocas gasosas, podem limitar o desenvolvimento do aparato fotossintético das plantas, tornando a fonte exógena de carbono relevante durante o estabelecimento inicial (Pereira *et al*., 2021). Nesse sentido, dentre as variáveis avaliadas, apenas o comprimento da parte aérea apresentou diferença estatística entre os tratamentos, com maior crescimento no meio suplementado com sacarose em relação ao meio isento desse carboidrato. Esse resultado sugere que a sacarose, atuando como fonte exógena de carbono, contribuiu para suprir parte da demanda energética das plântulas durante o

estabelecimento inicial, favorecendo maior desenvolvimento da parte aérea em relação ao tratamento sem suplementação de carbono, uma vez que a limitação fotossintética imposta pelas condições *in vitro* pode ser compensada pela absorção exógena de sacarose (Avila-Victor *et al*., 2023).

Assim, a utilização de meio sem sacarose pode representar uma alternativa mais vantajosa para o produtor, reduzindo os custos de produção e a chance de contaminação por fungos e bactérias, uma vez que não há fonte exógena de carbono disponível no meio (Souza *et al*., 2023).

Conclusão

Os resultados demonstraram que ambos os tratamentos permitiram a germinação e o desenvolvimento *in vitro* inicial de plântulas de *Coffea arabica* cv. Arara sob iluminação por LED branca. A adição de sacarose ao meio MS promoveu maior crescimento da parte aérea aos 81 dias de cultivo, característica que apresentou diferença estatística entre os tratamentos. Para o comprimento da raiz, número de folhas e comprimento do segmento, embora tenham sido observadas diferenças numéricas entre os tratamentos, não foram verificadas diferenças estatísticas. Dessa forma, nas condições avaliadas, a presença de sacarose mostrou-se mais relevante para o crescimento da parte aérea das plântulas, indicando seu potencial como fonte exógena de carbono durante o desenvolvimento inicial *in vitro* da cultivar Arara.

Referências

ABDALLA, N.; RASHED, M.; EL-SHARKAWY, G. *et al*. **An academic and technical overview on plant micropropagation challenges.** Horticulturae, v. 8, n. 8, p. 677, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/horticulturae8080677 Acesso em: 22 ago. 2026.

ARAÚJO, D. X.; ROCHA, T. T.; CARVALHO, A. A. *et al*. **Photon flux density and wavelength influence on growth, photosynthetic pigments and volatile organic compound accumulation in *Aeollanthus suaveolens* (Catinga-de-mulata) under in vitro conditions. Industrial Crops and Products**, v. 168, 113597, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113597 Acesso em: 22 ago. 2026.

AVILA-VICTOR, C. M. *et al*. **In vitro mass propagation of coffee plants (*Coffea arabica* L. var. Colombia) through indirect somatic embryogenesis. Plants**, v. 12, n. 6, p. 1237, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/plants12061237 Acesso em: 22 ago. 2026.

CARDOSO-MAGAÑA, A. J.; MONTERO-CORTÉS, M. I.; QUI-ZAPATA, J. A. *et al*. **Effect of Light Quality on the Seed Germination and Development of Coffee Seedlings (*Coffea arabica*)**. Plants, v. 13, n. 13, p. 1772, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/plants13131772 Acesso em: 23 ago. 2026.

CAVALLARO, V.; MULEO, R. **The effects of LED light spectra and intensities on plant growth.** Plants, v. 11, n. 15, p. 1911, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/plants11151911 Acesso em: 22 ago. 2026.

EGHBAL, E.; LI, T.; FATAHI, R.; GHANATI, F.; LUO, Z.; ZHANG, Y. **Growth, phytochemical, and phytohormonal responses of basil to different light durations and intensities under constant daily light integral**. BMC Plant Biology, v. 24, art. 563, 2024. DOI: https://doi.org/10.1186/s12870-024-05637-w. Acesso em: 22 ago. 2026.

FAN, C.; MANIVANNAN, A.; WEI, H. **Light quality-mediated influence of morphogenesis in micropropagated horticultural crops: A comprehensive overview**. *BioMed Research International*, v. 2022, artigo 4615079, 2022. https://doi.org/10.1155/2022/4615079. Acesso em: 23 ago. 2026.

FERRÃO, R. G. *et al*. **Café arábica: técnicas de produção sustentável**. Vitória: Incaper, 2020. Disponível em: https://biblioteca.incaper.es.gov.br. Acesso em: 24 ago. 2026.

LI, Xue *et al*. Effect of different ratios of red and blue light on maximum stomatal conductance and response rate of cucumber seedling leaves. **Agronomy**, v. 13, n. 7, p. 1941, 2023. https://doi.org/10.3390/agronomy13071941. Acesso em: 24 ago. 2026.

MARIANO, Gustavo Fernandes *et al*. Fotoautotrofia e fotomixotrofia de plantas micropropagadas in vitro. In: WERNER, Elias Terra; CAVATTE, Paulo Cezar; BATITUCCI, Maria do Carmo Pimentel (org.). **I Tópicos especiais em biologia vegetal: contribuições do PPGBV/UFES: fisiologia, biodiversidade e conservação de organismos fotossintetizantes**. Campos dos Goytacazes: Encontrografia, 2026. DOI: https://doi.org/10.52695/978-65-5456-195-2. Acesso em: 24 ago. 2026.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. **A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures**. Physiologia Plantarum, v. 15, n. 3, p. 473-497, 1962. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x. Acesso em: 24 ago. 2026.

NERY, L. A. *et al*. **Leaf development and anatomy of in vitro-grown Polygala paniculata L. are affected by light quality, gelling agents, and sucrose**. Vegetos, v. 34, p. 19-28, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s42535-021-00192-3. Acesso em: 24 ago. 2026.

PAULINO, M. A. P. P. *et al*. **Desenvolvimento in vitro de Cyrtopodium cachimboense L. C. Menezes em diferentes níveis de sacarose**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 2, p. 18844-18860, 2021. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-500. Acesso em: 25 ago. 2026.

Pereira, E. J., Roque, J. L., de Sousa, B. S., das Neves, J. S. F., de Souza, M. L., Porto, J. M. P., & Braga, F. T. Reguladores vegetais e sacarose na germinação *In Vitro* de licuri (Syagrus coronata (Mart.) Becc) / Vegetable regulators and sucharosis in the In Vitro germination of licuri (Syagrus coronata (Mart.) Becc). **Brazilian Journal of Development**, *7*(2), 18812–1882 (2021). https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-498. Acesso em: 25 ago. 2026.

PSHYBYTKO, N. L. Assessment of P700 Redox State of Tomato Plants Under the Combined Influence of Elevated Temperature and Fusarium oxysporum Infection by Differential Absorption Photometry Using Saturating Light Pulse Technology. **Journal of Applied Spectroscopy**, v. 91, n. 1, p. 47-54, 2024. https://doi.org/10.1007/s10812-024-01689-w. Acesso em: 25 ago. 2026.

SILVA, L. C. F. *et al*. **Physicochemical and sensory properties of Arabica coffee beans of Arara cv. dried using different methods**. Foods, Basel, v. 13, n. 5, p. 642, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/foods13050642. Acesso em: 25 ago. 2026.

SOUZA, L. M. de; BARBOSA, M. R.; NASCIMENTO, K. R. P.; FONSECA, P. T.; HOULLOU, L. M. **Cultivo fotoautotrófico e fotomixotrófico de plantas in vitro: uma revisão sistemática sobre o uso da técnica e suas implicações na produção de mudas de espécies arbóreas.** Multidisciplinary Sciences Reports, v. 3, n. 3, p. 1-20, 2023. DOI: https://doi.org/10.54038/ms.v3i3.42 Acesso em: 22 ago. 2026.

TRAUGER, M. *et al*. **CO_2 supplementation eliminates sugar-rich media requirement for plant propagation using a simple inexpensive temporary immersion photobioreactor.** *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, v. 150, p. 57–71, 2022. https://doi.org/10.1007/s11240-021-02210-3. Acesso em: 25 ago. 2026.

BARBOSA, G. G.; TARGA, V. M. I.; OTONI, W. C.; RONDON, J. N.; COSTA, F. A. **Cultivo in vitro de embrião zigótico de baru influenciado por tipos de vedações e concentrações de sacarose**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 4, p. 42390-42408, 2021. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-619. Acesso em: 26 ago. 2026.

FORTINI, E. A.; BATISTA, D. S.; MAMEDES-RODRIGUES, T. C. *et al*. **Gas exchange rates and sucrose concentrations affect plant growth and production of flavonoids in Vernonia condensata grown in vitro**. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, v. 144, p. 593-605, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s11240-020-01981-5. Acesso em: 26 ago. 2026.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), campus Alegre – ES, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, com financiamento da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Agradecemos também à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio aos projetos de pesquisa aprovados e pelo incentivo ao desenvolvimento científico e tecnológico.