

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ESPECTROS DE LUZ LED NOS ASPECTOS MORFOLÓGICOS DE PLÂNTULAS DE *Solanum lycopersicum* GERMINADAS *in vitro*

Autores: Thalya Campelo Vitor¹, Kátia Aguiar de Souza Monteiro¹, Mayla Bessa Scotá¹, Ana Luiza Assis Semonato¹, Aline dos Santos Bergamin¹, Milene Miranda Praça Fontes¹, Elias Terra Werner¹.

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, ES / Laboratório de Citogenética e Cultura de Tecidos Vegetais, Alto Universitário, S/N, Guararema - 29500-000 - Alegre-ES, Brasil,
thalyavitor26@gmail.com, katiamonteiro0603@gmail.com, mayla_scotta@hotmail.com,
alassissemonato@gmail.com, alinebergamin258@hotmail.com, milenemiranda@yahoo.com.br,
elias.werner@ufes.br

Resumo

Solanum lycopersicum é uma das hortaliças mais cultivadas mundialmente, com frutos ricos em nutrientes e compostos bioativos como o licopeno. O cultivo enfrenta desafios na fase inicial, especialmente sob estresses abióticos, e a cultura de tecidos vegetais surge como alternativa promissora para o desenvolvimento controlado de plântulas. Este estudo avaliou o impacto de diferentes espectros de luz LED (branca, rosa e branca + rosa) no desenvolvimento de plântulas de *S. lycopersicum* cultivadas *in vitro*. Embora não tenham sido observadas diferenças estatísticas significativas na altura e no peso das plântulas, a luz rosa isolada resultou em folhas menores, atrofiadas e menor volume de raiz. No entanto, a combinação branca + rosa promoveu maior vigor e aspecto saudável. Esses resultados destacam a importância do balanço espectral para a qualidade morfofisiológica das plantas regeneradas, indo além da simples germinação e acúmulo de biomassa.

Palavras-chave: Cultura de tecidos, Germinação, LED, Tomate.

Área do Conhecimento: Fisiologia

Introdução

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L., *Solanaceae*) está entre as hortaliças mais cultivadas e economicamente relevantes no mundo. Além de sua ampla distribuição e expressivo volume de produção, o fruto é uma fonte valiosa de nutrientes essenciais, incluindo ferro, vitaminas A e C, ácidos orgânicos, aminoácidos e fibras alimentares (Namitha & Negi, 2013). Entre os compostos bioativos presentes, destaca-se o licopeno, um carotenoide amplamente estudado devido aos seus benefícios associados à saúde humana (Riso *et al.*, 2010). Apesar de sua importância agrícola e nutricional, o cultivo do tomate enfrenta desafios significativos relacionados a estresses ambientais. Diversos fatores bióticos e abióticos afetam negativamente a produtividade das plantas, sendo os estresses abióticos, como seca, salinidade e altas temperaturas, especialmente prejudiciais. Esses fatores têm sido associados a perdas substanciais na produção agrícola em escala global (Martinez *et al.*, 2018).

Como alternativa para mitigar os impactos dos estresses abióticos que comprometem o desempenho do tomateiro, o cultivo *in vitro* pode ser empregado como ferramenta experimental para avaliar, em condições controladas, o efeito da iluminação sobre a germinação e o desenvolvimento morfológico inicial das plântulas. Essa abordagem permite manipular de forma precisa variáveis como o espectro luminoso e a temperatura, simulando cenários que podem ser aplicados em estufas com controle ambiental, prática estratégica para espécies sensíveis a variações de luz e calor, como o tomateiro (Naznin *et al.*, 2019). Estudos indicam que a exposição a combinações específicas de luz vermelha e azul favorece o crescimento, a área foliar, a biomassa e o vigor radicular de plântulas de *S. lycopersicum*, contribuindo para maior tolerância a condições adversas (Wang *et al.*, 2022).

Ademais, a aplicação de luz vermelha (pico em 661 nm) combinada com luz azul (pico em 449 nm) em diferentes proporções melhora o desempenho fisiológico e morfológico de plântulas de tomate, promovendo maior taxa fotossintética, conteúdo de pigmentos, área foliar e massa seca (Naznin *et*

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

al.2019). Esses resultados reforçam a importância da seleção criteriosa do espectro luminoso no cultivo *in vitro*, especialmente para espécies sensíveis a variações ambientais como o tomateiro.

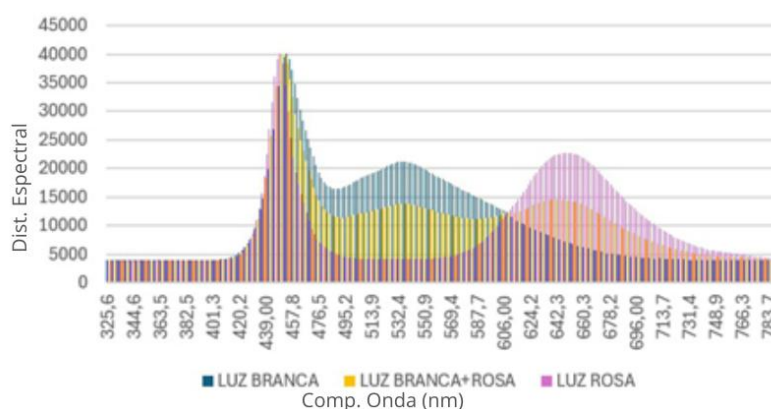
A luz, além de essencial para os processos fisiológicos das plantas, como a fotossíntese e a fotomorfogênese, também influencia a síntese e o acúmulo de fitoquímicos de interesse agrônomo e farmacológico (Shohael *et al.*, 2005). Além disso, o uso de LEDs tem se mostrado uma alternativa eficiente para melhorar a qualidade do cultivo *in vitro* sendo comparado com fontes de luz convencionais, como lâmpadas fluorescentes, os LEDs apresentam vantagens como maior durabilidade, menor geração de calor, controle espectral mais preciso e emissão em comprimentos de onda específicos, o que aumenta as chances de melhor desempenho das mudas após o cultivo *in vitro* (Araújo *et al.*, 2021).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes condições de luz (branca, rosa e a combinação branca/rosa) sobre a germinação e o desenvolvimento inicial *in vitro* de sementes de *Solanum lycopersicum*, utilizando um protocolo padronizado de desinfestação.

Metodologia

O experimento foi conduzido no Laboratório de Citogenética e Cultura de Tecidos Vegetais da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), campus de Alegre-ES. As sementes de tomate foram inicialmente lavadas em água corrente com detergente, seguidas de imersão em Álcool 70% (v/v) por 1 minuto sob agitação constante. Em seguida, foram desinfetadas com hipoclorito de sódio contendo 2,5% (v/v) de cloro ativo (NaClO) (com adição de Tween 20 (0.1%) por 10 minutos e enxaguadas de 3 vezes com água de osmose autoclavada. As sementes foram inoculadas em tubos de ensaio contendo 10,0 mL de meio de cultura MS (Murashige e Skoog, 1962), preparado com 4,4 g L⁻¹ dos sais básicos e suplementado com 30 g L⁻¹ de sacarose, 7,5 g L⁻¹ de ágar, e o pH foi ajustado para 5,7 ± 0,1 antes da autoclavagem. Para o experimento, foram utilizadas três fontes de iluminação artificial: LED Branca (25,87 µE), LED Branca + Rosa (52,75 µE) e LED Rosa (25,82 µE). A distribuição espectral de cada tipo foi determinada a partir do comprimento de onda emitido (Gráfico 1). A luz LED Branca apresentou emissão predominante na faixa de luz visível entre aproximadamente 450–650 nm; a LED Rosa concentrou picos de emissão nas regiões azul (~450 nm) e vermelho (~660 nm); enquanto a combinação LED Branca + Rosa apresentou espectro mais abrangente, unindo picos nas faixas características das luzes branca e rosa. Após a desinfestação, as sementes foram mantidas em sala de crescimento com fotoperíodo de 16 h/8 h (luz/escuro), temperatura de 25 °C e duração de 30 dias. Foram testadas três condições de luz: LED Rosa, LED Branca e a combinação LED Branca + LED Rosa. As variáveis avaliadas foram: porcentagem de germinação, desenvolvimento da parte aérea e peso fresco. Além disso, foram observados visualmente os aspectos morfológicos das plântulas.

Figura 1 – Distribuição espectral da intensidade luminosa em função do comprimento de onda (nm) os três diferentes tipos de iluminação



Fonte: A autora (2024).

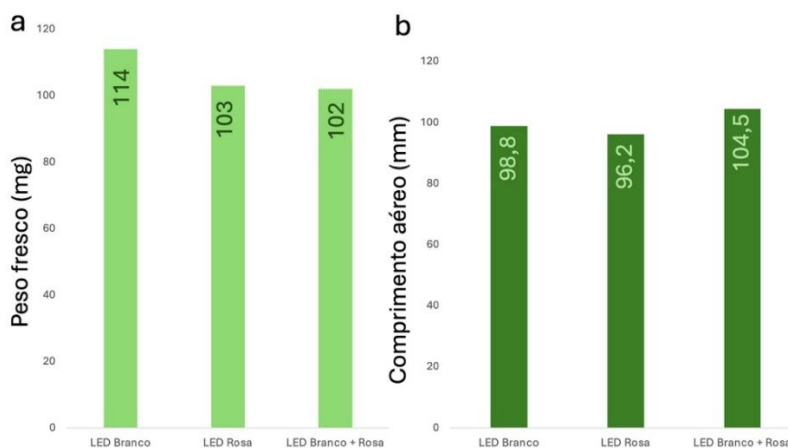
A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

A análise estatística dos dados foi conduzida no software RStudio (versão 2024.12.1-563). Inicialmente, aplicou-se a análise de variância (ANOVA) para verificar diferenças significativas entre os tratamentos. Quando presentes, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se nível de significância de 5%. A normalidade dos resíduos foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett.

Resultados

Os resultados da análise estatística não revelaram diferenças significativas na porcentagem final de germinação entre os tratamentos luminosos, com uma média de 100% de germinação em todos os tipos de luzes testadas. A altura média e o peso fresco das plântulas de *S. lycopersicum* cultivadas por 30 dias em condições *in vitro* não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos submetidos à luz LED Branca, LED Branca + Rosa e LED Rosa. Esses resultados estão detalhados na Figura 2.

Figura 2. A. Média de peso fresco (mg) e B. comprimento da parte aérea (mm) de plântulas de *S. lycopersicum* cultivadas *in vitro* sob diferentes condições de luz (LED Branco, LED Rosa, LED Branco + LED Rosa) após 30 dias germinadas.



Fonte: A autora (2024).

Em termos quantitativos, as plântulas cultivadas sob a luz combinada LED Branca + Rosa apresentaram maior altura média (104,5 mm), seguidas pela luz LED Branca (98,8 mm) e, por fim, pela luz LED Rosa (96,2 mm). No entanto, essas diferenças não foram suficientes para gerar significância estatística. O mesmo padrão é observado para o peso fresco, com valores muito próximos entre os tratamentos, 114 mg, 103 mg e 102 mg, respectivamente.

Apesar da ausência de diferenças estatisticamente significativas, as observações qualitativas revelaram distinções morfológicas entre as plântulas, como demonstrado na Figura 3. As plântulas expostas à luz LED Branca (Fig. 3.1) e à combinação LED Branca + Rosa (Fig. 3.3) apresentaram um desenvolvimento visivelmente mais robusto do que as plântulas cultivadas sob a luz LED Rosa (Fig. 3.2).

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Figura 3. Desenvolvimento morfológico de plântulas de *Solanum lycopersicum* (tomateiro) germinadas *in vitro* após 30 dias sob diferentes espectros de luz: (1) LED Branca; (2) LED Rosa; (3) LED Branca e Rosa.



Fonte: A autora (2024).

As plântulas dos grupos de luz LED Branca e LED Branca + Rosa exibiram maior volume de raízes e ramificações laterais, indicando um crescimento mais vigoroso. Suas folhas também se mostraram mais expandidas e em maior quantidade, com uma tonalidade verde levemente mais clara, o que sugere uma melhor assimilação dos nutrientes do meio de cultura. Em contraste, as plântulas do grupo LED Rosa apresentaram um desenvolvimento menos expressivo, com folhas e raízes menores.

Discussão

A combinação dos espectros de LED Branca + Rosa promoveu maior vigor nas plântulas de *S. lycopersicum*, evidenciado pelo aspecto visual mais saudável e pelo desenvolvimento morfofisiológico superior. Esses resultados corroboram estudos que mostram a importância de espectros luminosos combinados na promoção do crescimento vegetal *in vitro*. Por exemplo, Naznin *et al.* (2019) avaliaram diferentes proporções de luz vermelha (661 nm) e azul (449 nm) em plântulas de tomate cultivadas *in vitro*, e observaram que a combinação dessas luzes favoreceu significativamente a altura, número de folhas e crescimento radicular, reforçando a importância do equilíbrio espectral para a fotomorfogênese das mudas.

A luz azul, com comprimento de onda de 450 nm, tem sido associada à fotossíntese e a características morfológicas das folhas, como o aumento da massa foliar por unidade de área (LMA), em plantas de pepino (Hogewoning *et al.*, 2010). Além disso, a luz azul está envolvida na regulação da fotomorfogênese por meio da ativação de fotoreceptores como criptocromos e fototropinas, que influenciam processos como a abertura estomática e o crescimento celular. A luz vermelha com comprimento de onda de 660 nm é a que exerce maior influência na fotomorfogênese das plantas. O fitocromo é o fotorreceptor responsável pela absorção desse espectro (Taiz *et al.*, 2017.)

Em contrapartida, o uso isolado da LED Rosa (com predominância de luz vermelha) resultou em plântulas com menor desenvolvimento radicular, apesar de não afetar significativamente a altura total, conforme observado em estudos que demonstram a inibição da ramificação radicular sob luz vermelha monocromática (Meng *et al.*, 2020). Essa resposta foi consonância no experimento, no qual plântulas submetidas exclusivamente à LED Rosa apresentaram folhas atrofiadas e menor desenvolvimento radicular.

O sistema radicular é especialmente sensível à qualidade espectral da luz, dependendo da presença equilibrada da luz azul para ativar processos fisiológicos essenciais à ramificação e absorção de nutrientes (Paradiso & Proietti, 2021; Meng *et al.*, 2020). Izzo, Arena e Debergh (2020) também relataram alterações morfológicas negativas em plantas de tomate expostas à luz monocromática vermelha, destacando a importância de espectros balanceados para o desenvolvimento adequado das mudas.

Conclusão

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Os resultados deste estudo demonstram que a luz é um fator determinante para o desenvolvimento morfológico de plântulas de *S. lycopersicum* cultivadas *in vitro*. A combinação de luz branca + rosa promoveu maior vigor e um aspecto saudável das plântulas. Em contrapartida, a luz rosa isolada, embora não tenha afetado significativamente a altura e o peso, resultou em estruturas vegetais atrofiadas, com folhas menores e menor volume de raiz, evidenciando a importância do balanço espectral para uma morfogênese adequada. Portanto, reforçam a necessidade de uma escolha criteriosa do espectro luminoso em protocolos de cultura de tecidos vegetais, visando não apenas à germinação, mas à qualidade morfofisiológica e ao desenvolvimento equilibrado das plantas regeneradas.

Referências

- ARAÚJO, E. F. et al. Iluminação LED no cultivo *in vitro*: efeitos no crescimento e desenvolvimento de plantas. *Revista de Biotecnologia Vegetal*, v. 21, n. 3, p. 45-56, 2021.
- HOGEWONING, S. W.; DOUWSTRA, P.; TROUWBORST, G.; VAN IEPEREN, W.; HARBINSON, J. Blue light promotes the formation of chloroplasts and enhances photosynthetic capacity in leaves of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Annals of Botany*, v. 105, n. 3, p. 485–495, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aob/mcq002>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- IZZO, L. G.; ARENA, C.; DEBERGH, P. C. The role of monochromatic red and blue light in tomato early photomorphogenesis and photosynthetic traits. *Environmental and Experimental Botany*, v. 179, 104195, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104195>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- LI, J.; DONG, Y.; WEI, M.; SHI, Q.; LI, Y.; YANG, F. Combination of red and blue lights improved the growth and development of eggplant (*Solanum melongena* L.) seedlings by regulating photosynthesis. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 40, p. 1477–1492, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10224-1>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- MENG, Q.; LI, Y.; LIU, J.; YANG, F. Monochromatic red light promotes shoot growth and inhibits root branching in *Arabidopsis*. *Frontiers in Plant Science*, v. 11, 599982, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.599982>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- NAMITHA, Kanakapura K.; NEGI, Pradeep S. Potencial morfogenético do tomate (*Lycopersicon esculentum*) cv. 'Arka Ahuti' para reguladores de crescimento vegetal. *Notulae Scientia Biologicae*, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 93–97, 2013. DOI: <https://doi.org/10.15835/nsb529037>. Disponível em: <https://www.notulaeobiologicae.ro/index.php/nsb/article/view/9037>. Acesso em: 12 ago. 2025.
- NAZNIN, M. T.; LEFSRUD, M.; AZAD, M. O. K.; PARK, C. H. Effect of different combinations of red and blue LED light on growth characteristics and pigment content of *in vitro* tomato plantlets. *Agriculture*, v. 9, n. 9, p. 196, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture9090196>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- PARADISO, R.; PROIETTI, S. Manipulação da qualidade da luz para controlar o crescimento e a fotomorfogênese de plantas em horticultura em estufa: o estado da arte e as oportunidades dos sistemas LED modernos. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 41, p. 742–780, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10337-y>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- RISO, P. et al. Lycopene absorption in humans after the intake of two different single-dose lycopene formulations. *Pharmacological Research*, v. 62, n. 4, p. 318-321, 2010.

A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

SHOHAEL, A. M.; ALI, M. B.; YU, K. W.; HAHN, E. J.; ISLAM, R.; PAEK, K. Y. Effect of light on oxidative stress, secondary metabolites and induction of antioxidant enzymes in *Eleutherococcus senticosus* somatic embryos in bioreactor. *Research Center for the Development of Advanced Horticultural Technology, Chungbuk National University*, Cheong-ju, Republic of Korea; *Cell Function Laboratory, National Food Research Institute*, Tsukuba, Japão; *Department of Botany, University of Rajshahi*, Bangladesh. Recebido em 19 out. 2005; recebido em versão revisada em 30 nov. 2005; aceito em 16 dez. 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. *Plant physiology and development*. 6. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2015. 761 p.

WANG, S. et al. A suplementação com luz LED vermelha e azul pela manhã pré-ativa o sistema fotossintético das folhas do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) e promove o crescimento da planta. *Agronomy*, v. 12, n. 4, p. 897, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy12040897>. Acesso em: 24 jul. 2025.

Agradecimentos

Universidade Federal do Espírito Santo.
Laboratório de Citogenética e Cultura de Tecidos Vegetais.
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.