



OTÁVIO BERNARDES MACHADO

**GERMINAÇÃO *in vitro* DE *Adenium*
*obesum***

SOB EFEITO DE LEDS

**LAVRAS-MG
2023**

OTÁVIO BERNARDES MACHADO

**GERMINAÇÃO *in vitro* DE *Adenium obesum*
SOB EFEITO DE LEDS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Moacir Pasqual
Orientador

Ms. Ronilson Carlos de Araújo
Coorientador

**LAVRAS-MG
2023**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me iluminar e guiar em todos os momentos. Aos meus pais Juliana e Ailton, por todo amor, carinho, compreensão, dedicação e apoio incondicional em minha jornada, sem vocês nada disso seria possível.

Aos meus irmãos Paula, Natália, Antônio e João Pedro, por todo suporte e conselhos, nos momentos em que nem eu acreditava que iria suportar, vocês estavam lá, amo vocês.

À minha Vó Maria Imaculada, por sempre ser um exemplo de pessoa batalhadora, honesta, amorosa e que nunca desiste.

Á Ronilson e Filipe, por toda paciência, companheirismo, ensinamentos, orientações, apoio e por sempre confiar em mim.

Ao meu amigo Marcos Corrêa por toda paciência, companheirismo, risadas, e suporte nos momentos de sufoco, que nossa amizade continue fortalecendo.

Aos técnicos Vantuil, Celso e toda equipe do Laboratório de cultura de tecidos, pelos cafés, conversas, piadas, sorrisos, ensinamentos e conselhos que levarei para sempre comigo.

À professora Joyce, por sempre me orientar, incentivar, aconselhar, pelas risadas e toda confiança em mim depositada.

Ao professor Moacir pela oportunidade, apoio e orientação.

A todos vocês **MUITO OBRIGADO!**

RESUMO

A germinação pode ser melhorada utilizando LEDs, pois proporciona significativa economia de energia elétrica, melhora nos índices germinativos, estimula o desenvolvimento inicial das plântulas e aumenta o conteúdo de pigmentos fotossintéticos. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes cores de LEDs e meios de cultura na germinação de sementes e crescimento inicial in vitro de plântulas de *Adenium obesum*. Os tratamentos foram constituídos na combinação de meios de cultura (MS e MRA) e LED (ausência de LED - controle; LED Branco; LED Azul; LED Verde; LED Laranja; LED Roxo e LED Vermelho). No período entre 3 e 30 dias pós-emergência foram realizadas análises de germinação, morfológicas e conteúdo de pigmentos fotossintéticos. O LED vermelho combinado com o meio MRA e roxo com o MS, promoveram aumento na taxa de germinação e menor índice de mortalidade. O melhor desenvolvimento inicial in vitro - ocorreu no LED vermelho, em ambos meios de cultura, com alterações positivas nas variáveis morfológicas. LED branco combinado com o meio MS e LED verde com MRA proporcionaram maiores teores de pigmentos.

Palavras-chave: Rosa do deserto, sementes, meios de cultura.

Sumário

RESUMO	4
1 INTRODUÇÃO	6
2 REFERENCIAL TEÓRICO	7
2.1 Rosa do deserto: Aspectos gerais da cultura, distribuição, características e uso.....	7
2.2 Produção de sementes	8
2.3 Biometria de sementes	8
2.4 Cultura de tecidos vegetais	8
2.5 Meio de cultura	9
2.6 Iluminação artificial.....	9
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Local do experimento	11
3.2 Preparo das sementes	11
3.3 Fontes de luz.....	12
3.4 Análises	13
3.4.1 Germinação.....	13
3.4.2 Morfológicas.....	14
3.4.3 Conteúdo de pigmentos fotossintéticos.....	14
3.4.3 Delineamento experimental e análise estatística	15
4 RESULTADOS	16
4.1 Efeito de diferentes LEDs na germinação de <i>Adenium obesum</i>	16
4.2 Efeito de LEDs no crescimento inicial de <i>Adenium obesum</i>	18
4.3 Efeito de LEDs nos teores de pigmentos fotossintéticos.....	20
5 DISCUSSÃO	23
5.1 Efeito de diferentes LEDs na germinação <i>in vitro</i> de <i>Adenium obesum</i>	23
5.2 Efeito de LEDs no crescimento inicial de <i>A. obesum</i>	24
5.3 Efeito de diferentes LEDs nos teores de pigmentos fotossintéticos.....	25
6 CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

Adenium obesum Roem. & Schult, conhecida popularmente como Rosa do Deserto, é uma angiosperma da família *Apocynaceae* nativa da África tropical e da Arábia, encontrada na maioria dos países tropicais e subtropicais (Talukdar, 2012; Akhtaret al., 2016).

A planta apresenta hábito de crescimento compacto, raízes suculentas, estrutura grossa do tronco, com caudex vistoso que atua como órgãos primários para reservas de água e nutrientes garantindo sua sobrevivência em locais áridos, boa ramificação com aspecto escultural e floração exuberante com alto nível de divergência nas cores das flores (Colombo et al., 2016). Segundo Colombo et al. (2015), a propagação do *A. obesum* é realizada principalmente por sementes, por proporcionar plantas com caudex mais inchado que aquelas propagadas a partir de estacas.

A propagação por estaquia é mais fácil, porém essas plantas não são bem aceitas no mercado ornamental por produzirem caules subterrâneos e não possuem a mesma exuberância das plantas propagadas via sementes. A produção comercial é recente, mas com a crescente demanda por floricultores e paisagistas, devido ao seu alto valor ornamental (Santos et al., 2015), é necessário estudos científicos sobre os métodos mais adequados de propagação, manejo da cultura e produção comercial de mudas (Colombo et al., 2018).

A utilização de LEDs na germinação de sementes de plantas pode proporcionar significativa economia de energia elétrica (Santos et al., 2015), melhorar os índices germinativos, o desenvolvimento inicial das plântulas e a concentração de pigmentos fotossintéticos devido à melhoria na qualidade da luz (Rocha et al., 2015).

Embora os LEDs sejam utilizados em várias plantas, tais como: crisântemo (Wozny e Miler, 2016), amoreira-preta (Rocha et al., 2013a), morangueiro (Rocha et al., 2010), cana-de-açúcar (Rocha et al., 2013b; Ferreira et al., 2016) e na batata (Rocha et al., 2015), não existem avaliações com essa fonte de luz, na germinação de sementes de *A. obesum*, não existindo um protocolo específico de germinação *in vitro* para essa cultivar (Portes et al., 2018). Segundo Dong et al. (2014) e Samuolienè et al. (2013), o grande desafio da cultura de tecidos é fornecer de maneira controlada intensidades de luz em quantidade e qualidade suficientes para a germinação de sementes e desenvolvimento das plantas. No entanto, estudos científicos relacionados ao cultivo *in vitro* de plantas do gênero *Adenium* são escassos na literatura (Kanchanapoom et al., 2010).

Diante deste cenário e devido à importância desta planta ornamental, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito de diferentes cores de LEDs e meios de cultura na germinação de sementes e

crescimento inicial *in vitro* de plântulas de *A. obesum*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Rosa do deserto: Aspectos gerais da cultura, distribuição, características e uso

A família Apocynaceae abrange cerca de 3700 a 5100 espécies distribuídas em 250 a 550 gêneros (Rapini, 2004). Dentre os gêneros está *Adenium* que engloba 11 espécies: *A. arabicum*, *A. boehmianum*, *A. crispum*, *A. multiflorum*, *A. obesum*, *A. oleifolium*, *A. Omã*, *A. socotranum*, *A. somalense*, *A. somalense 'Nova'* (Tanzânia) e *A. swazicum*. (Dimmitt et al., 2009).

A. obesum (Forssk.) Roem. & Schult., é uma planta conhecida popularmente como rosa do deserto, originária da África subsaariana (Plaizier., 1980; Kanchanapoom; Sunheem; Kanchanapoom., 2010). Trata-se de um arbusto suculento que apresenta base grossa e caule curto, casca acinzentada, folhas espiraladas geralmente dispostas na ponta dos galhos e flores com cores que variam de branco a vermelho púrpura. (Plaizier, 1980; Almeida et al., 2021).

A rosa do deserto apresenta propriedades anti-influenza (Kiyohara et al., 2012), antimicrobiana (Hossain et al., 2017), e eficácia citotóxica (Almehdar et al., 2012). Na região do Oriente Médio também é utilizada no tratamento de diversas doenças, como feridas, algumas doenças de pele, dores musculares e nas articulações (Hossain e Rahman., 2011).

O interesse na espécie como planta ornamental tem crescido bastante devido seus aspectos botânicos e fisiológicos, além de sua floração exuberante, que se adapta muito bem a ambientes de pleno sol e apresenta resistência a estresse hídrico (McBride et al., 2014; Colombo et al., 2018).

Somente nas últimas décadas o cultivo da rosa do deserto tem sido explorado economicamente, desta forma o conhecimento e recomendações a respeito do sistema de produção da espécie são incipientes. A propagação *in vitro* é amplamente utilizada para produção em escala comercial de plantas ornamentais, contudo existem poucas informações sobre o cultivo *in vitro* de *Adenium*, sendo necessárias pesquisas para desenvolvimento de protocolos de propagação (Colombo et al., 2018).

2.2 Produção de sementes

As sementes de *A. obesum* são formadas através da autopolinização ou polinização cruzada realizada manualmente, que consiste na retirada de uma ou duas pétalas da flor receptora, para que ocorra a exposição das anteras, remove-se as anteras usando uma pinça para coletar os grãos de pólen, que são transferidos para o estigma da flor receptora. Após 90 dias de polinização das flores, o folículo inicia a deiscência e as sementes podem ser coletadas para semeadura (Colombo et al., 2015).

2.3 Biometria de sementes

Após a polinização das flores de *A. obesum* os frutos são formados em pares e classificados como folículo apresentando medidas variando entre 15,1 a 25,1 cm de comprimento e 11,1 a 15,5 cm de diâmetro central, podendo produzir de 28 a 118 sementes por folículo, as sementes possuem forma cilíndrica, coloração marrom, tegumento e pappus de ouro marrom (cerdas) em ambas as extremidades, o que ajuda na dispersão pelo vento, quando se encontram maduros se abrem longitudinalmente para a liberação das sementes (Colombo et al., 2015).

2.4 Cultura de tecidos vegetais

A cultura de tecidos vegetais consiste no cultivo de partes de plantas, chamadas explantes, em meio nutritivo, ambiente controlado e asséptico. São inúmeras suas aplicações, podendo auxiliar na conservação de espécies ameaçadas em bancos de germoplasma, em germinação de sementes dormentes, na multiplicação de espécies de difícil propagação, na geração de plantas livres de vírus e na otimização da produção de mudas em grande escala (Andrade, 2002; Carvalho et al., 2011). O cultivo *in vitro* é usado como ferramenta em diversas áreas do conhecimento, que vão desde trabalhos em condições controladas de fisiologia vegetal a programas de melhoramento genético (Kumar et al., 2019).

O cultivo *in vitro* é de grande utilidade para espécies ornamentais, tornando possível acelerar o processo de multiplicação, gerando quantidade elevada de mudas com alta qualidade em curto período de tempo (Ferreira & Suzuki., 2008).

2.5 Meio de cultura

O meio de cultura deve ser preparado de acordo com as demandas de cada espécie, de modo a oferecer adequadamente todos os nutrientes necessários, algumas espécies ainda requerem o acréscimo de fitormônios para suprir hormônios vegetais e auxiliar o desenvolvimento inicial (Faria et al., 2002; Rosa, 2002; Santos et al., 2007). Logo, é preciso elaborar protocolos específicos para cada espécie, procedimentos alinhados às suas exigências, viabilizando o melhor desempenho da planta.

2.6 Iluminação artificial

A luz é a fonte de energia de plantas clorofiladas, responsável pela fotossíntese, vital ao desenvolvimento vegetal, estimula a germinação e indução floral, além de afetar processos anatômicos, bioquímicos e morfológicos (Ribeiro et al., 2009; Ilic e Fallik, 2017). Pesquisas apontam que as plantas reagem a diferentes espectros luminosos e apresentam percepção de qualidade e quantidade de luz (Ribeiro et al., 2009; Taiz et al., 2017; Cammarisano et al., 2020; Chen et al., 2021; Sutulienė et al., 2022;). Em cultivos *in vitro* a luminosidade, o fotoperíodo, a qualidade e a quantidade de luz interferem no desenvolvimento e na fisiologia das plantas (Ribeiro et al., 2009).

A utilização de iluminação agrícola interna, em ambientes controlados, gerou uma demanda de produção de fontes de luz mais eficientes (Al Murad et al., 2021). Os diodos emissores de luzes foram um grande progresso na iluminação artificial agrícola. O comprimento de onda específico, permite o controle da composição espectral e a regulação da intensidade e qualidade de luz, fornecendo altos níveis de luz com baixa emissão de calor radiante e menor consumo de energia elétrica. Esse sistema não usa eletrodos, que queimam, como lâmpadas fluorescentes e incandescentes, ocasionando em uma vida útil maior que as outras fontes de luz (Yeh e Chung., 2009).

Os LEDs são as primeiras fontes de luzes a possibilitar um controle efetivo da composição espectral, permitindo ajustes pontuais nos comprimentos de onda de forma a se ligarem a fotorreceptores específicos, o que pode potencializar a produção, afetar a morfologia e até a composição das plantas. Eles podem ser integrados a sistemas de controle digital, contribuindo de forma positiva em programas de iluminação complexos (Yeh e Chung., 2009).

Cada comprimento de onda provoca resultados diferentes na fisiologia da planta, as luzes:

a) Azul, responsável por estimular a produção de metabólitos com funções fotoprotetoras; b) Vermelha, modifica a morfologia vegetal através de fitocromos (Landi et al., 2020); c) Verde, eleva a fixação de carbono (Wang; Folta, 2013); d) Branca, aumenta o crescimento vegetal (Lin et al., 2013); e) Roxa, promove maior crescimento vegetal, aumentando o tamanho e peso das plantas (Hui Liu et al., 2018). Essas respostas podem variar também com o genótipo, as condições de cultivo e a espécie da planta (Jarerat et al., 2022).

Os LEDs podem substituir de forma eficiente lâmpadas incandescentes no controle de respostas fotoperiódicas em plantas com flores, lâmpadas fluorescentes na iluminação de salas de crescimento e ainda lâmpadas de sódio de alta pressão (HPS) na iluminação suplementar em estufas. O estudo de Gómez e Izzo (2018) relata uma gama de benefícios da utilização de LEDs no cultivo de plantas, que vão desde a redução de gastos relativos a diminuição de consumo de energia, ao auxílio no controle de pragas e doenças, e a capacidade de gerar respostas bioquímicas, fisiológicas e morfogênicas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido em sala de crescimento do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada no município de Lavras-MG, Brasil.

3.2 Preparo das sementes

3.2.1 Assepsia

Sementes de rosa do deserto (*A. obesum*) foram colocadas em imersão em álcool 70% por 1 min e, seguida de hipoclorito de sódio (2,5% p/v de cloro ativo) à 30% e 1 gota de Tween 20 por 20 min, sob agitação em agitador magnético.

Em câmara de fluxo laminar, previamente higienizada com álcool 70%, as sementes foram lavadas três vezes com água deionizada e autoclavada para remoção do desinfestante. Logo após, as sementes foram colocadas em tubos de ensaio com capacidade para 100 mL contendo 20 mL de meio MS (Murashige; Skoog, 1962) ou MRA. Além disso, 5,5 g L⁻¹ de ágar e 30 g L⁻¹ de sacarose foram adicionados aos meios (Tabela 1).

Tabela1. Concentração de nutrientes em diferentes meios de cultura.

Compostos	MS (mg L ⁻¹)	*MRA (mg L ⁻¹)
NH ₄ NO ₃	1650	226.02
KNO ₃	1900	793.64
KH ₂ PO ₄	170	233.82
KI	0.83	-
CaCl ₂ ·2H ₂ O	440	779.15
Mg (NO ₃) ₂	-	1525.64
MgSO ₄ ·7H ₂ O	370	534.86
H ₃ BO ₃	6.2	6.98
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.25	-
CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.025	-
MnSO ₄ ·4H ₂ O	22.3	31.6
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	8.6	20.04
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.025	7.065
Na ₂ EDTA·2H ₂ O	37.25	97.21
FeSO ₄ ·7H ₂ O	27.85	72.65
Myo-inositol	100	-
Glycine	2	-
Thiamine (HCl)	0.5	-
Nicotinic acid	0.5	-
Pyridoxine HCl	0.5	-

*Do autor

O pH dos meios foram ajustados para $5,7\pm 0,3$ antes da autoclavagem à $121\pm 1^\circ\text{C}$ e 1,05 atm de pressão por 20 min. Após a semeadura, os tubos foram vedados com parafilme e mantidos em sala de crescimento com temperatura de $25\pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 16 h, sob diferentes LEDs.

3.2.2 Transferência para sala de crescimento

Após a inoculação das sementes, os tubos foram vedados com parafilme e transferidos para sala de crescimento com temperatura de $25\pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 16 h, sob diferentes diodos emissores de luz (LEDs) (branco, azul, verde, laranja, vermelho, roxo (2 azuis: 1 vermelho) e o controle (escuro) .

3.3 Fontes de luz

As medições de fluxo de fótons de diodos emissores de luz (Led Tec-LUX, Tecnal®, Piracicaba, Brasil) foram realizadas a 18 cm das lâmpadas, aproximadamente na

altura do topo da planta, usando um espectrorradiômetro (Li-1400, LI-COR Biosciences, EUA), 60 dias após a germinação, onde encontrou-se os seguintes valores: LED branco 6400 K ($\lambda=525$ nm); LED roxo (2 LEDs azuis, 1 LED vermelho); LED azul ($\lambda=430$ nm); LED verde ($\lambda=520$ nm); LED laranja ($\lambda=595$ nm); LED vermelho ($\lambda=670$ nm) O controle foi realizado na ausência de luz (escuro) (Figura 1).

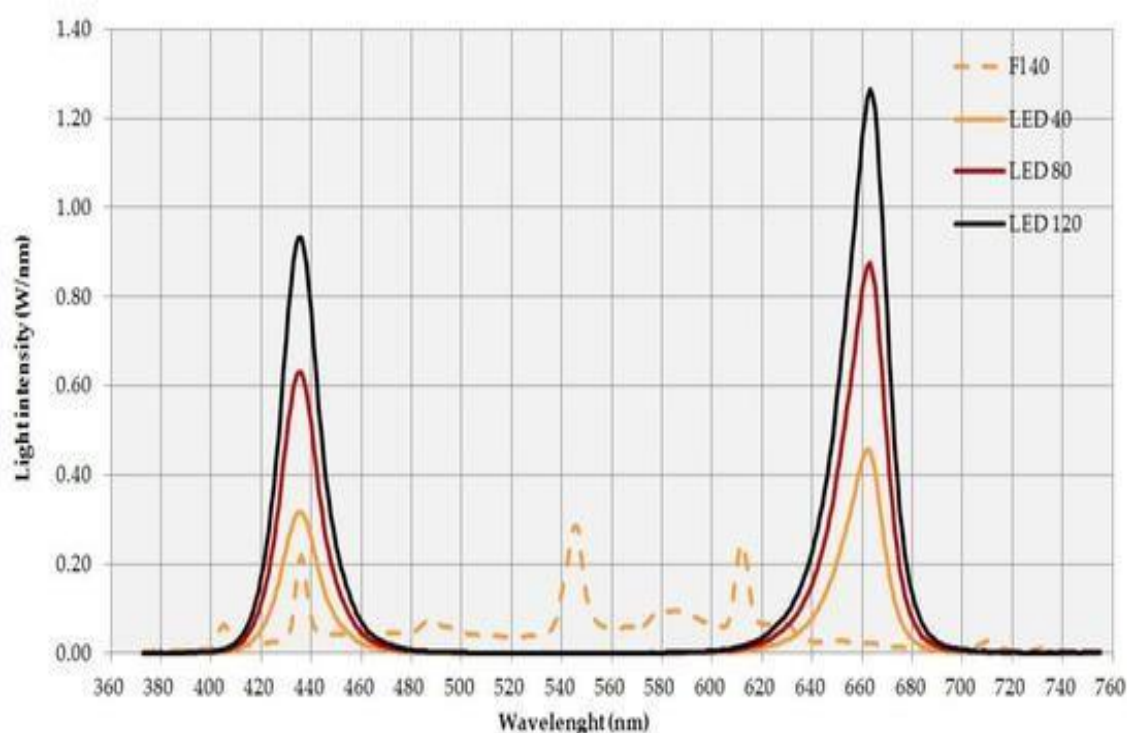


Figura 1. Espectros de luz avaliados durante o cultivo *in vitro* de *Adenium obesum*. a) LED azul (430 nm); b) verde (nm); c) laranja (nm); d) branco 7000 K (nm); e) vermelho (670 nm); f) roxo (2 azuis; 1 vermelho). LED - diodo emissor de luz.

3.4 Análises

3.4.1 Germinação

As avaliações iniciaram no terceiro dia após a semeadura, seguindo diariamente durante 30 dias, consistindo na observação e contagem individual das sementes germinadas. As sementes foram consideradas germinadas as que apresentaram emissão de raiz (cerca de 2 mm).

As variáveis calculadas foram as seguintes:

a) **Germinação (G):** calculada a partir da fórmula $G (\%) = N/A * 100$, em que: N = número de sementes germinadas ao final do teste; A= número total de sementes colocadas para germinar (Labouriau,1983).

b) **Índice de velocidade de germinação (IVG):** calculado pela fórmula $IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n$, em que: G_1, G_2, \dots, G_n = número de plântulas normais na primeira, segunda até enésima observação; N_1, N_2, \dots, N_n = número de dias (ou horas) após a sementeira. Unidade: adimensional (Maguire, 1962).

c) **Tempo médio de germinação (TMG):** calculado pela fórmula $TMG = (\sum n_i t_i) / \sum n_i$, onde: n_i = número de sementes germinadas por dia; t_i = tempo de incubação; $i = 3$ a 30 dias. Unidade: dias (Labouriau, 1983).

d) **Velocidade média de germinação (VMG):** calculada pela fórmula $VMG = 1/t$ onde: t = tempo médio de germinação. Unidade: dias (Labouriau, 1983).

e) **Mortes de plantulas pós-emergência:** contagem de plantulas mortas entre 3 e 30 dias após sementeira.

3.4.2 Morfológicas

Aos 60 dias após sementeira, foram avaliados número de folhas (NF); comprimento de folhas (CF), medida na posição vertical de uma extremidade a outra; comprimento total da planta (CTP), medida da extremidade da raiz até o ápice caulinar; massa fresca da planta inteira (MFPI) e massa seca (MSPI), cujas amostras foram armazenadas em sacos de papel e transferidas para estufa de circulação forçada de ar à 60 °C por 96 h e, em seguida, as massas foram mensuradas em balança analítica de precisão (CELTAC FA2104N).

3.4.3 Conteúdo de pigmentos fotossintéticos

A análise de pigmentos foi realizada no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil.

Folhas frescas ($\pm 0,015$ g) de rosa do deserto (*A. obesum*) foram transferidas para tubos de ensaio contendo 3 mL de acetona 80%. Os tubos de ensaio foram envoltos por papel alumínio a fim de se evitar o contato da amostra com a luz e impedir a degradação dos pigmentos. Após 24 h em geladeira à $\pm 4^\circ\text{C}$, mensurou-se a absorvidade das amostras em espectrofotômetro Elisa Multiskan GO (Thermo Fisher Scientific) nos comprimentos de onda 470, 645, 652 e 663 nm, segundo metodologia de Scopel et al. (2011).

Para a determinação dos teores de clorofila a, b, total e carotenoides foram utilizados equações propostas por Lichtenthaler e Wellburn (1983) e Zhang et al. (2009). As leituras dos comprimentos de onda foram realizadas em triplicada, utilizando-se 3 repetições por

tratamento. A análise foi realizada por meio o programa Skanit Software 5.0 for Microplate Readers RE versão 5.0.0.42.

3.5 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados com 3 repetições e 4 sementes cada em esquema fatorial 2x7, visando testar 2 meios de cultura, 6 LEDs coloridos de luz fria (branca, azul, verde, laranja, vermelha, roxa (2 azuis: 1 vermelho) e o controle (escuro), totalizando 14 tratamentos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade pelo programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

4 RESULTADOS

4.1 Efeito de diferentes LEDs na germinação de *Adenium obesum*

Os tratamentos com as diferentes LEDs promoveram respostas significativas na germinação, índice de velocidade de emergência, tempo médio de germinação, velocidade média de germinação em sementes e porcentagem de mortes pós emergência de plântulas de *Adenium obesum* (Fig.2 e Fig.3).

Germinação: Efeito significativo foi observado entre os diferentes LEDs (Fig.2.A). Maiores taxas de germinação foram observadas no LED vermelho ($100 \pm 4,23\%$) em meio MRA e LED roxo ($83,33 \pm 4,23\%$) em meio MS.

Índice de velocidade de germinação: Diferença significativa entre os diferentes LEDs ocorreu nos meios MS e MRA (Fig.2.B). O melhor resultado foi observado com o LED vermelho ($1,6 \pm 0,10$) em meio MRA e LED roxo ($1,49 \pm 0,10$) em meio MS.

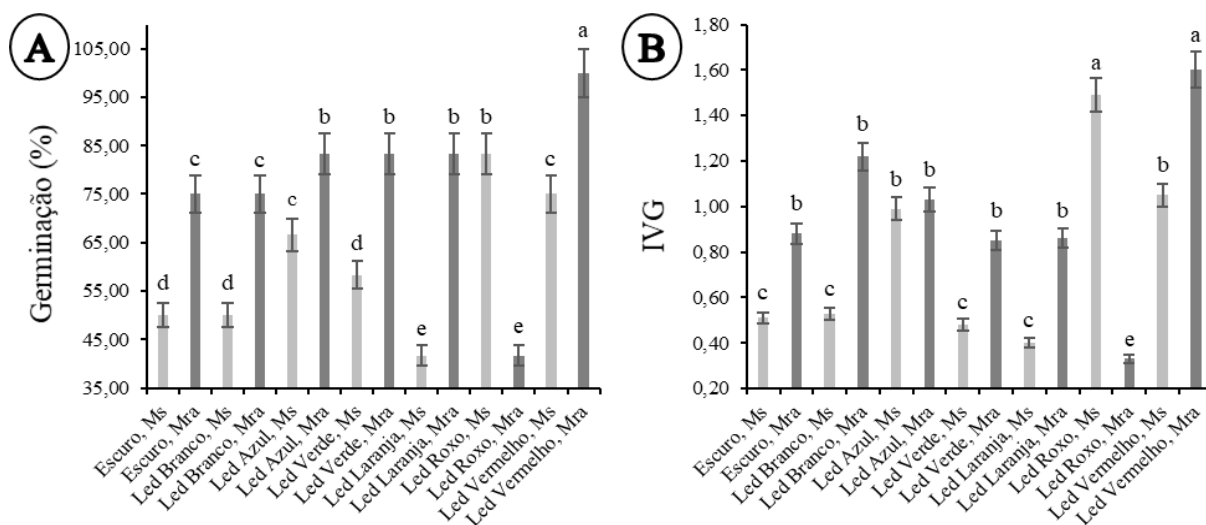


Fig.2. Germinação (A) e índice de velocidade de germinação (IVG) (B) em sementes de *Adenium obesum* germinadas em diferentes meios de cultura sob diferentes LEDs em sala de crescimento com ambiente controlado. Tratamentos seguidos pela mesma letra, minúscula, não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade.

Tempo médio de germinação: Diferença significativa foi observada em todos os LEDs com utilização dos meios de cultura MS e MRA (Fig.3.A). O maior TMG foi observado com o LED roxo ($3,24 \pm 0,21$ dias) em meio MRA e LED laranja ($3,12 \pm 0,10$ dias), no entanto, não diferiram significativamente do LED verde ($2,8 \pm 0,10$ dias) em meio MS.

Velocidade média de germinação: A germinação *in vitro* iniciou-se no terceiro dia indo até o vigésimo primeiro dia após a sementeira, ocorrendo alto índice de germinação (Fig.2.A) e VMG (Fig.3.A) na presença: **a)** LED vermelho em meio MRA, antecipando o processo de germinação em relação ao LED branco e escuro (0 dia); LED laranja (1 dia); LEDs azul e verde (2 dias) e LED roxo (9 dias); **b)** LED roxo em meio MS, antecipando o processo de germinação em relação ao LED azul (1 dia); LEDs branco e vermelho (2 dias); LED laranja (3 dias); escuro (4 dias) e LED verde (5 dias). O meio MS e MRA associados as diferentes cores de LEDs apresentaram diferença significativa (Fig.3.B). A maior VMG foi observada com o LED vermelho ($1,10 \pm 0,07$ dias), não diferindo significativamente do LED Branco ($1,06 \pm 0,07$ dias) em meio MRA e LED roxo ($1,09 \pm 0,07$ dias) em meio MS.

Mortes pós emergência: Efeito significativo foi observado em todas as cores de LEDs (Fig.3.C). A maior porcentagem de mortes de plântulas foi observada com o LED vermelho ($58,33 \pm 3,53\%$) não diferindo significativamente do LED roxo ($50 \pm 3,53\%$) em meio MS e o escuro ($33 \pm 3,53\%$) não diferindo significativamente do LED azul e verde ($30 \pm 3,53\%$) em meio MRA.

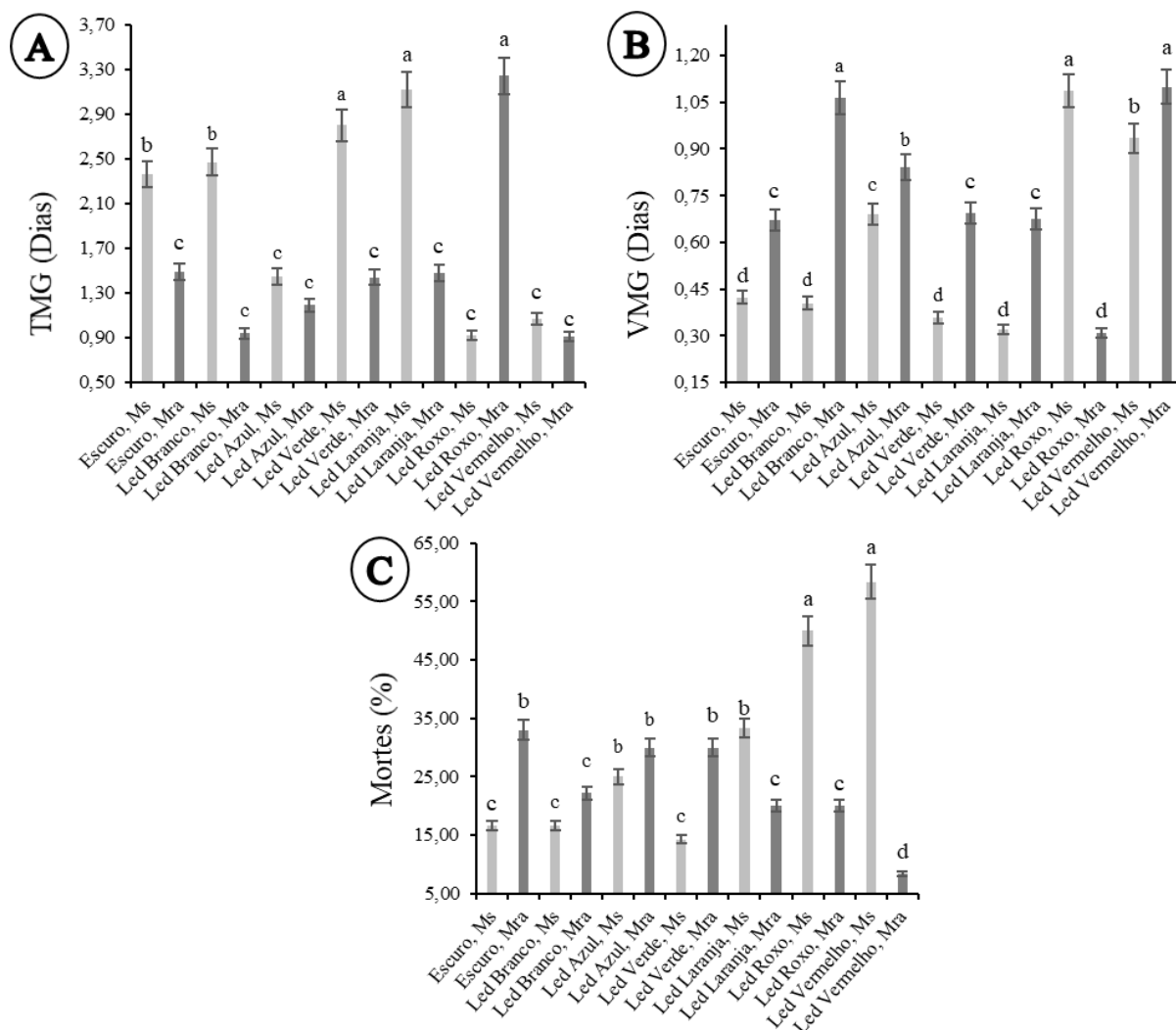


Fig.3. Tempo médio de germinação (TMG) (A), velocidade média de germinação (VMG) (B) e mortes pós-germinação (C) em sementes de *Adenium obesum* germinadas em diferentes meios de cultura sob diferentes LEDs em sala de crescimento com ambiente controlado. Tratamentos seguidos pela mesma letra, minúscula, não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade.

4.2 Efeito de LEDs no crescimento inicial de *Adenium obesum*

Independentemente do meio de cultura, influência significativa dos LEDs para massa fresca e seca de planta inteira (Fig.4); número e comprimento de folhas; e comprimento de planta inteira (Fig.5) foi observada.

Massa fresca da planta inteira: Efeito significativo foi observado em todas os LEDs (Fig.4.A). Maiores incrementos em massa fresca ocorreram com a utilização do LED vermelho em meio MS ($2,01 \pm 0,15$ g) e em meio MRA ($1,83 \pm 0,15$ g).

Massa seca da planta inteira: Todos os tratamentos apresentaram efeito significativo

(Fig.4.B). Maiores valores em massa seca ocorreram com a utilização do LED vermelho em meio MS ($0,08 \pm 0,006$ g) e em meio MRA ($0,07 \pm 0,006$ g).

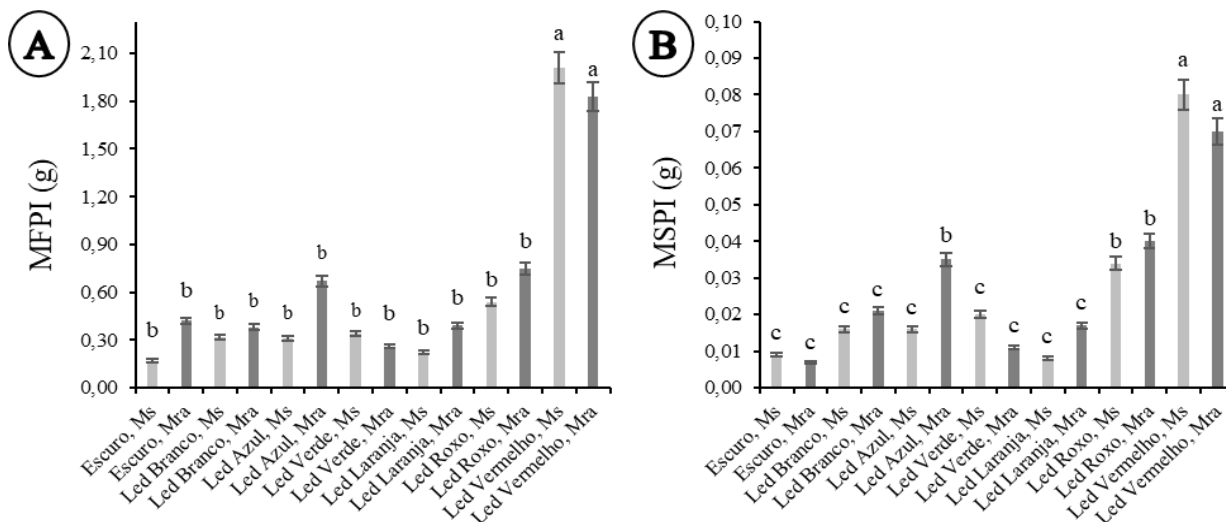


Fig.4. Massa fresca (MFPI) (A) e massa seca da planta inteira (MSPI) (B) em plântulas de *Adenium obesum* cultivadas em diferentes meios de cultura sob diferentes LEDs em sala de crescimento com ambiente controlado. Tratamentos seguidos pela mesma letra, minúscula, não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade.

Número de folhas: Os LEDs diferiram significativamente nos meios de cultura utilizados. (Fig.5.A). Maior número de folhas foi observado com a utilização do LED vermelho ($12,33 \pm 0,8$) em meio MS e ($9 \pm 0,8$) em meio MRA.

Comprimento das folhas: Todos os tratamentos apresentaram efeito significativo (Fig.5.B). As plantas com maior comprimento de folhas foram observadas com o LED vermelho ($17,35 \pm 1,22$ mm) em meio MRA e ($16,84 \pm 1,22$ mm) em meio MS.

Comprimento da planta inteira: Efeito significativo foi observado em todos os tratamentos (Fig.5.C). Maior comprimento de planta inteira foi observado com a utilização do LED vermelho ($128,52 \pm 6$ mm) em meio MS e ($111,21 \pm 6$ mm) em meio MRA.

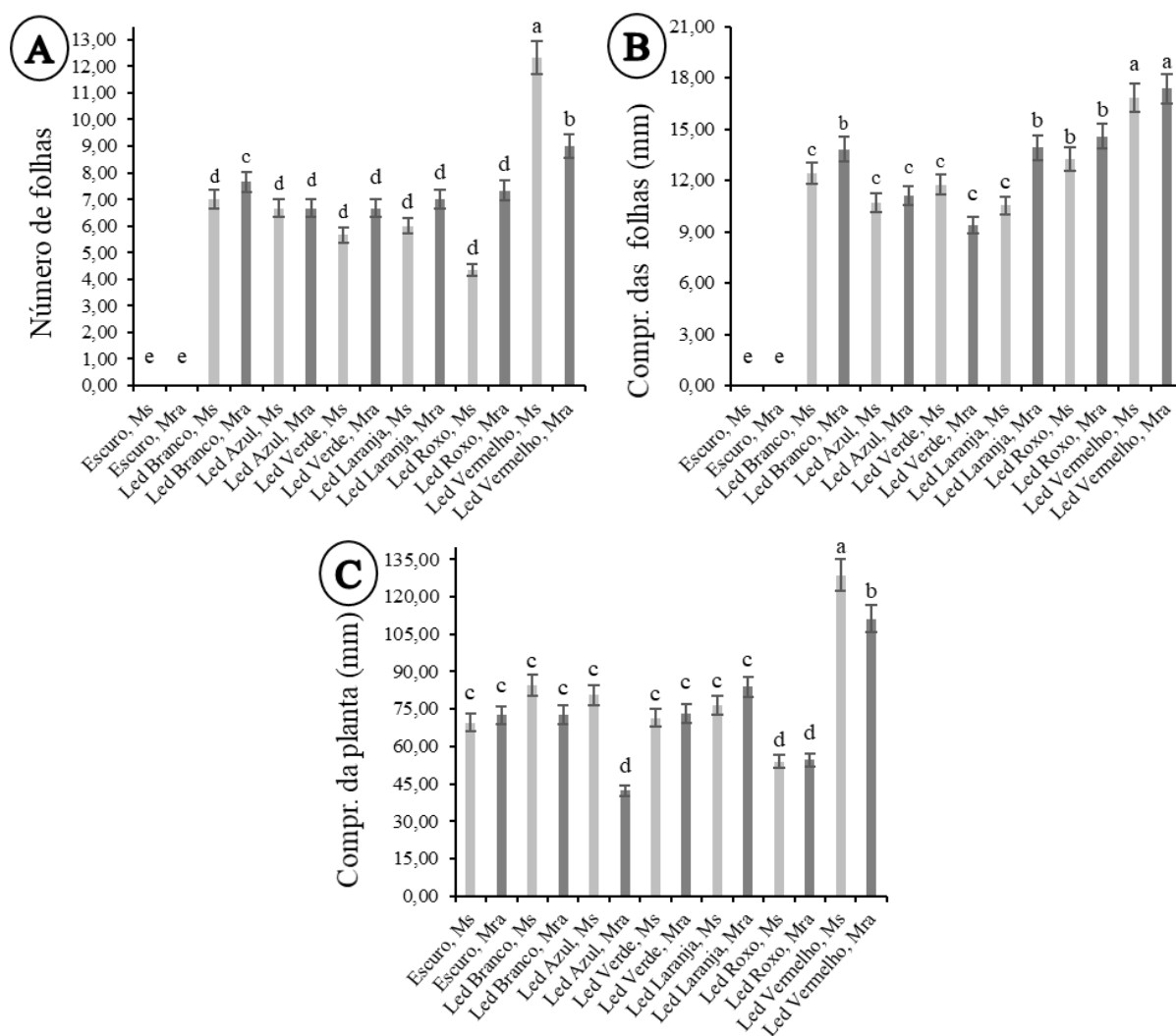


Fig.5. Número de folhas (A), comprimento das folhas (B) e comprimento da planta inteira (C) em plântulas de *Adenium obesum* cultivadas em diferentes meios de cultura sob diferentes LEDs em sala de crescimento com ambiente controlado. Tratamentos seguidos pela mesma letra, minúscula, não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade.

4.3 Efeito de LEDs nos teores de pigmentos fotossintéticos

As concentrações de clorofila-a (Chl-a), clorofila-b (Chl-b), clorofila total (Chl-T) e carotenoide (Car) nas folhas das plântulas de *Adenium obesum* cultivadas nos meios MS e MRA variaram em resposta aos diferentes LEDs (Fig.6).

Clorofila-a: Todos os tratamentos apresentaram efeito significativo (Fig.6.A). Teores elevados de Chl-a foram observados com o LED branco ($0,31 \pm 0,03 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha), porém não diferiu significativamente dos LEDs verde ($0,26 \pm 0,03 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) e Laranja ($0,27 \pm 0,03 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) em meio MS. O LED verde ($0,26 \pm 0,03 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) não

diferindo significativamente dos LEDs roxo ($0,25 \pm 0,03 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) e vermelho ($0,24 \pm 0,03 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) em meio MRA.

Clorofila-b: Diferença significativa foi observada em todos os LED (Fig.6.B). Melhores resultados, com valores elevados da Chl-b, foram obtidos com o LED branco ($0,38 \pm 0,04 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha), mas não diferiram significativamente dos LEDs Laranja ($0,36 \pm 0,04 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha), verde ($0,34 \pm 0,04 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha), azul ($0,27 \pm 0,04 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) e vermelho ($0,24 \pm 0,04 \mu\text{g.cm}^{-2}$ de folha) em meio MS; e LED verde ($0,31 \pm 0,04 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) não diferindo significativamente dos LEDs vermelho ($0,29 \pm 0,04 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha), roxo ($0,29 \pm 0,04 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha), branco ($0,28 \pm 0,04 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) e azul ($0,23 \pm 0,04 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) em meio MRA.

Clorofila Total: Todas os LEDs apresentaram diferenças significativas (Fig.6.C). Elevados teores de Chl-T foram observados no LED branco ($1,33 \pm 0,14 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha), mas não diferiu significativamente dos LEDs laranja ($1,26 \pm 0,14 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha), verde ($1,22 \pm 0,14; 0,88 \pm 0,11 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha), azul ($0,94 \pm 0,14; 0,67 \pm 0,11 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) e vermelho ($0,88 \pm 0,14; 0,64 \pm 0,11 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) em meio MS. O LED verde ($1,11 \pm 0,14 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) não diferiu significativamente dos LEDs vermelho ($1,07 \pm 0,14 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha), branco ($1,02 \pm 0,14 \mu\text{g.cm}^{-2}$ de folha), roxo ($1,00 \pm 0,14 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) e azul ($0,74 \pm 0,14 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) e) em meio MRA.

Carotenoide: Todas os LEDs apresentaram diferenças significativas (Fig.6.D). Elevados teores de Car foram observados no LED branco ($0,96 \pm 0,11 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha), mas não diferiu significativamente dos LEDs laranja ($0,96 \pm 0,11 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha), verde ($0,88 \pm 0,11 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha), vermelho ($0,64 \pm 0,11 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) e azul ($0,67 \pm 0,11 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) em meio MS. O LED verde ($0,81 \pm 0,11 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) não diferiu significativamente dos LEDs vermelho ($0,79 \pm 0,11 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha), branco ($0,74 \pm 0,11 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha) e roxo ($0,72 \pm 0,11 \mu\text{g cm}^{-2}$ de folha,) em meio MRA.

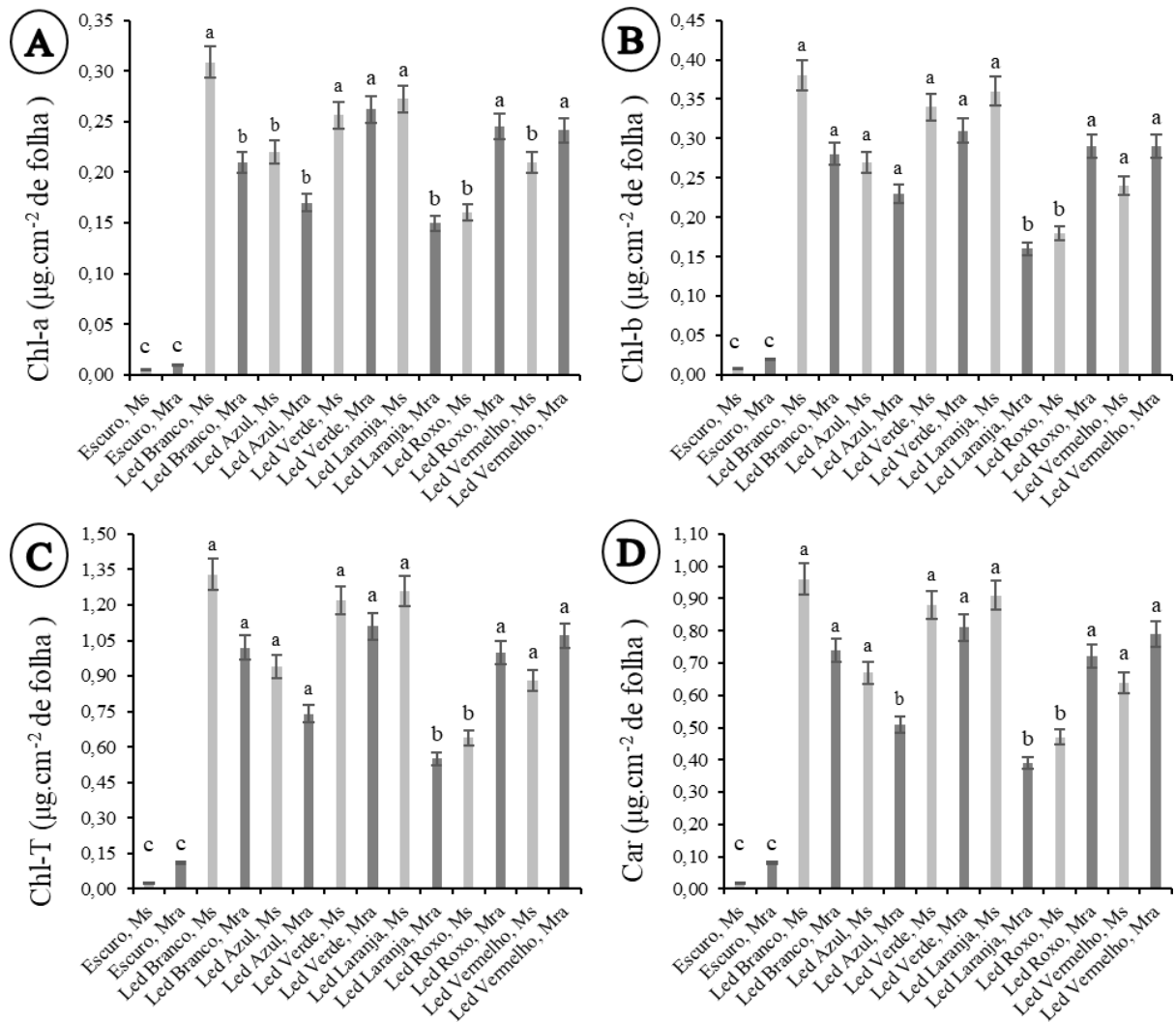


Fig.6. Clorofila-a (Chl-a) (A), clorofila-b (Chl-b) (B), clorofila total (Chl-T) (C) e carotenoide (Car) (D) em plântulas de *Adenium obesum* cultivadas em diferentes meios de cultura sob diferentes LEDs em sala de crescimento com ambiente controlado. Tratamentos seguidos pela mesma letra, minúscula, não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade.

5 DISCUSSÃO

Estudos são necessários com a finalidade de verificar a influência de LEDs coloridos como fator importante para melhorar a germinação de sementes e o desenvolvimento e crescimento das mudas. Nas salas de crescimento *in vitro* já são utilizadas diferentes fontes de iluminação, como: HPS, lâmpadas fluorescentes e LEDs (Goméz e Izzo, 2018).

A tecnologia LED possui grande potencial de expansão no mercado. No entanto, os resultados disponíveis de pesquisas já realizadas são controversos, pois são utilizadas diferentes espécies e cultivares de plantas, bem como às diversas condições experimentais, fazendo-se necessário mais investimentos em pesquisas (Ouzounis et al., 2014).

As lâmpadas LEDs possuem a capacidade de focar a radiação próxima aos dosséis das plantas, sendo necessário menos energia para o fluxo de fótons atingir o alvo e permitindo a instalação próxima às plantas sem superaquecê-las ou causar (Goméz e Izzo, 2018).

5.1 Efeito de diferentes LEDs na germinação *in vitro* de *A. obesum*

O TMG das sementes de *A. obesum* é de aproximadamente quatro dias, considerando a ruptura do tegumento e a protrusão da raiz primária (Colombo et al., 2015; Portes et al., 2018). Os resultados demonstram que quanto menor for o TMG mais vigorosa poderá ser considerada a amostra. Resultado semelhante foi obtido por Cabral et al. (2017) em que germinaram *in vitro* sementes de *Piper marginatum* Jacq. sob diferentes filtros de luz (azul, verde, vermelho, vermelho extremo e transparente), e obtiveram maiores IVG e TMG quando submetidos a luz vermelha.

Segundo Nakagawa (1999), quanto maior o IVG maior a velocidade de germinação, permitindo inferir que mais vigoroso é o lote de sementes. Em trabalho realizado por Júnior et al. (2018) em duas cultivares de alface submetidas a 4 intensidades de luz (transparente, vermelho, vermelho distante e escuro), os resultados demonstraram que ambas apresentaram excelentes índices de germinação e IVG com a luz vermelha.

A incidência do espectro luminoso do LED vermelho e azul provavelmente alterou a estrutura do fitocromo inativo (FV), convertendo em fitocromo ativo (FVE)) (Taiz et al., 2017) e desencadeando uma série de reações, e estimulando o processo germinativo das sementes de *A. Obesum*. Outro aspecto importante está relacionado com suas origens em regiões áridas, as quais apresentam grande incidência de luz e temperaturas elevadas (Colombo et al.,

2018).

O excesso de luz e altas concentrações de alguns nutrientes nos meios de cultura podem estar relacionados com altas taxas de mortalidades de plântulas em pós-emergência em alguns tratamentos. Segundo Silva et al. (2016), o excesso de luz é capaz de promover alterações fotovoltáicas nas plantas, levando à produção de espécies reativas de oxigênio (ERO), e isso pode ser prejudicial ao desenvolvimento radicular e vegetativo.

O processo de germinação de sementes em algumas espécies pode ser influenciado positivamente ou negativamente por espectros de luz específicos, desempenhando forte influência na vida das plantas, podendo afetar o crescimento das mesmas por meio da taxa fotossintética e fotomorfogênese (Simlat et al., 2016). A qualidade e a intensidade luminosa podem promover respostas fisiológicas, morfológicas e fitoquímicas diferenciadas na germinação de sementes e desenvolvimento de plantas (Barrales-López et al., 2015).

5.2 Efeito de LEDs no crescimento inicial de *A. obsesum*

Os resultados demonstraram forte influência do LED vermelho sobre as plântulas cultivadas em ambos meios de cultura favorecendo o desenvolvimento inicial mais rápido que as outras iluminadas por outros LEDs.

Segundo Chen et al. (2014), a qualidade espectral da luz através dos comprimentos de onda absorvidos pelo fitocromo através de fotorreceptores específicos ativam enzimas associadas à síntese de auxinas, influenciando vários aspectos morfológicos (Fig.4) (Fig.5) e fisiológicos (Fig.6), melhorando o desenvolvimento inicial, aumentando a altura da parte aérea, comprimentos dos entrenós e promovendo o crescimento do sistema radicular, permitindo aclimatização mais rápida, aumentando as taxas de sobrevivência no campo. Foram observados em trabalhos realizados com qualidade espectral com luz vermelha em outras culturas: a) *Jatropha curcas* e *Protea cynaroides* (Daud et al., 2013; Wu e Lin., 2013), *Stevia rebaudiana* (Simlat et al., 2016), aumento na formação de raízes; b) crisântemos (Kim et al., 2004), *Cattleya loddigesii* (Araújo et al., 2009), alongamento da parte aérea; c) *Dendrobium phalaenopsis* (Sorgato et al., 2016), aumento de massa fresca; d) *Cattleya* (Cybularz - Urban et al., 2007), aumento do comprimento da parte aérea e cultivo *in vitro*: a) *Vaccinium corymbosum* (Hung et al., 2016), b) *Scrophularia takesimensis* (Jeong; Sivanesan, 2015), c) *Oncidium* spp. (Chung et al., 2010), aumento significativo da expansão foliar, do número de folhas e raízes, massa seca e conteúdo de clorofila, d) *Plectranthus amboinicus* (Silva et al., 2017), proporcionando aumento do crescimento de plantas. Resultados que corroboram com os obtidos no presente trabalho. Portanto, a influência da luz é específica da espécie.

Silva et al. (2014) relatam que o LED vermelho pode aumentar a taxa de crescimento da planta, quando comparada com o LED branco pois o mesmo é uma combinação de baixas intensidades de luzes vermelhas e azuis, e outros comprimentos de onda de luz de baixa eficiência. Em trabalho realizado por Cioć et al., (2019) demonstra que densidades de fluxo de fótons fotossintéticos ($20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) mais elevados na micropropagação de rebentos de *Gerbera jamesonii* Bolus aumentou a área da lâmina foliar e sua largura, e as proporções de circularidade e alongamento.

As diferenças nas taxas de incrementos das variáveis analisadas em cada meio de cultura podem estar relacionadas com o teor nutricional fornecido as plântulas.

5.3 Efeito de diferentes LEDs nos teores de pigmentos fotossintéticos

Os teores de clorofila-a (Chl-a), clorofila-b (Chl-b), clorofila total (Chl-T) e carotenoides (Car) (Fig.6) foram afetados com os tratamentos de diferentes iluminações artificiais e meios de cultura, pois o conteúdo de clorofila está envolvido na absorção de luz. Melhores resultados ocorreram na utilização de LED branco em combinação com meio MS e LED verde com meio MRA. Resultados semelhantes foram obtidos por Roni et al. (2017) em *Lisianthus* ao testar LEDs monocromáticos vermelho, azul e branco. Contudo, o conteúdo de clorofila nas folhas tratadas com LED branco apresentou superioridade em comparação com os outros LEDs.

O LED branco (460 – 560 nm) possui espectro luminoso com maior proporção de luz azul e verde e uma menor proporção de vermelho, em pesquisas realizadas com LEDs evidenciam que as plantas necessitam de qualidade espectral e amplo espectro luminoso para otimizar os processos fotossintéticos, com variações nas respostas de acordo com a espécie e ou cultivar utilizada (Fraszczak et al., 2015). Cope e Bugbee (2013) avaliaram o efeito de três tipos de LEDs brancos, com 11, 19 e 28% de luz azul no crescimento e desenvolvimento de *Raphanus sativus*, *Glycine max* e *Triticum spp.*, e observaram que lâmpadas LED brancas com 11% de luz azul promoveram aumento na altura das plantas. Já as lâmpadas com 28% de luz azul resultaram em plantas mais compactas.

Em estudo realizado por Ferreira et al. (2016) na fase de multiplicação *in vitro* da cana-de-açúcar (RB 867515) utilizando LEDs brancos propiciou maior teor de clorofilas e

carotenoides. Segundo Taiz et al. (2017), a luz azul (400 - 500 nm) também é importante para síntese de clorofila, desenvolvimento de cloroplastos, abertura estomática e fotomorfogênese. Aproximadamente 90% da absorção de energia pelas folhas ocorre com os comprimentos de onda na faixa do azul e do vermelho, o que demonstra forte influência sobre o desenvolvimento e fisiologia das plantas.

Estudos apontam que a clorofila absorve luz principalmente nas frações azul, verde e vermelha, mas absorve pouca luz nas frações laranja e amarela. No entanto, o teor de clorofila de plantas cultivadas *in vitro* sob diferentes qualidades de luz podem estar correlacionadas com as espécies ou cultivares (Wang; Folta, 2013).

As plantas sob luz adequada podem ser totalmente autorreguladas para obter o melhor status de absorção e transformação da energia luminosa (Fraszczak et al., 2015). A luz verde também afeta na ação da luz azul, inibindo ou reduzindo seus efeitos. O efeito de reversão da luz verde sobre os efeitos da luz azul, principalmente sobre a abertura de estômatos, pode ser uma adaptação ecológica para evitar perda excessiva de água foliar pelos estômatos em ambientes sombreados, os quais são ricos nesse espectro de luz na região do verde, pois o potencial fotossintético é pequeno nesses locais (Aasamaa; Aphalo, 2016).

Apesar dos comprimentos de onda na região do azul e vermelho serem mais eficazes em promover a fotossíntese, estudos relatam que o espectro verde pode penetrar mais eficientemente nas folhas e aumentar a fixação de carbono, principalmente em ambientes sombreados (Wang; Folta, 2013).

6 CONCLUSÃO

O LED vermelho combinado com o meio MRA e roxo com o MS promoveram aumento da taxa de germinação e menor índice de mortalidade. Melhor desenvolvimento inicial *in vitro* das plântulas de *A. obesum* ocorreu no LED vermelho, nos dois meios de cultura, com alterações positivas nas variáveis morfológicas analisadas. LED branco combinado com o meio MS e LED verde com MRA proporcionaram maiores teores de pigmentos fotossintéticos.

REFERÊNCIAS

- Aasamaa, K., Aphalo, P.J., 2016. Effect of vegetational shade and its components on stomatal responses to red, blue and green light in two deciduous tree species with different shade tolerance. *Environmental and Experimental Botany*. 121, 94-101.
<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.01.004>
- Akhtar, M.S., Hossain, M.A., Said, S.A., 2016. Isolation and characterization of antimicrobial compound from the stem-bark of the traditionally used medicinal plant *Adenium obesum*. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. 7, 296-300.
<https://dx.doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.08.003>
- Al Murad, M. et al., 2021. Light Emitting Diodes (LEDs) as Agricultural Lighting: Impact and Its Potential on Improving Physiology, Flowering, and Secondary Metabolites of Crops. *Sustainability*, 13 (4), 1985. <https://doi.org/10.3390/su13041985>
- Almehdar., H., Abdallah., H.M, Osman., A.M., Abdel-Sattar., E.A., 2012. Triagem citotóxica in vitro de plantas medicinais sauditas selecionadas. *J. Nat. Med.* 66 (2), 406–412.
[doi:10.1007/s11418-011-0589-8](https://doi.org/10.1007/s11418-011-0589-8)
- Almeida, E.F.A., Nietsche, S., Mendes, R.B., 2021. Importância e potencial de uso. Em: *Cultivo e Manejo da Rosa-do-Deserto*. 1ª ed. Brazilian Journals Editora, Montes Claros-MG, pp 1-9.
- Andrade, S.R.M., 2002. Princípios da cultura de tecidos vegetais. Embrapa Cerrado. Documentos 58, Planaltina, 16p.
- Araújo, A.G., Pasqual, M., Rodrigues F.A., Rodrigues, J.D., CASTRO E.M., Santos, A.M., 2009. Crescimento in vitro de *Cattleya loddigesii* Lindl. em diferentes espectros luminosos associado a ácido giberélico. *Rev. Ceres*. 56, 542-546.
- Barrales-López, A., Robledo-Paz, A., Trejo, C., Espitia-Rangel, E., Rodríguez-De La, O.J.L., 2015. Improved *in vitro* rooting and acclimatization of *Capsicum chinense* Jacq. Plantlets. *Vitro Cell Dev. Biol. Plant*. 51, 274-283. <https://doi.org/10.1007/s11627-015-9671-3>
- Cabral, L.P., Ferreira, S.A.N., Atroch, E.M.A.C., Chaves, F.C.M., 2017. Efeito da qualidade de luz na germinação in vitro de CAPEBA (*Piper marginatum* JACQ.). 8º Congresso Brasileiro de Cultura De Tecidos de Plantas.
- Cammarisano, L., Donnison, I.S., Robson, P.R.H., 2020. Producing enhanced yield and nutritional pigmentation in lollo rosso through manipulating the irradiance, duration, and periodicity of LEDs in the visible region of light. *Frontiers in Plant Science*, 11, 598082.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2020.598082>
- Carvalho, A.C.P.P. et al., 2011. Glossário de cultura de tecidos de plantas. *Plant Cell Culture & Micropropagation*, Lavras-MG.
- Chen, C., Huang, M., Lin, K., Wong, S., Huang, W., Yang, C., 2014. Effects of light quality on the growth, development and metabolism of rice seedlings (*Oryza sativa* L.). *Research Journal of Biotechnology*. 9, 15-24.

- Chen, X.L., Li, Y.L., Wang, L.C., Guo, W.Z., 2021. Os comprimentos de onda vermelho e azul afetam a morfologia, a eficiência do uso de energia e o conteúdo nutricional da alface (*Lactucasativa* L.). *Scientific Reports*, 11, 8374. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87911-7>
- Chung, J.P., Huang, C.Y., Dai, T.E., 2010. Spectral effects on embryogenesis and plantlet growth of *Oncidium* 'Gower Ramsey'. *Scientia Horticulturae*.124, 511-516. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.01.028>
- Cioć, M., Kalisz, A., Zupnik, M., Pawłowska, B., 2019. Different LED Light Intensities and 6-Benzyladenine Concentrations in Relation to Shoot Development, Leaf Architecture, and Photosynthetic Pigments of *Gerbera jamesonii* Bolus In Vitro. *Journal Agronomy*. 9, 2-16. <https://doi.org/10.3390/agronomy9070358>
- Colombo, R.C., Favetta, V., Yamamoto, L.Y., Alves, G.A.C., Abati, J., Takahashi, L.S.A., Faria, R.T., 2015. Biometric description of fruits and seeds, germination and imbibition pattern of desert rose [*Adenium obesum* (Forssk.), Roem. & Schult.]. *Journal of Seed Science*. 37, 206-213, 2015. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v37n4152811>
- Colombo, R.C., Favetta, V., Melo, T.R., Faria, R.T., Silva, M.A.A., 2016. Potting media, growth and build-up of nutrients in container-grown desert rose. *Australian Journal of Crop Science*.10, 258-263.
- Colombo, R.C., Cruz, M.A., Carvalho, D.U., Hoshino, R.T., Alves, G.A.C., Faria, R.T., 2018. *Adenium obesum* as a new potted flower: growth management. *Ornamental Horticulture* . 24, 197-205. <https://doi.org/10.14295/oh.v24i3.1226>
- Colombo, R.C., Favetta, V., Silva, M.A.A., Faria, R.T., 2018. Substratos e níveis de irrigação para cultivo de rosa do deserto em vasos. *Ciência e Agrotecnologia*, 42 (1), 69-79. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542018421002117>
- Cope, K.R., Bugbee, B., 2013. Spectral Effects of Three Types of White Light-Emitting Diodes on Plant Growth and Development: Absolute Versus Relative Amounts of Blue Light". *HortScience*. 48, 504-509. https://digitalcommons.usu.edu/sdl_pubs/32
- Cybularz-Urban, T., Hanus-Fajerska, E., Swiderski, A., 2007. Effect of light wavelength on in vitro organogenesis of a *Cattleya* hybrid. *Acta Biol. Cracov. Bot.* 49, 113-118.
- Daud, N., Faizal, A., Danny, G.D., 2013. Adventitious rooting of *Jatropha curcas* L. is stimulated by phloroglucinol and by red LED light. - *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant*. 49, 183-190. <https://doi.org/10.1007/s11627-012-9486-4>
- Dimmitt, M., Joseph, G., Palzkill, D., 2009. *Adenium: Sculptural Elegance, Floral Extravagance*. Tucson: Scathingly Brilliant Idea. 152p.
- Dong, C., Yuming, F., Guanghui, L., Hong, L., 2014. Low light intensity effects on the growth, photosynthetic characteristics, antioxidant capacity, yield and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.) at different growth stages in BLSS. *Advances in Space Research*.53,

1557-1566. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2014.02.004>

Faria, R.T. et al., 2002. Preservação da orquídea *Cattleya walkeriana* Gardner por meio de propagação *in vitro*. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 2, 489-492.
[DOI:10.12702/1984-7033.v02n03a2](https://doi.org/10.12702/1984-7033.v02n03a2)

Ferrari, E., Andrade, S.M., Sabino, D.C.C., Shiomi, H.F., 2018. Potential of auxinary production bacterium in promoting the growth of micropropagate banana plant. *Scientific Electronic Archives*. 11, 1-7. <http://dx.doi.org/10.36560/1142018522>

Ferreira, D.F., 2011. SISVAR: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*. 6, 1039-1042. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

Ferreira, L. T., Silva, M.M.A., Macêdo, C.R., Willadino, L., 2016. Light source and sucrose concentration on *in vitro* culture of sugarcane (RB 867515). *Plant Cell Culture & Micropropagation*. 12, 46-52.

Ferreira, W.M., Suzuki, R.M., 2008. O cultivo *in vitro* de orquídeas como alternativa para a preservação de espécies nativas ameaçadas de extinção. *Atualidades, desafios e perspectiva da botânica no Brasil*. Imagem Gráfica, Natal, 67-68.

Frańczak, B., Gąsecka, M., Golcz, A., Zawirska, W.R., 2015. Growth rate of sweet basil and lemon balm plants grown under fluorescent lamps and led modules. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 14, 93-104.

Gómez^{1*} Luigi Gennaro Izzo Gómez, C., Izzo, L.G., 2018. Increasing efficiency of production with LEDs. *AIMS Agriculture and Food*. 3, 135-153.
<https://doi.org/10.3934/agrfood.2018.2.135>

Hossain, M.A., Rahman, S.M.M., 2011. Fenólicos totais, flavonoides e atividade antioxidante de abacaxi de frutas tropicais. *Alimentos Res. Int.* 44 (3), 672-676.
[doi:10.1016/j.foodres.2010.11.036](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.036)

Hossain, M.A., Sohail Akhtar, M., Said, S., Al-Abri, T.H.A., 2017. Dois novos flavonoides de *Adenium Obesum* cultivados em Omã. *J. King Saud Univ. - Sci.* 29 (1), 62-69.
[doi:10.1016/j.jksus.2016.04.004](https://doi.org/10.1016/j.jksus.2016.04.004)

Hung, C.D., Hong, C.H., Kim, S.K., Lee, K., Park, J.Y., Nam, M.W., Choi, D.H., Lee, H.I., 2016. LED light for *in vitro* and *ex vitro* efficient growth of economically important highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*. 30, 1-9.
<https://doi.org/10.1007/s11738-016-2164-0>

Ilic, Z.S., Fallik, E., 2017. A manipulação da qualidade da luz melhora a qualidade dos vegetais na colheita e pós-colheita: uma revisão. *Botânica Ambiental e Experimental*.
<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.04.00>

Jarerat, A. et al., 2022. Enhancement of Antioxidant Activity and Bioactive Compounds in Eggplants Using Postharvest LEDs Irradiation. *Horticulturae*, 8 (2), 134.
<https://doi.org/10.3390/horticulturae8020134>

- Jeong, B.R., Sivanesan, I., 2015. Direct adventitious shoot regeneration, in vitro flowering, fruiting, secondary metabolite content and antioxidant activity of *Scrophularia takesimensis* Nakai. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*.123, 607- 618.
<https://dx.doi.org/10.1007/s11240-015-0864-6>
- Júnior, G.T.S., Silva, A.L., Barbosa, T.R., Neto, D.M.A., Bezerra, S.A., 2018. Influence of light quality in alfaca germination (*Lactuca sativa* L.). 3º Congresso Internacional das Ciências Agrárias. <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IIICOINTERPDVAGRO.2018.00542>
- Kanchanapoom, K., Sunheem, S., Kanhanapoom, K., 2010. In vitro propagation of *Adenium obesum* (Forssk.) Roem. and Schult. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 38, 209-213. <http://dx.doi.org/10.15835/nbha3834604>
- Kim, S. J., Hahn, E.J., Heo, J.W., Paek, K.Y., 2004. Effects of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of chrysanthemum plantlets in vitro. *Sci Hortic*. 101, 143-151.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2003.10.003>
- Kiyohara, H., Ichino, C., Kawamura, Y., Nagai, T., Sato, N., Yamada, H., et al., 2012. Atividade do vírus anti-influenza in vitro de um glicosídeo cardiotônico de *Adenium Obesum* (Forssk.). *Phytomedicine*. 19 (2), 111–114. <doi:10.1016/j.phymed.2011.07.004>
- Kumar, R., Ahmed, M.F., Mir, H., Mehta, S., Sohane, R.K., 2019. Estudo do estabelecimento *in vitro* e indução de calos em Banana cv. Grande Naine. *Revista Atual de Ciência Aplicada e Tecnologia*. 33, 1-5.
- Landi, M., Zivcak, M., Sytar, O., Brestic, M., Allakhverdiev, S.I., 2020. Plasticity of photosynthetic processes and the accumulation of secondary metabolites in plants in response to monochromatic light environments: A review. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics*, 1861, 148131. <https://doi.org/10.1016/j.bbabi.2019.148131>
- Lichtenthaler, H. K., Wellburn, A. R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*. 603, 591-592. <http://dx.doi.org/10.1042/bst0110591>
- Lin, K.H. et al. The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata). *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.150, p.86-91, 2013.
- Liua, H., Fua, Y., Hua, D., Yua, J., Liu H., 2018. Effect of green, yellow and purple radiation on biomass, photosynthesis, morphology and soluble sugar content of leafy lettuce via spectral wavebands “knock out”. *Scientia Horticulturae*, v.236, p.10-17.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.02>
- Mantovanello, C.M., Melo, I., 1994. Isolamento e seleção de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum*). *Summa Phytopathologica*. 20, 123-126.

Mcbride, K., Henny, R.J., Chen, J., Mellich, T.A., 2014. Efeito da intensidade de luz e nível de nutrição no crescimento e floração de *Adenium obesum* 'Red' e 'Ice Pink'. HortScience, 49 (4), 430-433. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.49.4.430>

Murashige, T., Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia plantarum.15, p. 473-497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>

Nakagawa, J., 1999. Testes de Vigor Baseados no Desempenho das Plântulas In. Krzyzanowski, F.C., Vieira, R.D., França Neto, J.B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Abrates. p 2.1-2.24.

Ouzounis, T., Fretté, X.C., Rosenqvist, E., Ottosen, C.O., 2014. Spectral effects of supplementary lighting on the secondary metabolites in roses, chrysanthemums, and campanulas. Journal of Plant Physiology. 171, 1491-1499. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2014.06.012>

Plaizier, A.C., 1980. A revision of *Adenium* Roem. and Schult. and of *Diplorhynchus* Welw. ex Fic. and Hiern (Apocynaceae). Mededelingen Landbouwhogeschule. 80, 1-40.

Portes, R.G.R. Silva, F.D., Silva, U.E.S., Salvi, J.S., 2018. Embebição curve and light interference in the germination of desert rose seeds (*Adenium obesum* (Forssk.), Roem. & Schult.). South American Journal of Basic Education. 5, n.1, 9-19. <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/1495>

Raheem, A., Shaposhnikov, A., Belimov, A.A., Dodd, I.C., Ali, B., 2017. Auxin production by rhizobacteria was associated with improved yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress. Archives of Agronomy and Soil Science. 64, 574- 587. <http://dx.doi.org/10.1080/03650340.2017.1362105>

Rapini, A. Apocynaceae (dogbane and milkweed family). In: SMITH, N. et al. (Ed.). Flowering plants of the Neotropics. Princeton: Princeton University Press. p. 23-26. 2004

Ribeiro, M.N.O. et al., 2009. Multiplicação *in vitro* de copo-de-leite: espectros de luz e sacarose. Ciencia Rural, 39 (8), 2388-2393. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000187>

Rocha, P.S.G., Oliveira, R.P., Scivittaro, W.B., Santos, U.L., 2010. Diodos emissores de luz e concentrações de BAP na multiplicação *in vitro* de morangueiro. Ciênc. Rur. 40, 1922-1928. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010000900011>

Rocha, P.S.G., Oliveira, R.P., Scivittaro, W.B., 2013a. Diodos emissores de luz e concentrações (LEDs) na micropropagação de amoreira-preta cv. Tupy. Hortic. Argent. 32, 14-19.

Rocha, P.S.G., R.P Oliveira e W.B. Scivittaro. 2013b. Sugarcane micropropagation using light emitting diodes and adjustment in growth-medium sucrose concentration. Ciênc. Rur. 43, 1168-1173. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000700005>

Rocha, P.S.G., Oliveira, R.P., Scivittaro, W.B., 2015. New light sources for *in vitro* potato

micropropagation. Biosci. J. 31, 1312-1318. <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n5a2015-26601>

Roni, M.Z.K., Islam, M.S., Shimasaki, K., 2017. Response of Eustoma Leaf Phenotype and Photosynthetic Performance to LED Light Quality. Horticulturae. 3, 1-15. <https://doi.org/10.3390/horticulturae3040050>

Rosa, F.A.F., 2002. Síntese e avaliação da atividade reguladora de crescimento vegetal de novos compostos indólicos derivados do safrol e relacionados ao ácido indol-3-acético. Tese, Universidade Federal de Santa Catarina, 144p.

Samuolienė, G., Brazaityte, A., Jankauskiene, J., Virsile, A., Sirtautas, R., Novickovas, A., Sakalauskiene, S., Sakalauskaite, J., Duchovskis, P., 2013. LED irradiance level affects growth and nutritional quality of Brassica microgreens. Central European Journal of Biology. 8, 1241-1249. <https://doi.org/10.2478/s11535-013-0246-1>

Santos, G.A. et al., 2007. Utilização de reguladores hormonais na germinação e formação de plântulas *in vitro* de orquídeas. Cesumar, 9 (1), 07-12.

Santos, M.M., Costa, R.B., Cunha, P.P., Seleguini, A., 2015. Technologies for production of seedlings of desert rose (*Adenium obesum*). Multi-Science Journal. 1, 79-82.

Santos, T. S., Batista, M. C., Pozza, S. A., Rossi, L. S., 2015. Analysis of energy efficiency, environmental and economical between LED and conventional lamps. Eng Sanit Ambient. 20, 595-602. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020040125106>

Scopel, W., Barbosa, J. Z., Vieira, M. L. 2011. Extração de pigmentos foliares em plantas de canola. Unoesc & Ciência -ACET. 2, 87-94.

Silva, M.M.A., Oliveira, A.L.B., Oliveira-Filho, R.A., Camara, T.J.R., Willadino, L.G., Gouveia-Neto, A.S., 2014. Effect of blue/red LED light combination on growth and morphogenesis of *Saccharum officinarum* plantlets *in vitro*. Imaging, Manipulation, and Analysis of Biomolecules, Cells. 8947, 1-8. <http://dx.doi.org/10.1117/12.2036200>

Silva, M.M.A., Oliveira, A.L.B., Oliveira-Filho, R.A., Camara, T., Willadino, L., Gouveia-Neto, A.S., 2016. The effect of spectral light quality on *in vitro* culture of sugarcane. Acta Scientiarum. Biological Science. 38, 157-161. <http://dx.doi.org/10.4025/actascibiols.v38i2.31109>

Silva, S.T., Bertolucci, S.K.V., Cunha, S.H.B., Lazzarini, L.E.S., Tavares, M.C., Pereira, J.E.P., 2017. Effect of light and natural ventilation systems on the growth parameters and carvacrol content in the *in vitro* cultures of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. Plant Cell Tiss Organ Cult. 129, 501-510. <https://doi.org/10.1007/s11240-017-1195-6>

Sim N., Chung J.P., 2009. High-brightness LEDs—Energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13, 2175-2180. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.01.027>

Simlat, M., Slezak, P., Mos, M., Warcho, M., Skrypek, E., Ptak, A., 2016. The effect of light quality on seed germination, seedling growth and selected biochemical properties of *Stevia rebaudiana* Bertoni. Scientia Horticulturae. 211, 295-304.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.009>

Sorgato, J.C., Rosa, Y.B.C.J., Soares, J.S., Pinto, J.V.C., Rosa, D.B.C.J., 2016. Luminosidade e imersão em água na aclimatização intermediária de *Dendrobium phalaenopsis*. Hort. Bras. 34, 80-85. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620160000100012>

Sutulienė, R., Laužikė, K., Pukas, T., Samuolienė, G., 2022. Effect of Light Intensity on the Growth and Antioxidant Activity of Sweet Basil and Lettuce. Plants, 11, 1709. <https://doi.org/10.3390/plants1113170>

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M., Murphy, A., Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

Talukdar, T., 2012. Development of nacl-tolerant line in an endangered ornamental, *Adenium multiflorum* Klotzsch through *in vitro* selection. International Journal of Recent Scientific Research. 3, 812-821.

Wang, Y., Folta, K.M., 2013. Contributions of green light to plant growth and development. American Journal of Botany. 100, 70-78. <https://doi.org/10.3732/ajb.1200354>

Wozny, A., Miler, N., 2016. LEDs application in ex vitro rooting and acclimatization of chrysanthemum (*Chrysanthemum x Grasndiflorum*/ Ramat./ Kitam). Elet. J. Pol. Agric. Univer. 19, 1-8. <http://www.ejpau.media.pl/volume19/issue4/art-02.html>

Wu, H.C., Lin, C.C., 2013. Red light-emitting diode light irradiation improves root and leaf formation in difficult-to-propagate *Protea cynaroides* L. plantlets in vitro. HortScience. 47, 1490-1494. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.10.1490>

Zhang, Y.S., Huang, X., Chen, Y.F., 2009. Experimental course of plant physiology. Higher Education Press, Beijing, pp. 34-135.