



**NATÁLIA BERNARDES MACHADO**

**DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE *CATTLEYA*  
*WALKERIANA* SOB INFLUÊNCIA DE LUZES DO TIPO LED**

**LAVRAS-MG  
2021**

**NATÁLIA BERNARDES MACHADO**

**DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE *CATTLEYA WALKERIANA* SOB  
INFLUÊNCIA DE LUZES DO TIPO LED**

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

Profa. Dra. Joyce Dória  
Orientadora

Ms. Michele Carla Nadal  
Coorientadora

**LAVRAS-MG  
2021**

*Aos meus pais Juliana e Ailton,  
Aos meus irmãos Paula, Otávio,  
Antônio e João Pedro,  
Ao meu namorado Fábio,  
A minha vó Maria Imaculada  
Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus por nunca me desamparar, sempre me guiar e colocar pessoas maravilhosas em minha vida.

À mamãe e papai pelo amor e dedicação, pelo incentivo nos estudos e por estarem o tempo todo ao meu lado, sem o apoio de vocês não seria possível chegar até aqui.

Aos meus irmãos por nossa amizade e união, quantas risadas e choros já compartilhamos, sempre amparando uns aos outros.

A minha irmã Paula por me acolher em Lavras, tornando a mudança mais fácil, mesmo com toda a saudade sabia que tinha um pedacinho de casa comigo.

Ao meu irmão Otávio por toda ajuda nos estudos e na realização dos experimentos, por ser atencioso e prestativo e por estar sempre por perto.

Aos meus irmãos Antônio e João Pedro que mesmo longe estiveram tão presentes.

Ao meu namorado Fábio agradeço por todo amor, atenção e carinho, por me acalmar e motivar nas horas difíceis, por estar ao meu lado e me fazer tão feliz.

A vovó por me receber sempre de braços abertos, com tanto amor e afeto, por nossas conversas e cafés.

A Carla agradeço pela amizade e boas risadas, por sua companhia durante toda graduação e pela parceria em trabalhos e experimentos.

À minha amiga Andrea pelas meditações, conversas e conselhos, por me proporcionar momentos de reflexão, paz e descanso durante essa trajetória.

A Michele por me auxiliar e orientar com tanta dedicação durante toda a execução dos experimentos e redação deste trabalho, obrigada pela sua amizade, por ser tão atenciosa, doce e gentil, por sua paciência e compreensão.

A professora Joyce por todas as oportunidades, por me orientar desde o primeiro período e me acompanhar durante toda graduação, pela disponibilidade, atenção e cuidado que vão além do meio acadêmico, por compartilhar suas experiências e me encorajar a seguir sempre em frente.

Aos técnicos, Vantuil e Filipe agradeço pelo trabalho que realizam no laboratório facilitando o dia a dia de tantos, pelo auxílio durante os experimentos, pelas conversas, ideias e todo ensinamento.

À toda equipe do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais pelo convívio e colaboração.

Ao CNPq pelo apoio financeiro e por possibilitar a realização dos projetos de pesquisa.

Muito obrigada!

## RESUMO

A *Cattleya walkeriana* é uma orquídea de pequeno porte e nativa do Brasil com grande potencial ornamental. A espécie é considerada vulnerável devido à excessiva coleta visando o comércio, e a pressão sobre seu habitat natural. Dessa forma, a produção da espécie *in vitro* aliada ao uso de tecnologias que proporcionem maior eficiência no cultivo torna-se excelente alternativa. A qualidade luminosa é um dos fatores mais significativos que afetam o desenvolvimento vegetal, pois interfere diretamente na capacidade fotossintética das plantas. O objetivo do trabalho foi analisar a influência de LEDs no crescimento *in vitro* e aclimatização de *C. walkeriana*. Inicialmente, as plantas foram cultivadas *in vitro* sob efeito de LEDs verde, azul, amarelo, vermelho, roxo e branco. Após cinco meses de cultivo *in vitro*, as plantas foram aclimatizadas em casa de vegetação (*ex vitro*), permanecendo por 120 dias. Tanto no cultivo *in vitro* quanto *ex vitro* foram avaliados o número de folhas, brotos e raízes, comprimento de parte aérea e da maior raiz e os teores de clorofila (*a*, *b* e total) e carotenoides. A massa seca de parte aérea e de raízes das plantas foram avaliadas apenas nas plantas cultivadas *ex vitro*. Os LEDs influenciaram o crescimento *in vitro* das plantas. Os LEDs branco, roxo e vermelho proporcionaram melhores resultados *in vitro* para a espécie. As plantas oriundas do cultivo *in vitro* sob LED amarelo apresentaram melhor crescimento na aclimatização. Os LEDs roxo, vermelho e amarelo proporcionaram melhor desempenho visando a produção *in vitro* de *C. walkeriana*.

**Palavras-chave:** Cultura de Tecidos. Diodos emissores de luz. Orchidaceae.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 A orquídea <i>Cattleya walkeriana</i> .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Cultura de tecidos vegetais e cultivo <i>in vitro</i> de orquídeas.....</b>	<b>10</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Material vegetal e crescimento <i>in vitro</i> .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Influência de LEDs no crescimento <i>in vitro</i>.....</b>	<b>14</b>
<b>3.3 Aclimatização .....</b>	<b>14</b>
<b>3.4 Análise de pigmentos fotossintéticos .....</b>	<b>15</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>23</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil detém uma das maiores diversidades de orquídeas do mundo, sendo encontradas espécies em todos os biomas. No total, são catalogadas 2.419 espécies das quais 1.620 são endêmicas do país (BARROS et al. 2010; BARROS et al. 2009). As orquídeas estão entre as flores tropicais de maior valor agregado e mais comercializadas no Brasil. Dentre os gêneros encontrados no país, *Cattleya* é o mais comercializado, e destaca-se no mercado devido a alta variabilidade genética e grande capacidade de recombinação, além de possuir flores com cores atraentes e duráveis (JUNIOR et al., 2017).

A *Cattleya walkeriana* é uma espécie nativa e endêmica do Brasil, podendo ocorrer no Bioma do Cerrado, em Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Terra Firme, Floresta Estacional Decidual e Floresta Estacional Semidecidual (REFLORA, 2020). No entanto, é considerada vulnerável, devido a excessiva coleta para o comércio e a pressão sobre seu habitat natural (IBAMA, 2008).

As orquídeas possuem um complexo ciclo de vida e requerem longo tempo para alcançar maturidade reprodutiva. Para as sementes germinarem na natureza é necessário a simbiose com fungos, mas essas plantas exibem crescimento lento e passam por extenso período vegetativo (ZHANG et al., 2018). Nesse sentido, o cultivo *in vitro* é extremamente útil para propagação e manutenção das espécies, além de acelerar o processo de crescimento das espécies, além de acelerar o processo de crescimento das plantas.

Diversos fatores afetam o cultivo *in vitro*, dentre eles a luminosidade. A luz é fonte de energia para plantas clorofiladas, essencial para vida vegetal, afeta processos morfológicos, bioquímicos e anatômicos. Dentre os aspectos relacionados à luminosidade está a qualidade da luz ou comprimento de onda (RIBEIRO et al., 2009).

Para fixação de carbono, utilizam a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) que corresponde às zonas azul (400 a 500 nm) e vermelha (superior a 600 nm) do espectro visível. As faixas verde e amarela são absorvidas em menor quantidade (TAIZ et al., 2017).

Dentre os gastos para produção de plantas em laboratório, o consumo elétrico devido a iluminação artificial é considerável. Contudo, o uso de lâmpadas LEDs constitui uma alternativa eficiente, com vantagens como comprimento de onda específico, redução do consumo elétrico comparado com lâmpadas fluorescentes de 15W, além disso, emite menos calor reduzindo o consumo de equipamentos reguladores de temperatura, apresentam durabilidade maior, é livre de mercúrio. Com isso, o seu uso possibilita a redução do impacto



ambiental (ROCHA et al., 2010; VALENTIM; FERREIRA; COLETTI, 2010; GUPTA; JATOTHU, 2013).

Nesse sentido, HANUS-FAJERSKA e WOJCIECHOWSKA (2017) relatam que orquídeas cultivadas *in vitro* utilizando LED tem apresentado plantas de qualidade superior quando comparadas às produzidas com auxílio de outras fontes de luz. Já Murillo-Talavera (2016) comparou a luz fluorescente branca com LEDs brancos e LEDs vermelhos e azuis nas proporções 3: 1, 2: 2 e 1: 3 para o cultivo *in vitro* de *Oncidium tigrinum* e *Laelia autumnalis*, e verificaram que a utilização do LED branco promoveu melhor desenvolvimento das mudas. Para o crescimento vegetativo *Phalaenopsis*, Dewi et al. (2014) verificaram que os LEDs branco, azul e vermelho-azul proporcionaram aumento no crescimento vegetativo em relação a luz natural e outros comprimentos de onda estudados. Contudo, os estudos presentes na literatura para orquídea não consideram o desenvolvimento posterior das plantas cultivadas sob diferentes qualidades luminosas. Diante disso, o objetivo do trabalho foi analisar a influência de LEDs no crescimento *in vitro* e aclimatização de *Cattleya walkeriana*.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A orquídea *Cattleya walkeriana***

A família Orchidaceae apresenta-se como uma das maiores e mais diversificadas famílias do reino vegetal, sendo constituída por aproximadamente 24.500 espécies distribuídas em cerca de 800 gêneros (ARDITTI, 1992). Abundante nas regiões tropicais, são plantas de hábitos terrestres, epífitas e rupícolas (PIVETTA et al., 2014). O Brasil apresenta umas das maiores diversidades de orquídeas do mundo, são cerca de 2.419 espécies das quais 1.620 são endêmicas do país (BARROS et al. 2010; BARROS et al. 2009). Orquídeas estão entre as flores tropicais de maior valor agregado, encantam pelo formato das flores, cores e perfumes. São plantas utilizadas como flores de corte e no paisagismo, além de serem muito procuradas por colecionadores.

Dentre os gêneros encontrados no Brasil, o *Cattleya* é amplamente comercializado devido a sua alta variabilidade genética e grande capacidade de recombinação (JUNIOR et al., 2017). A maioria das pesquisas com plantas deste gênero referem-se à propagação vegetativa (SCHNEIDERS et al., 2012).

A *Cattleya walkeriana* é uma das espécies pertencentes a este gênero, de pequeno porte e endêmica do Brasil. Devido à coleta excessiva para o comércio e a pressão sobre seu habitat natural, a espécie está na lista de plantas vulneráveis (IBAMA, 2008).

É uma orquídea rizomatosa, que pode apresentar hastes com até três flores, de cor rosa escuro/rosa claro/lilás, com labelos trilobados curtos entre lobos medianos e base dos lobos laterais ou lobos medianos sésseis de cores lilás/rosa claro/rosa escuro (REFLORA,2020).

### **2.2 Cultura de tecidos vegetais e cultivo *in vitro* de orquídeas**

A cultura de tecidos compreende um conjunto de técnicas de cultivo de um explante (material propagativo) em meio nutritivo sob condições assépticas e em ambiente controlado. Essas técnicas têm por finalidade a germinação de sementes *in vitro*, multiplicação de espécies de difícil propagação e desenvolvimento de plantas livre de vírus, além de contribuir para conservação de materiais em bancos de germoplasma (ANDRADE, 2002; CARVALHO et al., 2011).

As orquídeas demonstram um complexo ciclo de vida e requerem longo tempo para alcançar maturidade reprodutiva. Na natureza para as sementes germinarem é necessário a

simbiose com fungos micorrízicos, porém, as plantas exibem crescimento lento e passam por extenso período vegetativo (ZHANG et al., 2018).

O cultivo *in vitro* se mostra extremamente útil para família Orchidaceae, sendo alguns de seus métodos utilizados desde o século passado no auxílio da germinação de sementes. Devido à necessidade de grande prazo para se reproduzirem, em consequência do longo estado juvenil que apresentam, a cultura de tecidos é também empregada na propagação no sentido de acelerar o processo de multiplicação, possibilitando em tempo reduzido a obtenção de grande volume de mudas com elevado padrão. Suas técnicas ainda são aplicadas em pesquisas referentes ao crescimento e desenvolvimento dessas espécies (FERREIRA; SUZUKI, 2008).

A técnica de germinação *in vitro* de sementes de orquídeas foi proposta por Knudson (1922), que relatou a possibilidade de cultivo assimiótico, verificando que as sementes germinavam em meio nutritivo asséptico contendo ágar, açúcar e minerais (ARDITTI, 1967). Desde então, o cultivo assimiótico *in vitro* possui grande importância numa perspectiva ecológica e de mercado. Cápsulas de orquídeas possuem milhares de sementes, e com o auxílio da técnica de germinação *in vitro* todas as sementes viáveis germinam, dando origem a grande número de plantas. Dessa forma, esse processo inovou o cultivo comercial, além de contribuir na preservação de espécies raras e ameaçadas de extinção (MARTINI et al., 2001; DAWA et al., 2019).

Dentre as técnicas de cultura de tecidos, a micropropagação destaca-se como um dos mais disseminados, pois seu emprego torna possível, a partir de um segmento inicial de planta, gerar inúmeras mudas uniformes e livre de patógenos (ERIG; SCHUCH, 2005).

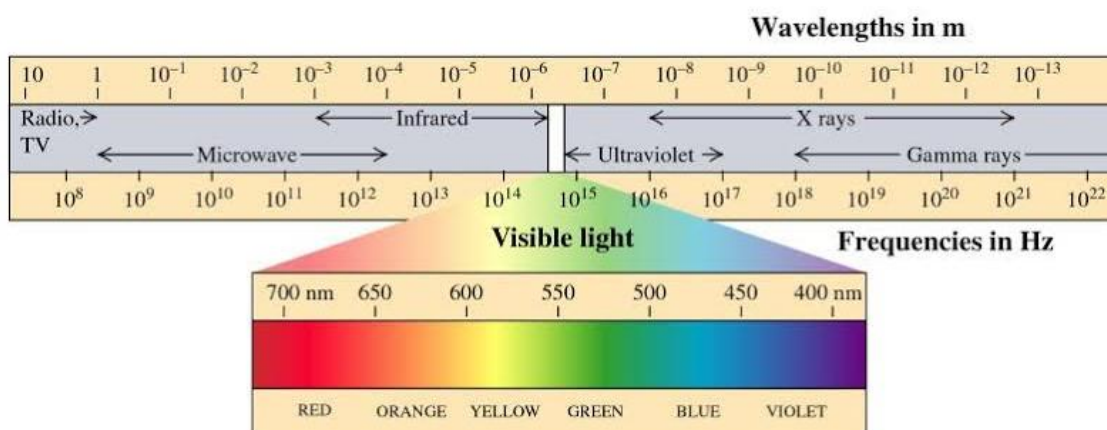
Durante as últimas décadas o cultivo *in vitro* vem sendo amplamente aplicado às orquídeas a fim de atingir diferentes objetivos. A partir dos estudos pioneiros em propagação de Rotor (1949) vários protocolos foram elaborados, utilizando diferentes partes da planta (CHUGH; GUHA; RAO, 2009).

O meio de cultura é crucial para a propagação *in vitro* e deve ser preparado conforme as necessidades da planta, disponibilizando nutrientes de forma adequada (FARIA et al., 2002). Muitas espécies dependem também de hormônios vegetais, e seu uso *in vitro* auxilia a germinação e desenvolvimento inicial das plantas. A utilização de reguladores de crescimento em orquídeas apresentam respostas distintas devido às variações genéticas existentes na família ((ROSA, 2002; SANTOS et al., 2007). Portanto, é imprescindível o estudo e desenvolvimento de protocolos específicos para cada espécie e de técnicas aperfeiçoadas que possibilitem o melhor desempenho da planta.

A luz é fonte de energia para plantas clorofiladas, essencial para o crescimento e desenvolvimento vegetal, e afeta processos morfológicos, anatômicos e bioquímicos, sendo responsável por estimular a germinação e a indução floral. A luminosidade, tempo de exposição à luz ou fotoperíodo, quantidade de luz ou fluxo de fótons e qualidade de luz ou comprimento de onda interferem no cultivo de plantas *in vitro* (RIBEIRO et al., 2009). Estudos mostram que as plantas possuem a percepção de quantidade e qualidade de luz e respondem aos diferentes espectros (TAIZ et al., 2017; RIBEIRO et al., 2009).

O espectro luminoso visível corresponde a faixa de 400 a 700 nm (Figura 1). No entanto, as plantas absorvem todo o comprimento do espectro luminoso. Para fixação de carbono, as plantas utilizam a radiação fotossinteticamente ativa que corresponde às zonas azul (400 a 500 nm) e vermelha (superior a 600 nm) do espectro visível. As faixas verde e amarela são absorvidas em menor quantidade. A luz azul possui maior capacidade de excitar as clorofilas a um estado mais elevado, pois a energia dos fótons é maior quando seus comprimentos de onda são menores. No estado excitado a clorofila é extremamente instável e rapidamente libera parte de sua energia ao meio como calor. A energia luminosa é utilizada para impulsionar a transferência de elétrons e gerar a força motora de prótons através de membranas, ambos os processos são cruciais para formação de ATP, e conseqüentemente, para o crescimento e desenvolvimento vegetal (TAIZ et al., 2017).

Figura 1 - Espectro eletromagnético com destaque na região da luz visível.



Fonte: Oliveira (2015).

A utilização de diodos emissores de luz (LED) no cultivo *in vitro* constitui alternativa eficiente, pois apresenta comprimento de onda específico e emite menos calor que outras fontes de iluminação. Além disso, diminui o uso de energia e conseqüentemente o preço final de mudas produzidas em laboratórios de cultura de tecidos (ROCHA et al., 2010).

Orquídeas cultivadas *in vitro* utilizando luz LED tem apresentado plantas de qualidade superior quando comparada às produzidas com auxílio de outras fontes de luz (HANUS-FAJERSKA; WOJCIECHOWSKA, 2017). Murillo-Talavera et. al (2016) utilizaram luz fluorescentes branca (controle), LED branco e LEDs vermelhos e azuis nas proporções 3: 1, 2: 2 e 1: 3 em seu experimento para avaliar o desenvolvimento *in vitro* de *Oncidium tigrinum* e *Laelia autumnalis* sob diferentes espectros de luz, e verificaram que o LED branco promoveu aumento na taxa fotossintética e maior enraizamento, proporcionando melhor desenvolvimento das mudas. O uso de LED demonstrou ser uma alternativa eficaz e capaz substituir o uso de lâmpadas fluorescentes no cultivo *in vitro*.

Para avaliar os efeitos da qualidade da luz no crescimento vegetativo de *Phalaenopsis*, Dewi et al. (2014) utilizaram os LEDs vermelho, azul, vermelho e azul (1:1), branco e luz natural (controle), e observaram que os LEDs branco, azul e vermelho-azul proporcionaram maior crescimento vegetativo quando comparado ao controle. Além disso, as mudas mantidas sob LED branco apresentaram aumento nos teores de citocinina e giberelina.

Com o objetivo de avaliar a influência de fontes de luz e meios de cultura no crescimento *in vitro* e na sobrevivência *ex vitro* de plantas de *Microlaelia lundii*, Favetta et al. (2017) testaram dois meios de culturas (meio MS e meio Simplificado) em sete ambientes diferentes [T1- LED tube 4000K; T2- LED tube 6500K; T3- LED tube 4000K + LED tube 6500K; T4- LED tube 4000K + LED tube 4000K, T5- LED vermelho; T6- LED azul e T7- Lâmpada fluorescente (controle)]. Os autores verificaram que T1, T2, T3 e T4 apresentaram maior número de brotos e raízes, plantas tratadas com essas fontes de luz em meio simplificado demonstraram desenvolvimento superior, além de uma maior taxa de sobrevivência.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Material vegetal e crescimento *in vitro*

Sementes de *Cattleya walkeriana*, oriundas de plantas cultivadas no orquidário da Universidade Federal de Lavras, foram germinadas em meio Knudson acrescido de 20 g L<sup>-1</sup> de sacarose, 5,5 g L<sup>-1</sup> de ágar, 2 g L<sup>-1</sup> de carvão ativado e pH ajustado para 6,0. Em cada frasco foram acrescidos 40 mL de meio em frascos. Posteriormente, os frascos permaneceram em sala de crescimento a 25 ± 2°C com fotoperíodo de 16 h e irradiância de 40 - 56 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> fornecida por lâmpadas de LED branca por 60 dias. Após a germinação das sementes, as plântulas foram transferidas para o mesmo meio, porém acrescido de 100 mL de água de coco, e permaneceram em sala de crescimento por mais 60 dias até a instalação do experimento.

### 3.2 Influência de LEDs no crescimento *in vitro*

Plantas com 1,5 cm de altura e 1,0 cm de comprimento de raiz foram utilizadas no experimento. O meio utilizado foi o mesmo citado anteriormente (item 3.1) acrescido de 100 mL de água de côco. Após a inoculação das plantas, os frascos foram transferidos para sala de crescimento com fotoperíodo de 16h e temperatura de 25 ± 2°C e mantidas sob efeito dos LEDs vermelho (irradiância média: 31,1 μmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>), azul (irradiância média: 67,7 μmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>), roxo (irradiância média: 42,1 μmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>), verde (irradiância média: 47,6 μmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>), amarelo (irradiância média: 23,8 μmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>) e branco (irradiância média: 76,9 μmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 10 repetições. Cada unidade experimental foi composta por um frasco com três plantas.

Aos 150 dias, foram avaliados sobrevivência, número de brotações, número de folhas, número de raízes, comprimento de parte aérea (cm) e comprimento de maior raiz (cm), medidos com auxílio de régua. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade, e posterior análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade no software R.

### 3.3 Aclimatização

Após 150 dias de cultivo *in vitro*, as plantas foram individualizadas e transferidas para a casa de vegetação. As mudas foram individualizadas e aclimatizadas em bandejas de isopor

contendo como substrato o esfagno. A irrigação foi realizada de maneira manual conforme necessidade das plantas.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 10 repetições. Cada unidade experimental foi composta por uma planta

Após 120 dias, foram avaliados sobrevivência (%), número de brotações, número de folhas, número de raízes e comprimento de parte aérea (cm) e de maior raiz (cm) medidos com auxílio régua. Além disso, foram avaliadas as massas fresca e seca de parte aérea (mg) e raiz (mg). Para avaliar a massa seca, as plantas foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar à 65°C por 24h.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e, posterior, análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade no software R.

### **3.4 Análise de pigmentos fotossintéticos**

A análise de pigmentos foi realizada tanto no experimento *in vitro* quanto na aclimatização (*ex vitro*).

Para estimar o conteúdo de clorofilas (*a*, *b* e total) e carotenoides, 10 mg de folhas frescas foram maceradas em acetona 80%, o extrato formado foi armazenado por 24 horas e filtrado em filtro de papel. As absorbâncias da solução foram registradas a 663, 645 e 470 nm. O teor de pigmentos foi calculado segundo metodologia de Lichtenthaler (1987).

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Em relação à sobrevivência *in vitro*, as plantas cultivadas sob LED amarelo, azul, vermelho e roxo apresentaram 100% de sobrevivência *in vitro*. No LED branco 60% das plantas sobreviveram e LED verde 80% (Tabela 1).



**Tabela 1** – Análises morfométricas, de clorofila e carotenóides de *Cattleya walkeriana* cultivada *in vitro* sob diferentes comprimentos luminosos. Lavras, 2021

L	Tratamentos						Média	CV (%)
	Branco	Verde	Azul	Amarelo	Vermelho distante	Vermelho		
	Análises morfométricas							
S (%)	60,00	80,00	100,00	100,00	100,00	100,00	--	--
NB	13,67 a	11,13 b	17,90 a	14,22 a	7,40 b	8,90 b	12,09	43,15
NF	3,30 <sup>ns</sup>	3,40	3,28	3,33	3,24	2,94	3,26	42,65
NR	5,33 b	4,15 c	3,98 c	3,06 d	6,27 a	5,78 b	4,46	53,98
CPA (cm)	2,73 b	2,68 b	2,61 b	2,24 b	3,42 a	3,72 a	2,79	49,85
CMR (cm)	7,42 a	5,90 b	5,46 b	5,56 b	7,91 a	7,72 a	6,36	60,70
	Análises de clorofilas e carotenóides							
Chla	0,3162 <sup>ns</sup>	0,6895	0,4099	0,3874	0,4430	0,2802	0,4210	58,60
Chlb	0,1755	0,4278	0,4837	0,3373	0,4670	0,2425	0,3557	72,56
ChIT	0,5128	1,0427	1,1670	0,7447	0,9254	0,6495	0,8404	67,01
Carot	0,1457	0,2667	0,2369	0,1727	0,2243	0,1759	0,2037	54,08

Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem significativamente. <sup>NS</sup> não significativo.

NB- Número de brotos; NF- Número de folhas; NR – número de raízes; CPA – comprimento de parte aérea; CMR- comprimento da maior raiz;

Chla – clorofila a; Chlb – clorofila b; ChIT – clorofila total, Carot – carotenóides.

As plantas cultivadas sob o LED amarelo, azul e branco apresentaram maior número de brotações, diferindo significativamente das plantas cultivadas sob LED verde, roxo e vermelha (Tabela 1). Rocha (2017) avaliou lâmpadas fluorescentes e LEDs em diferentes comprimentos e demonstrou que a utilização do LED pode auxiliar o desenvolvimento dos brotos e que dentro de uma mesma espécie podem ser encontrados resultados diferentes entre cultivares. Favetta et al. (2017) observaram menor número de brotações em *Microlaelia lundii* expostas aos LEDs vermelho azul. Já Pinheiro et al. (2019) propagaram *in vitro* cultivares de alpinia em diferentes fontes de luz demonstraram que a cultivar Red Ginger proporcionou maior número de brotos quando exposta ao LED branco.

No presente estudo, LED roxo proporcionou melhor desenvolvimento das raízes, destacando-se dos demais. As plantas cultivadas sob LED roxo apresentaram em média 6,27 raízes (Tabela 1). Segundo Lee et al. (2007), a indução de raízes, possivelmente, está ligada a intensidade luminosa.

No cultivo *in vitro* de *Oncidium tigrinum* a utilização de LEDs vermelhos e azuis nas proporções 1:1 inibiu o desenvolvimento do sistema radicular (MURILLO-TALAVERA et al., 2016). Na combinação de luzes vermelhas e azuis o aumento da proporção do azul pode ter relação com a inibição do desenvolvimento da raiz (MURILLO-TALAVERA et al., 2016). Wu e Lin (2012) mostraram que existe correlação inversa entre alongamento da raiz e concentração de compostos fenólicos e a luz azul promove a síntese desses compostos. Para o comprimento de parte aérea e comprimento de maior raiz, os LEDs roxo e vermelho promoveram melhores resultados. Nestes tratamentos, as plantas apresentam comprimento de parte aérea de 3,42 e 3,72 cm, e comprimento da maior raiz de 7,96 e 7,72 cm, respectivamente (Tabela 1).

A luz vermelha está ligada ao crescimento vegetativo. As diferentes faixas do espectro luminoso podem gerar alterações na concentração de auxinas, afetando o alongamento apical. (ARAÚJO et al., 2009; HANUS-FAJERSKA; WOJCIECHOWSKA, 2017). O cultivo *in vitro* de *Cattleya loddigesii* sob luz vermelha (celofane) provocou o alongamento das plantas (ARAÚJO et al., 2009). Em relação ao comprimento da raiz foram observados resultados diferentes, a luz vermelha proporcionou menor comprimento da raiz durante a aclimatização de *Cattleya loddigesii* (GALDIANO JUNIOR et al., 2012). E em *Oncidium tigrinum* a utilização de LEDs vermelhos e azuis nas proporções 2:2 e 3:1 também reduziram o comprimento da raiz (MURILLO-TALAVERA et al., 2016). Correll e Kiss (2005)

descobriram que o alongamento radicular é inibido pelo fitocromo em resposta à luz vermelha.

No presente estudo não foram observadas diferenças significativas para clorofilas e carotenoides (Tabela 1).

De maneira geral, as plantas que foram cultivadas *in vitro* sob a LED amarelo apresentaram melhor desenvolvimento no período de aclimatização. Este tratamento destacou-se dos demais na maioria das variáveis analisadas (Tabela 2). A única perda de plantas ocorreu com as mudas oriundas do cultivo sob LED azul (sobrevivência de 93%), nos demais tratamentos todas as plantas sobreviveram (Tabela 2). Para *Dendrobium phalaenopsis* a luz branca + vermelha demonstraram resultados superiores durante a aclimatização intermediária, e também maior taxa de sobrevivência (SORGATO et al., 2016).

As plantas cultivadas sob LED amarelo, roxo e vermelho apresentaram maior comprimento de parte aérea e raiz, e maior acúmulo de massa fresca e seca de parte aérea e raiz, destacando-se dos demais tratamentos. O LED amarelo e vermelho proporcionaram melhor comprimento de parte aérea em relação ao LED roxo. Assim como o LED amarelo e roxo apresentaram os piores resultados para comprimento de parte aérea e raiz no período de aclimatização. Para comprimento de parte aérea os resultados igualaram-se aos dos tratamentos sob a luz verde e azul (Tabela 2). Existem poucos trabalhos que abordam o efeito na fase de aclimatização do uso de comprimentos luminosos específicos. Em trabalhos conduzidos *in vitro*, os resultados mostram que há variação entre espécie e cultivares, e que o comportamento das plantas mudam de acordo com a etapa de desenvolvimento e intensidade luminosa utilizada (HANUS-FAJERSKA; WOJCIECHOWSKA, 2017). *In vitro*, mudas de *Paphiopedilum* apresentaram maior acúmulo de massa fresca e seca de raiz sob luz vermelha (LEE et al., 2011), o LED vermelho monocromático em *Phalaenopsis* também aumentou a matéria fresca e seca das plantas (WONGNOK et al., 2008; HSU; CHEN, 2010), assim como a massa fresca em *Dendrobium phalaenopsis* (SORGATO et al., 2015). Shin (2008) relatou que para a *Doritaenopsis* houve aumento significativo na biomassa, folhas e raízes sob a combinação de LED vermelho e azul. Possivelmente, esse melhor desempenho ocorreu devido ao pico de absorção de clorofila dar-se nos comprimentos de luz vermelha e azul, o tratamento também afetou fatores fisiológicos, demonstrando como a qualidade espectral pode influenciar o desenvolvimento vegetal.

Diferenças significativas não foram observadas para número de folhas, raízes, clorofilas e carotenóides (Tabela 2).

**Tabela 2.** Análises morfométricas, de clorofila e carotenóides de *Cattleya walkeriana* desenvolvidas sob diferentes comprimentos luminosos após período de aclimatização. Lavras, 2021

	Tratamentos						Média	CV (%)
	Branco	Verde	Azul	Amarelo	Vermelho distante	Vermelho		
	Análises morfométricas							
S (%)	100,00	100,00	93,00	100,00	100,00	100,00	--	--
NF	2,25	2,20	2,38	2,19	2,02	2,28	2,22	47,95
NR	3,41	3,51	3,41	3,59	4,00	4,13	3,69	35,79
CPA (cm)	26,80 c	30,29 c	28,97 c	38,02 a	34,73 b	39,71 a	33,22	28,11
CMR (cm)	32,07 c	38,22 b	41,40 b	47,81 a	50,50 a	47,48 a	43,20	32,79
MFPA (g)	2,35 b	2,93 b	2,78 b	4,84 a	4,97 a	4,39 a	3,71	39,31
MSPA (g)	0,47 b	0,45 b	0,37 b	1,27 a	1,04 a	1,19 a	0,80	72,93
MFR (g)	2,90 b	2,70 b	3,01 b	4,00 a	4,99 a	3,54 b	3,52	38,44
MSR (g)	0,15 b	0,18 b	0,20 b	0,27 a	0,36 a	0,29 a	0,24	41,99
	Análises de clorofilas e carotenóides							
Chla	0,0352	0,0391	0,0257	0,0263	0,0529	0,0537	0,0393	63,31
Chlb	0,0301	0,0242	0,0254	0,0126	0,0427	0,0289	0,0272	88,27
ChIT	0,0622	0,0406	0,0438	0,0399	0,0871	0,0888	0,0604	68,34
Carot	0,0166	0,0142	0,0112	0,0245	0,0203	0,0202	0,0178	80,19

Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem significativamente. <sup>NS</sup> não significativo.

NB- Número de brotos; NF- Número de folhas; NR – número de raízes; CPA – comprimento de parte aérea; CMR- comprimento da maior raiz;

Chla – clorofila a; Chlb – clorofila b; ChIT – clorofila total, Carot – carotenoide.

Diante dos resultados, foram observados que os diferentes comprimentos de LED influenciaram no crescimento *in vitro* das plantas. Os LEDs branco, roxo e vermelho proporcionaram melhor crescimento da espécie *in vitro*. No entanto, quando analisados os efeitos na aclimatização, as plantas que cresceram sob LED amarelo apresentaram melhor desenvolvimento que as plantas que foram mantidas nos demais comprimentos luminosos.

Nesse sentido, os comprimentos luminosos formados pelos LEDs roxo, vermelho e amarelo podem ser indicados para melhor desempenho na produção de *C. walkeriana*. Os LEDs roxo e vermelho promoveram melhor crescimento da espécie *in vitro*. Já as plantas cultivadas *in vitro* sob LED amarelo proporcionaram possível processo de rustificação, o que pode garantir maior sucesso das mudas no período de aclimatização.

## 5 CONCLUSÃO

Os LEDs roxo, vermelho e branco proporcionaram um melhor desenvolvimento *in vitro*.

Durante a aclimatização, os tratamentos com LEDs roxo e vermelho mantiveram os bons resultados, e as plantas submetidas ao tratamento com LED amarelo demonstraram desempenho superior.

Portanto, os LEDs roxo, vermelho e amarelo podem ser indicados para o melhor desempenho na produção de *Cattleya walkeriana*.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, S. R. M. **Princípios da cultura de tecidos vegetais**. Embrapa Cerrado. Documentos 58. Planaltina, DF, pp. 1-16, 2002.
- ARAÚJO, A.G. *et al.* **Crescimento *in vitro* de *Cattleya loddigesii* Lindl. em diferentes espectros luminosos associados com ácido giberélico**. Revista Ceres, v.56, n.5, p.542-546, 2009.
- ARDITTI, J. **Fatores que afetam a germinação de sementes de orquídea**. The Botanical Review, 33: 1-97, 1967.
- ARDITTI, J. **Fundamentals of orchid biology**. John Willey and Sons, New York, pp. 55-100, 1992.
- BARROS, F.; RODRIGUES, V.T.; BATISTA, J.A.N. Orchidaceae. In: STEHMANN, J. R. et al., **Plantas da Floresta Atlântica**. Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p. 372-403, 2009.
- BARROS, F. et al.; Orchidaceae. In: Forzza, R.C. (org.). **Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. v. 2, p.1344-1426, 2010
- CARVALHO, A. C. P. P. *et al.* **Glossário de cultura de tecidos de plantas**. Plant Cell Culture & Micropropagation. Lavras, v.7, n.1, 2011.
- CHUGH, Samira; GUHA, Satyakam; RAO, I. **Micropropagação de orquídeas: uma revisão sobre o potencial de diferentes explantes**. Scientia Horticulturae. 122. 507-520. 10.1016/j.scienta.2009.07.016., 2009.
- CORREL, M. J.; KISS, J. Z. **Os papéis dos fitocromos no alongamento e gravitropismo das raízes**. Physiol. 46: 317-323, 2005.
- DAWA, S. *et al.* **Tecnologias de produção de espécies com floração de orquídeas**. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 8(1): 147-161, 2019.
- DEWI, K. *et al.* **Efeitos da qualidade da luz no crescimento vegetativo e na iniciação da flor em *Phalaenopsis***. Indonesian J Biotech 19(1):33-42, 2014.
- ERIG, Alan Cristiano; SCHUCH, Márcia Wulff. **Micropropagação fotoautotrófica e uso da luz natural**. Cienc. Rural, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 961-965, Aug. 2005.
- FARIA, R. T. *et al.* **Preservação da orquídea *Cattleya walkeriana* Gardner por meio de propagação *in vitro***. Crop Breeding and Applied Biotechnology, 2:489-492, 2002.
- FAVETTA, V. *et al.* **Fontes de luz e meios de cultura no crescimento *in vitro* da orquídea brasileira *Microlaelia lundii***. Semina Ciências Agrárias 38(4):1775-1784, 2017.
- FERREIRA, W. M.; SUZUKI, R. M. **O cultivo *in vitro* de orquídeas como alternativa para a preservação de espécies nativas ameaçadas de extinção**. In: M.I.B. Loiola, I.G. Baseia &

J.E. Lichston (orgs.). Atualidades, desafios e perspectiva da botânica no Brasil. Imagem Gráfica, Natal, pp. 67-68, 2008.

FLORA DO BRASIL. **Algas, fungos e plantas**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do#CondicaoTaxonCP>>. Acesso em 05 de Setembro de 2020.

GALDIANO JUNIOR, R. F.; MANTOVANI, C.; PIVETTA, K. F. L.; LEMOS, E. G. M. **Crescimento *in vitro* e aclimatização de *Cattleya loddigesii* Lindley (Orchidaceae) com carvão ativado sob dois espectros luminosos**. Ciência Rural 42: 801-807, 2012.

GUPTA, S. D.; JATOTHU, B. **Fundamentos e aplicações de diodos emissores de luz (LEDs) *in vitro* crescimento e morfogênese das plantas**. Biotecnologia Vegetal Reports , Heidelberg, v. 7, n. 3, p. 211-220, 2013.

HANUS-FAJERSKA, E.; WOJCIECHOWSKA, R. **Impacto de diodos emissores de luz (LEDs) na propagação de orquídeas em cultura de tecidos**. In: GUPTA, S.D. Light emitting diodes for agriculture. Singapore: Springer, Cap.12, p.305-320, 2017.

HSU, H. C.; CHEN, C. **O efeito do espectro de luz nas características de crescimento de culturas *in vitro* de *Phalaenopsis***. Prop Ornament Plants 10(1):3–8, 2010.

IBAMA (Brazilian Institute of Environment and Renewable Resources, Ministry of Environment). 2008. **Lista Oficial das Espécies da Flora Ameaçada de Extinção (Anexo I) e Lista Oficial da Flora Brasileira com Deficiências de Dados**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Brasil, 24 set. 2008.

JOHANSEN, D. A. **Microtécnica de planta**. New York: McGraw-Hill, 1940.

JUNIOR, R. F. G. et al. **Criopreservação de sementes, propagação *in vitro* e crescimento *ex vitro* de *Cattleya walkeriana* Gardner, uma orquídea ornamental vulnerável**. Australian Journal of Crop Science, v. 11, n. 04, p. 485–490, 20 abr. 2017.

KNUDSON, L. **Germinação não simbiótica de sementes de orquídea**. Botanical gazette. 1-25, 1922.

LEE, S.-H.; TEWARI, R.K.; HAHN, E.-J.; PAEK, K.-Y. **A densidade do fluxo de fótons e a qualidade da luz induzem mudanças no crescimento, desenvolvimento estomático, fotossíntese e transpiração de *Withania somnifera* (L.) Dunal. plântulas**. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, v.90, n.2, p.141-151, 2007.

LEE, Y. I.; FANG, W.; CHEN, C. C. **Efeito de seis diferentes qualidades de luz LED no crescimento de mudas de orquídea *Paphiopedilum in vitro***. Acta Hort. 907 389 391, 2011.

LICHTENTHALER, H.K. **Clorofilas e carotenóides: biomembranas fotossintéticas de pigmento**. Methods in Enzymology, San Diego, v.148, p. 362- 385, 1987

MARTINI, P. C. *et al.* **Propagação de orquídea *Gongora quinquenervis* por sementeira *in vitro***. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 36:1319-1324, 2007



MURILLO-TALAVERA, Martha M. *et al.* **Qualidade da luz LED e desenvolvimento *in vitro* de *Oncidium tigrinum* e *Laelia autumnalis* (orchidaceae).** Agrocienca, México , v. 50, n. 8, p. 1065-1080, dic. 2016 .

O'BRIEN, T. P.; FEDER, N.; McCULLY, M. E. **Coloração policromática de paredes celulares de plantas por azul de toluidina.** O Protoplasma, Karlsruhe, v. 59, p. 368-373, 1964.

OLIVEIRA, L. E. M. de. **Radiação.** Disponível em: < <http://www.ledson.ufla.br/fotossintese-em-plantas-superiores/etapa-fotoquimica/interceptacao-e-absorcao-da-irradiancia/radiacao> >. Acesso em: 27 jan. 2021.

PINHEIRO, Marcos Vinícius Marques *et al.* **Propagação *in vitro* de cultivares de alpínia em diferentes fontes de luz.** Ornam. Hortic., Viçosa , v. 25, n. 1, p. 49-54, Mar. 2019.

PIVETTA *et al.* Orquídeas. In: Produção de Flores de Corte In: PAIVA, P. D. de O.; ALMEIDA, E. F. A. (Org.). **Produção de Flores de Corte: Volume II.** 1 ed. Lavras: Editora UFLA, 2014, v.II, p.606-707.

RIBEIRO, Márcia de Nazaré Oliveira *et al.* **Multiplicação *in vitro* de copo-de-leite: espectros de luz e sacarose.** Cienc. Rural, Santa Maria , v. 39, n. 8, p. 2388-2393, Nov. 2009.

ROCHA, P.S.G. *et al.* **Diodos emissores de luz e concentrações de BAP na multiplicação *in vitro* de morangueiro.** Ciência Rural, Santa Maria, v.40, n.9, p. 1922-1928, set. 2010.

ROCHA, P.S.G.; OLIVEIRA, R.P.; SCIVITARRO, W.B.; MOSELE, S.H. **Uso de LEDs na multiplicação *in vitro* de três cultivares de bananeira.** Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, v.11, p.247-252, 2017.

ROSA, F. A. F. da. **Síntese e avaliação da atividade reguladora de crescimento vegetal de novos compostos indólicos derivados do safrol e relacionados ao ácido indol-3-acético.** 2002. 144f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC.

ROTOR, G.B. **Um método de propagação vegetativa de estacas do caule de *Phalaenopsis*.** Am. Orchid Soc. Bul. 18:738–739, 1949.

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

SHIN, K. S. *et al.* **Efeito da qualidade da luz no crescimento e desenvolvimento de plantas de *Doritaenopsis* cultivadas *in vitro*.** Acta Physiol Plant 30:339–343, 2008.

SORGATO, J. C.; ROSA Y. B. C. J.; SOARES, J. S.; LEMES, C. S. R.; SOUSA G. G. D. 2015. **Luz na aclimação intermediária de mudas germinadas *in vitro* de *Dendrobium phalaenopsis* Deang Suree.** Ciência Rural 45: 231-237

SORGATO, J. C.; ROSA, Y. B. C. J.; SOARES, J. S.; PINTO, J. V. C.; ROSA, D. B. C. J. **Luminosidade e imersão em água na aclimatização intermediária de *Dendrobium phalaenopsis***. Horticultura Brasileira 34: 080-085, 2016.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VALENTIM, AB; FERREIRA, HS; COLETTO, M. A. **Lâmpadas de LED: impacto no consumo e fator de potência**. Ciências do Ambiente , v. 6, n. 1, p. 29-36, 2010.

WONGNOK, A. *et al.* **Efeitos de diodos emissores de luz na micropropagação de orquídeas *Phalaenopsis***. Acta Hortic 788:149–156, 2008.

WU, H., & LIN, C. **A irradiação de luz com diodo emissor de luz vermelha melhora a formação da raiz e da folha em *Protea cynaroides* L. Plântulas de difícil propagação *in vitro***, HortScience horts, 47(10), 1490-1494, 2012.

ZHANG, Shi-Bao *et al.* **Diversidade fisiológica de orquídeas**. Plant Diversity. 40. 10.1016/j.pld.2018.06.003, 2018.