

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN DEPARTAMENTO DE  
CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E AMBIENTAIS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Gabrieli Cristina Vitalli de Azevedo

**USO DE DIODOS EMISSORES DE LUZ SOBRE AS  
CARACTERÍSTICAS MORFOANATÔMICAS EM MUDAS DE  
*Corymbia citriodora***

Frederico Westphalen  
2022

Gabrieli Cristina Vitalli de Azevedo

**USO DE DIODOS EMISSORES DE LUZ SOBRE AS CARACTERÍSTICAS  
MORFOANATÔMICAS EM MUDAS DE *Corymbia citriodora***

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria *campus* de Frederico Westphalen (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheira Agrônoma.**

Orientadora: Profa. Dra. Denise Schmidt

Frederico Westphalen  
2022

Gabrieli Cristina Vitalli de Azevedo

**USO DE DIODOS EMISSORES DE LUZ SOBRE AS CARACTERÍSTICAS  
MORFOANATÔMICAS EM MUDAS DE *Corymbia citriodora***

Curso de Graduação em Agronomia, da  
Universidade Federal de Santa Maria, campus

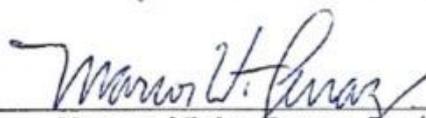
requisito parcial para obtenção do título de  
**Engenheira Agrônoma.**

Aprovado em 25 de março de 2022



---

**Denise Schmidt, Dra. (UFSM)**  
(Orientadora/Presidente)



---

**Marcos Vieira Ferraz, Dr. (FATEC)**  
(Membro da banca)



---

**Axel Bruno Mariotto, Eng. Agr. (UFSM)**  
(Membro da banca)

Dedico à minha família — meu porto seguro — e aos amigos que sempre estiveram ao meu lado, vocês foram essenciais!

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida, pela minha saúde e de minha família, pela Sua proteção e amparo em meio as dificuldades.

A toda minha família, em especial aos meus pais. A minha mãe Cléia e meu pai, Jordano, por todo amor, apoio, suporte em todos os momentos, quando mesmo na distância sempre estiveram ao meu lado me aconselhando. À minha nona (*in memoriam*) e ao meu nono.

À minha Orientadora Profa. Dra. Denise Schmidt, pela oportunidade, amizade, confiança e conselhos, desde o meu primeiro semestre da faculdade, não somente pelas conversas e conselhos sobre a graduação e laboratório, mas àquelas sobre a vida.

A todos os colegas e amigos do Laboratório de Cultura de Tecidos e Extrativos Aromáticos, Laboratório de Agroclimatologia, Laboratório de Biometria Vegetal e Bloco de apoio 1, pelas ajudas nos trabalhos, pelas risadas e pela parceria durante todos esses anos.

Pelos colegas e as amigadas construídas durante a graduação, em especial a 12º turma de Agronomia.

A todos os professores do curso pelos seus ensinamentos e dedicação.

A UFSM/FW, faculdade pública, gratuita e de qualidade, pela oportunidade de realizar minha graduação.

A FAPERGS, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul, por concessão de bolsa durante o período de graduação.

Enfim a todos que de alguma forma contribuíram durante essa jornada.

O meu:

**Muito Obrigada!**

*“Ninguém é tão sábio que não tenha algo para aprender e nem tão tolo que não tenha algo para ensinar”.*

*(Blaise Pascal)*

**Artigo submetido na Revista Scientia forestalis**  
**Classificação do periódico quadriênio (QUALIS) 2013-2016: B1**

1 **Uso de diodos emissores de luz sobre as características morfoanatômicas em**  
2 **mudas de *Corymbia citriodora***

3  
4 **Use of light-emitting diodes on the morpho-anatomical characteristics of**  
5 ***Corymbia citriodora* seedlings**

6  
7 **RESUMO**

8 Com o aumento do cultivo de *Corymbia citriodora* no Brasil é importante avaliar suas  
9 características em distintos ambientes de produção de mudas, visto as diferentes  
10 estratégias de aclimatação sob as condições ambientais prevalentes em seu cultivo.

11 O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes qualidades espectrais de lâmpadas  
12 LEDs nas características morfoanatômicas de mudas de *Corymbia citriodora*. O  
13 estudo foi conduzido no período de agosto de 2018 a janeiro de 2019, em sala de  
14 crescimento pertencente a Universidade Federal de Santa Maria *campus* Frederico  
15 Westphalen, RS, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente  
16 casualizado, onde os tratamentos foram compostos por quatro qualidades espectrais  
17 de luz provenientes de lâmpadas LED branco, vermelho (660 nm), azul (450 nm) e  
18 azul + vermelho (40% + 60%), com intensidade luminosa de 72  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  cada  
19 bancada. O uso de lâmpadas LED alterou os valores do índice de área foliar, teores  
20 de clorofila, epiderme inferior, espessura do limbo foliar e densidade estomática de  
21 *Corymbia citriodora*.

22  
23 **Palavras-chave: eucalipto cheiroso; luz; LEDs; índice de área foliar**

26 **ABSTRACT**

27 With the increase in *Corymbia citriodora* cultivation in Brazil, it is crucial to evaluate its  
28 characteristics in different environments of seedling production, given the different  
29 acclimatization strategies under the prevailing environmental conditions in its  
30 cultivation. This work aimed to evaluate distinct spectral qualities of LEDs lamps in  
31 morpho-anatomical characteristics in *Corymbia citriodora* seedlings. The work was  
32 conducted from August 2018 to January 2019, in a growth room belonging to the  
33 Federal University of Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen, RS, Brazil. The  
34 experimental design used was completely randomized, where the treatments were  
35 composed of four spectral qualities of light from white, red (660 nm), blue (450 nm)  
36 and blue + red (40% + 60%) LED lamps, with light intensity of 72  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  each  
37 bench. The use of LED lamps altered the values of leaf area index, chlorophyll  
38 contents, lower epidermis, leaf thickness and stomatal density of *Corymbia citriodora*.

39

40 **Keywords: lemon-scented gum; light; LEDs; leaf area index**

41

42 **1. INTRODUÇÃO**

43 O eucalipto cheiroso, da espécie *Corymbia citriodora*, é uma árvore de grande  
44 porte que cresce abundantemente em regiões temperadas e tropicais da Austrália  
45 (Zheng et al., 2015), que possui alto potencial de aclimação em diferentes regiões  
46 do hemisfério sul. Seu cultivo tem se expandido no Brasil ano após ano, devido às  
47 suas características de rápido crescimento e adaptação edafoclimática, além das  
48 características de qualidade silvicultural e da madeira, muito utilizada para construção  
49 de cercas, carvão vegetal e outros múltiplos usos. Suas folhas são utilizadas como  
50 matéria prima para extração do óleo essencial (Morais et al., 2010), possuindo o

51 citronelal como principal componente químico que por seu aroma agradável, entram  
52 na composição de vários produtos aromatizantes, sabonetes, detergentes, perfumes,  
53 ceras, inseticidas, dentre outros (Andrade & Gomes, 2000).

54 O sucesso da produtividade nos plantios do eucalipto cheiroso no Brasil tem  
55 sido em função da combinação de diversos fatores, entre os quais encontram-se os  
56 avanços na sua propagação. Assim, torna-se necessário a busca por tecnologias que  
57 visem aumentar a eficiência no estabelecimento das mudas, bem como diminuir seu  
58 tempo de permanência no viveiro, resultando na redução dos custos nesta etapa.

59 Na fase de viveiro as características ambientais como umidade, temperatura e  
60 radiação solar podem ser facilmente manipuladas a fim de otimizar as condições de  
61 cultivo. Por essa razão, tem sido cada vez mais frequente o ajuste da radiação, pois  
62 este fator exerce forte influência na taxa fotossintética e no crescimento das plantas.  
63 Todas as plantas têm capacidade de modificar sua estrutura anatômica em resposta  
64 ao ambiente luminoso, visando aumentar a eficiência do funcionamento do aparelho  
65 fotossintético (Engel, 1989; Oliveira et al., 2016). Porém, ainda segundo Oliveira et al.  
66 (2016), essa resposta varia entre as espécies e condições em que estão submetidas,  
67 como sua capacidade de aclimação e a quantidade ou qualidade de luz.

68 Qualquer variação na estrutura da folha, como a densidade estomática,  
69 tamanho e forma do mesófilo e diferenciação do sistema vascular, afetará as funções  
70 fisiológicas da planta como as trocas gasosas, a distribuição e o teor de pigmentos,  
71 características essas relacionadas diretamente com a fotossíntese e o processo  
72 responsável pelo acúmulo de matéria seca que definirá o crescimento das mudas  
73 (Medeiros et al., 2015; Chen et al., 2016; Fernandez et al., 2017).

74 A iluminação artificial, como fonte luminosa, para o crescimento de plantas tem  
75 sido cada vez mais utilizada na agricultura comercial e para o cultivo em viveiros. Seu

76 uso permite maior controle sobre o crescimento das plantas, uma vez que cada  
77 espécie necessita de uma quantidade e intensidade específica de luz por dia.  
78 Atualmente é possível encontrar alguns tipos de lâmpadas, que atuam como fonte de  
79 energia, visando melhorar as características das plantas. Os diodos emissores de luz  
80 (LEDs) são considerados opções promissoras, pois agregam diversos benefícios  
81 como baixo requerimento em energia, alta eficiência na conversão da energia  
82 recebida em radiação, elevada durabilidade, podendo ser utilizada com um ou mais  
83 espectros para as respostas morfogênicas e é considerada uma luz fria, gerando  
84 menos calor do que as fluorescentes, sem trazer danos as plantas (Gupta & Jatothu,  
85 2013).

86 Na literatura não há relatos acerca do cultivo de *C. citriodora* em ambientes  
87 com diferentes qualidades de luz, assim estudos com esse propósito podem colaborar  
88 para a formação de mudas com melhor desempenho. Nesse contexto, objetivou-se  
89 através deste estudo identificar a influência de diferentes qualidades espectrais,  
90 provenientes de lâmpadas LEDs, nas características morfoanatômicas de mudas de  
91 *C. citriodora*.

92

## 93 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### 94 **2.1. Local do estudo e delineamento experimental**

95 O estudo foi conduzido em sala de crescimento pertencente a Universidade  
96 Federal de Santa Maria *campus* Frederico Westphalen, RS, Brasil, no período entre  
97 agosto de 2018 a janeiro de 2019 sob temperatura média de 25 °C, com fotoperíodo  
98 de 8 horas de luz.

99 O delineamento experimental utilizado no estudo foi o inteiramente casualizado  
100 (DIC), sendo que os tratamentos foram compostos por quatro qualidades espectrais

101 de luz: LED branco, LED vermelho (660 nm), LED azul (450 nm) e LED azul +  
102 vermelho (40% + 60%), com intensidade luminosa de 72  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  cada bancada.

103 As sementes de *C. citriodora* utilizadas, foram adquiridas do Instituto de  
104 Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF). A semeadura foi realizada no dia 23 agosto de  
105 2018, em tubetes de formato cônico de 90  $\text{cm}^3$  com seis estrias de polipropileno de  
106 fundo aberto preenchidos com substrato orgânico (Tecnomax®), total 54 tubetes por  
107 bandeja. Após a semeadura, os tubetes foram colocados na sala de crescimento e  
108 mantidas até o final das avaliações. Após oito dias da semeadura, foi verificado o início  
109 da emergência das plântulas.

110

## 111 **2.2. Área foliar e índice de área foliar**

112 As avaliações de área foliar foram realizadas a cada 14 dias, coletando em  
113 cada avaliação quatro plantas por tratamento. A primeira coleta foi realizada aos 32  
114 dias após a emergência (DAE), quando as plantas apresentavam dois pares de folhas  
115 completamente expandidas, e foram realizadas até 144 DAE, totalizando nove  
116 coletas. As avaliações encerraram quando as plantas atingiram  $\geq 25$  cm de altura e  
117 diâmetro do caule  $\geq 2,5$  mm, sendo essa estatura recomendada para o transplante a  
118 campo (Sturion et al. 2000).

119 O Índice de Área Foliar (IAF) foi determinado a partir da área foliar total e da  
120 área de solo explorada por cada muda, de acordo com a seguinte equação:

$$121 \text{IAF} = \text{AF}/\text{AS}$$

122 Onde: IAF = índice de área foliar; AF = área foliar total da planta, em  $\text{m}^2$ ; e AS = área  
123 de solo utilizada pela planta.

124 Para a avaliação da área foliar foi utilizada a metodologia de Jadoski et al.  
125 (2012). Após a coleta das quatro plantas, retirou-se todas as suas folhas, e essas

126 foram digitalizadas em impressora juntamente com uma escala de referência. Para  
127 determinar a área foliar, foi empregado o *software* “ImageJ”, onde o mesmo captura a  
128 imagem das folhas através de um contraste de cores e compara esta imagem com a  
129 escala referência, calculando a área total das folhas.

130

### 131 **2.3. Pigmentos fotossintéticos**

132 Para determinar o teor de clorofila total, clorofila *a* e clorofila *b*, foi utilizado o  
133 aparelho portátil ClorofiLOG (CFL1030 - FALKER), medidor eletrônico de teor de  
134 clorofila, o qual determina os resultados em Índice de Clorofila Falker (ICF). Para os  
135 valores de razão de clorofila, foi calculado por divisão da clorofila *a* pela clorofila *b*  
136 (*a/b*). As avaliações foram realizadas ao final do ciclo de produção das mudas, sendo  
137 selecionadas quatro plantas de cada tratamento e realizando a leitura em três folhas  
138 por planta.

139

### 140 **2.4. Avaliação estomática**

141 A avaliação foi realizada aos 144 DAE, utilizando a terceira folha em direção do  
142 ápice para base da planta, totalmente expandida de três plantas avaliadas. As lâminas  
143 semipermanentes foram confeccionadas, adaptando a metodologia proposta por  
144 Weyers & Johansen (1985), através da técnica de impressão da epiderme. Foi  
145 utilizado adesivo instantâneo universal (éster de cianocrilato) colocando uma gota  
146 sobre uma lâmina de vidro. Ambas as faces foliares, na região central da folha, foram  
147 pressionadas sobre a lâmina, por 30 segundos, permitindo a impressão da epiderme  
148 na lâmina. As lâminas prontas, foram submetidas à captura de imagens com auxílio  
149 de um microscópio óptico com câmera fotográfica acoplada, com um aumento de 20x,  
150 com área de 596 x 447  $\mu\text{m}$  (0,2664  $\text{mm}^2$ ). Para a determinação do número de

151 estômatos, foi utilizado o *software* “Anati Quant 2”, a partir da contagem das células  
152 estomáticas.

153

## 154 **2.5. Anatomia foliar**

155 Para a avaliação anatômica, foram utilizadas a terceira folha do ápice para base  
156 das plantas totalmente expandidas, sendo avaliadas aos 144 DAE. Para realizar a  
157 avaliação anatômica dos tecidos internos do limbo foliar, seguiu-se a metodologia  
158 proposta por Carmello-Guerreiro (1995). Os blocos com resinas prontos para uso  
159 foram submetidos a cortes no sentido transversal com espessura de  
160 aproximadamente 5  $\mu\text{m}$  com auxílio de micrótomo de corte. Os cortes histológicos  
161 foram acomodados em lâminas e corados com azul de astra por 120 minutos e após  
162 foi realizada a captura das imagens com área de 596 x 447  $\mu\text{m}$  com o auxílio de  
163 microscópio óptico com câmera acoplada, em aumento de 20x, com as imagens  
164 fotomicrografadas e com *software* apropriado, destacando as estruturas do material  
165 foram avaliados e caracterizados, a espessura da cutícula, epidermes, parênquima  
166 paliádico e parênquima lacunoso.

167

## 168 **2.6. Análise estatística**

169 Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias analisadas  
170 estatisticamente por meio do *software* SISVAR (Ferreira, 2011). Quando houve  
171 significância, foi verificada pelos testes F ( $p < 0,05$ ). As médias foram comparadas  
172 pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

173

174

175

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Índice de área foliar

Os valores de IAF apresentaram a mesma tendência ao longo do estudo, para todos os tratamentos, exibindo inicialmente um crescimento linear, seguido de um valor máximo e posterior decréscimo. Os maiores valores encontrados foram registrados entre os 60 e 102 DAE (Figura 1). Nas LED azul e LED azul + vermelho o IAF foi crescente até 60 DAE, a partir disso apresentou declínio até o final das avaliações. Para a LED branca observou-se acréscimo no IAF até 74 DAE, diminuindo linearmente a partir desta data. Já a LED vermelho apresentou aumento linear do IAF até 102 DAE, reduzindo após esse período. Neste tratamento o índice de área foliar se manteve crescentes por praticamente todo o período do experimento, indicando que houve acúmulo de massa fresca por um período maior, fato este não verificados nos demais tratamento.

#### ENTRA FIGURA 1

A quantificação do índice de área foliar e a sua variação ao longo do ciclo produtivo, torna possível o seu emprego como variável em modelos de crescimento (Xavier et al., 2002). À medida que o índice de área foliar se eleva, os valores acumulados em matéria seca tendem a um aumento, pois, estes dois componentes estão estritamente relacionados com a radiação fotossinteticamente ativa que é interceptada e acumulada pelas folhas. Nesse sentido, quanto maior seu incremento, maior será a interceptação de radiação (Caron, et al., 2012).

A estabilização ou redução do crescimento é justificada pelo maior crescimento das folhas superiores que interceptam a maior parte da radiação que incide sobre as mudas, o que provoca auto sombreamento.

### 3.2. Pigmentos fotossintéticos

Para os teores de pigmentos fotossintéticos, foi possível observar que o conteúdo de clorofila *a* e a razão de clorofila foram semelhantes em todos os tratamentos. No entanto, houve diferença significativa no conteúdo de clorofila *b* e clorofila total (Figura 2). Para clorofila *b* e clorofila total, as mudas cultivadas na LED vermelho apresentaram ICF inferior aos demais tratamentos.

#### ENTRA FIGURA 2

Esses pigmentos são encarregados da conversão de radiação luminosa em energia, nas formas de ATP e NADPH, sendo desse modo, rigorosamente ligado à eficiência fotossintética das plantas, conseqüentemente, ao seu crescimento e aclimatação a diferentes ambientes (Santos et al., 2008).

A qualidade espectral influenciou os teores de clorofilas *b* em mudas de *C. citriodora*. Segundo Cardoso (2020), em cultivos sob baixa intensidade de luz, as folhas apresentam maiores teores desse pigmento. As frequências mais baixas e, portanto os comprimentos de onda maiores correspondem à luz vermelho e laranja, enquanto que os comprimentos de onda menores e frequências mais altas correspondem a radiação azul e violeta. Assim, o aumento do conteúdo de clorofila *b* seria uma forma de compensar a baixa frequência luminosa. Sabe-se que esse tipo de clorofila exerce a função antena, para melhor absorver a luz do ambiente. A clorofila *b* capta a energia de outros comprimentos de onda e, na sequência, a transfere para a clorofila *a*, que efetivamente atua nas reações fotoquímicas da fotossíntese e representa um mecanismo de adaptação à condição de menor intensidade luminosa.

Pode-se inferir que as mudas de *C. citriodora*, quando produzidas sob diferentes qualidades espectrais, podem apresentar algumas alterações em seus teores de clorofila. Segundo Larcher (2004), ecologicamente, as alterações na

226 biossíntese de clorofilas pelas variações espectrais podem proporcionar vantagens  
227 quanto ao crescimento e sucesso reprodutivo das espécies vegetais. Assim, os  
228 resultados indicam a ocorrência de uma adaptação cromática desta espécie que  
229 poderá auxiliar no seu desempenho fotossintético.

230

### 231 **3.3. Avaliação estomática**

232 Observando a variável densidade estomática no lado adaxial, a LED azul +  
233 vermelho foi superior aos demais tratamentos. Já no lado abaxial, não se observou  
234 diferenças entre as LEDs avaliadas (Figura 3). Mudança na densidade estomática  
235 apenas no lado adaxial, deve-se ao fato desta face estar diretamente exposta a luz  
236 incidente.

### 237 **ENTRA FIGURA 3**

238 O desenvolvimento estomático pode ser controlado por exemplo, por sinais  
239 vindos do genoma, fatores ambientais (Thiesen, 2019; Vráblová et al., 2018), tanto  
240 pela luz quanto pelo suprimento de água e podem ser localizados no lado adaxial ou  
241 abaxial, e em ambos os lados (Bucher et al., 2017).

242 Ainda segundo Bucher et al. (2017), as espécies podem mudar o tamanho e a  
243 densidade dos estômatos conjuntamente em ambos os lados, ou podem ocorrer de  
244 forma independente.

245 Os estômatos de *C. citriodora* estão presentes em ambas as faces foliares,  
246 sendo classificados como folhas anfiestomáticas (Moura & Franzener, 2014; Duarte,  
247 2007). Quando avaliado cinco espécies da família Myrtaceae, foram identificadas as  
248 mesmas características em relação a frequência estomática. Além disso, foi  
249 demonstrado que essas espécies também possuem estômatos frequentemente em  
250 maior número na face abaxial (Al-Edany & Al-Saadi, 2012).

251 Liu et al. (2014), quando compararam o uso de diferentes qualidades espectrais  
252 com lâmpadas fluorescentes, verificaram que houve aumento na densidade  
253 estomática, para todas as LEDs estudadas, com destaque para a LED azul + vermelho  
254 nas proporções de 50% LED azul e 50% LED vermelho o qual apresentou o maior  
255 número de estômatos por mm<sup>2</sup> em relação as demais qualidades espectrais. Neste  
256 estudo, resultados semelhantes foram encontrados, o qual também sugere que a LED  
257 azul + vermelho, quando analisado a face adaxial, apresentou valores superiores  
258 quando comparado as demais LEDs. Já para a face abaxial, independentemente das  
259 LEDs, o número de estômatos não foi influenciado. Para *Eucalyptus urophylla* cultivado  
260 *in vitro*, a densidade estomática na face abaxial das folhas também não foi influenciada  
261 pelas diferentes qualidades espectrais (Miranda et al., 2020).

262 Estudos mostram que maior densidade estomática pode ser encontrada  
263 quando folhas são expostas à alta irradiação, dando indicações de melhor controle da  
264 condutância estomática, a qual irá reduzir as perdas de água por transpiração  
265 (Rossatto et al., 2009).

266

### 267 **3.4. Anatomia foliar**

268 No presente trabalho, por meio da análise dos dados dos cortes transversais,  
269 foi possível observar a presença de duas camadas de parênquima paliçádico junto a  
270 epiderme adaxial e junto a epiderme abaxial a presença de parênquima lacunoso,  
271 sendo denominado neste caso de dorsiventral (Figura 4).

### 272 **ENTRA FIGURA 4**

273 Resultados encontrados por Duarte (2007), para *C. citriodora*, corroboram com  
274 os resultados encontrados neste estudo, onde identificaram de duas a três camadas  
275 de parênquima paliçádico na face adaxial e, voltado a superfície abaxial da folha,

276 parênquima lacunoso com espaços intracelulares. Já Moura & Franzener (2014),  
277 encontraram na face adaxial da folha de *C. citriodora*, a presença de três camadas de  
278 parênquima paliçádico e na face abaxial, identificaram uma a duas camadas deste  
279 mesmo parênquima.

280 Na LED azul + vermelho foi observado maior adensamento de células, com  
281 poucos espaços intracelulares no parênquima lacunoso. Já para os demais  
282 tratamentos foi identificado parênquima lacunoso com espaços maiores entre as  
283 células.

284 Ao analisar o revestimento das folhas de *C. citriodora* verificou-se que estas  
285 apresentam uma única camada de células epidérmicas, coberta por uma espessa  
286 camada de cutícula (Figura 4). Quanto a espessura, observou-se que na epiderme  
287 adaxial houve semelhança em todas as LEDs. Já na face abaxial, verificou-se que  
288 para a LED azul, houve menor espessamento quando comparada aos demais  
289 tratamentos.

290 Segundo Taiz et al. (2017), a epiderme se apresenta como a camada mais  
291 externa de células da planta, revestindo as estruturas vegetativa e reprodutiva e  
292 geralmente consiste em uma única camada de células.

293 Os resultados referentes a espessura de cutícula da face adaxial e abaxial  
294 indicaram que não houve diferença entre as LEDs utilizadas (Tabela 1). A cutícula  
295 pode refletir luz, reduzindo a carga de calor, restringir a difusão da água e gases e  
296 ainda a penetração de patógenos. É uma estrutura multiestratificada de ceras e  
297 hidrocarbonetos relacionados, que são alocados externamente na epiderme foliar  
298 (Taiz et al., 2017).

299 **INSERIR TABELA 1**

300 Por meio das análises dos dados dos cortes transversais, foi possível observar  
301 que a espessura do limbo foliar apresentou valores superiores quando expostos as  
302 LED branca e da LED azul + vermelho. De forma geral, plantas cultivadas a pleno sol,  
303 ambiente que é mais similar à luz branca, apresentam folhas mais espessas com  
304 células do parênquima paliçádico mais longas e justapostas (Taiz & Zeiger, 2013).

305 A capacidade de alterar a estrutura foliar é um exemplo de plasticidade  
306 fenotípica. O aumento da espessura do limbo é considerado estratégia de aclimatação  
307 para melhorar a captação de energia luminosa e, por consequência, favorecer maior  
308 eficiência fotossintética. Essa capacidade de modificar a anatomia foliar evita ou reduz  
309 os efeitos abióticos (Taiz et al., 2017).

310 A utilização de lâmpadas LEDs com diferentes qualidades espectrais resultou  
311 em algumas distintas respostas morfoanatômicas, sendo interessante novos estudos  
312 com as implicações e consequências das lâmpadas LEDs sobre a anatomia foliar, e  
313 também relacionando com análises de crescimento das plantas, visando melhorar a  
314 produção de mudas florestais como por exemplo, em minijardins clonais para  
315 obtenção de estacas, melhorando a qualidade das mudas. Essa qualidade irá  
316 influenciar o êxito na formação de florestas, já que essas terão de resistir as condições  
317 adversas encontradas no campo e assim produzir árvores com crescimento  
318 volumétrico desejado (Gomes et al., 1991).

319

#### 320 **4. CONCLUSÃO**

321 O índice de área foliar inicial *C. citriodora*, foi fortemente afetado pelas LEDs  
322 demonstrando alterações durante o ciclo de produção das mudas dependendo da  
323 qualidade espectral. Os teores de clorofila *b* e clorofila total tiveram influência negativa  
324 quando as plantas foram cultivadas sob a qualidade espectral LED vermelho. Para a

325 densidade estomática foi identificado modulação estomática exclusivamente na face  
326 foliar adaxial sob a LED azul + vermelho. O uso das diferentes LEDs influenciou  
327 algumas características anatômicas, como na redução da espessura de epiderme  
328 inferior e aumento na espessura de limbo foliar, o qual se deu sob as LED branca e  
329 LED azul + vermelho.

330

## 331 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

332 Al-Edany, T. Y., & Malik Al-Saadi, S. A. A. M. (2012). Taxonomic significance of  
333 anatomical characters in some species of the family Myrtaceae. *American Journal of*  
334 *Plant Sciences*, 3:572-581. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2012.35069>

335 Andrade, A. M., & Gomes, S. S. (2000). Influência de alguns fatores não genéticos  
336 sobre o teor de óleo essencial em folhas de *Eucalyptus citriodora* Hook. *Floresta e*  
337 *Ambiente*, 7(1):181-189.

338 Bucher, S. F., Auerswald, K., Grün-Wenzel, C., Higgins, S. I., Jorge, J. G.,  
339 Römermann, C. (2017). Stomatal traits relate to habitat preferences of herbaceous  
340 species in a temperate climate. *Flora*, 229:107-115.  
341 <http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2017.02.011>

342 Carmello-Guerreiro, S. M. (1995). *Técnica de inclusão de material vegetal em*  
343 *historresina* (8 p.). Botucatu: UNESP.

344 Cardoso, A. C. R. (2020). *Clorofilas e antocianinas não competem por luz sob*  
345 *condição de sombra*. (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual Paulista,  
346 Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

347 Caron, B. O., Souza, V. Q., Trevisan, R., Behling, A., Schmidt, D., Bamberg, R., Eloy,  
348 E. (2012). Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada  
349 em fitomassa de mudas de Eucalipto. *Revista Árvore*, 36(5):833-842.

350 <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000500005>

351 Chen, D., Wang, S., Cao, B., Cao, D., Leng, G., Li, H., Yin, L., Shan, L., Deng, X.  
352 (2016). Genotypic variation in growth and physiological response to drought stress and  
353 re-watering reveals the critical role of recovery in drought in maize seedlings. *Frontiers*  
354 *in Plant Science*. 6:1-15. 10.3389/fpls.2015.01241

355 Duarte, E. S. M. (2007). *Crescimento e teor de óleo essencial em plantas de Eucaliptus*  
356 *citriodora e Eucaliptus globulus tratadas com homeopatia* (Tese de doutorado).  
357 Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

358 Engel, V. L. (1989). *Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de*  
359 *essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspectos de anatomia*  
360 (Dissertação de mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,  
361 Piracicaba.

362 Fernandez, O., Ishihara, H., George, G. M., Mengin, V., Flis, A., Sumner, D., Arrivault,  
363 S., Lunn, J. E., Zeeman, S. C., Smith, A. M., Stitt, M. (2017). Leaf starch turnover  
364 occurs in long days and in falling light at the end of the day. *Plant Physiology*,  
365 174(1):2199-2212. <https://doi.org/10.1104/pp.17.00601>

366 Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e*  
367 *Agrotecnologia* (UFLA), 35(6):1039-1042. [https://doi.org/10.1590/S1413-](https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001)  
368 [70542011000600001](https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001)

369 Gomes, J. M., Couto, L., Borges, R. C. G., Fonseca, E. P. (1991). Efeitos de diferentes  
370 substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. HILL EX MAIDEN, em  
371 "Win-strip". *Revista Árvore*, 15:35-42.

372 Gupta, S. D., & Jatothu, B. (2013). Fundamentals and applications of light-emitting  
373 diodes (LEDs) in *in vitro* plant growth and morphogenesis. *Plant Biotechnology*  
374 *Reports*, 7:211-220. <https://doi.org/10.1007/s11816-013-0277-0>

375 Jadoski, S. O., Lopes, E. C., Maggi, M. F., Suchoronczek, A., Saito, L. R., Denega, S.  
376 (2012). Método de determinação da área foliar da cultivar de batata Ágata a partir de  
377 dimensões lineares. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(1):2545-2554. 10.5433/1679-  
378 0359.2012v33Supl1p2545

379 Larcher, W. (2004). *Ecofisiologia vegetal* (531 p.). São Carlos: Rima.

380 Liu, M., Xu, Z., Guo, S., Tang, C., Liu, X., Jao, X. (2014). Evaluation of leaf morphology,  
381 structure and biochemical substance of balloon flower (*Platycodon grandiflorum*  
382 (Jacq.) A. DC.) plantlets *in vitro* under different light spectra. *Scientia Horticulturae*,  
383 174:112-118. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2014.05.006>

384 Medeiros, M. J. L., Silva, M. M. A., Granja, M. M. C., Silva Júnior, G. S., Camara, T.,  
385 Willadino, L. (2015). Effect of exogenous proline in two sugarcane genotypes grown *in*  
386 *vitro* under salt stress. *Acta Biológica Colombiana*, 20(2):57-63.  
387 <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n2.42830>

388 Miranda, N. A., Xavier, A., Otoni, W. C., Gallo, R., Gatti, K. C., Moura L. C., Souza, D.  
389 M. S. C., Maggioni, J. H., Santos, S. S. O. (2020). Quality and intensity of light in the  
390 *in vitro* development of microstumps of *Eucalyptus urophylla* in a photoautotrophic  
391 system. *Forest Science*, 66(6):754-760. 10.1093/forsci/fxaa027

392 Morais, E., Zanatto, A. C. S., Freitas, M. L. M., Moraes, M. L. T., Sebbenn, A. M. (2010).  
393 Genetic variation, genotype x soil interaction and genetic gains in a *Corymbia citriodora*  
394 Hook progeny test in Luiz Antonio, São Paulo, Brazil. *Scientia Forestalis*, 38(85):11-  
395 18.

396 Moura, G. S., & Franzener, G. (2014). Anatomia foliar de *Corymbia citriodora* (hook.)  
397 k.d. HILL & L.A.S. Johnson oriundas da região noroeste do Paraná. *Revista de*  
398 *Biologia Neotropical*, 11(2):116-123. <https://doi.org/10.5216/rbn.v11i2.29702>

399 Oliveira, V. C., Santos, A. R., Souza, G. S., Lima, G. R. F., Alves, P. B., Santos, H. V.

400 (2016). Metabólitos secundários e características anatômicas de folhas de orégano  
401 (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*) cultivado sob malhas coloridas. *Revista de Ciências*  
402 *Agrárias*, 39(1):170-177. <https://doi.org/10.19084/RCA15103>

403 Rossatto, D. R., Hoffmann, W. A., & Franco, A. C. (2009). Características estomáticas  
404 de pares congêneros de cerrado e mata de galeria crescendo numa região  
405 transicional no Brasil central. *Acta Botanica Brasilica*, 23(2):499-508.  
406 <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000200021>

407 Santos, R. P., Cruz, A. C. F., Iarema, L., Kuki, K. N., Otoni, W. C. (2008). Protocolo  
408 para extração de pigmentos foliares em porta-enxertos de videira  
409 micropropagados. *Revista Ceres*, 55(4):356-  
410 364. <https://locus.ufv.br//handle/123456789/20649>

411 Sturion, J. A., Graca, L. R. & Antunes, J. B. M. (2000). *Produção de mudas de espécies*  
412 *de rápido crescimento por pequenos produtores* (Circular técnica, 37, 20 p.). Colombo:  
413 Embrapa Florestas.

414 Taiz, L., Zeiger, E. (2013). *Fisiologia vegetal* (5. ed., 918 p.) Porto Alegre: Artmed.

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

417 Thiesen, L. A. (2019). *Disponibilidade hídrica e sazonalidade sobre a fitomassa,*  
418 *anatomia foliar e produção de óleo essencial de cidró* (Dissertação de mestrado).  
419 Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen.

420 Vráblová, M., Hronková, M., Vrábl, D., Kubásek, J., Šantrůček, J. (2018). Light  
421 intensity-regulated stomatal development in three generations of *Lepidium sativum*.  
422 *Environmental and Experimental Botany*, 156:316-324.  
423 <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.09.012>

424 Weyers, J. D. B. & Johansen, L. G. (1985). Accurate estimation of stomatal aperture

425 from silicone rubber impressions. *New Phytologist*, 101:109-115.

426 <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1985.tb02820.x>

427 Xavier, A. C., Soares, J. V., & Almeida, A. C. (2002). Variação do índice de área foliar  
428 em clones de Eucalipto ao longo de seu ciclo de crescimento. *Revista Árvore*,  
429 26(4):421-427. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000400004>

430 Zheng, Y., Fu, L., Han, F., Wang, A., Cai, W., Yu, J., Yang, J., Peng, F. (2015). Green  
431 biosynthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles using *Corymbia*  
432 *citriodora* leaf extract and their photocatalytic activity. *Green Chemistry Letters*  
433 *and Reviews*, 8(2):59-63. <https://doi.org/10.1080/17518253.2015.1075069>

434

435

436

437

438

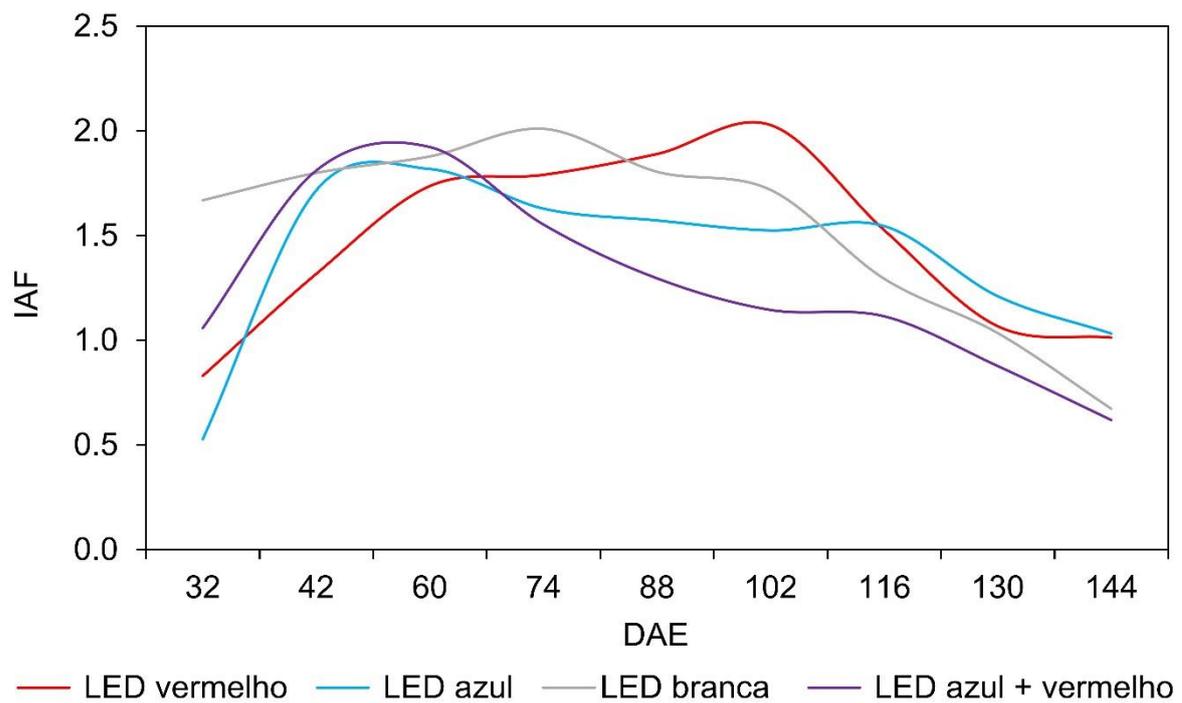
439

440

441

442

443



444

445 **Figura 1:** Índice de área foliar de *Corymbia citriodora* cultivado sob quatro LEDs ao  
 446 longo dos 144 dias após a emergência.

447 **Figure 1:** Leaf area index of *Corymbia citriodora* cultivated under four LEDs over 144  
 448 days after emergence.

449

450

451

452

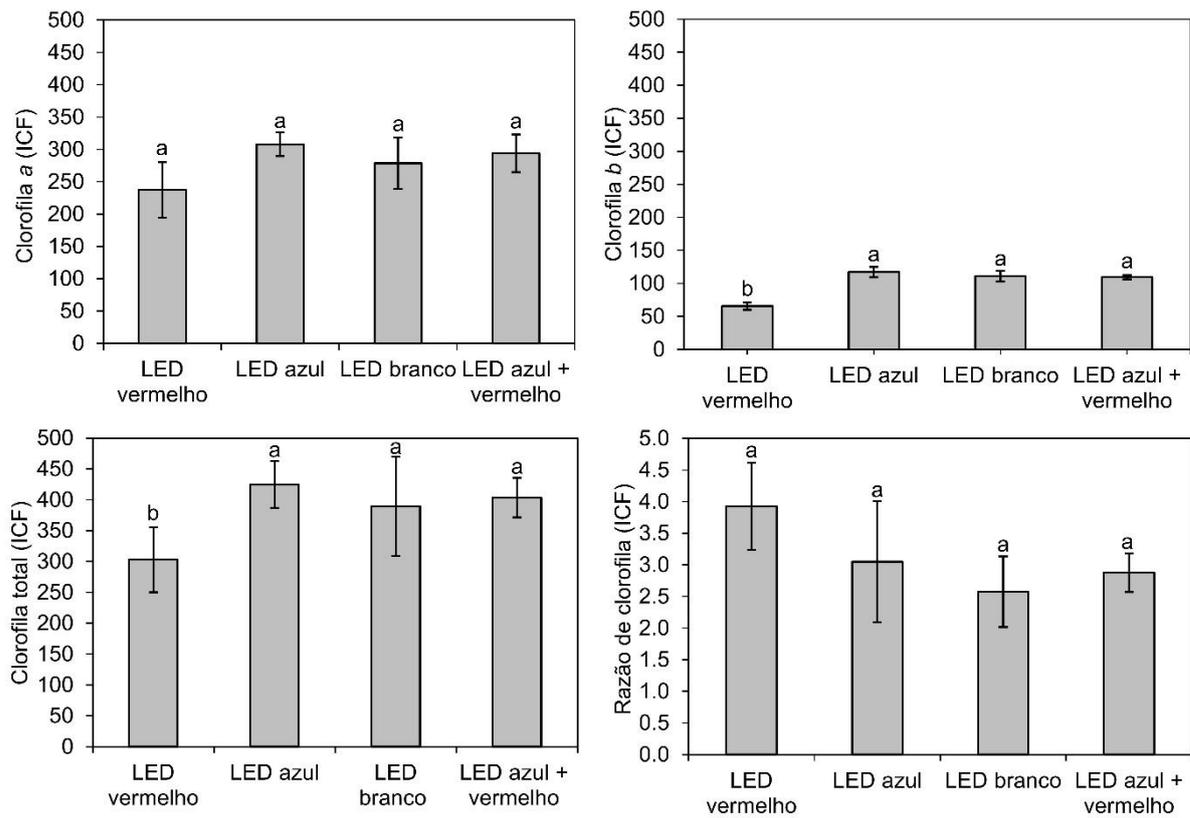
453

454

455

456

457



458

459 **Figura 2:** Teores de Clorofila Falker (ICF) de *Corymbia citriodora* cultivado sob quatro  
 460 LEDs aos 144 dias após a emergência.

461 **Figure 2:** Chlorophyll Falker Content (CFL) of *Corymbia citriodora* cultivated under  
 462 four LEDs at 144 days after emergence.

463

464

465

466

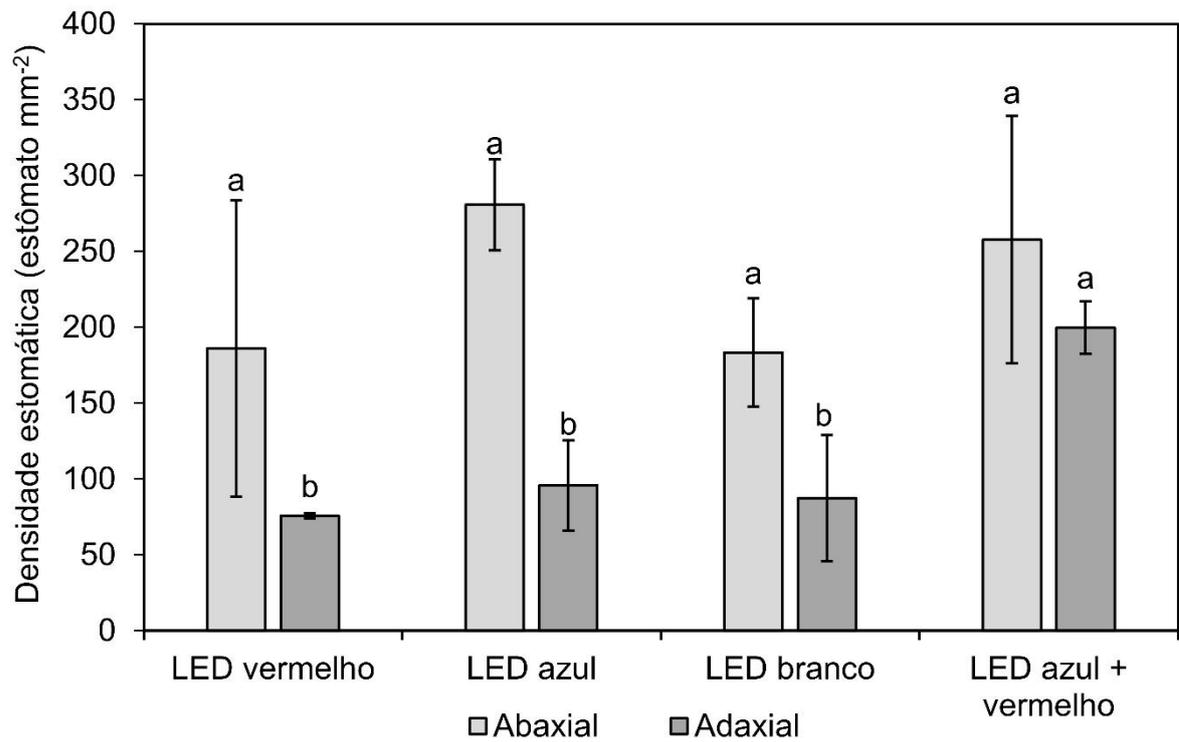
467

468

469

470

471



472

473 **Figura 3:** Número de estômatos da face foliar adaxial e abaxial de *Corymbia citriodora*  
 474 cultivado sob quatro LEDs aos 144 dias após a emergência.

475 **Figure 3:** Number of stomata on the adaxial and abaxial leaf face of *Corymbia*  
 476 *citriodora* cultivated under four LEDs at 144 days after emergence.

477

478

479

480

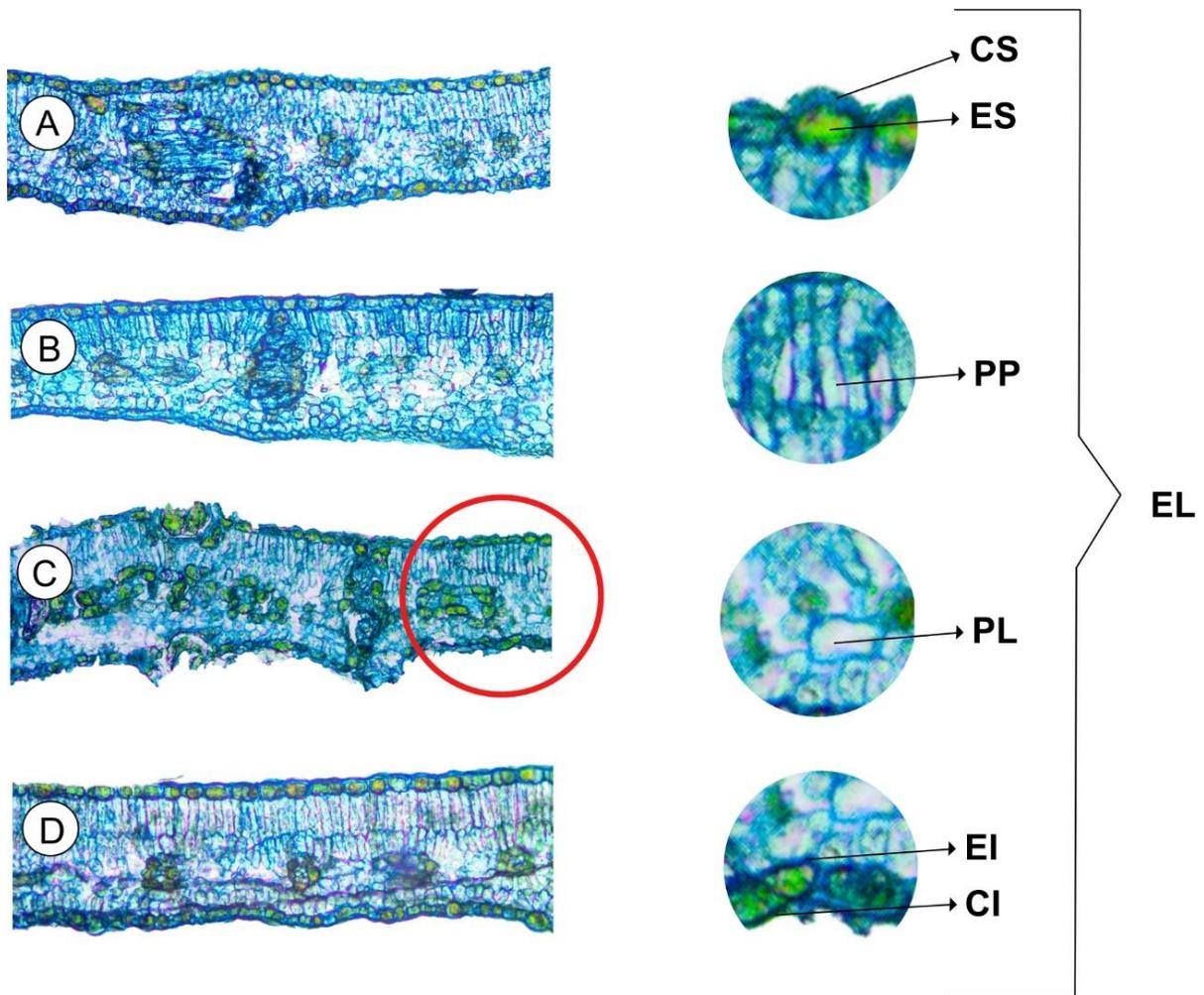
481

482

483

484

485



486

487 **Figura 4:** Corte transversal do limbo foliar e estrutura anatômica de *Corymbia*  
 488 *citriodora* cultivado sob quatro LEDs aos 144 dias após a emergência. (A) LED  
 489 vermelho, (B) LED azul, (C) LED branco, (D) LED azul + vermelho. CS: cutícula  
 490 superior; ES: epiderme superior; PP: parênquima paliádico; PL: parênquima  
 491 lacunoso; EI: epiderme inferior; CI: cutícula inferior.

492 **Figure 4:** Cross-section of the leaf blade and anatomical structure of *Corymbia*  
 493 *citriodora* cultivated under four LEDs at 144 days after emergence. (A) Red LED, (B)  
 494 Blue LED, (C) White LED, (D) Blue + Red LED. CS: upper cuticle; ES: upper epidermis;  
 495 PP: palisade parenchyma; PL: spongy parenchyma; IE: lower epidermis; IC: inferior  
 496 cuticle; EL: leaf thickness.

497 **Tabela 1:** Parâmetros da estrutura anatômica foliar de *Corymbia citriodora* cultivado  
 498 sob quatro LEDs aos 144 dias após a emergência. Frederico Westphalen, Rio Grande  
 499 do Sul, Brasil, 2022.

500 **Table 1:** Anatomical leaf structure parameters of *Corymbia citriodora* cultivated under  
 501 four LEDs at 144 days after emergence.

Parâmetros ( $\mu\text{m}$ )	LED vermelho	LED azul	LED branco	LED azul + vermelho	CV (%)
Cutícula superior	4.18 a*	3.16 a	4.63 a	4.41 a	20.27
Epiderme superior	7.80 a	6.89 a	7.35 a	9.27 a	18.13
Parênquima paliçádico	38.42 a	34.02 a	40.68 a	41.81 a	8.95
Parênquima lacunoso	34.13 a	41.47 a	48.14 a	41.02 a	11.81
Epiderme inferior	8.14 a	4.63 b	8.36 a	7.35 a	17.98
Cutícula inferior	4.07 a	2.94 a	3.50 a	3.62 a	24.94
Espessura limbo foliar	96.73 b	93.12 b	112.67 a	107.47 a	8.17

502 \*Letras diferentes em cada linha indicam diferenças significativas ( $p < 0.05$ ) de acordo  
 503 com teste de Scott-Knott.