

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Crescimento e anatomia de ‘Begonia Megawatt’ (*Begonia x semperflorens-cultorum* Hort.) cultivadas sob diferentes telas de sombreamento

Juliana Elias de Oliveira

Dissertação apresentada para obtenção do
título de Mestra em Ciências. Área de
concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2023

Juliana Elias de Oliveira
Engenheira Agrônoma

**Crescimento e anatomia de ‘Begonia Megawatt’ (*Begonia x semperflorens-cultorum*
Hort.) cultivadas sob diferentes telas de sombreamento**
versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Profa. Dra. **CLAUDIA FABRINO MACHADO MATTIUZ**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra em
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Oliveira, Juliana Elias de

Crescimento e anatomia de ‘Begonia Megawatt’ (*Begonia x semperflorens-cultorum* Hort.) cultivadas sob diferentes telas de sombreamento / Juliana Elias de Oliveira. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2023.

77 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Floricultura 2. Intensidade e qualidade da luz 3. Microscopia 4. Plantas ornamentais
5. Radiação solar I. Título

Dedico este trabalho aos meus pais, Sônia Elias de Oliveira e José Antônio de Oliveira.

AGRADECIMENTOS

É com imenso prazer a que venho agradecer...

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), em especial ao Departamento de Produção Vegetal e ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso de pós-graduação e pelo ambiente propício à evolução e crescimento.

A minha orientadora Profa. Dra. Claudia Fabrino Machado Mattiuz pela disponibilidade, profissionalismo, dedicação e confiança depositada em mim neste desafio.

A equipe do Laboratório de Microscopia Eletrônica “Professor Elliot Watanabe Kitajima” da ESALQ/USP, especialmente ao Prof. Dr. João Paulo Rodrigues Marques pelos ensinamentos valiosos e pela dedicação exemplar.

Ao Prof. Dr. Cassio Hamilton Abreu Junior e seus alunos pela colaboração com equipamentos que tornaram meu trabalho possível.

Aos membros da banca examinadora, que prontamente aceitaram o convite para participar e contribuir no aprimoramento deste trabalho.

Aos amigos que, de forma direta e indireta, foram essenciais no desenvolvimento deste trabalho. A contribuição de cada um foi fundamental para o sucesso deste projeto.

Ao meu amado companheiro e melhor amigo, Rhamon Valli, pelo apoio incansável e incentivo que impulsionou o meu progresso e nutriu minha motivação nesta jornada.

A Ball Horticultural® pela valiosa parceria técnica e generosa doação das mudas utilizadas neste estudo, e aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal, Aparecido Donizete Serrano e Osvaldo Mendes pela contribuição nas atividades de campo.

Ao CNPq pelo apoio financeiro concedido por meio da bolsa de Mestrado (processo 130754/2022-6).

Expresso minha eterna gratidão a Deus, por cuidar de mim e me sustentar em todos os momentos, pela sabedoria, força e coragem para encarar este desafio.

A todos que contribuíram de alguma forma, meu mais sincero obrigada!

“A boa madeira não cresce com sossego; quanto mais forte o vento, mais forte as árvores.”
John Willard Marriott

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO GERAL	9
1.1 O setor da floricultura	10
1.2 Família Begoniaceae: ‘Begonia Megawatt’	12
1.3 Importância da radiação solar no cultivo de flores e plantas ornamentais.....	13
1.4 Uso das telas de sombreamento na horticultura ornamental	15
1.5 Objetivos	17
Referências	18
2. CULTIVO DE ‘BEGONIA MEGAWATT’ SOB DIFERENTES TELAS DE SOMBREAMENTO	25
Resumo.....	25
Abstract	25
2.1 Introdução	26
2.2 Materiais e Métodos.....	27
2.3 Resultados e Discussão	32
2.4 Conclusão.....	44
Referências.....	44
3. ANATOMIA FOLIAR E RADICULAR DE ‘BEGONIA MEGAWATT’ CULTIVADA EM DIFERENTES TELAS DE SOMBREAMENTO	51
Resumo.....	51
Abstract	51
3.1 Introdução	52
3.2 Materiais e Métodos.....	53
3.3 Resultados e Discussão	55
3.4 Conclusão.....	70
Referências.....	70

RESUMO

Crescimento e anatomia de ‘Begonia Megawatt’ (*Begonia x semperflorens-cultorum* Hort.) cultivadas sob diferentes telas de sombreamento

A produção de flores e plantas ornamentais demanda diversas tecnologias para aprimorar o cultivo e garantir o controle de variáveis meteorológicas, como a radiação solar. Nesse sentido, uma tecnologia que tem sido estudada é o emprego de telas de sombreamento, que proporcionam melhores condições para o cultivo de plantas em ambiente protegido. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do uso de diferentes telas de sombreamento sobre o crescimento e estrutura anatômica de duas variedades de ‘Begonia Megawatt’: ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando o delineamento em blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos consistiram na combinação das telas azuis, vermelhas, pretas e controle (sem tela) representando as parcelas, e as variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’, representando as subparcelas. As respostas em relação ao crescimento foram semelhantes para ambas as variedades. Com o uso das telas, independentemente da cor, observou-se um aumento na área foliar, no número de folhas e inflorescências, maior no peso das flores e do pedúnculo e na matéria seca das flores e do pedúnculo. Além disso, as telas proporcionaram com um microclima mais favorável para o cultivo, resultando em plantas com aspecto comercial. O tratamento controle não apresentou diferenças significativas em relação às variáveis analisadas, exceto pela coloração mais intensa das tépalas. Visualmente, as telas azuis contribuíram com plantas mais compactas e as telas vermelhas com plantas mais robustas e vigorosas. Considerando os aspectos anatômicos, as telas azuis e vermelhas promoveram modificações no desenvolvimento estomático, com clusters bem desenvolvidos, maiores e com maior quantidade de estômatos por cluster; na estrutura da lâmina foliar, com tecidos do mesófilo maiores e mais organizados, e com maior quantidade de oxalato de cálcio; e nas raízes, com elementos de vasos maiores e menos numerosos. Por outro lado, o tratamento controle resultou em clusters menores e com menos estômatos por cluster, tecidos do mesófilo menores e desarranjados, e raízes com maior número de elementos de vasos, e maior área e diâmetro de cilindro vascular e xilema. A tela preta apresentou resultados intermediários entre as telas azuis, vermelhas e o controle.

Palavras-chave: Floricultura, Intensidade e qualidade da luz, Microscopia, Plantas ornamentais, Radiação solar

ABSTRACT

Growth and anatomy of 'Begonia Megawatt' (*Begonia x semperflorens-cultorum Hort.*) cultivated under different shading nets

The production of flowers and ornamental plants requires various technologies to enhance cultivation and ensure the control of meteorological variables, such as solar radiation. In this context, a technology that has been studied is the use of shading nets that provide better conditions for plant cultivation in a protected environment. The objective of this study is to evaluate the effect of using different shading nets on the growth and anatomical structure of two varieties of 'Begonia Megawatt': 'Pink Green' and 'Red Bronze'. The experiment was conducted in a greenhouse using a randomized complete block design with split-plot arrangement. The treatments consisted of combinations of blue, red, black, and control (without netting) representing the main plots, and the varieties 'Pink Green' and 'Red Bronze' representing the subplots. The growth responses were similar for both varieties. With the use of the nets, regardless of color, an increase in leaf area, number of leaves and inflorescences, higher flower and peduncle weight, and dry matter of flowers and peduncles were observed. Moreover, the nets provided a more favorable microclimate for cultivation, resulting in commercially appealing plants. The control treatment did not show significant differences in the analyzed variables, except for a more intense coloration of the tepals. Visually, the blue nets contributed to more compact plants, while the red nets resulted in more robust and vigorous plants. Regarding anatomical aspects, the blue and red nets promoted modifications in stomatal development, with well-developed clusters, larger and more numerous stomata per cluster; in the structure of the leaf blade, with larger and more organized mesophyll tissues and a higher amount of calcium oxalate; and in the roots, with larger and less numerous vessel elements. On the other hand, the control treatment resulted in smaller clusters with fewer stomata per cluster, smaller and disarranged mesophyll tissues, and roots with a higher number of vessel elements, larger area and diameter of the vascular cylinder and xylem. The black net showed intermediate results between the blue, red nets, and the control treatment.

Keywords: Floriculture, Light intensity and quality, Microscopy, Ornamental plants, Solar radiation

1. INTRODUÇÃO GERAL

A floricultura é um ramo da horticultura que engloba o cultivo de flores e plantas ornamentais em diversos segmentos. Isso inclui desde flores e folhagens destinadas ao corte à produção de bulbos, tubérculos e sementes. Com as múltiplas formas de exploração, a floricultura se tornou um dos negócios comerciais mais lucrativos e importantes da agricultura, com grande potencial de crescimento e evolução (WANI et al., 2018).

Segundo Ibraflor (2022), o setor da floricultura brasileira teve um crescimento de 15% no faturamento e 10,9 bilhões em comercialização no varejo e atacado no ano de 2021, deste montante, 58% corresponde ao segmento de flores em vasos. O crescimento deste mercado nos últimos anos foi corroborado pela evolução favorável dos indicadores socioeconômicos, pela melhoria da logística de comercialização dos produtos e serviços e pela expansão do hábito de consumo de flores e plantas ornamentais, impulsionada pela busca de elementos que promovam o bem-estar e a reaproximação com a natureza (OLIVEIRA et al., 2021).

A cadeia de flores e plantas ornamentais está cada vez mais competitiva e demanda por constantes novidades em seus produtos e serviços, principalmente, no que diz respeito a novas tecnologias nos sistemas de produção em ambientes protegidos que aprimoram o cultivo, possibilitando melhor proteção e controle das condições meteorológicas como a radiação solar a qual é um dos fatores mais importantes da produção agrícola (NASCIMENTO, 2018; HUMMEL; DA SILVA, 2020).

A radiação solar, em termos de duração, intensidade e qualidade, desempenha um papel essencial no desenvolvimento das plantas e na produção de flores. A quantidade de luz disponível pode otimizar ou limitar o crescimento das plantas, dependendo da espécie e do ambiente em que estão inseridas (MELEIRO e GRAZIANO, 2007; DUECK; LEPEREN; TAULAVUORI, 2016).

Nesse sentido, uma tecnologia recente que tem sido estudada com intuito de prover maiores rendimentos para as culturas é o emprego de telas de sombreamento com a capacidade de alterar o espectro da luz em cultivos protegidos. Essas telas filtram a radiação solar e modificam a qualidade da luz através da seleção de diferentes comprimentos de ondas. Além disso, proporcionam proteção física contra condições climáticas adversas e criam um ambiente propício para o crescimento e desenvolvimento das plantas (AHEMD; AL-FARAJ; ABDEL-GHANY, 2016; SAMPAIO, 2018).

As telas de sombreamento podem ter diferentes colorações, cada uma com propriedades específicas de seleção e filtragem da luz de acordo com sua respectiva cor. Por exemplo, as telas vermelhas estimulam o desenvolvimento vegetativo e são frequentemente

utilizadas na produção de flores de corte, visando obter hastes florais mais longas e com maior longevidade pós-colheita. Por outro lado, as telas azuis promovem a compactação e alteram a arquitetura das plantas. Além disso, elas induzem o florescimento precoce, permitindo o direcionamento da colheita para datas específicas e antecipadas, resultando na redução de custos de produção (NAVEENA; THAMARAISELVI, 2020).

Devido à sua capacidade de se adaptar às alterações do espectro luminoso por meio de modificações bioquímicas, fisiológicas, morfológicas e anatômicas, as plantas respondem ao uso das telas de sombreamento através de seu crescimento e desenvolvimento, como já observado em várias espécies ornamentais estudadas: *Phalaenopsis* (LEITE et al., 2008); *Eustoma grandiflorum* (ALMEIDA; CALABONI; RODRIGUES, 2016); *Heliconia psittacorum* (SOUZA et al., 2016); *Calendula officinalis* e *Viola tricolor* (ZARE et al., 2019); *Codiaeum variegatum* e *Aglaonema commutatum* (ZARE et al., 2020), entre outras.

No caso das variedades que compõem o híbrido *Begonia semperflorens-cultorum* Hort., estas plantas possuem um potencial de adaptação a diversos ambientes devido ao seu porte, rusticidade e vigor (PAULUS et al., 2016; ZHANG et al., 2018). De acordo com Hirutani et al., (2020), em comparação com outros híbridos, essas plantas conseguem se adaptar a diferentes condições de luminosidade e apresentam maior resistência à seca. Além disso, são fáceis de cultivar e requerem menos manutenção.

Baseando-se nas informações supracitadas, constata-se que as telas de sombreamento poderiam ser utilizadas para o cultivo de *Begonia semperflorens-cultorum* Hort. a fim de cultivá-las em vaso, já que as mesmas são comumente comercializadas com a finalidade para a jardinagem, em canteiros. No entanto, são necessárias mais informações científicas que indiquem as melhores condições de cultivo com o uso das telas, assim, por esse motivo propõem-se com essa pesquisa investigar os efeitos do uso de telas de sombreamento no crescimento e anatomia de duas variedades que compõem este híbrido.

1.1 O setor da floricultura

O mercado mundial da floricultura abrange uma ampla gama de atividades, incluindo o cultivo de flores e plantas para paisagismo, além da comercialização de equipamentos e insumos relacionados à produção. Esse mercado representa um valor total de EUR 35 bilhões por ano no cenário global, abrangendo uma área de 745 mil ha (HÜBNER, 2020). A maior parcela desse mercado está concentrada na Europa, seguida pela China, Japão e Estados Unidos, que são os principais produtores mundiais (GABELLINI; SCARAMUZZI, 2022).

No Brasil, a floricultura foi introduzida por imigrantes europeus, na década de 60, e desde então vem apresentando um crescimento gradual como atividade econômica (REZNIK, 2020). De acordo com dados do Ibraflor (2022), a cadeia produtiva brasileira de flores e plantas ornamentais, movimentou R\$ 10,9 bilhões em 2021. O setor conta com aproximadamente 8 mil produtores, os quais cultivam mais de 2.500 espécies, totalizando 17.500 variedades, em uma área cultivada de 15,6 mil hectares. Esse setor desempenha um papel significativo na economia brasileira, envolvendo 60 centrais de atacado, 680 atacadistas e prestadores de serviços e mais de 20 mil pontos de venda, sendo responsável por 209 mil empregos diretos e cerca de 800 mil empregos indiretos.

A participação no mercado brasileiro divide-se em 24% para plantas ornamentais, 15% para flores de corte, 58% para flores em vaso e 3% para outras formas. Cabe ressaltar que, a produção de flores e plantas ornamentais no Brasil está direcionada ao mercado interno, sendo a exportação e a participação no mercado internacional ainda pequena, principalmente devido ao enfraquecimento do real as importações ficaram muito caras e mesmo com o câmbio valorizado para exportar, o mercado interno está aquecido (IBRAFLOR, 2022).

O setor consumidor de flores e plantas ornamentais no Brasil desenvolveu-se gradualmente ao longo dos anos, devido, principalmente, a maior disponibilidade de renda e a relação entre disponibilidade do produto e facilidade de compra, todavia é caracterizado por uma forte sazonalidade, principalmente, por ocorrer em datas comemorativas (BRAINER et al., 2018).

Contudo, o crescimento do consumo de flores e plantas ornamentais tornou-se exponencial com a pandemia do Covid-19 devido às mudanças no ambiente social em que as plantas passaram a fazer parte do *hobby* da população, além de compor a decoração de casas e escritórios com propósito de ser um refúgio para auxiliar a manutenção da saúde mental e emocional (BECKMANN-CAVALCANTE, 2021). Dessa forma, o hábito de compra de flores e plantas ornamentais no Brasil tornou-se mais comum refletindo em um consumo per capita de R\$ 65,00 no ano de 2021 (IBRAFLOR, 2022).

Apesar das ótimas condições edafoclimáticas, a produção brasileira de flores e plantas ornamentais é concentrada em poucos polos de produção que sustentam o fluxo de abastecimento nacional, de modo que em alguns estados a produção é super desenvolvida como, por exemplo, em São Paulo onde se destacam as regiões produtoras de Holambra, Atibaia, Ibiúna e Mogi das Cruzes e em outros estados a produção é inexistente, porém com grande potencial de desenvolvimento (SILVA; PAIVA; SANTOS, 2015; IBRAFLOR, 2022).

Conquanto que o segmento de flores e plantas ornamentais cresce expressivamente, tornam-se necessários investimentos e pesquisas em cada etapa, antes, durante e na pós-produção, principalmente no que diz respeito aos aspectos agrônômicos de cultivo (OLIVEIRA et al., 2021).

1.2 Família Begoniaceae: ‘*Begonia Megawatt*’

Begoniaceae é uma família das angiospermas que agrupa cerca de 2117 espécies, pertence à ordem Curcubitales e é dividida em dois gêneros: *Hillebrandia* Oliv., monotípico e endêmico do arquipélago do Havaí e *Begonia* L., que está entre os gêneros mais biodiversos com ampla distribuição no mundo em regiões tropicais e subtropicais úmidas, principalmente, na América do Sul onde é localizado o centro de diversidade da família (HUGHES et al., 2023). No Brasil, a família Begoniaceae está representada por 219 espécies, das quais 199 são endêmicas, ocorrendo em diversos tipos de ambientes e biomas, porém com predominância na Mata Atlântica (JACQUES; GREGÓRIO, 2023).

O gênero *Begonia* L. é composto por ervas, subarbustos ou trepadeiras escandentes e podem apresentar diferentes formas de crescimento, sendo terrestres, rupícolas epífitas ou hemiepífitas. Apresenta caules carnosos, os quais podem assumir diferentes formas, como eretos, prostados, decumbentes ou reptantes. Suas folhas são simples, alternadas e frequentemente possuem assimetria, podendo ser peltadas ou basifixas (com a inserção do pecíolo na base). Suas inflorescências são do tipo cimeira dicásio e suas flores são divididas em estaminadas com 2 ou 4 tépalas e pistiladas com 5 tépalas (CLEMENT et al. 2004; JACQUES; MAMEDE, 2005). Segundo Ginori, Huo e Warwick (2020) o gênero *Begonia* L. é o quinto maior gênero de angiospermas, contando com um grande número de espécies endêmicas e raras.

As espécies do gênero *Begonia* L. possuem um expressivo potencial ornamental, principalmente devido as suas folhagens vistosas, singulares e coloridas, que são amplamente utilizadas em decorações de interiores, e pela delicadeza e beleza de suas flores, que englobam uma variação de tonalidades e combinações de cores. Além da beleza e diversidade das folhas e flores, algumas espécies são consumidas cruas ou cozidas como plantas alimentícias não convencionais (PANC's), como é o caso da *Begonia semperflorens-cultorum* Hort. (TIAN et al., 2018; FALLA et al., 2020).

Begonia semperflorens-cultorum é o resultado da hibridização entre duas espécies brasileiras: *Begonia semperflorens* Link & Otto (sinônimo de *Begonia cucullata* Wild) e

Begonia schmidtiana Regel (também conhecida como *Begonia subvillosa* Klotzsch). Essa hibridização ocorreu ao longo de um extenso período de melhoramento genético e o processo envolveu cruzamentos entre diferentes espécies resultando em um conjunto de variedades que são classificadas como híbridos hortícolas, como é o caso da *Begonia × semperflorens-cultorum* Hort., ou como grupo de cultivares, *Begonia × semperflorens-cultorum* Group. (TEBBITT, 2005; ANDERSON, 2006). O resultado dessa hibridização e seleção são plantas com características específicas com flores de longa duração, porte compacto, resistência a condições ambientais desfavoráveis e facilidade de cultivo. Consequentemente, a *Begonia × semperflorens-cultorum* tornou-se importante para uso em paisagismo e jardinagem devido à sua beleza e adaptabilidade.

Os híbridos hortícolas *Begonia × semperflorens-cultorum* Hort., comumente conhecidos como “begônias de cera”, são plantas perenes, com florescimento anual podendo atingir, em média, 30 cm de altura. Essas plantas apresentam estruturas compactas, com raízes fibrosas, caules tenros e suculentos e folhas que assumem coloração de verde a bronze (SABATINO et al., 2019). As variedades do estudo em questão diferenciam-se na coloração da flor e da folha. A ‘Begonia Megawatt Pink Green Leaf’ apresenta flores rosas e folhas verdes e a ‘Begonia Megawatt Red Bronze Leaf’ apresenta flores vermelhas e folhas bronze (Figura 1).



Figura 1: Representação ilustrativa da ‘Begonia Megawatt Pink Green Leaf’ (à esquerda) e ‘Begonia Megawatt Red Bronze Leaf’ (à direita). Fonte: OLIVEIRA (2023).

1.3 Importância da radiação solar no cultivo de flores e plantas ornamentais

A radiação solar é um parâmetro ambiental de fundamental importância para o cultivo de flores e plantas ornamentais. Isso se deve ao fato de que a luz é um fator crítico e limitante para a maioria das espécies e a qualidade, duração e intensidade luminosa exercem influências nas respostas fisiológicas e metabólicas como, por exemplo, crescimento, desenvolvimento e produção de metabólitos secundários (XIE; YANG; CHEN, 2013; LIU et al., 2015; COCETTA et al., 2017).

As plantas apresentam diferentes capacidades de perceber e responder a um amplo espectro de luz, em diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético, no qual se situa entre o ultravioleta (280 – 400 nm), passando pelo espectro do visível (400 – 700 nm) até 600 – 800 nm no qual engloba a região do vermelho e vermelho distante (PAIK; HUC, 2019).

Essa capacidade de percepção e resposta é determinada pela presença de inúmeros fotorreceptores, dentre eles destaca-se os fitocromos. Os fitocromos absorvem a luz na região do vermelho (600 – 700 nm) e vermelho distante (700 – 800 nm) e são considerados os principais receptores espectrais nesta região e estão envolvidos em várias funções fisiológicas nas plantas, como a germinação, floração e dormência (FUKUDA, 2019; PARADISO; PROIETTI, 2021).

Além dos fitocromos, criptocromos e fototropinas, os quais absorvem a luz na região do azul, também exercem papel de importância como fotorreceptores e estão envolvidos no crescimento, desenvolvimento e, principalmente, na regulação do fotoperíodo e fototropismo que são processos mediados pela luz de extrema importância na floração e qualidade de algumas espécies ornamentais (CHRISTIE et al., 2015).

A atividade fotossinteticamente ativa está associada à qualidade da luz e ao comprimento de onda. São reconhecidos dois picos para a fotossíntese: um entre 660-680 nm (luz vermelha) e outro na região da luz azul em torno de 430-470 nm (TAIZ et al., 2017). Nestas regiões são sintetizados pigmentos como clorofila *a* e *b* os quais refletem o comprimento de onda verde e são de extrema importância para o funcionamento do aparato fotossintético. Além das clorofilas, as antocianinas também são sintetizadas e refletem o comprimento de onda vermelho. Segundo Zhang et al. (2016), as antocianinas são pigmentos envolvidos na fotoproteção do vegetal e estão relacionadas ao ajuste da planta para situações de alta incidência luminosa, ou seja, a luz é o principal estimulante para a biossíntese deste pigmento.

Apesar de essencial, níveis alterados de luminosidade são capazes de promover desordens fisiológicas e provocar a formação de espécies reativas de oxigênio no complexo de captação luminosa, os quais podem levar a morte celular (GURURANI; VENKATESH; TRAN, 2015). A faixa do ultravioleta é a mais perigosa para os vegetais, entre 280 e 314 nm promovem efeitos foto-oxidantes e lesões nas membranas, e < 280 nm é fatal e causa morte rápida às plantas (TAIZ et al., 2017). Além disso, a intensidade luminosa influenciará no processo fotossintético o qual é determinante na regulação da morfologia e fisiologia dos

vegetais, ou seja, a quantidade de radiação solar que atinge a planta mediará a atuação dos processos fisiológicos como respiração e transpiração (SPALHOLZ; PERKINS-VEAZIE; HERNÁNDEZ, 2020).

De acordo com Xu (2019), a quantidade de luz necessária para o pleno desenvolvimento depende de cada espécie e pode variar entre espécies do mesmo gênero. Essa caracterização leva à classificação das plantas em dois principais grupos: plantas de sol e plantas de sombra. Plantas de sol requerem grande quantidade de luz para alcançar altas taxas fotossintéticas, no entanto, se forem expostas à sombra, ativam mecanismos de estiolamento com alongamento de brotos menos lignificados, o que levará à quebra destes. Plantas de sombra requerem pouca quantidade de luz e seu ponto de saturação luminosa é mais baixo. Em concordância com Ginori, Huo e Warwick (2020), begônias desenvolvem-se melhor em áreas parcialmente sombreadas, com nível de sombreamento dependente de cada espécie, e são indiferentes quanto ao fotoperíodo.

De modo geral, a intensidade luminosa interferirá no ciclo das espécies. Plantas submetidas a uma quantidade mais baixa do que o necessário, de luminosidade, terá um período de crescimento mais longo, ou seja, a transição da fase vegetativa para a reprodutiva será retardada. Dessa forma, a determinação do momento ideal para o florescimento das espécies ornamentais é baseado na intensidade, duração e qualidade da luz, já que a indução floral é provocada pela presença de luzes vermelhas e azuis, pode-se planejar a comercialização da grande maioria das espécies mediadas ao seu florescimento (SONG et al., 2015).

Portanto, a luz por atuar como modulador de diversos processos morfofisiológicos, ao modificar a forma, estrutura, coloração e demais atributos qualitativos visuais, torna-se imprescindível nos estudos em ambientes de crescimento com plantas ornamentais, principalmente no que diz respeito às modificações do espectro como é o caso do uso de telas de sombreamento (YANG; LI, 2017).

1.4 Uso das telas de sombreamento na horticultura ornamental

Excessiva intensidade de radiação solar, temperaturas elevadas, ventos dessecantes e chuvas fortes são condições limitantes para o setor agrícola, em especial, a floricultura (GOWDY, 2020). Diante deste fato, o cultivo de flores e plantas ornamentais em estufas é de tamanha importância já que se trata de produtos altamente sensíveis e com alto valor agregado, no entanto, as coberturas plásticas convencionais utilizadas em casas de vegetação atenuam apenas parte do problema e fazem com que práticas inovadoras para mitigar as altas

temperaturas e excessiva intensidade luminosa sejam desenvolvidas (GAMLIEL; VAN BRUGGEN, 2016; MANJA; AOUN, 2019).

Neste sentido, uma alternativa é o uso de telas de sombreamento que possuem por função a manipulação e filtragem seletiva da luz, a fim de mudar sua composição espectral, diminuir a intensidade luminosa e, assim, alterar a qualidade da luz interceptada pelas plantas, com a finalidade de promover respostas fisiológicas desejáveis as quais são intrinsecamente reguladas pela luz. Além disso, proporcionam um microclima desejável e fornecem proteção física contra intempéries climáticas e contra pragas (COLES et al., 2021).

O estudo e a aplicação do uso das telas de sombreamento iniciaram-se por volta da década de 90 no Oriente Médio, especificamente em Israel e posteriormente foi popularizada em países africanos, asiáticos e europeus (ILIC et al., 2017; ZARE et al., 2019). No Brasil, a técnica tem sido aprimorada, principalmente, para o cultivo de frutíferas na região Centro-Oeste e Nordeste (PEREIRA et al., 2017).

A tecnologia baseada na produção destas telas consiste na incorporação de vários componentes plásticos como, por exemplo, os cromóforos, que são elementos reflexivos e dispersores da luz e são introduzidos e combinados com a finalidade de localizar e manipular as bandas espectrais de radiação solar e converter luz direta em luz difusa aumentando a penetração da luz no dossel em comprimentos de ondas específicos e estimulando as respostas fotomorfogênicas, fisiológicas e anatômicas (SHAHAK, 2014; VUKOVIĆ, et al., 2022).

Os estímulos para os processos que desencadeiam a fotossíntese intensificam-se quando os vegetais são submetidos ao espectro azul (430-470 nm) e vermelho (660-680 nm), no entanto, cada espécie responde distintamente quanto à percepção e resposta aos diferentes comprimentos de onda (TAIZ et al., 2017). Desta maneira, optar por telas que promovam a filtragem e forneçam luz no espectro do azul e vermelho, são imprescindíveis para que se possam obter respostas anatômicas e morfológicas desejáveis (SIVAKUMAR; JIFON, 2018).

As telas azuis filtram as ondas nas regiões espectrais do ultravioleta, vermelho e vermelho distante e permitem a passagem de ondas com transmitância na região do azul. A luz azul influencia na biossíntese da clorofila, na regulação da abertura estomática, possibilita maior acúmulo de biomassa, maior fixação de CO₂ e atua na modificação estrutural dos tecidos anatômicos da lâmina foliar. Além disso, a luz azul pode atuar na redução do crescimento, da expansão das folhas e do alongamento da parte aérea, além de proporcionar o acúmulo de antocianinas e antecipar o florescimento (HUNG et al., 2016; LOBIUC et al., 2017; ZHENG; LABEKE, 2017; MEAS LUENGWILAI; THONGKET, 2020).

De acordo com Demotes-Mainard et al. (2016), ao contrário das telas azuis, as telas vermelhas filtram as ondas azuis, verdes e amarelas e realçam a passagem das ondas na faixa espectral do vermelho e vermelho distante. A luz vermelha está associada à absorção máxima de luz pelos fotorreceptores, pois seu espectro está próximo aos picos máximos de absorção. Com isso, plantas submetidas às telas vermelhas terão um aproveitamento fotossintético maior, maior acúmulo de carboidratos envolvidos na fotossíntese, melhor desenvolvimento dos brotos e da parte aérea, além do controle do florescimento no qual possibilita direcionar a colheita para datas específicas. Já as malhas de sombra preta diferem das malhas coloridas porque apenas reduzem a intensidade da luz, sem afetar a sua qualidade.

Ademais, a qualidade das flores e plantas ornamentais também pode ser melhorada com a aplicação desta tecnologia, seja para modificar a forma e arquitetura das plantas, controlar o florescimento, alterar a coloração das flores e até mesmo reduzir o uso de reguladores químicos de crescimento. No entanto, as plantas apresentam respostas fisiológicas e morfológicas diferentes com base na coloração da tela de restrição luminosa, ou seja, a seleção da tela vai depender do objetivo que é almejado para cada vegetal (ILIĆ; FALLIK, 2017). Resultados satisfatórios com o uso das telas foram obtidos em *Cordyline terminalis* (GAURAV et al., 2016); *Echeveria agavoides* e *Echeveria marcus* (CABAHUG; SOH; RAM, 2017); *Dahlia pinata* e *Dahlia coccinea* (YAZICI; GUNES 2018); *Rosa damascena* (THAKUR; BHATT; KUMAR, 2019); e *Eustoma grandiflorum* (ALMEIDA; CALABONI; RODRIGUES, 2021). Todavia, ainda há uma necessidade de pesquisas mais aprofundadas sobre o assunto, pois ainda são escassas as informações para as plantas ornamentais.

Portanto, compreender as respostas adaptativas das espécies ornamentais às modificações na intensidade e qualidade da luz é de grande importância teórica, contudo, existe uma grande lacuna de conhecimento nessa área, especialmente no que diz respeito às begônias.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito do uso de diferentes telas de sombreamento sobre o crescimento, desenvolvimento e anatomia das variedades: ‘Begonia Megawatt Pink Green’ e ‘Begonia Megawatt Red Bronze’ em ambiente protegido.

1.5.2 Objetivos específicos

- Verificar se as telas de sombreamento contribuirão com condições micrometeorológicas favoráveis para o cultivo das variedades de begônia estudadas;
- Analisar se a utilização das telas de sombreamento influenciará nos aspectos morfofisiológicos e no florescimento das plantas;
- Caracterizar a anatomia das folhas e raízes e observar se ocorrerão mudanças anatômicas nas variedades de begônias cultivadas sob diferentes telas de sombreamento.

Referências

- AHEMD, H. A.; AL-FARAJ, A. A.; ABDEL-GHANY, A. M. Shading greenhouses to improve the microclimate, energy and water saving in hot regions: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 201, p. 36–45, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.030>.
- ALMEIDA, J.M.; CALABONI, C.; RODRIGUES, P.H.V. Lisianthus cultivation using differentiated light transmission nets. **Ornamental Horticulture**, v.22, n.2, p.143-146, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/oh.v22i2.905>.
- ALMEIDA, J. M; CALABONI, C.; RODRIGUES, P. H. V. Pigments in flower stems of lisianthus under different photoselective shade nets. **Ornamental Horticulture**, v. 27, p. 535-543, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i4.2389>.
- ANDERSON, N. O. **Flower breeding and genetics: issues, challenges and opportunities for the 21st century**. Springer Science & Business Media, p. 241-275, 2006.
- BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. Floriculture and Covid-19. **Ornamental Horticulture**, v. 27, n. 1, p. 6-7, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i1.2284>.
- BRAINER, M. S. C. P. **Quando nem tudo são flores, a floricultura pode ser uma alternativa**. Caderno Setorial ETENE. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 3, n. 42, 2018.
- CABAHUG, R. A. M.; SOH, S. Y.; NAM, S. Y. Effects of shading on the growth, development, and anthocyanin content of *Echeveria agavoides* and *Echeveria marcus*. **Flower Research Journal**, v. 25, n. 4, p. 270-277, 2017. DOI: <https://doi.org/10.11623/frj.2017.25.4.12>.
- CHRISTIE, J. M.; BLACKWOOD, L.; PETERSEN, J.; SULLIVAN, S. Plant flavoprotein photoreceptors. **Plant and Cell Physiology**, v. 56, n. 3, p. 401-413, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1093/pcp/pcu196>.

- CLEMENT, W. L.; TEBBITT, M. C.; FORREST, L. L.; BLAIR, J. E.; BROUILLET, L.; ERIKSSON, T.; SWENSEN, S. M. Phylogenetic position and biogeography of *Hillebrandia sandwicensis* (Begoniaceae): a rare Hawaiian relict. **American Journal of Botany**, v. 91, n. 6, p. 905–917, 2004. DOI: <https://doi.org/10.3732/ajb.91.6.905>.
- COCETTA, G.; CASCIANI, D.; BULGARI, R.; MUSANTE, F.; KOLTON, A.; ROSSI, M.; FERRANTELLI, A. Light use efficiency for vegetables production in protected and indoor environments. **The European Physical Journal Plus**, v. 132, n. 1, p. 1-15, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1140/epjp/i2017-11298-x>.
- COLES, Z. S.; TOIT, E. S. D.; LALL, N.; PAYNE, B.; STEYN, J. M. The influence of photosensitive shade netting on vegetative growth and bioactivity of *Myrsine africana* L. for cosmeceutical production. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v.24, p. 100-324, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2021.100324>.
- DEMOTES-MAINARD, S.; PÉRON, T.; COROT, A.; BERTHELOOT, J.; GOURRIEREC, J.L.; TRAVIER, S. P.; CREPEL, L.; MOREL, P.; THÉLIER, L. H.; BOUMAZA, R.; VIAN, A.; GUÉRIN, V.; LEDUE, N.; SAKR, S. Plant responses to red and far-red lights, applications in horticulture. **Environmental and Experimental Botany**, v. 121, p. 4-21, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.05.010>.
- DUECK, T., LEPEREN, V.W., TAULAVUORI, K., 2016. Light perception, signalling and plant responses to spectral quality and photoperiod in natural and horticultural environments. **Environmental and Experimental Botany**, v. 21, p. 1–3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.06.012>.
- FALLA, N. M.; CONTU, S.; DEMASSI, S.; CASER, M.; SCARIOT, V. Environmental Impact of Edible flower production: a case study. **Agronomy**, v. 10, n. 4, p. 579, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10040579>.
- FUKUDA, N. Plant growth and physiological responses to light conditions. In: Anpo, M., Fukuda, H., Wada, T. (Ed.). **Plant factory using artificial light**. Elsevier, pp. 71–77, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813973-8.00008-7>.
- GABELLINI, S.; SCARAMUZZI, S. Evolving consumption trends, marketing strategies, and governance settings in ornamental horticulture: a grey literature review. **Horticulturae**, v. 8, n. 3, p. 234, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030234>.
- GAMLIEL, A.; VAN BRUGGEN, A. H. C. Maintaining soil health for crop production in organic greenhouses. **Scientia Horticulturae**, v. 208, p. 120-130, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.030>.
- GAURAV, A. K.; RAJU, D. V. S.; TJANAKIRAM.; SINGH, B.; JAINS, R.; KRISHNAN, S. G. Effect of different coloured shade nets on production and quality of cordyline. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 86, n. 7, p. 865-869, 2016.
- GINORI, J.; HUO, A.; WARWICK, C.R. A Beginner's Guide to Begonias: Classification and Diversity. **EDIS**, v. 2020, n. 1, 2020.

- GOWDY, J. Our hunter-gatherer future: Climate change, agriculture and uncivilization. **Futures**, v. 115, p. 102-488, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2019.102488>.
- GURURANI, M. A.; VENKATESH, J.; TRAN, L. S. P. Regulation of photosynthesis during abiotic stress-induced photoinhibition. **Molecular Plant**, v. 8, n.9, p.1304–1320, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molp.2015.05.005>.
- HIRUTANI, S.; SHIMOMAE, K.; YAGUCHI, A.; CHIN, D. P.; MII, M.; IGAWA, T. Efficient plant regeneration and Agrobacterium-mediated transformation of *Begonia semperflorens-cultorum*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, v. 142, p. 435-440, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11240-020-01858-7>.
- HÜBNER, S. International Statistics Flowers and Plants 2020. International Association of Horticultural Producers (AIPH) and International Flower Trade Association (Union Fleurs). **Horticulture House**. Oxfordshire, UK, v. 68, 2020.
- HUGHES, M., MOONLIGHT, P.W., JARA-MUÑOZ, A., TEBBITT, M.C., WILSON, H.P., ZHONG, K. & PULLAN, M. *Begonia* Resource Centre. **Online database available/Royal Botanic Garden Edinburgh**. 2023. Disponível em: <<http://padme.rbge.org.uk/begonia/>>. Acesso em: 17 abr. 2023.
- HUMMEL, M.; DA SILVA, A. A. Modelo de negócios em plataforma digital para comercialização de flores no Brasil. **Navus: Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 1-17, 2020.
- HUNG, C. D.; HONG, C. H.; KIM, S. K.; LEE, K. H.; PARK, J. Y.; DUNG, D.; NAM, M. W.; CHOI, D. H.; LEE, H. I. In vitro proliferation and ex vitro rooting of microshoots of commercially important rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) using spectral lights. **Scientia Horticulturae**, v. 211, p. 248-254, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.003>.
- IBRAFLOR. Instituto Brasileiro de Floricultura. **O mercado de flores no Brasil**. São Paulo. 2022. Disponível em: < <https://www.ibraflor.com.br/numeros-setor>>. Acesso em 17 abr. 2023.
- ILIĆ, Z. S.; MILENKOVIC, L.; SUNIC, L.; BARACI, S.; MASTILOVIC, J.; KEVRESAN, Z.; FALLIK, E. Effect of shading by coloured nets on yield and fruit quality of sweet pepper. **Zemdirbyste-Agriculture**, v. 104, n. 1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2017.104.008>.
- ILIĆ, Z. S.; FALLIK, E. Light quality manipulation improves vegetable quality at harvest and postharvest: a review. **Environmental and Experimental Botany**, v. 139, p. 79-90, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.04.006>.
- JACQUES, E.L.; GREGÓRIO, B.S. 2023. *Begoniaceae in Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB5562>>. Acesso em: 17 abr. 2023.
- JACQUES, E.L.; MAMEDE, M.C.H. Notas nomenclaturais em *Begonia* L. (Begoniaceae). **Brazilian Journal of Botany**. v.28, n.3, p.579–588, 2005.

- LEITE, C.A.; ITO, R.M.; LEE, G.T.S.; GANELEVIN, R.; FAGNAMI, M.A. Light spectrum management using colored nets to control the growth and blooming of *Phalaenopsis*. **Acta Horticulturae**, n.770, p.177-184, 2008. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.770.20>.
- LIU, Z. B.; CHENG, R. M.; XIAO, W. F.; GUO, Q.; WANG, N. Effects of shading on growth and photosynthetic characteristics of *distylium chinense* seedlings. **Scientia Silvae Sinicae**, v. 51, p. 129-136, 2015.
- LOBIUC, A.; VASILACHE, V.; OROIAN, M.; STOLERU, T.; BURDUCEA, M.; PINTILE, O.; ZAMFIRACHE, M. M. Blue and red LED illumination improves growth and bioactive compounds contents in acyanic and cyanic *Ocimum basilicum* L. microgreens. **Molecules**, v. 22, n. 12, p. 2111, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules22122111>.
- MANJA, K.; AOUN, M. The use of nets for tree fruit crops and their impact on the production: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 246, n. 1, p. 110-122, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.050>.
- MEAS, S.; LUENGWILAI, K.; THONGKET, T. Enhancing growth and phytochemicals of two amaranth microgreens by LEDs light irradiation. **Scientia Horticulturae**, v. 265, p. 109 - 204, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109204>.
- MELEIRO, M.; GRAZIANO, T.T. Desenvolvimento de tapeinóquilo em diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.13, n.1, p.63-72, 2007. DOI: <http://doi.org/10.14295/rbho.v13i1.205>.
- NASCIMENTO, J. G. **Malhas coloridas de sombreamento e soluções nutritivas de fertirrigação na cultura da gérbera (*Gerbera jamesonii*) em ambiente protegido**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2018.
- NAVEENA, N.; THAMARAISELVI, S. P. Effect of coloured shade nets on growth and quality of horticultural crops. **Biotica Research Today**, v. 2, n. 8, p. 800-801, 2020.
- OLIVEIRA, C. B.; NASCIMENTO, T. R.; SILVA, R. G.; LOPES, I. C. A cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais no Brasil: uma revisão sobre o segmento. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 6, n. 2, p. 180-200, 2021.
- PAIK, I.; HUQ, E. Plant photoreceptors: Multi-functional sensory proteins and their signaling networks. In: **Seminars in cell & developmental biology**. Academic Press, p. 114-121, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.semcd.2019.03.007>.
- PARADISO, R.; PROIETTI, S. Light-quality manipulation to control plant growth and photomorphogenesis in greenhouse horticulture: the state of the art and the opportunities of modern LED systems. **Journal of Plant Growth Regulation**, p. 1-39, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10337-y>.
- PAULUS, D.; VALMORBIDA, S.; FERREIRA, S. B.; ZORZZI, I. C.; NAVA, G. A. Biomass production and essential oil composition of basil grown under shading nets and harvested at different times. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 46-53, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620160000100007>.

- PEREIRA, E.B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RUTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S.V.; SOUZA, J.G. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 80 p., 2017.
- REZNIK, L. **História da imigração no Brasil**. Editora FGV, 254 p. 2020.
- SABATINO, L.; D'ANNA, F.; TORTA, L.; FERRARA, G.; LAPICHINO, G. Arbuscular mycorrhizal inoculation and shading enhance crop performance and quality of greenhouse *Begonia semperflorens*. **Acta Scientiarum Polonorum - Hortorum Cultus**, v. 18, p. 17-33, 2019. DOI: <https://doi.org/10.24326/asphc.2019.3.2>.
- SAMPAIO, P. R. F. **Malhas fotoconversoras e concentrações de potássio via fertirrigação no cultivo de *Costus lasius* Loes. em ambiente protegido**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2018.
- SHAHAK, Yosepha. Photosensitive netting: An overview of the concept, research and development and practical implementation in agriculture. **Acta Horticulturae**. p.155–162, 2014. DOI: <http://10.17660/ActaHortic.2014.1015.17>.
- SILVA, L. C.; PAIVA, P. D. de O.; SANTOS, A. C. Flower and ornamental plants wholesale markets in Brazil. **Ornamental Horticulture**, v.21, n.1, p.53-62, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14295/rbho.v21i1.776>.
- SIVAKUMAR, D.; JIFON, J. Influence of photosensitive shade nettings on postharvest quality of vegetables. In: **Preharvest modulation of postharvest fruit and vegetable quality**. Academic Press, p. 121-138, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809807-3.00005-6>.
- SONG, Y. H.; SHIM, J. S.; SCHULTZ, H. A. K.; IMAIZUMI, T. Photoperiodic flowering: time measurement mechanisms in leaves. **Annual Review of Plant Biology**, v. 66, p. 441-464, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-043014-115555>.
- SOUZA, R. R.; CAVALCANTE, M. Z. B.; SILVA, A. A.; SILVA, E. M.; BRITO, L. P. S.; SILVA, A. O. Yield and quality of inflorescences of Golden Torch heliconia in different shaded environments. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 128-132, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n2p128-132>.
- SPALHOLZ, H.; PERKINS-VEAZIE, P.; HERNÁNDEZ, R. Impact of sun-simulated white light and varied blue: red spectrums on the growth, morphology, development, and phytochemical content of green-and red-leaf lettuce at different growth stages. **Scientia Horticulturae**, v. 264, p.109-195, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109195>.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.
- THAKUR, Meenakshi; BHATT, Vinod; KUMAR, Rakesh. Effect of shade level and mulch type on growth, yield and essential oil composition of damask rose (*Rosa damascena Mill.*) under mid hill conditions of Western Himalayas. **PLoS One**, v. 14, n. 4, p. e0214672, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214672>.

- TEBBITT, M.C. **Begonias**: cultivation, identification, and natural history. Timber Press, Portland, USA. 2005.
- TIAN, D.; XIAO, Y.; TONG, Y.; FU, N.; LIU, Q.; LI, C. Diversity and conservation of Chinese wild begonias. **Plant Diversity**, v. 40, n. 3, p. 75-90, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pld.2018.06.002>.
- VUKOVIĆ, M.; JURIC, S.; BANDIĆ, L. M.; BRANKA, L.; FU, D. Q.; JEMRIĆ, T. Sustainable food production: innovative netting concepts and their mode of action on fruit crops. **Sustainability**, v. 14, n. 15, p. 9264, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14159264>.
- WANI, M. A.; NAZKI, I. T.; DIN, A.; IQBAL, S.; WANI, S.A.; KHAN, F. U. NEELOFAR. Floriculture sustainability initiative: the dawn of new era. In: **Sustainable agriculture reviews 27**. Springer, Cham, p. 91-127, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-75190-0_4.
- XIE, X. J.; YANG, X. H.; CHEN, X. Y. Effects of shading on leaf shape and photosynthetic characteristics of the transgenic *Lespedeza formosa* with expressing BADH gene. **Scientia Silvae Sinicae**, v. 49, n. 3, p. 33-42, 2013.
- XU, Yong. Nature and source of light for plant factory. In: **Plant factory using artificial light**. Elsevier. p. 47-69, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813973-8.00002-6>.
- YANG, C.; Li, L. Hormonal regulation in shade avoidance. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1527, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01527>.
- YAZICI, K.; GUNES, S. The effects of shading treatments on the plant growth rate of some varieties of aster flowers (*Dahlia* spp.) in the ecologic conditions of Tokat (Turkey). **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 16, n. 5, p. 7191-7202, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1605_71917202.
- ZARE, S. K. A.; SEDAGHATHOOR, S.; DAHKAEI, M. N. P.; HASHEMABADI, D. The effect of light variations by photoselective shade nets on pigments, antioxidant capacity, and growth of two ornamental plant species: Marigold (*Calendula officinalis* L.) and violet (*Viola tricolor*). **Cogent Food & Agriculture**, v. 5, n. 1, p. 1650415, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1650415>.
- ZARE, S. K. A.; SEDAGHATHOOR, S.; DAHKAEI, M. N. P.; HASHEMABADI, D. The effect of different colored netting on quantitative and qualitative traits of two foliage plant species (*Codiaeum variegatum* and *Aglaonema commutatum*). **Advances in Horticultural Science**, v. 34, n. 1, p. 25-33, 2020.
- ZHANG, K. M.; GUO, M. L.; HE, D.; WU, R.H.; LI, Y. H. The inhibition effect and excessive carbon flux resulting from blocking anthocyanin biosynthesis under darkness in *Begonia semperflorens*. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 35, n. 1, p. 22-30, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-015-9503-z>.

ZHANG, Y.; LIU, A.; ZHANG, X.; HUANG, S. Effects of shading on some morphological and physiological characteristics of *Begonia semperflorens*. **Pakistan Journal of Botany**, v. 50, n. 6, p. 2173-2179, 2018.

ZHENG, L.; LABEKE, M. C. Long-term effects of red-and blue-light emitting diodes on leaf anatomy and photosynthetic efficiency of three ornamental pot plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 917, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00917>.

2. CULTIVO DE 'BEGONIA MEGAWATT' SOB DIFERENTES TELAS DE SOMBREAMENTO

Resumo

A manipulação da luz, tanto em termos de quantidade quanto qualidade, desempenha um papel fundamental no crescimento e desenvolvimento das plantas. As telas de sombreamento são uma tecnologia que permite alterar a intensidade e a qualidade da luz, regulando diversos processos fotomorfogenéticos e fisiológicos, o que pode otimizar a produção e a qualidade das culturas. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do uso de telas de sombreamento nos parâmetros de crescimento da variedade 'Begonia Megawatt'. O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação, utilizando um delineamento em blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos consistiram na combinação de telas azuis, vermelhas, pretas e controle (sem tela), representando as parcelas, enquanto as variedades de 'Begonia Megawatt Pink Green' e 'Red Bronze' representaram as subparcelas. As respostas quanto ao crescimento foram similares para ambas as variedades. Os resultados mostraram que, independentemente da cor da tela utilizada, houve respostas similares de crescimento para ambas as variedades. As plantas cultivadas com o uso das telas apresentaram maior área foliar, maior número de folhas e inflorescências, maiores pesos de flores e pedúnculos e maior matéria seca das flores e pedúnculos. Além disso, as telas contribuíram com um microclima mais favorável para o cultivo, resultando em plantas com aspecto comercial mais desejável. O tratamento controle, sem uso das telas, não teve impacto significativo nas variáveis analisadas neste estudo, exceto em relação à coloração mais intensa das tépalas. Recomenda-se o uso de telas de sombreamento nas cores azul, vermelha ou preta para a produção de plantas com crescimento satisfatório para a comercialização. No entanto, a escolha da cor da tela pode depender das preferências do mercado consumidor.

Palavras-chave: intensidade e qualidade da luz, plantas ornamentais, crescimento, begônia.

Abstract

The manipulation of light, both in terms of quantity and quality, plays a fundamental role in the growth and development of plants. Shading nets are a technology that allows for altering the intensity and quality of light, regulating various photomorphogenetic and physiological processes, which can optimize crop production and quality. The objective of this study was to evaluate the effects of using shading nets on the growth parameters of the 'Begonia Megawatt' variety. The experiment was conducted in a greenhouse, using a randomized complete block design with split-plot arrangement. The treatments consisted of combinations of blue, red, black, and control (no net), representing the main plots, while the 'Begonia Megawatt Pink Green' and 'Red Bronze' varieties represented the subplots. The growth responses were similar for both varieties. The results showed that, regardless of the color of the shading net used, there were similar growth responses for both varieties. Plants cultivated with the use of shading nets exhibited larger leaf area, increased number of leaves and inflorescences, higher flower and peduncle weights, and greater dry matter content of flowers and peduncles. Additionally, the nets contributed to a more favorable microclimate for cultivation, resulting in plants with a more desirable commercial appearance. The control treatment, without the use of shading nets, had no significant impact on the variables analyzed in this study, except for a more intense coloration of the tepals. It is recommended to use blue, red, or black shading nets for the production of plants with satisfactory growth for commercial purposes.

Keywords: light intensity and quality, ornamental plants, growth, begonia.

2.1 Introdução

A luz desempenha um papel fundamental no crescimento e desenvolvimento das plantas, e, no caso das ornamentais, é uma das variáveis mais limitantes na produção. Visto que, através da modificação da intensidade e qualidade da luz, vários processos fotomorfogenéticos e fisiológicos são mediados e otimizam a produção e a qualidade das culturas (DUECK; LEPEREN; TAULAVUORI, 2016; MILLS-IBIBOFORI et al., 2019).

A utilização de técnicas que modifiquem a intensidade e a qualidade da luz como é o caso de iluminação artificial, que inclui as lâmpadas incandescentes, fluorescentes e diodos emissores de luz (LED), são alternativas usuais na horticultura. No entanto, essa tecnologia de iluminação depende de estruturas específicas e dispendiosas e que envolvem um grande consumo de energia na propriedade, os quais variam de 10% a 30% dos custos totais de produção. Sendo assim, o uso de telas de sombreamento tem sido a solução para garantir a eficiência produtiva a custos mais reduzidos (BESSHO; SHIMIZU, 2012; AHMED; AL-FARAJ; ABDEL-GHANY, 2016).

As telas de sombreamento são estruturas fabricadas com polipropileno ou polietileno trançado em diversas dimensões de aberturas que permitem atingir níveis específicos de redução da luminosidade, além disso, são enriquecidas com cromóforos de diversas colorações que permitem a filtragem seletiva da luz (ILIC; FALLIK, 2017). Essa tecnologia, além de promover a mudança na intensidade e qualidade da luz, também atua como barreira física a fim de proteger as culturas contra intempéries climáticas e contra ataques de pragas, reduzindo o uso de defensivos agrícolas (MDITSHWA; MAGWAZA; TESFAY, 2019; CHAMPANERI; PATEL, 2022).

À vista disso, o potencial uso das telas de sombreamento no crescimento e desenvolvimento das plantas tem sido mostrado em pesquisas na fruticultura (MANJA; AOUN, 2019), olericultura (MAHMOOD et al., 2018) e no caso da floricultura com perspectivas na produção de folhagens mais exuberantes, flores de corte com hastes maiores e plantas envasadas mais compactas (CRUZ et al., 2020).

A preferência dos consumidores por plantas envasadas de porte compacto tem se destacado no mercado de plantas ornamentais. Essas plantas menores são valorizadas por sua aparência elegante e facilidade de manejo, tornando-as ideais para espaços limitados, como apartamentos e pequenos jardins (VEILING HOLAMBRA, 2023). No entanto, a produção de plantas mais compactas para atender a essa demanda ainda representa um grande desafio para muitas espécies cultivadas, levando os produtores a adotarem práticas culturais que exigem

muita mão de obra ou a utilizarem reguladores químicos de crescimento com o intuito de alcançar esse objetivo (SAJJAD et al., 2017).

Como resultado, essas práticas aumentam os custos de produção, levando os produtores a buscar alternativas mais econômicas, como a manipulação da luz utilizando telas de sombreamento. Essas telas são incorporadas como parte fundamental do manejo, visando obter plantas que atendam às especificações desejadas para sua comercialização (KOTILAINEN; ROBSON; HERNANDEZ, 2018).

A ‘Begonia Megawatt’, a qual atualmente é comercializada com propósito paisagístico na formação de canteiros e jardineiras, possui um grande potencial de ser comercializada em vasos. Já que se apresenta com aspectos ornamentais marcantes como o florescimento contínuo durante o ano, flores e folhas belas e rusticidade no manejo (SABATINO et al., 2019).

Desta forma, foram avaliados os efeitos do uso de diferentes telas de sombreamento no cultivo em vaso de ‘Begonia Megawatt’, objetivando verificar as respostas das variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ quanto ao seu crescimento.

2.2 Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido, no período de junho a agosto de 2022, em uma casa de vegetação na área experimental do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), com as seguintes coordenadas geográficas: 22° 42’ 40” S e 47°37’30” O e uma altitude de 550 m.

A casa de vegetação utilizada foi do tipo arco, com um único vão medindo 7,0 m de largura e 28 m de comprimento. A orientação da estrutura foi no sentido norte/sul. Para o revestimento da casa de vegetação, foi utilizado um plástico transparente de polietileno difusor de luz, com 100% de transmissividade. Além disso, todas as laterais da estrutura foram mantidas com tela preta, com 50% de transmissividade.

As temperaturas e umidade relativa do ar máximas e mínimas foram registradas por quatro termo-higrômetros digitais Incoterm® durante a execução do experimento e, suas médias, foram 33,26°C e 11,2°C, e 98,83% e 21,97%, respectivamente (Figura 1).

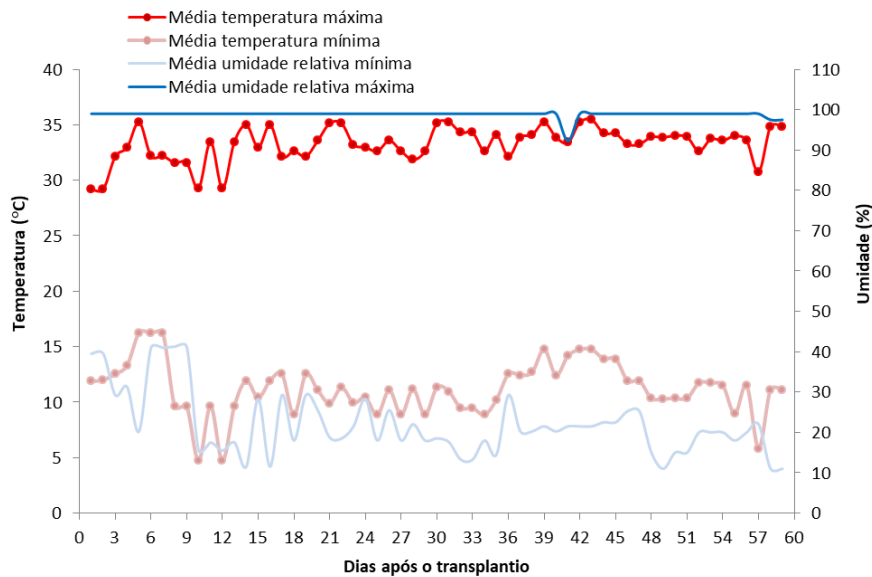


Figura 1: Médias máximas e mínimas das temperaturas e umidade relativa do ar durante o experimento.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos consistiram na combinação da cor da tela (parcela) com as variedades de ‘Begonia Megawatt’ (subparcelas). Foram utilizadas três telas quanto ao tipo de luz transmitida (ChromatiNet® - Ginegar Plastic Products Ltd), nas cores vermelha, azul e preta, com espessura de 5 mm e índice de sombreamento de 12 a 16% complementadas com um tratamento controle (sem tela) e duas variedades comercialmente denominadas: ‘Begonia Megawatt Pink Green Leaf’ e ‘Begonia Megawatt Red Bronze Leaf’ (Figura 2).

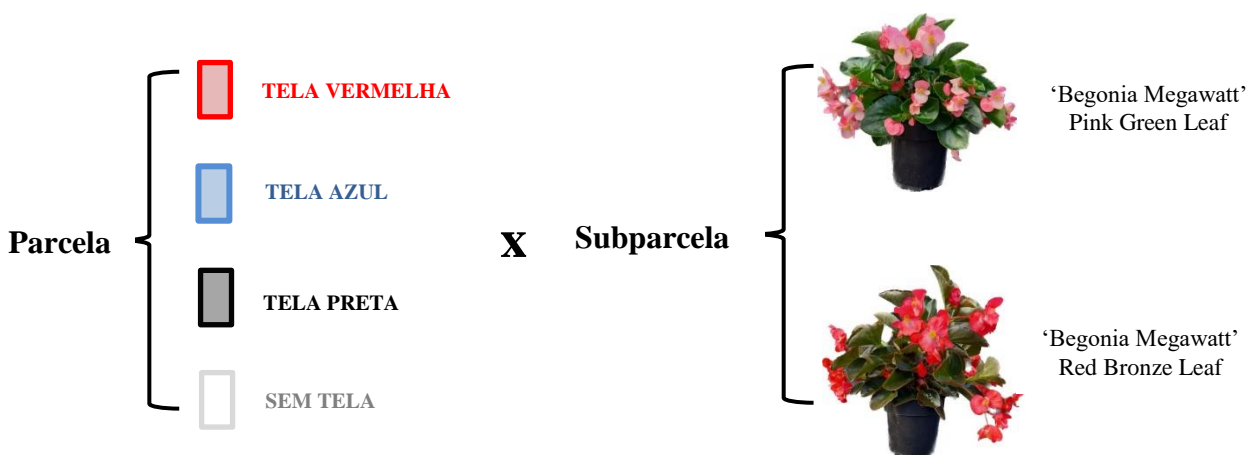


Figura 2: Representação do delineamento experimental em parcela subdividida. As parcelas estão representadas pelas diferentes telas e as subparcelas pelas variedades de begônia.

No interior da casa de vegetação, as telas foram dispostas em quinze estruturas cúbicas de madeira com 0,8 m³ com todas as faces recobertas, exceto pela testemunha que teve espaços

delimitados de 0,64 m². Em seguida, as estruturas foram alocadas a uma distância de 1 metro entre as mesmas e entre todo o perímetro da casa de vegetação a fim de que não houvesse o sombreamento entre os tratamentos. Cada estrutura recebeu quatro plantas de begônia, duas de cada variedade, de modo que a média das duas plantas compôs uma unidade experimental. (Figura 3).

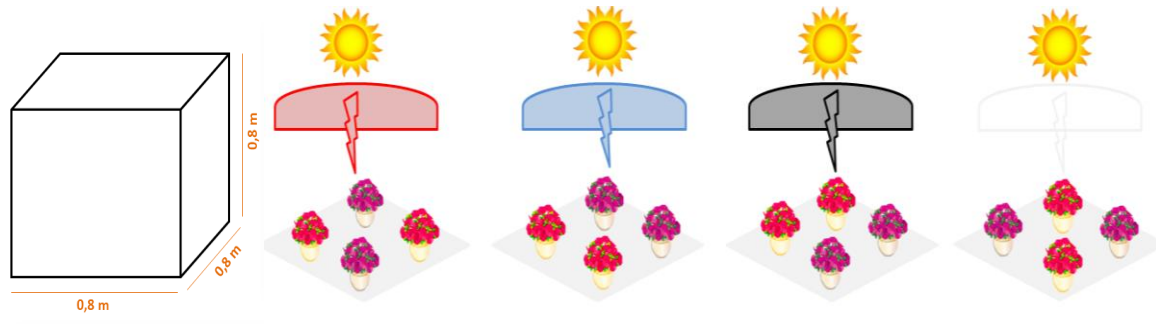


Figura 3: Representação esquemática da estrutura que foi revestida pelas diferentes telas de sombreamento.

O experimento foi delineado com 5 blocos (repetições) casualizados no interior da casa de vegetação e cada bloco foi composto por 4 parcelas (telas) e dentro de cada parcela haviam 2 plantas de cada variedade (subparcelas). Cada tratamento recebeu duas unidades observacionais para compor uma unidade experimental (para cada variedade), totalizando 40 unidades experimentais (Figura 4).

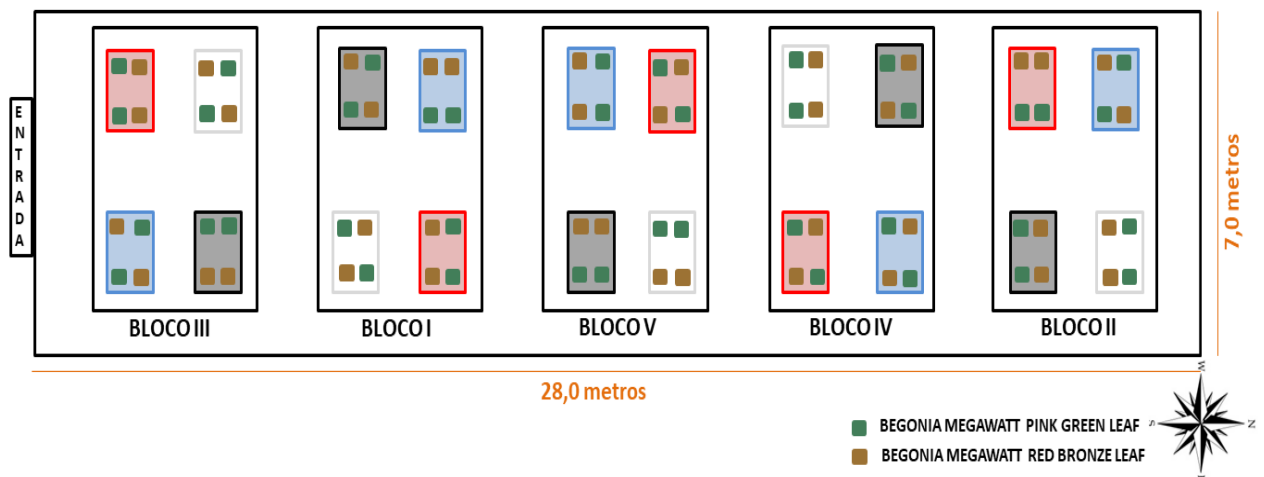


Figura 4: Croqui experimental. Cinco blocos casualizados com suas respectivas parcelas (telas: vermelha; azul; preta; controle) e subparcelas (variedades de begônia: “Begonia Megawatt’ Pink Green Leaf” e “Begonia Megawatt’ Red Bronze Leaf”).

Foram utilizados vasos plásticos (pote 17) com capacidade para 2,10 litros, e as seguintes dimensões: 17,5 cm de diâmetro superior, 15,0 cm de altura e 12,0 cm de diâmetro inferior. Os vasos foram preenchidos com 1.200 g do substrato comercial Basaplant® que,

segundo o fabricante, é enriquecido com NPK e micronutrientes, e composto por casca de pinus, carvão, turfa fibrosa e vermiculita. Além disso, possui capacidade de retenção de água de 150 %; condutividade elétrica de $2,0 \pm 0,3 \text{ mS cm}^{-1}$ e pH de $5,8 \pm 0,5$.

As mudas utilizadas neste estudo foram adquiridas da empresa Ball®, que possui certificação de produção. Essas mudas foram cultivadas em bandejas contendo 128 células e estavam em um estágio de desenvolvimento comercial, com altura média de 10 cm e dois pares de folhas completamente expandidas. Para realizar o experimento, foi transplantada uma muda por vaso. Após o transplante das mudas, os vasos foram dispostos dentro das estruturas revestidas pelas telas, com um espaçamento de 25 cm x 25 cm entre eles.

Para o suprimento da demanda hídrica e nutricional das plantas, foi realizada a fertirrigação, em dias alternados, no período da manhã, com a aplicação de 400 mL vaso⁻¹ de solução nutritiva. A cada cinco fertirrigações foi aplicado um volume de água de 600 mL vaso⁻¹ na irrigação subsequente para evitar o acúmulo de sais.

No preparo das soluções nutritivas foram utilizadas como fontes de macronutrientes: nitrato de cálcio (Greenhouse grade®); fosfato monoamônico – MAP (Dripsol map®); nitrato de potássio e sulfato de potássio (Paulisol nks®). As fontes de micronutrientes foram supridas com um coquetel de micronutrientes (Oligogreen®). As concentrações dos componentes da solução nutritiva foram adaptadas para a cultura da begônia a partir da metodologia sugerida por Kämpf (2005) e são descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Fonte dos nutrientes nas soluções nutritivas de fertirrigação que foram utilizadas no experimento, calculadas a partir da solução original proposta por Kämpf (2005).

Fonte de nutrientes	Concentração (mg L ⁻¹)
Nitrato de cálcio	476
Nitrato de potássio + Sulfato de potássio	736
Fosfato monoamônico	360
Coquetel de micronutrientes	1,5

A estrutura física do sistema de fertirrigação foi composta por um tanque de polietileno com capacidade para armazenar até 1000 litros. A reposição dos sais na solução nutritiva foi determinada a partir do pH e da condutividade elétrica (CE), os quais foram monitorados semanalmente por meio de um pHmetro de bancada e um condutivímetro portátil (AKS0®). Para garantir a integridade da solução, os sais foram repostos quando a concentração da solução atingia metade da concentração padrão.

Durante o experimento, as condições experimentais de temperatura e umidade relativa do ar, mínimas e máximas, do interior da casa de vegetação foram registradas diariamente por termo-higrômetros digitais Incoterm®, os quais foram inseridos no centro geométrico de cada estrutura (incluindo o controle), na altura do dossel da cultura, a cerca de 20 cm do solo e 60 cm da parte superior da malha.

Determinou-se, também, a iluminância para cada tratamento por meio de um luxímetro portátil digital AKSO® em que as mensurações ocorreram com o equipamento posicionado no interior de cada parcela na altura da planta. Neste caso, as avaliações ocorreram a cada 7 dias, entre 9 e 10 horas da manhã, tomando-se a importância da luz neste horário devido a maior expressão da atividade fotossintética.

Na 9ª semana após o transplante, as plantas apresentaram um florescimento homogêneo entre os tratamentos, e determinou-se o ponto de comercialização nas condições deste experimento. Cada parcela foi avaliada individualmente dentro de cada tratamento. Primeiramente, mensurou-se os índices de clorofila *a*, *b* e total e flavonoides por meio do sensor DUALEX®, entre 8 e 11 horas da manhã. Foi tomado por padrão o primeiro par de folhas totalmente desenvolvidas, nas quais se realizou duas leituras por planta (LIU et al., 2021). Em seguida, mensurou-se a altura, e a contagem do número de folhas, hastes, flores e inflorescências.

A mensuração da altura consistiu na distância do colo da planta até o último nó, e foi realizada com o auxílio de uma régua graduada. A contagem do número de folhas procedeu-se com o destacamento das folhas que, em seguida, foram encaminhadas para a determinação do índice de área foliar (IAF), através do integrador de área foliar LI-COR no modelo de bancada LI-3100. Paralelamente as flores e inflorescências também foram destacadas da planta para aferição do comprimento do pedúnculo e posterior pesagem das flores e pedúnculos em balança analítica de precisão.

Em seguida realizou-se análises colorimétricas das tépalas por um colorímetro portátil (Minolta®, modelo CR 400), com 3 leituras nas duas maiores tépalas. Os resultados foram calculados com base nos parâmetros L^* , a^* , b^* e expressos em Luminosidade (intervalo entre o claro e o escuro), Ângulo Hue (tonalidade da cor) e Cromaticidade (intensidade da cor).

Ao final das avaliações supracitadas, as raízes passaram por um processo de lavagem e pesagem em balança digital analítica e cada compartimento da planta foi acondicionado em sacos de papel tipo 'Kraft' e colocado para secar em estufa de circulação forçada de ar a uma temperatura de 65°C até a estabilização do peso. Após o material ser retirado da estufa, foi

pesado em uma balança digital analítica para determinação da matéria seca das partes vegetais.

Os dados estatísticos obtidos foram submetidos ao teste F da análise de variância por meio do programa estatístico software R® 4.3.0. Quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) (R CORE TEAM, 2022).

2.3 Resultados e Discussão

As temperaturas e umidades relativas obtidas no interior de cada tratamento apresentaram variação entre si durante a condução do experimento. O tratamento controle promoveu maior média de temperatura máxima comparada aos demais tratamentos no interior da estufa, atingindo valor de 2,01 °C superior a menor média da temperatura máxima entre as telas de sombreamento encontrada no tratamento com a tela azul. Comparando as médias entre as telas observa-se que a tela vermelha proporcionou médias de temperatura máxima de 1,61 °C e 1,01 °C superiores as telas azul e preta, respectivamente. O mesmo ocorreu com a temperatura mínima, quando a tela azul resultou em menor média e a tela vermelha maior média, enquanto a tela preta e o controle apresentaram médias de temperatura mínima semelhantes. No que diz respeito a umidade relativa do ar, pode-se inferir que as médias de umidade relativa máxima foram similares entre os tratamentos. Para a umidade relativa mínima, o tratamento com a tela azul promoveu a maior umidade relativa mínima entre os tratamentos e o tratamento controle a menor média para essa variável (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação entre médias das temperaturas máximas e mínimas (C°) e da umidade relativa do ar máxima e mínima (%) dentro de cada tratamento: telas azul, vermelha, preta e o controle (sem tela).

Tratamento	Variáveis Micrometeorológicas			
	Temperatura Máx. (°C)	Temperatura Mín. (°C)	Umidade R. Máx. (%)	Umidade R. Mín. (%)
Azul	32,26 c	11,06 a	98,68 a	24,06 a
Vermelha	33,87 b	11,30 a	98,55 a	22,65 b
Preta	32,86 c	11,17 a	98,51 a	22,27 b
Controle	34,27 a	11,17 a	98,55 a	18,62 c
CV (%)	6,97	9,20	11,52	7,41

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As telas de sombreamento influenciam o microclima por meio de diferentes mecanismos. Primeiramente, o sombreamento causado pelas telas afetam a umidade relativa e a temperatura do ar, da planta e do solo. Além disso, as telas reduzem a velocidade do vento

através da proteção física que oferecem e filtra seletivamente a radiação, o que contribui com os processos fotossintéticos (VUKOVIĆ et al., 2022).

Os resultados encontrados estão de acordo com os de Almeida, Calaboni e Rodrigues (2021) com *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum*), no qual as maiores temperaturas médias e máximas foram encontradas no tratamento controle seguidas pela tela vermelha, já a tela azul apresentou menores valores de temperaturas médias e máximas. O que evidencia que além da mudança na interceptação da radiação, as telas também contribuem na redução da temperatura.

É possível observar que a umidade relativa mínima foi maior nos tratamentos com as telas. Isso se deve ao fato de que, segundo Stamps (2009), abaixo das telas, a umidade relativa do ar tende a ser mais alta devido à transpiração das plantas protegidas, bem como à diminuição da mistura do ar interno com o ar mais seco do ambiente externo. Nascimento (2018) evidenciou em seus trabalhos que os valores de umidade relativa máxima foram semelhantes entre as telas azul, vermelha e preta, no entanto a tela preta apresentou maior umidade relativa mínima.

Os resultados quanto a intensidade luminosa (Lux) demonstra que as telas azul, vermelha e preta apresentaram médias de 29,25%, 27,71% e 27,30%, respectivamente, menores que a intensidade máxima do tratamento controle. O mesmo ocorreu com a intensidade luminosa mínima, em que as telas azul, vermelha e preta apresentaram médias, 32,43%, 26,64% e 29,40%, menores quando comparadas ao controle. Observa-se, também, que a tela azul e o controle apresentaram respectivamente, o menor e maior valor de intensidade luminosa, quando comparados aos demais tratamentos (Figura 5).

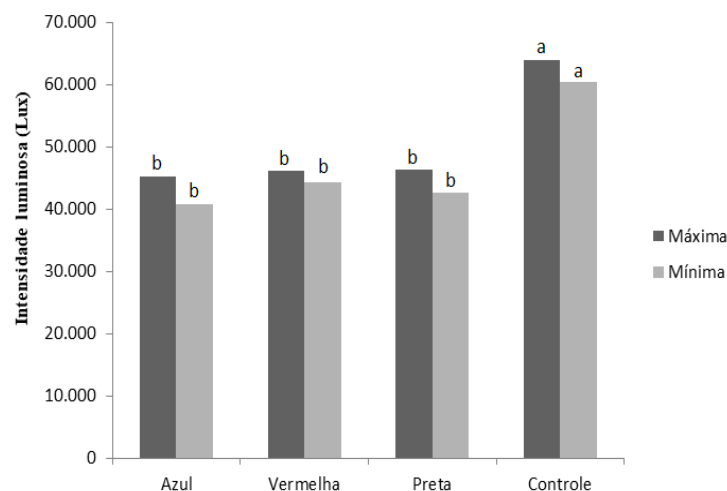


Figura 5: Níveis de intensidade luminosa (Lux) nos diferentes tratamentos: tela azul, vermelha, preta e tratamento controle (sem tela de restrição luminosa). Médias seguidas de letras diferentes diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A menor intensidade luminosa nos tratamentos com telas de sombreamento é resultado do sombreamento proporcionado por elas, que variou de 12% a 16%. Em contraste, o tratamento controle recebeu diretamente a radiação solar, resultando em maior intensidade luminosa. Resultados semelhantes foram observados por Gaurav et al., (2016), que testando diferentes telas de sombreamento de coloração branca, vermelha, preta e verde em dracena vermelha (*Cordyline terminalis*) identificaram que o tratamento controle apresentou intensidade luminosa maior, entre 16,53 % a 44,77%, que os tratamentos com as telas, o que é consistente com o resultado deste estudo.

Para as variáveis de crescimento, não houve interação significativa entre as telas de sombreamento e as variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ (Tabela 3). O que demonstra que, considerando as variáveis em questão, as variedades têm respostas de crescimento semelhantes em relação as telas, ou seja, o produtor poderá adotar uma mesma tela para o cultivo das duas variedades.

No que diz respeito à área foliar, as variedades submetidas às telas azul e vermelha apresentaram médias estatisticamente superiores ao controle. Já o número de folhas foi maior nas plantas cultivadas sob a tela azul e menor nas cultivadas sob o tratamento controle (sem tela). Não houve diferença estatística quanto a interação das telas nas variáveis altura, número de hastes (seguimentos do caule principal) e peso das raízes, no entanto, considerando a interação entre as variedades, a variedade ‘Red Bronze’ apresentou altura e peso de raízes estatisticamente superiores a variedade ‘Pink Green’ (Tabela 3).

Tabela 3. Área foliar, número de folhas, altura, número de hastes e peso das raízes no momento da colheita (9ª semana após o transplantio) das variedades de ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ submetidas às diferentes telas de sombreamento.

Fontes de Variação	Área foliar (cm ²)	Nº folhas (-)	Altura (cm)	Nº hastes (-)	Peso raízes (g)
TELA (Fc)	6,80**	5,47 *	0,34 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,65 ^{ns}
Azul	3.411,56 a	70,40 a	23,40	15,3	14,53
Vermelha	3.220,90 a	66,20 ab	23,80	14,0	14,83
Preta	3.116,58 ab	66,90 ab	22,80	13,4	15,16
Controle	2.787,65 b	61,90 b	22,57	14,1	16,21
VARIEDADE (Fc)	1,19 ^{ns}	2,05 ^{ns}	63,35**	1,93 ^{ns}	96,0***
Pink Green	3.183,26	64,30	20,66 b	13,6	9,66 b
Red Bronze	3.085,08	68,40	25,63 a	14,8	20,71 a
TELA x VARIEDADE	1,37 ^{ns}	2,23 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,19 ^{ns}
C.V. 1 (%)	10,10	7,11	13,04	19,20	18,78
C.V. 2 (%)	9,06	13,61	8,52	19,22	23,50

“Fc” = Valor de F calculado na análise de variância: ns p-value > 0,05; * p-value < 0,05; ** p-value < 0,001. “C.V.” = coeficiente de variação. Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As plantas são altamente influenciadas pela luz em seu crescimento e desenvolvimento, e são capazes de detectar diferentes intensidades, direções e composições

espectrais luminosas. As informações dos sinais luminosos são processadas pelo sistema fotossintético e pelos processos fotomorfogênicos resultando em respostas adaptativas, já que estes sinais são percebidos por fotorreceptores especializados, como fitocromos que absorvem a luz vermelha e criptocromos e fototropinas que absorvem a luz azul (FOLTA; CARVALHO, 2015; GALVÃO; FANKHAUSER, 2015).

A percepção dos sinais luminosos por diferentes fotorreceptores especializados explica a variação do efeito das telas azul e vermelha no aumento da área foliar e do número de folhas das variedades de begônias cultivadas. Isso porque a ativação da síntese das auxinas, que são produzidas em folhas jovens e primórdios foliares, são mais intensos quando a planta é submetida a comprimentos de onda do espectro vermelho/vermelho distante e azul (TAIZ et al., 2017).

Os resultados encontrados neste estudo corroboram, em parte, com os encontrados por Zare et al., (2019) que em experimentos com marigold (*Calendula officinalis* L.) e violeta (*Viola tricolor*) descobriram que a área foliar das plantas cultivadas sob a tela vermelha foram 1,5 vezes maior do que as plantas do controle e o número de folhas aumentou nas plantas cultivadas sob as telas. Similarmente, Gaurav et al. (2016) verificaram que a área foliar e o número de folha de cordyline (*Cordyline terminalis*) foram maiores nas telas de sombreamento quando comparadas ao controle.

Indaga-se, ainda, que as plantas submetidas à tela preta dispuseram de um mecanismo para otimizar a fotossíntese, ou seja, em condições de sombreamento a redução da relação entre as intensidades de luz vermelha e vermelho-distante ocorre naturalmente devido às propriedades ópticas da massa foliar verde, a qual absorve mais o espectro vermelho do que o vermelho-distante e desse processo resultam o alongamento da folha com redução de sua espessura e aumento do número de folhas como resposta adaptativa para captar mais luz (BALLARÉ; PIERIK, 2017), o que explica o porque as médias de área foliar e número de folhas da tela preta, apesar de serem menores, não diferiram estatisticamente dos tratamentos sob tela azul e vermelha.

Esperava-se que a tela vermelha promovesse maior altura das plantas e maior número de hastes, entretanto as begônias apresentaram médias de altura e número de hastes muito próximas entre os tratamentos, as quais não diferiram estatisticamente (Tabela 3). Lima et al., (2010) revelaram que a tela preta promoveu resultados mais expressivos quanto a altura das plantas de *Anthurium andraeanum* do que as telas vermelha e azul. Diferentemente, Calaboni (2014) em trabalhos com *Heliconia ortotricha* encontrou maiores alturas para as plantas cultivadas sob a tela azul do que na vermelha e preta. No entanto, Sampaio (2018) em estudos

com *Costus lasius* observou que a tela vermelha proporcionou alturas superiores aos das plantas cultivadas sob a tela azul e preta. Ou seja, a variação da resposta quanto ao crescimento depende de cada espécie.

A figura 6 ilustra os efeitos qualitativos, decorrentes da diferença no crescimento das variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ cultivadas sob diferentes telas de sombreamento. Nota-se que, em concordância com os resultados apresentados, o tratamento controle apresentou um caule dominante e plantas com aparência desuniforme. Ao passo que, plantas submetidas às telas azul, vermelha e preta apresentaram um crescimento homogêneo ao longo das avaliações que, em consequência de uma maior área foliar e maior número de folhas, tornaram-as com uma aparência geral mais equilibrada, com plantas esteticamente mais bonitas quando comparadas com o tratamento controle, exceto para variedade ‘Red Bronze’ cultivada sob a tela preta (Figura 6).

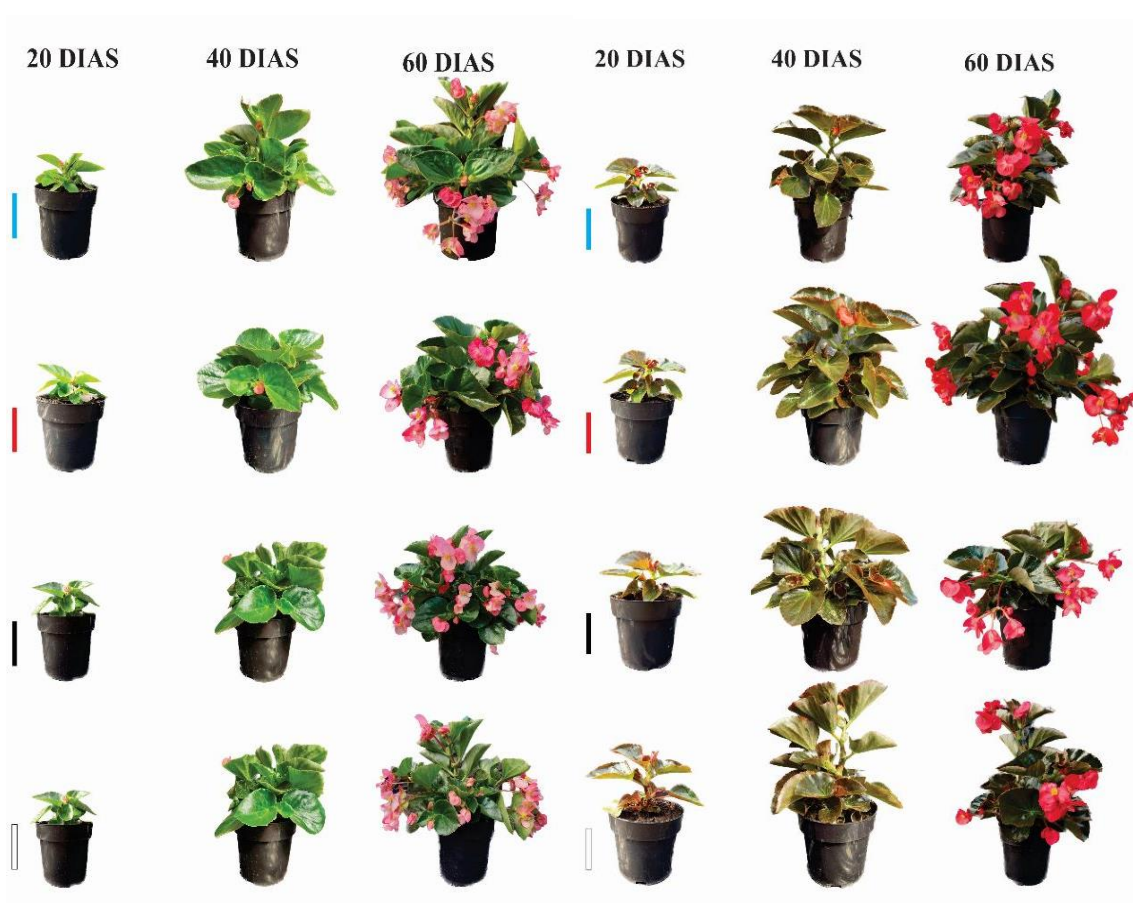


Figura 6: ‘Begonia Megawatt Pink Green’ e ‘Red Bronze’ cultivadas com diferentes telas de sombreamento. Tratamento com tela azul (1ª linha); tratamento com tela vermelha (2ª linha); tratamento com tela preta (3ª linha) e tratamento controle (4ª linha).

Com relação ao florescimento (Tabela 4), não foram encontradas diferenças significativas entre a interação tela x variedade, ou seja, as variedades responderam de forma similar aos tratamentos. Verifica-se que, apesar de não diferirem estatisticamente, as plantas cultivadas sob as telas apresentaram médias de número de flores superiores ao controle sendo que sob a tela vermelha, que foi a maior média, o número de flores foi 22,49% maior que o tratamento controle.

No que se refere ao número de inflorescências e ao peso das flores, o tratamento controle foi estatisticamente inferior ao tratamento com a tela preta, para o número de inflorescências, e inferior a tela preta e vermelha, para o peso das flores, respectivamente. Quanto ao comprimento do pedúnculo, não houve diferença estatística entre os tratamentos testados, porém as plantas submetidas às telas preta e vermelha apresentaram pedúnculos mais pesados quando comparadas ao controle, o qual apresentou menores médias para essas variáveis (Tabela 4).

Tabela 4. Número de flores, número de inflorescências, peso das flores, comprimento do pedúnculo e peso do pedúnculo das variedades de ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ submetidas às diferentes telas de sombreamento.

Fontes de Variação	Nº flores (-)	Nº inflorescências (-)	Peso flores (g)	Comp. Pedúnculo (cm)	Peso Pedúnculo (g)
TELA (Fc)	3,38 ^{ns}	4,78*	8,78**	1,54 ^{ns}	11,01***
Azul	68,80	20,2 ab	47,17 ab	7,0	12,02 ab
Vermelha	74,40	19,3 ab	54,65 a	7,55	13,70 a
Preta	70,30	21,7 a	52,19 a	7,57	13,43 a
Controle	57,60	15,6 b	42,55 b	6,95	10,12 b
VARIEDADE (Fc)	11,54**	7,10*	1,60 ^{ns}	1,79 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Pink Green	82,10 a	21,4 a	51,11	7,08	12,43
Red Bronze	53,45 b	17,0 b	47,16	7,45	12,20
TELA x VARIEDADE	0,76 ^{ns}	0,72 ^{ns}	2,08 ^{ns}	2,82 ^{ns}	1,48 ^{ns}
C.V. 1 (%)	18,20	19,54	11,68	11,81	12,68
C.V. 2 (%)	29,33	27,18	20,03	11,79	21,81

“Fc” = Valor de F calculado na análise de variância: ns p-value > 0,05; * p-value < 0,05; ** p-value < 0,001. “C.V.” = coeficiente de variação. Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As respostas em relação aos aspectos relacionados ao florescimento podem variar a depender da espécie, da qualidade espectral e intensidade luminosa promovida pelas diferentes telas de sombreamento (MUPAMBI et al., 2018). Observa-se que, as médias mais altas das variáveis envolvidas no florescimento foram encontradas nos tratamentos realizados sob as telas, em contraste com as médias mais baixas do tratamento controle (Tabela 4). Essa

resposta pode estar relacionada com a produção de hormônios envolvidos no florescimento e na modulação dos processos fotossintéticos.

Foi constatado por Mills-ibibofori et al. (2019) que a produção do hormônio ácido giberélico, o qual pode desempenhar papel importante no florescimento das plantas estimulando o alongamento do caule e das hastes florais, está sinergicamente relacionada aos comprimentos de ondas de luz azul e vermelho, os quais interagem em vias semelhantes que regulam o crescimento e a floração das plantas. Isso pode justificar o porquê as plantas submetidas às telas azul e vermelha apresentaram médias de floração superiores.

Além disso, é importante mencionar que os fitocromos possuem capacidade de reverter a resposta fotossensorial à luz vermelho-distante e vermelha, e esse processo desempenha um papel crucial na floração e ocorre, principalmente, em condições de sombreamento. Visto que, a luz vermelha induz a floração e a luz vermelho-distante inibe (HAN et al., 2017; SHEERIN; HILTBRUNNER, 2017). Dessa forma, torna-se compreensível porque as médias, para as variáveis envolvidas no florescimento, do tratamento com tela preta também foram elevadas.

Nascimento et al. (2016) conduziram um estudo com girassol ornamental (*Helianthus annuus L.*) cultivar ‘Sunflower Pollenless Sunbright’ acerca da influência das telas aluminet, vermelha, azul e testemunha (pleno sol) e concluíram que a largura da inflorescência girassol foi maior a pleno sol e sob aluminet do que nas telas azul e vermelha. Almeida, Calaboni e Rodrigues (2016) trabalhando com as telas preta, vermelha e azul em lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) identificaram que para as variáveis envolvidas no florescimento a tela azul promoveu o menor número de botões por haste e menor rendimento de massa de haste colhida. Em contrapartida, Nascimento (2018) conduziu uma pesquisa com gérbera (*Gerbera jamesoni*) e não encontrou diferenças significativas para o diâmetro do capítulo floral e número de flores entre as telas azul, vermelha e preta.

No que tange a colorimetria das tépalas, constata-se que para todas as variáveis analisadas não houve interação significativa entre as telas e as variedades, entretanto a interação entre as variedades foi muito significativa para todas as variáveis analisadas e isso se deve ao fato de serem duas variedades com coloração de tépalas diferentes, ‘Pink Green’ com tépalas rosa e ‘Red Bronze’ com tépalas vermelha. Já a interação das entre as telas foi significativa nas variáveis Luminosidade (L^*) e Ângulo Hue (H°) (Tabela 5).

Tabela 5. Variáveis de colorimetria: luminosidade (L*); pureza da cor: croma (C*) e matiz da cor: ângulo hue (H°) das tépalas das variedades de ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ submetidas às diferentes telas de sombreamento.

Fontes de Variação	Luminosidade (L*)	Croma (C*)	Ângulo Hue (H°)
TELA (Fc)	4,50*	1,12 ^{ns}	6,53**
Azul	62,61 ab	31,71	19,13 b
Vermelha	61,12 ab	33,05	20,67 ab
Preta	63,19 a	30,13	21,70 a
Controle	59,74 b	33,76	21,55 a
VARIEDADE (Fc)	166,80***	303,11***	154,66***
Pink Green	67,65 a	24,04 b	16,03 b
Red Bronze	55,68 b	40,28 a	25,48 a
TELA x VARIEDADE	0,13 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,33 ^{ns}
C.V. 1 (%)	3,74	14,81	7,08
C.V. 2 (%)	4,75	9,17	11,56

“Fc” = Valor de F calculado na análise de variância: ns p-value > 0,05; * p-value < 0,05; ** p-value < 0,001. “C.V.” = coeficiente de variação. Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para a variável Luminosidade (L*), no tratamento controle obtiveram-se médias significativamente inferiores ao tratamento com tela preta, o que significa que o tratamento controle induziu a produção de tépalas com coloração mais intensas e no tratamento com tela preta tépalas menos intensas e mais esbranquiçadas, uma vez que a luminosidade (L*) varia de 0 (preto) a 100 (branco) (Tabela 5). Acredita-se que essa resposta é devido ao fato de que as plantas submetidas ao controle foram expostas a radiação de maneira direta, acumulando pigmentos fotoprotetores nas tépalas. Matos (2020) afirma que o acúmulo de pigmentos em folhas, flores e frutos está relacionado a proteção fotooxidativa e se dá sob maiores intensidades luminosas.

De acordo com Trojak e Skowron (2017), os pigmentos fotoprotetores são muito reativos à intensidade luminosa, sendo função destes pigmentos presentes na planta absorverem o excesso de radiação a fim de reduzir danos fotooxidativos. Zoratti et al. (2015) afirmam que a exposição à luz direta tem um papel crucial no desenvolvimento de cores mais vibrantes nas flores e frutas, enquanto que o sombreamento reduz. Dahlia (2016) em trabalhos com intensidade luminosa em orquídeas (*Paphiopedilum praestans*) concluiu que a menor intensidade luminosa levou a coloração mais clara e pálida das tépalas do que as plantas submetidas à intensidades luminosas maiores. Tais informações supracitadas substanciam os resultados encontrados neste estudo.

As respostas para os valores de croma, os quais variam de 0 (opaco) a 60 (puro) indicando, assim, a saturação da cor, não foram significativas entre os tratamentos, no

entanto, observando as médias verifica-se que o tratamento controle induziu a produção de tépalas com cores mais vivas quando comparado com as médias dos demais tratamentos. Já em relação ao ângulo de matiz (H°) o qual é expresso em uma grade de 360° , com 0° e 180° correspondendo ao eixo vermelho/ verde e 90° e 270° para eixo amarelo/ azul (SUI; BARY; ZHOU, 2016), percebe-se que os valores encontrados estão situados na grade do eixo vermelho/verde e estão próximos a 0° o que indica que as tépalas apresentaram um matiz próximo ao vermelho intenso (Tabela 5). Essa resposta está associada a coloração diferenciada das tépalas das duas variedades, já que o rosa e o vermelho apresentam-se dentro de uma mesma grade de matiz.

Considerando os resultados obtidos neste estudo e em literaturas anteriores, pode-se inferir que a qualidade da luz proporcionada pelas telas de sombreamento propiciaram diferentes resultados no crescimento, florescimento e colorimetria das flores de ‘Begonia Megawatt’. Do ponto de vista qualitativo (Figura 7), verifica-se que as plantas da variedade ‘Pink Green’ são mais compactas e com arquitetura mais arredondada quando comparadas a ‘Red Bronze’ a qual apresentou plantas mais robustas.

As plantas da variedade ‘Pink Green’ demonstraram um padrão de conformação de vaso semelhante entre os tratamentos com formato compacto e arredondado, no entanto, o tratamento controle não apresentou um bom equilíbrio entre o tamanho da planta e o número de flores, além disso, percebe-se neste último a presença de folhas encarquilhadas, o que é prejudicial do ponto de vista comercial. Observa-se, também, que as plantas cultivadas sob a tela preta apresentaram um padrão de florescimento homogêneo quando comparada as demais (Figura 7).

Já para as plantas da variedade ‘Red Bronze’, nota-se claramente que o tratamento com tela azul proporcionou a produção de plantas com formato mais uniforme e mais compacta quando comparada ao tratamento com tela vermelha, ambas com florescimento uniforme e com boa aparência geral da planta. As plantas cultivadas sob a tela preta apresentaram uma arquitetura pendente/acamada, que comercialmente é desvalorizada, enquanto que as plantas do tratamento controle apresentaram um desequilíbrio entre as ramificações laterais do caule com o número de folhas e flores, de forma que as plantas deste tratamento apresentaram-se com uma aparência mais subvalorizada quando comparada aos demais tratamentos (Figura 7).



Figura 7: Variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ cultivadas com diferentes telas de sombreamento no ponto de comercialização, 9ª semana após o transplante. Tratamento com tela azul (1ª coluna); tratamento com tela vermelha (2ª coluna); tratamento com tela preta (3ª coluna) e tratamento controle (4ª coluna).

A valorização das plantas ornamentais no mercado está diretamente relacionada à sua qualidade visual, que é determinada principalmente por suas características arquitetônicas, como compacidade, ramificação e florescimento. O controle adequado da qualidade da luz pode ser um fator importante para gerenciar essas características e melhorar a aparência das plantas, o que pode resultar em um melhor valor comercial (ZHENG; LABEKE, 2017).

Considerando os resultados obtidos, é possível destacar que todos os tratamentos proporcionaram plantas saudáveis do ponto de vista fitossanitário, com alturas e número de flores similares. Entretanto, ao considerar o número de inflorescências e a formação da planta, observa-se que o tratamento controle estaria em um patamar inferior em relação às telas, com plantas de menor valor no mercado. E, considerando todos os tratamentos, as plantas cultivadas sob as telas azul e vermelha apresentaram um padrão elevado, já que os aspectos visuais são tão importantes quanto os aspectos fitotécnicos (Figura 7).

Para as variáveis correspondentes ao índice de clorofila *a*, *b* e total e flavonoides (FLAV) as respostas foram similares em relação às variedades para com as telas de sombreamento, ou seja, não houve diferença significativa na interação tela e variedade. A interação entre as telas foi significativa apenas para a variável flavonoides (FLAV). Verifica-se que ao comparar a interação entre as variedades, a variedade ‘Red Bronze’ apresentou

valores superiores estatisticamente quando comparada com a ‘Pink Green’ para todas as variáveis analisadas (Tabela 6).

Tabela 6. Clorofila a; clorofila b; total de clorofila e flavonoides (FLAV) das folhas das variedades de ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ submetidas às diferentes telas de sombreamento.

Fontes de Variação	Clorofila a (FCI)	Clorofila b (FCI)	Total Clorofila (FCI)	FLAV (IFLV)
TELA (Fc)	2,15 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,70 ^{ns}	6,54**
Azul	38,00	12,08	50,08	0,46 b
Vermelha	39,17	12,86	52,03	0,45b
Preta	36,42	12,40	48,82	0,47b
Controle	37,88	12,28	50,16	0,51 a
VARIEDADE (Fc)	43,90***	50,52***	52,93**	6,93*
Pink Green	35,74 b	10,48 b	46,22 b	0,46 b
Red Bronze	39,99 a	14,32 a	54,32 a	0,49 a
TELA x VARIEDADE	2,98 ^{ns}	0,85 ^{ns}	2,07 ^{ns}	1,09 ^{ns}
C.V. 1 (%)	6,41	10,16	6,38	6,92
C.V. 2 (%)	5,36	13,77	6,99	9,07

“Fc” = Valor de F calculado na análise de variância: ns p-value > 0,05; * p-value < 0,05; ** p-value < 0,001. “C.V.” = coeficiente de variação. Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com Yang et al. (2016), folhas sombreadas geralmente possuem maior teor de clorofila *a*, *b* e total do que folhas não sombreadas, como um meio de aprimorar a atividade fotossintética em ambientes com deficiência de iluminação. Entretanto, os pigmentos de clorofila absorvem a luz, principalmente, na região do azul (~430 nm) e do vermelho (~650 nm), sendo que a clorofila *a* possui maior excitação na região do azul (TAIZ et al., 2017).

No caso do presente estudo, não houve diferença significativa para nenhuma das variáveis relacionadas à clorofila. Semelhantemente ao resultado obtido por Costa et al. (2018) que trabalhando com palmeira butia (*Butia capitata*) não encontraram diferenças significativas ao teor de clorofila entre as telas vermelha, preta, prata, branca e pleno sol. Diferentemente do observado em um trabalho com espinafre (*Spinacia oleracea* L.), onde Mudau, Soundy e Mudau (2017) verificaram maior clorofila foliar na tela preta, seguida pela vermelha e amarela. E por Ilić et al. (2015) os quais concluíram que o maior teor de clorofila nas folhas de tomate (*Solanum lycopersicum*) foi na tela preta. Por outro lado, em folhas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) cultivar 'Cameleon' o conteúdo de clorofila *a*, *b* e total foram

maiores em plantas cultivadas sob a tela preta e azul em comparação com as telas vermelha, pérola e controle (ILIC et al., 2017).

Os resultados encontrados para o índice de flavonoides no tratamento controle já eram esperados, já que estes, na presença de alta intensidade luminosa, atuam como filtros seletivos de radiação ultravioleta (UV), desempenhando papel de proteção das plantas contra estresses causados pela luz (MATHESIUS, 2018; ZHANG et al., 2018). Em alguns estudos como nos de Savikin et al. (2013) e Zoratti et al. (2015) foram constatados que em frutos de groselha negra (*Ribes nigrum* L.) e em mirtilo (*Vaccinium spp.*) cultivadas sob telas de sombreamento apresentaram menor teor de flavonoides do que as cultivadas sem as telas. Ou seja, a maior intensidade de luz favorece a produção de flavonoides (AGATI et al., 2013; ILIC et al., 2017).

Quanto a matéria seca, não houve interação significativa entre tela e variedade, no entanto houve interação entre as telas apenas para a matéria seca da flor e do pedúnculo, os quais foram maiores nos tratamentos com as telas de sombreamento e menor no tratamento controle. Já para a interação entre as variedades, esta se apresentou significativa apenas para a matéria seca da raiz, em que a variedade ‘Red Bronze’ foi maior quando comparada a ‘Pink Green’ (Tabela 7).

Tabela 7. Matéria seca da folha (MSF), matéria seca da flor (MSFL), matéria seca do pedúnculo (MSP), matéria seca das hastes (MSH) e matéria seca das raízes (MSR) das plantas das variedades de ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ submetidas às diferentes telas de sombreamento.

Fontes de Variação	MSF (g)	MSFL (g)	MSP (g)	MSH (g)	MSR (g)
TELA (Fc)	1,93 ^{ns}	4,87*	7,11**	0,56 ^{ns}	2,15 ^{ns}
Azul	8,57	1,78 ab	0,52 ab	4,16	1,41
Vermelha	8,94	1,96 a	0,63 a	4,55	1,15
Preta	8,56	1,82 ab	0,59 a	4,31	1,33
Controle	8,33	1,50 b	0,45 b	4,23	1,13
VARIEDADE (Fc)	1,0 ^{ns}	0,27 ^{ns}	2,06 ^{ns}	0,83 ^{ns}	16,13***
Pink Green	8,49	1,74	0,52	4,21	0,99 b
Red Bronze	8,71	1,79	0,57	4,41	1,51 a
TELA x VARIEDADE	0,51 ^{ns}	2,37 ^{ns}	1,73 ^{ns}	2,42 ^{ns}	0,93 ^{ns}
C.V. 1 (%)	6,67	15,43	16,39	16,77	23,19
C.V. 2 (%)	7,89	19,51	24,91	16,15	32,23

“Fc” = Valor de F calculado na análise de variância: ns p-value > 0,05; * p-value < 0,05; ** p-value < 0,001. “C.V.” = coeficiente de variação. Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As telas de sombreamento ao interferir na intensidade e qualidade da luz, otimizaram a absorção luminosa favorecendo o incremento de matéria seca nas flores e pedúnculo. Contudo, as telas não influenciaram positivamente no crescimento e acúmulo de matéria seca nas folhas, hastes e raízes. Resultados semelhantes foram obtidos por Ribeiro (2015), o qual não encontrou diferenças no acúmulo de matéria seca em patchouli (*Pogostemon cablin*) cultivadas sob as telas azul, vermelha, preta e pleno sol. Costa et al. (2019) obteve resultados positivos no crescimento de plantas de moringa (*Moringa oleifera*) cultivadas sob as telas cinza, vermelha, verde, preta e controle, no entanto os incrementos em matéria seca não seguiram a mesma tendência não diferindo entre os tratamentos.

2.4 Conclusão

As variedades 'Pink Green' e 'Red Bronze' apresentaram resultados semelhantes com as telas de sombreamento, permitindo sua produção comercial em um mesmo ambiente. Telas azuis, vermelhas e pretas criaram condições ideais para o crescimento e desenvolvimento das variedades estudadas, sendo que as telas azuis favoreceram o crescimento compacto, enquanto as vermelhas contribuíram com plantas mais robustas.

O cultivo das variedades sob as telas beneficia a produção comercial, aprimorando o desenvolvimento das plantas e suas características estéticas. Esse entendimento auxilia os produtores a otimizar o cultivo conforme os objetivos de produção.

Referências

- AGATI, G.; BRUNETTI, C. FERDINANDO, M. D.; FERRINI, F.; POLLASTRI, S.; TATTINI, M. Functional roles of flavonoids in photoprotection: new evidence, lessons from the past. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 72, p. 35-45, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.03.014>.
- AHEMD, H. A.; AL-FARAJ, A. A.; ABDEL-GHANY, A. M. Shading greenhouses to improve the microclimate, energy and water saving in hot regions: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 201, p. 36-45, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.030>.
- ALMEIDA, J.M.; CALABONI, C.; RODRIGUES, P.H.V. Lisianthus cultivation using differentiated light transmission nets. **Ornamental Horticulture**, v.22, n.2, p.143-146, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/oh.v22i2.905>.
- ALMEIDA, J. M; CALABONI, C.; RODRIGUES, P. H. V. Pigments in flower stems of lisianthus under different photoselective shade nets. **Ornamental Horticulture**, v. 27, p. 535-543, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i4.2389>.

- BALLARÉ, C. L.; PIERIK, R. The shade-avoidance syndrome: multiple signals and ecological consequences. **Plant, cell & environment**, v. 40, n. 11, p. 2530-2543, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/pce.12914>.
- BESSHO, M.; SHIMIZU, K. Latest trends in LED lighting. **Electronics and Communications in Japan**, v. 95, n. 1, p. 1-7, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecj.10394>.
- CALABONI, C. **Utilização de malhas coloridas em cultivo protegido no desenvolvimento de duas espécies de helicônias em vaso**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2014.
- CHAMPANERI, D. D.; PATEL, N. K. Photo selective shade net: An effective tool to reduce the impact of global warming and pesticide residues in vegetable production: A review. **Agricultural Reviews**, v. 43, n. 2, p. 135-144, 2022. DOI: <https://doi.org/10.18805/ag.R-2363>.
- COSTA, A. F.; CARNEIRO, K. S.; ANDRADE, H. M.; UCHOA, K. S. A. Efeito da qualidade de luz no desenvolvimento da Moringa sob telados de diferentes cores. **Revista Internacional de Ciências**, v. 9, n. 2, p. 103-114, 2019. DOI: <https://doi.org/10.12957/ric.2019.39244>.
- COSTA, I. J. S.; COSTA, B. N. S.; ASSIS, F. A.; MARTINS, A. D.; PIO, L. A. S.; PASQUAL, M. Growth and physiology of jelly palm (*Butia capitata*) grown under colored shade nets. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.3533>.
- CRUZ, R. R. P.; FERREIRA, F. D.; FREIRE, A. I.; PEREIRA, A. M.; SILVA, T. I.; FRANCO, W. C. G.; GROSSI, J. A. S. Redes fotosseletivas na agricultura. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e590985921-e590985921, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5921>.
- DAHLIA. *Paphiopedilum* flowering induction with light intensity and growth regulator substance. In: **AIP Conference Proceedings**. AIP Publishing LLC, p. 020010, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.4953484>.
- DUECK, T., LEPEREN, V.W., TAULAVUORI, K., 2016. Light perception, signalling and plant responses to spectral quality and photoperiod in natural and horticultural environments. **Environmental and Experimental Botany**, v. 21, p. 1-3. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.06.012>.
- FOLTA, K. M.; CARVALHO, S. D. Photoreceptors and control of horticultural plant traits. **HortScience**, v. 50, n. 9, p. 1274-1280, 2015. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.9.1274>.
- GALVÃO, V. C.; FANKHAUSER, C. Sensing the light environment in plants: photoreceptors and early signaling steps. **Current opinion in neurobiology**, v. 34, p. 46-53, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conb.2015.01.013>.

- GAURAV, A. K.; RAJU, D. V. S.; TJANAKIRAM.; SINGH, B.; JAINS, R.; KRISHNAN, S. G. Effect of different coloured shade nets on production and quality of cordyline. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 86, n. 7, p. 865-869, 2016.
- HAN, S.; CHEN, S. M.; SONG, A. P.; LIU, R. X.; LI, H. Y.; JIANG, J. F.; CHEN, F. D. Photosynthetic responses of *Chrysanthemum morifolium* to growth irradiance: morphology, anatomy and chloroplast ultrastructure. **Photosynthetica**, v. 55, n. 1, p. 184-192, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11099-016-0219-5>.
- ILIĆ, Z. S.; MILENKOVIĆ, L.; SUNIC, L.; FALLIK, E. Effect of coloured shade-nets on plant leaf parameters and tomato fruit quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 13, p. 2660-2667, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7000>.
- ILIĆ, Z. S.; FALLIK, E. Light quality manipulation improves vegetable quality at harvest and postharvest: a review. **Environmental and Experimental Botany**, v. 139, p. 79-90, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.04.006>.
- ILIĆ, Z. S.; MILENKOVIĆ, L.; SUNIC, L.; BARACI, S.; MASTILOVIC, J.; KEVRESAN, Z.; FALLIK, E. Effect of shading by coloured nets on yield and fruit quality of sweet pepper. **Zemdirbyste-Agriculture**, v. 104, n. 1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2017.104.008>.
- KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agrolivros, v. 2, 2005.
- KOTILAINEN, T.; ROBSON, T. M.; HERNANDEZ, R. Light quality characterization under climate screens and shade nets for controlled-environment agriculture. **PLoS One**, v. 13, n. 6, p. e0199628, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199628>.
- LIMA, J. D., NOMURA, E. S., FUZITANI, E. J., SILVA, S. H. M. G. Variáveis fisiológicas de antúrio cultivado sob diferentes malhas de sombreamento. **Scientia Agraria**, n. 11, v. 3, p. 193-200, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v11i3>.
- LIU, Y.; WANG, J.; YAO, X.; SHI, X.; ZENG, Y. Diversity analysis of chlorophyll, flavonoid, anthocyanin, and nitrogen balance index of tea based on Dualex. **Phyton**, v. 90, n. 5, p. 1549, 2021.
- MAHMOOD, A.; HU, Y.; TANNY, J.; ASANTE, E. A. Effects of shading and insect-proof screens on crop microclimate and production: a review of recent advances. **Scientia Horticulturae**, v. 241, p. 241-251, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.078>.
- MANJA, K.; AOUN, M. The use of nets for tree fruit crops and their impact on the production: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 246, n. 1, p. 110-122, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.050>.
- MATHESIUS, U. Flavonoid functions in plants and their interactions with other organisms. **Plants**, v. 7, n. 2, p. 30, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants7020030>.

- MATOS, F. S. **Folha seca**: introdução à fisiologia vegetal. Editora Appris, 2020.
- MDITSHWA, A.; MAGWAZA, L. S.; TESFAY, S. Z. Shade netting on subtropical fruit: Effect on environmental conditions, tree physiology and fruit quality. **Scientia Horticulturae**, v. 256, p. 108556, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108556>.
- MILLS-IBIBOFORI, T.; DUNN, B. L.; MANESS, N.; PAYTON, M. Effect of LED lighting and gibberellic acid supplementation on potted ornamentals. **Horticulturae**, v. 5, n. 3, p. 51, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae5030051>.
- MUDAU, A. R.; SOUNDY, P.; MUDAU, F. N. Response of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.) to photosensitive nettings on growth and postharvest quality. **HortScience**, v. 52, n. 5, p. 719-724, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI11875-17>.
- MUPAMBI, G.; ANTHONY, B. M.; LAYNE, D. R.; MUSACCHI, S.; SERRA, S.; SCHMIDT, T.; KALCSITS, L. A. The influence of protective netting on tree physiology and fruit quality of apple: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 236, p. 60-72, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.014>.
- NASCIMENTO, Â. M. P.; REIS, S. N.; NERY, F. C.; CURVELO, I. C. S.; DA CRUZ TAQUES, T.; ALMEIDA, E. F. A. Influence of color shading nets on ornamental sunflower development. **Ornamental Horticulture**, v. 22, n. 1, p. 101-106, 2016.
- NASCIMENTO, J. G. **Malhas coloridas de sombreamento e soluções nutritivas de fertirrigação na cultura da gérbera (*Gerbera jamesonii*) em ambiente protegido**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2018.
- R CORE TEAM (2022). **R**: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.
- RIBEIRO, A. S. **Cultivo sob malhas no crescimento, desenvolvimento e composição química do óleo essencial de Patchouli**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2015.
- SABATINO, L.; D'ANNA, F.; TORTA, L.; FERRARA, G.; LAPICHINO, G. Arbuscular mycorrhizal inoculation and shading enhance crop performance and quality of greenhouse *Begonia semperflorens*. **Acta Scientiarum Polonorum - Hortorum Cultus**, v. 18, p. 17-33, 2019. DOI: <https://doi.org/10.24326/asphc.2019.3.2>.
- SAMPAIO, P. R. F. **Malhas fotoconversoras e concentrações de potássio via fertirrigação no cultivo de *Costus lasius* Loes. em ambiente protegido**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2018.
- SAJJAD, Y.; JASKANI, M. J.; ASIF, M.; QASIM, M. Application of plant growth regulators in ornamental plants: a review. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v. 54, n. 02, p. 327–333, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/17.3659>.

- SAVIKIN, K.; MIKULIC-PETKOVSEK, M.; DJORDJEVIĆ, B.; ZDUNIĆ, G.; JANKOVIĆ, T.; DJUROVIĆ, D.; VEBERIĆ, R. Influence of shading net on polyphenol profile and radical scavenging activity in different varieties of black currant berries. **Scientia Horticulturae**, v. 160, p. 20-28, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.05.007>.
- SHEERIN, D. J.; HILTBRUNNER, A. Molecular mechanisms and ecological function of far-red light signalling. **Plant, Cell & Environment**, v. 40, n. 11, p. 2509-2529, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/pce.12915>.
- STAMPS, R. H. Use of colored shade netting in horticulture. **HortScience**. Alexandria, v. 44, n. 2, p.239-241, 2009. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.2.239>.
- SUI, X.; BARY, S.; ZHOU, W. Changes in the color, chemical stability and antioxidant capacity of thermally treated anthocyanin aqueous solution over storage. **Food Chemistry**, v. 192, p. 516-524, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.021>.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.
- TROJAK, M.; SKOWRON, E. Role of anthocyanins in high-light stress response. **World Scientific News**, v. 81, n. 2, p. 150-168, 2017. DOI:
- VEILING HOLAMBRA. **Veiling Holambra, flores e plantas ornamentais**. Departamento de Qualidade e Pós-colheita. Disponível em: < <https://veiling.com.br/>>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- VUKOVIĆ, M.; JURIĆ, S.; BANDIĆ, L. M.; BRANKA, L.; FU, D. Q.; JEMRIĆ, T. Sustainable food production: innovative netting concepts and their mode of action on fruit crops. **Sustainability**, v. 14, n. 15, p. 9264, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14159264>.
- YANG, D.; SEATON, D. D.; KRAHMER, J.; HALLIDAY, K. J. Photoreceptor effects on plant biomass, resource allocation, and metabolic state. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 27, p. 7667-7672, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.160130911>.
- ZARE, S. K. A.; SEDAGHATHOOR, S.; DAHKAEI, M. N. P.; HASHEMABADI, D. The effect of light variations by photoselective shade nets on pigments, antioxidant capacity, and growth of two ornamental plant species: Marigold (*Calendula officinalis* L.) and violet (*Viola tricolor*). **Cogent Food & Agriculture**, v. 5, n. 1, p. 1650415, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1650415>.

- ZHANG, H. W.; HU, J. J.; FU, R. Q.; LIU, X.; ZHANG, Y. H.; LI, J.; LIU, L.; LI, Y. N.; DENG, Q.; LUO, Q. S.; OUYANG, Q.; GAO, N. Flavonoids inhibit cell proliferation and induce apoptosis and autophagy through downregulation of PI3K γ mediated PI3K/AKT/mTOR/p70S6K/ULK signaling pathway in human breast cancer cells. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2018. DOI: [https://doi.org/ 10.1038/s41598-018-29308-7](https://doi.org/10.1038/s41598-018-29308-7).
- ZHENG, L.; LABEKE, M. C. Long-term effects of red-and blue-light emitting diodes on leaf anatomy and photosynthetic efficiency of three ornamental pot plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 917, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00917>.
- ZORATTI, L.; JAAKOLA, L.; HÄGGMAN, H.; GIONGO, L. Modification of sunlight radiation through colored photo-selective nets affects anthocyanin profile in *Vaccinium* spp. berries. **PloS One**, v. 10, n. 8, p. e0135935, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135935>.

3. ANATOMIA FOLIAR E RADICULAR DE 'BEGONIA MEGAWATT' CULTIVADA EM DIFERENTES TELAS DE SOMBREAMENTO

Resumo

Durante o processo de expansão foliar, diferentes regimes de luz exercem influência significativa nas características anatômicas e funcionais dos elementos estruturais das folhas, afetando, também, as raízes das plantas. A filtragem e seletividade da luz proporcionada pelas telas de sombreamento resulta em uma absorção mais efetiva pelas folhas e, conseqüentemente, na otimização dos mecanismos fotossintéticos causando alterações nos tecidos envolvidos neste processo. Embora o gênero *Begonia* seja um dos maiores e mais diversificados gêneros de angiospermas, existem poucos estudos dedicados à análise anatômica dessas plantas. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar e descrever as mudanças quantitativas e qualitativas dos parâmetros anatômicos das folhas e raízes de 'Begonia Megawatt Pink Green' e 'Red Bronze' cultivadas em vasos sob telas de sombreamento nas cores azul, vermelha, preta e controle (sem tela). Foram realizadas análises de impressão epidérmica das folhas, bem como análises histológicas de secções de folhas e raízes das plantas de 'Begonia Megawatt'. Os resultados mostraram que as telas de sombreamento azuis e vermelhas promoveram modificações no desenvolvimento estomático, resultando em clusters estomáticos bem desenvolvidos, maiores e com maior quantidade de estômatos por cluster. Além disso, essas telas também afetaram a estrutura da lâmina foliar com tecidos do mesofilo maiores, mais organizados e com maior quantidade de cristais de oxalato de cálcio. No sistema radicular, as telas azuis e vermelhas resultaram em elementos de vasos maiores e menos numerosos. Por outro lado, o tratamento controle apresentou clusters estomáticos menores, com menos estômatos por cluster, tecidos do mesofilo menores e desarranjados, e raízes com um maior número de elementos de vasos e maior área e diâmetro de cilindro vascular e xilema. A tela preta mostrou resultados intermediários entre as telas azuis, vermelhas e o controle.

Palavras-chave: luminosidade, microscopia, constituição anatômica, estômatos, plantas ornamentais.

Abstract

During the process of leaf expansion, different light regimes exert a significant influence on the anatomical and functional characteristics of leaf structural elements, also affecting the plant roots. The filtering and selectivity of light provided by shading nets result in more effective leaf absorption and, consequently, optimize the photosynthetic mechanisms, causing alterations in the tissues involved in this process. Although the *Begonia* genus is one of the largest and most diverse genera of angiosperms, there are few studies dedicated to the anatomical analysis of these plants. In this context, the aim of this study was to evaluate and describe the quantitative and qualitative changes in the anatomical parameters of leaves and roots of 'Begonia Megawatt Pink Green' and 'Red Bronze' cultivated in pots under shading nets in blue, red, black, and control (no net) colors. Epidermal impression analyses of the leaves were performed, as well as histological analyses of leaf and root sections of 'Begonia Megawatt' plants. The results showed that blue and red shading nets promoted modifications in stomatal development, resulting in well-developed stomatal clusters, larger clusters, and a higher number of stomata per cluster. Additionally, these nets also affected the structure of the leaf mesophyll, with larger and more organized mesophyll tissues and a higher quantity of calcium oxalate crystals. In the root system, blue and red nets resulted in larger and less numerous vessel elements. On the other hand, the control treatment exhibited smaller stomatal clusters with fewer stomata per cluster, smaller and disarranged mesophyll tissues, and roots with a higher number of vessel elements and a larger area and diameter of vascular and xylem cylinder. The black net showed intermediate results between the blue and red nets and the control.

Keywords: luminosity, microscopy, anatomical composition, stomata, ornamental plants.

3.1 Introdução

Os diferentes regimes de luz durante a expansão foliar promovem alterações significativas nas características anatômicas e funcionais dos elementos estruturais da folha e, em consequência, das raízes. Essas alterações afetam as propriedades ópticas e, eventualmente, a capacidade fotossintética, a qual reflete no crescimento e desenvolvimento das plantas. Isso ocorre, pois a percepção e resposta das folhas em relação à luz são altamente influenciadas por diferentes comprimentos de ondas, pela intensidade e pelo ângulo de luz incidente (ZHENG; LABEKE, 2017; KORGIPOULOU et al., 2019).

A capacidade de manipulação da radiação solar pelas telas de sombreamento permite que as plantas recebam a luz de maneira homogênea no dossel, por meio da dispersão da luz, e em diferentes comprimentos de ondas, através da modificação espectral que dependerá da coloração da tela (SIVAKUMAR; JIFON; SOUNDY, 2018). Essa filtragem e seletividade da luz reflete na sua absorção mais efetiva pelas folhas e, conseqüentemente, otimização dos mecanismos fotossintéticos com alterações nos tecidos envolvidos neste processo (YAMORI, 2016; XIAO; THOLEN, ZHU, 2016).

Variações no espectro de absorvância promovidas pelas telas nas regiões do azul e do vermelho e sua importância na fotossíntese e anatomia das plantas já foi bem descrita por alguns autores (ILIC; FALLIK, 2017; SHAFIQ, 2021; LIU; IERSEL; MARC, 2021; VUKOVIĆ et al., 2022). No entanto, apesar da confirmação científica dos efeitos das telas de sombreamento, as respostas anatômicas das plantas à qualidade e intensidade da luz são específicas de cada espécie.

Apesar do gênero *Begonia* ser um dos maiores e mais diversificados em termos de espécies no grupo das angiospermas, com grande variedade de formas e cores, existem poucos estudos que se dedicam à análise da anatomia destas plantas, visto que estudos anteriores focaram, principalmente na morfotaxonomia e inventários de campo (SIREGAR, 2017; EMELIANOVA; KIDNER, 2022).

Nesse sentido, levando em consideração que a análise anatômica pode oferecer valiosas informações para estudos posteriores como, por exemplo, a identificação de espécies tolerantes à seca e possibilidade de descobrir espécies com potencial ornamental para fins de cruzamentos (BERCU; POPOVICIU, 2017), objetivou-se, neste estudo, avaliar e descrever as mudanças quantitativas e qualitativas dos parâmetros anatômicos foliares e radiculares de ‘*Begonia* Megawatt Pink Green’ e ‘*Begonia* Megawatt Red Bronze’ cultivadas em vasos sob telas de sombreamento.

3.2 Materiais e Métodos

A partir do experimento realizado no capítulo 1, a fim de verificar a ocorrência de alterações anatômicas nas variedades de begônias cultivadas, sob diferentes telas de sombreamento, foram realizadas análises de impressão epidérmica das folhas e histológicas de porções de folhas e raízes das plantas de 'Begonia Megawatt'.

Para a caracterização dos estômatos e de seus padrões de organização adotou-se a metodologia de impressão epidérmica desenvolvida por (FORREST, 1962) em que a epiderme abaxial das amostras foi limpa com algodão umedecido e, em seguida, aplicado esmalte transparente em três áreas predeterminadas: na região central e subsequente às laterais. Quando seco, o esmalte foi fixado em lâminas de vidro e estas foram analisadas por meio de microscópio de luz (ZEISS® Axioscope), com câmera de vídeo acoplada no equipamento e, posteriormente, as fotomicrografias foram processadas usando o software ImageJ®.

As amostras para a realização da impressão epidérmica foram retiradas de uma folha completamente expandida do terço mediano da planta, a partir do 4º nó, de 5 plantas de cada tratamento. Obtiveram-se 3 impressões epidérmicas de cada folha, 15 fotomicrografias de cada tratamento e 120 fotomicrografias analisadas no total (4 telas x 2 variedades = 8 tratamentos). Não foram realizadas impressões epidérmicas da face adaxial, pois em uma análise prévia constatou-se que não há estômatos nesta face da epiderme das folhas de 'Begonia Megawatt'.

Mensurou-se, a partir das impressões epidérmicas, o número de clusters, a área dos clusters, número de estômatos por unidade de clusters, densidade estomática (número de estômatos por mm²), índice estomático (razão entre o número de estômatos sobre o número de células epidérmicas), largura e comprimento dos estômatos (em 10 estômatos selecionados aleatoriamente para cada fotomicrografia) e número de células epidérmicas.

Para as análises histológicas, coletou-se segmentos foliares de 1 cm x 1cm de duas folhas completamente expandidas do terço mediano da planta, a partir do 4º nó, de 5 plantas de cada tratamento. Já para as raízes, fragmentos de 1 cm de comprimento, localizados na região mediana a 3 cm abaixo da região do coleto, foram retirados de 5 plantas de cada tratamento. Com a finalidade de manter a integridade do material e evitar sua posterior desintegração até o início das análises e seguindo o proposto por Johansen (1940), as amostras foram fixadas em FAA formaldeído ácido acético a 70 % (FAA70) permanecendo nesta solução sob refrigeração durante 24 horas e preservadas em etanol 70% até o início das análises.

Em seguida, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Microscopia Eletrônica “Professor Elliot Watanabe Kitajima”, do Departamento de Fitopatologia da ESALQ-USP, para a realização das demais etapas histológicas.

Inicialmente, as amostras foram desidratadas em série etanólica (80, 90 e 100%) e, concomitantemente a essa etapa, essas foram agitadas e submetidas a uma bomba de vácuo a cada 15 minutos com a finalidade de retirar o ar do interior dos tecidos. Posteriormente, as amostras passaram por um processo de infiltração em série proporcional entre álcool 100% e resina Technovit® (3:1, 2:1, 1:1 e 100% resina). Estas permaneceram por 4 horas em cada série proporcional e passaram por um processo de agitação e retirada do ar a cada 15 minutos até completar a infiltração da resina nos tecidos.

Após a infiltração, as amostras foram emblocadas em historesina Technovit® e iniciou-se o seccionamento transversal dos blocos em micrótono de rotação manual Leica® com cortes de 7 µm cada e secções distribuídas em lâminas de vidro e corados com azul de toluidina 0,05%, para as análises histológicas usuais (O'BRIEN; FEDER; MCCULLY, 1964; SAKAI, 1973).

Para a análise dos segmentos foliares, foram seccionadas 5 amostras de cada tratamento com análise de 3 setores para cada secção, totalizando 15 fotomicrografias por tratamento e 120 fotomicrografias no total. Já para as raízes, foram seccionadas 10 amostras de cada tratamento em que cada amostra foi representativa do corte, totalizando 10 fotomicrografias por tratamento e 80 fotomicrografias no total. As fotomicrografias foram obtidas em microscópio de luz (ZEISS® Axioscope), com câmera de vídeo acoplada no equipamento e, posteriormente, processadas usando o software ImageJ®.

A partir da análise das fotomicrografias obtidas dos segmentos foliares mensurou-se a quantidade de cristais de oxalato de cálcio nos tecidos da lâmina foliar e, também, a espessura da lâmina foliar; do mesofilo; do parênquima paliçádico e lacunoso e da epiderme adaxial e abaxial. Já em relação às fotomicrografias obtidas por meio dos fragmentos radiculares obtiveram-se: número, área e diâmetro dos elementos de vasos do xilema, área e diâmetro do xilema, e área e diâmetro do cilindro vascular.

Os dados estatísticos obtidos foram submetidos ao teste F da análise de variância por meio do programa estatístico software R® 4.3.0. Quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) (R CORE TEAM, 2022).

3.3 Resultados e Discussão

Foram observados que os estômatos das variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ são encontrados apenas na face abaxial das folhas, de modo que suas folhas são caracterizadas como hipoestomáticas (Figura 1). Além disso, apresentam um padrão estomático denominado helicocítico, o qual consiste em estômatos cujas células subsidiárias desenvolvem-se em um espiral interno em formato de hélice. Outra característica importante é o agrupamento destes estômatos em clusters de forma não contígua, ou seja, os estômatos não estão diretamente adjacentes um ao outro e estão separados por células subsidiárias no interior dos clusters (RUDALL; JULIER; KIDNER, 2018).

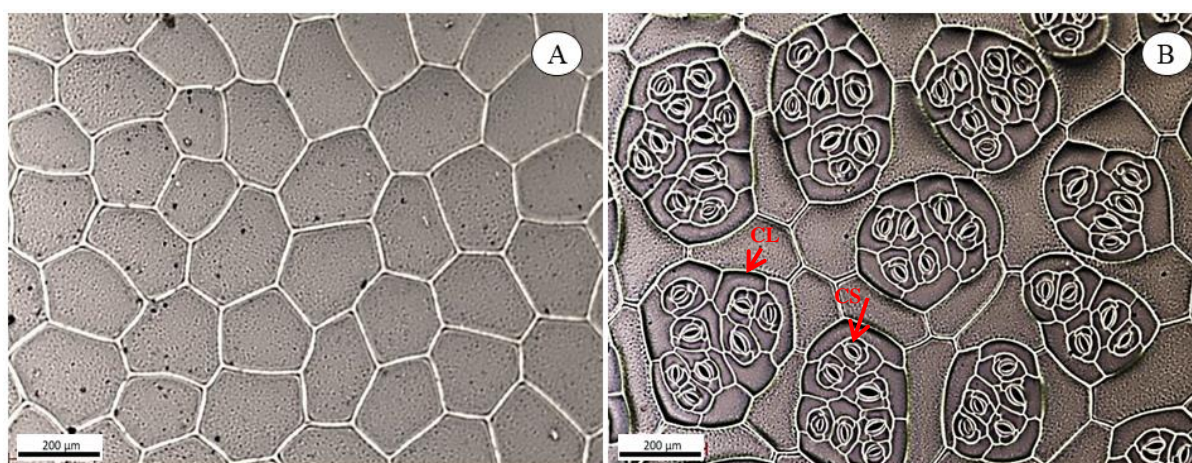


Figura 1: Fotomicrografia da epiderme adaxial (A) e epiderme abaxial (B) das variedades de ‘*Begonia Megawatt*’. CL: Clusters; CS: Célula subsidiária.

Em grande parte das espécies de plantas, os estômatos estão distribuídos tanto na face adaxial quanto na abaxial das folhas (anfiestomáticas). No entanto, evidencia-se que no gênero *Begônia* os estômatos são encontrados apenas na face abaxial, como também afirmado por Doorenbos et al., (1998), Julier (2013) e Efendi (2019).

Ademais, outra característica peculiar encontrada em apenas algumas espécies tolerantes à seca e na maioria das espécies do gênero *Begônia* são os aglomerados estomáticos que compartilham um mesmo cluster (RUDALL; JULIER; KIDNER, 2018). A presença desta estrutura de estômatos aglomerados em clusters nas espécies do gênero *Begônia* tem sido evidenciada desde os trabalhos de Strasburger (1867) e estão relacionadas às estratégias adaptativas das plantas ao estresse hídrico, já que o vapor d’água é armazenado no cluster e, por consequência, há redução da transpiração e absorção eficiente do CO₂ (HOOVER, 1986; PAPANATSIU; AMTMANN; BLATT, 2017).

O cultivo com telas de sombreamento influenciou notavelmente a estrutura estomática das variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’. As variedades responderam de forma semelhante, ou seja, não houve interação significativa entre tela e variedade para as variáveis analisadas, exceto para largura e comprimento dos estômatos (Tabela 1).

Tabela 1. Número de clusters (NC); área dos clusters (AC); número de estômatos por unidade de cluster (NEC); densidade estomática (DE); índice estomático (IE); largura dos estômatos (LE); comprimento dos estômatos (CE); número de células epidérmicas (NCE) das folhas das variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ submetidas às diferentes telas de sombreamento.

Fontes de Variação	NC (-)	AC (μm^2)	NEC (-)	DE n ^o est/mm ²	IE (%)	LE (μm)	CE (μm)	NCE (-)
TELA (Fc)	12,67***	4,97*	3,89*	0,42 ^{ns}	0,63 ^{ns}	(-)	(-)	4,74*
Azul	5,4 b	134.952,20 ab	7,93 ab	32,9	65,45	-	-	22,3 b
Vermelha	4,9 b	161.453,10 a	8,30 a	31,4	63,89	-	-	22,2 b
Preta	5,7 b	137.907,20 ab	7,89 ab	33,8	65,60	-	-	22,6 ab
Controle	7,5 a	106.298,60 b	6,33 b	33,9	63,67	-	-	26,1 a
VARIEDADE (Fc)	2,16 ^{ns}	7,66*	0,67 ^{ns}	6,72*	0,34 ^{ns}	(-)	(-)	4,86*
Pink Green	6,15	120.687,10 b	7,41	30,8 b	64,32	-	-	24,5 a
Red Bronze	5,60	149.618,40 a	7,82	35,2 a	64,99	-	-	22,1 b
TELA x VARIEDADE	0,49 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,94 ^{ns}	3,04 ^{ns}	2,70 ^{ns}	4,07*	4,52*	0,76 ^{ns}
C.V. 1 (%)	17,12	23,70	18,47	17,23	6,28	5,78	9,61	11,67
C.V. 2 (%)	20,13	24,44	20,79	16,25	5,62	8,35	9,52	14,76

“Fc” = Valor de F calculado na análise de variância: ns p-value > 0,05; * p-value < 0,05; ** p-value < 0,001. “C.V.” = coeficiente de variação. Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observa-se que quanto ao número de clusters, as variedades submetidas às telas apresentaram menor número de clusters quando comparadas ao controle (sem tela). Em contrapartida as variedades submetidas à tela vermelha apresentaram médias estatisticamente superiores quanto à área dos clusters e maior número de estômatos por cluster. Ou seja, comparando as médias entre os tratamentos, observa-se que as variedades cultivadas sob as telas produziram menos clusters, porém clusters maiores e com maior agrupamento de estômatos por cluster. Verifica-se, também, menor número de células epidérmicas nas variedades submetidas às telas azuis e vermelhas, visto que a maior parte da área epidérmica foi ocupada por clusters (Tabela 1).

Esses resultados demonstram que houve mudança na dinâmica estomática, principalmente na modulação da formação dos clusters. Clusters maiores aprimoram a captura do carbono e facilitam as trocas gasosas resultando em um maior potencial fotossintético e, também, aperfeiçoam o arranjo das células fotossintéticas do mesófilo. Além disso, estômatos em clusters maiores possuem combinação sincrônica de processos fisiológicos com seus

estômatos vizinhos como, por exemplo, abertura e fechamento de estomático, trocas de íons pelas células-guarda e trocas de sinais com as camadas internas do mesofilo e entre estômatos de um mesmo cluster. Devido a esta sincronia, estes agrupamentos maiores acabam obtendo respostas mais rápidas à luz e adaptação à diferentes condições ambientais quando comparados a clusters menores (PAPANATSIU; AMTMANN; BLATT, 2016; GRAY; LIU; FACETTE, 2020; HARRISON, et al., 2020).

Existem algumas evidências de mecanismos que podem ter modulado as respostas encontradas neste estudo, como é o caso da preferência de fitocromos sensíveis ao vermelho, criptocromos e fototropinas sensíveis ao azul, os quais podem ter modulado a sinalização do aparato fotossintético (TAIZ et al., 2017). Acredita-se que houve diferentes sinalizações as quais intensificaram a resposta dos estômatos, principalmente, à luz vermelha por meio do aumento dos clusters e produção de plantas visualmente mais robustas (vide capítulo 1). Outro ponto a ser levado em consideração é o sombreamento parcial que as telas promoveram, fazendo com que as plantas pudessem aperfeiçoar a resposta a um ambiente com menor intensidade luminosa.

Em ambientes com pouca luz, as plantas lançam mão de mecanismos adaptativos para obterem maior eficiência fotossintética (VALLADARES et al., 2016; KROMDIJK et al., 2016; CHEN et al., 2020). Em estudos realizados por Emelianova e Kidner (2022), foram identificadas diferentes respostas a nível genômico em *Begônia conchifolia* e *Begônia plebeja* com a alteração da disponibilidade de luz. Papanatsiou et al. (2019) observaram que o crescimento e a dinâmica estomática das plantas de *Arabidopsis* sp. melhoraram com mudanças nas condições de luz.

Em relação a densidade estomática e índice estomático, esperava-se que as plantas submetidas às telas apresentassem valores elevados devido ao agrupamento dos estômatos em clusters maiores e, também, devido à modificação da intensidade e qualidade da luz. No entanto, as respostas obtidas não diferiram entre si quanto aos tratamentos (Tabela 1).

Sabe-se que, plantas com alta densidade estomática apresentam taxa de transpiração maior e ao mesmo tempo, elevada fotossíntese (KERBAUY, 2019). Também se pode dizer que a densidade estomática é maior em ambientes com elevada intensidade luminosa (PAPANATSIU et al., 2017). Nesse sentido, acredita-se que a resposta obtida neste estudo evidencia a forma coordenada de equilíbrio entre o número de estômatos e a eficiência fotossintética. Ou seja, independente do número e área dos clusters, intensidade e qualidade da luz, as plantas produziram a mesma densidade e índice estomático.

Considerando a largura e o comprimento dos estômatos, as duas variedades comportaram-se de forma distinta quanto às telas de sombreamento. A variedade ‘Pink Green’ apresentou estômatos mais estreitos e curtos no tratamento controle quando comparado aos tratamentos com as telas, ou seja, os estômatos no tratamento controle foram menores. Já para variedade ‘Red Bronze’ não houve diferença significativa quanto a largura dos estômatos, mas considerando o comprimento, a tela vermelha proveu estômatos mais compridos que os demais tratamentos (Tabela 2 e 3).

Tabela 2. Largura dos estômatos das folhas das variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ submetidas às diferentes telas de sombreamento.

	Largura dos estômatos (μm)			
	Azul	Vermelha	Preta	Controle
Pink	36,89 Aa	36,29 Aba	38,33 Aa	31,98 Bb
Red	33,88 Aa	38,13 Aa	34,61 Aa	36,18 Aa

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes nas colunas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Comprimento dos estômatos das folhas das variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ submetidas às diferentes telas de sombreamento.

	Comprimento dos estômatos (μm)			
	Azul	Vermelha	Preta	Controle
Pink	51,84 Aa	51,61 Aa	53,28 Aa	42,75 Bb
Red	46,51 Ba	55,71 Aa	48,59 ABa	50,30 ABa

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes nas colunas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Estômatos menores estão correlacionados com respostas estomáticas mais rápidas ao ambiente, como é o caso da abertura e fechamento estomático, podendo relacionar-se com mudanças na estrutura das folhas (KARDIMAN; RAEBILD, 2017; HENRY et al., 2019). Essa relação pode ser explicada, pois o fluxo de soluto por unidade de volume passa de forma mais acelerada permitindo respostas mais instantâneas às mudanças ambientais (LEHMAN; OR, 2015).

Considerando os dados médios das tabelas 2 e 3, os estômatos com menores comprimentos e larguras foram formados no tratamento controle (sem tela), exceto para o comprimento na variedade ‘Red Bronze’ na tela vermelha. Considera-se, pois, que esse fato ocorreu por compensação à presença de clusters menores como uma estratégia adaptativa da própria planta a ter estômatos com rápidas respostas ao ambiente.

Em estudos com quatro espécies de begônias asiáticas Tsai et al., (2022) observaram que begônias com agrupamentos estomáticos apresentaram melhores respostas àquelas com

estômatos solitários. No entanto, respostas quanto a abertura estomática em uma transição da escuridão para a luz foram maiores em estômatos menores. Diante disso, concluíram que estômatos maiores dentro de um cluster desempenham papel dominante na dinâmica estomática para todo o agrupamento estomático. Resultados, estes, que corroboram com os encontrados neste estudo.

As secções transversais das lâminas foliares de ‘Begonia Megawatt’ apresentam uma sequência de tecidos: epiderme adaxial, mesofilo e epiderme abaxial. As epidermes adaxial e abaxial são unisseriadas, ou seja, sem a presença de camadas de células adicionais (hipoderme), revestidas com uma cutícula delgada e sem espaços intercelulares (Figura 2).

A epiderme adaxial é constituída por células mais espessas, fortemente unidas e com formatos retangulares. Já a epiderme abaxial apresenta-se de forma e tamanho irregular abrigando às câmaras subestomáticas. O mesofilo é caracterizado como dorsiventral por apresentar parênquima paliçádico apenas na face adaxial e parênquima lacunoso na face abaxial (SUFFAN; METUSALA; NISYAWATI, 2021). O parênquima paliçádico é composto por uma camada de células alongadas e com pequenos espaços intercelulares e o parênquima lacunoso com 3 a 4 camadas de células esféricas com inúmeros espaços intercelulares, ambos contendo numerosos cloroplastos. É notável a presença de cristais isolados de oxalato de cálcio do tipo drusa nas células do parênquima lacunoso. Os tricomas secretores ou protetores estão ausentes (Figura 2).

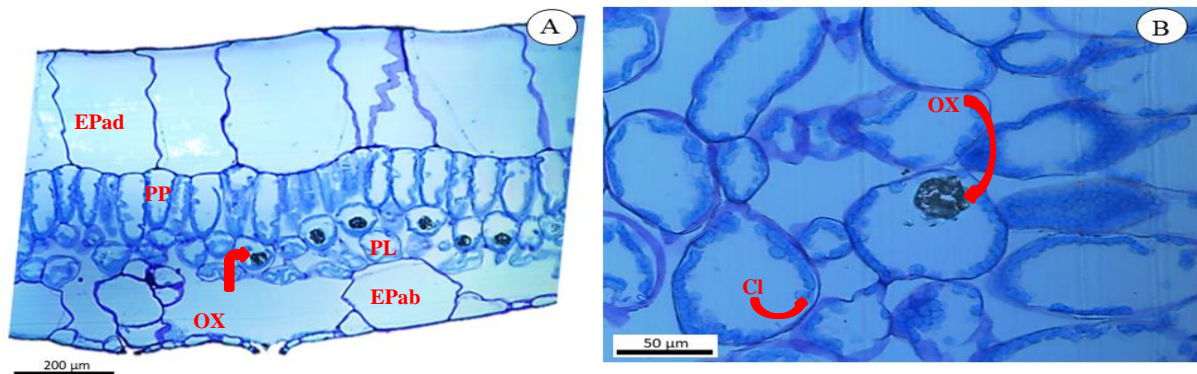


Figura 2: Fotomicrografia da lâmina foliar (A) e detalhe do cristal de oxalato de cálcio do tipo drusa no parênquima lacunoso (B) das variedades de ‘Begonia Megawatt’. As lâminas foram coradas com azul de toluidina. EPad: Epiderme adaxial; PP: Parênquima paliçádico; PL: Parênquima lacunoso; OX: Oxalato de cálcio; EPab: Epiderme abaxial; Cl: Cloroplastos.

Esse arranjo das células paliçádicas alongadas e paralelas à luz permite que a luz seja canalizada de forma mais profunda na folha, já o arranjo irregular com grandes espaços intercelulares das células do lacunoso permite o maior caminhamento e absorção da luz, pois

os fótons encontram inúmeras interfaces ar-parede celulares. Além disso, esses espaços intercelulares permitem que haja maior difusão efetiva do CO₂ dos estômatos localizados na epiderme abaxial, para a camada de células do paliçádico, onde ocorre maior fotossíntese (BRODERSEN et al., 2008; THEROUX-RANCOUNT et al., 2021). Outra característica interessante é o arranjo dos cloroplastos de maneira empilhada verticalmente na parede das células do lacunoso o qual fundamenta ser uma maneira de reduzir o excesso da exposição à luz e minimizar os danos ao aparelho fotossintético (TAIZ et al., 2017).

Há uma correlação entre a ocorrência de estômatos agrupados com a uma epiderme multisseriada (multicamadas) em begônias (TANG et al., 2002; LEHMANN; OR, 2015) a qual está intimamente associada à conservação da água, além de fornecer um reservatório de carbono para a fotossíntese e reduzir a quantidade de luz incidente no paliçádico (JULIER, 2013). No entanto, as variedades em estudo fazem parte de um caso atípico com a ausência da hipoderme e a presença dos agrupamentos estomáticos, o que também é identificado em outras espécies do gênero *Begonia*, como constatado por Pharathep (2019), evidenciando uma grande diversidade quanto à anatomia foliar e o padrão estomático nestas plantas.

Quando submetidas às telas de sombreamento, as duas variedades comportaram-se distintamente quanto às espessuras dos diferentes tecidos da lâmina foliar, ou seja, houve interação significativa entre tela e variedade, exceto para o número de cristais de oxalato de cálcio. Observa-se que a quantidade de cristais de oxalato de cálcio foram maiores nas plantas cultivadas sob as telas azul e vermelha e menores quando cultivadas sob a tela preta e controle (Tabela 4).

Cristais de oxalato de cálcio são compostos formados na membrana intravacuolar ou em células especializadas denominadas idioblastos em um processo mediado por proteínas chamado de biomineralização (CUÉLLAR-CRUZ, 2017; ELEJALDE-CADENA et al., 2020). A presença dos cristais de oxalato no interior das células está ligada a funções biológicas como defesa contra a herbivoria (NAKATA, 2015); regulação, homeostase e reserva de cálcio (GABERSCIK et al., 2020); fonte interna de CO₂ (TOOULAKOU et al., 2016; KARABOURNIOTIS et al., 2020); dispersão da luz por meio da redução e homogeneização do gradiente acentuado de luz no mesofilo (GOLOB et al., 2018; PIERANTONI et al., 2018) e, em casos específicos em algumas espécies de plantas, atuam na desintoxicação de metais pesados (PONGRAC et al., 2018).

Tabela 4. Número de cristais de oxalato de cálcio (NOC); espessuras: lâmina foliar (ELF); mesofilo (EM); parênquima paliçádico (EPP); parênquima lacunoso (EPL); epiderme adaxial (EEAd); epiderme abaxial (EEAb) das folhas das variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ submetidas às diferentes telas de sombreamento.

Fontes de Variação	NOC (qtd/mm)	ELF (μm)	EM (μm)	EPP (μm)	EPL (μm)	EEAd (μm)	EEAb (μm)
TELA (Fc)	10,86***	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Azul	11,24 a	-	-	-	-	-	-
Vermelha	12,06 a	-	-	-	-	-	-
Preta	7,28 b	-	-	-	-	-	-
Controle	6,98 b	-	-	-	-	-	-
VARIEDADE (Fc)	2,04 ^{ns}	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Pink Green	9,15	-	-	-	-	-	-
Red Bronze	9,63	-	-	-	-	-	-
TELA x VARIEDADE (Fc)	2,72 ^{ns}	22,12***	21,79***	11,15***	16,434***	11,064***	8,756**
C.V. 1 (%)	26,91	6,37	9,95	12,67	5,35	10,58	14,49
C.V. 2 (%)	11,3	6,03	11,01	10,68	10,03	6,65	11,12

“Fc” = Valor de F calculado na análise de variância: ns p-value > 0,05; * p-value < 0,05; ** p-value < 0,001. “C.V.” = coeficiente de variação. Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A formação dos cristais de oxalato de cálcio está intimamente relacionada à fotorrecepção da luz por meio dos fotorreceptores fitocromos, criptocromos e das proteínas fototropinas que atuam em conjunto no processo de biomineralização resultando no acúmulo de cálcio nos vacúolos e idioblastos (KHARSHIING; SREELAKSHMI; SHARMA, 2019). Esse mecanismo sobre a formação dos cristais com a exposição à luz foi constatado por Cuéllar-Cruz et al., (2020) em que concluíram que a luz azul e a luz vermelha induzem a formação de biominerais, em especial o oxalato de cálcio, nas plantas. Evidências como estas elucidam os resultados encontrados no presente trabalho, já que as maiores formações de cristais de oxalato de cálcio foram nas plantas cultivadas sob as telas azul e vermelha.

Quanto à espessura da lâmina foliar e do mesofilo, a variedade ‘Pink Green’ apresentou espessuras estatisticamente superiores na tela azul. Já para a variedade ‘Red Bronze’, a espessura da lâmina foliar foi maior na tela azul, vermelha e no controle, e a espessura do mesofilo maior na tela vermelha. Observa-se que, em termos médios, a tela preta apresentou espessuras bem inferiores aos demais tratamentos para as duas variedades (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5. Espessura da lâmina foliar das variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ submetidas às diferentes telas de sombreamento.

	Espessura Lâmina Foliar (μm)			
	Azul	Vermelha	Preta	Controle
Pink	812,603 Aa	619,917 Bb	618,455 Ba	593,300 Bb
Red	698,689 Ab	739,582 Aa	589,536 Ba	732,231 Aa

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes nas colunas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 6. Espessura do mesofilo das folhas das variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ submetidas às diferentes telas de sombreamento.

	Espessura Mesofilo (μm)			
	Azul	Vermelha	Preta	Controle
Pink	344,152 Aa	223,248 Bb	228,976 Ba	204,922 Bb
Red	279,801 Bb	341,979 Aa	206,524 Ca	286,444 Ba

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes nas colunas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A espessura da lâmina foliar e do mesofilo estão associadas à eficiência fotossintética e à modificações do ambiente. Sugere-se que os menores valores encontrados na tela preta estão ligados ao fato de que nesta tela não há filtragem de comprimento de ondas como nas demais e, além disso, proporciona um sombreamento de 12 a 16% e, os maiores valores da espessura da lâmina foliar no tratamento controle para a variedade ‘Red Bronze’, devido ao fato de maior exposição à luz. Barrera, Guzman e Mergilla (2019) observaram adaptações funcionais de duas begônias de habitats diferentes: *Begonia oxysperma* espécie de pleno sol e *Begonia ramossi* de meia sombra e concluíram que *B. oxysperma* tinha espessura de lâminas foliares maiores devido a adaptação a exposição à luz solar plena. Suffan, Metusala e Nisyawati (2021) em seus estudos afirmaram que begônias de habitats sombreados geralmente apresentam mesofilo mais fino do que begônias de habitats pleno sol.

O aumento na espessura do mesofilo se deve, principalmente, ao maior parênquima paliçádico e parênquima lacunoso presentes neste tecido. Observa-se que para a variedade ‘Pink Green’ a espessura do parênquima paliçádico e lacunoso foram maiores nas plantas submetidas a tela azul. E para a variedade ‘Red Bronze’ a maior espessura do parênquima paliçádico foi nas plantas submetidas na tela azul e vermelha e o parênquima lacunoso maior nas plantas submetidas à tela vermelha (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7. Espessura do parênquima paliçádico das folhas das variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ submetidas às diferentes telas de sombreamento.

	Espessura Parênquima Paliçádico (μm)			
	Azul	Vermelha	Preta	Controle
Pink	138,379 Aa	104,664 Bb	79,445 Ca	81,776 Ca
Red	104,531 Ab	124,705 Aa	81,042 Ba	82,424 Ba

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes nas colunas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 8. Espessura do parênquima lacunoso das folhas das variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ submetidas às diferentes telas de sombreamento.

	Espessura Parênquima Lacunoso (μm)			
	Azul	Vermelha	Preta	Controle
Pink	86,378 Aa	63,978 Bb	55,556 Bca	51,493 Ca
Red	60,938 Bb	74,635 Aa	54,301 Ba	58,593 Ba

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes nas colunas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As respostas quanto à espessura do mesofilo, parênquima paliçádico e parênquima lacunoso foram mais significativas às telas azul e vermelha. Sabe-se que a luz azul e vermelha são absorvidas, principalmente, pelos cloroplastos superiores (FALCIONI et al. 2017), fato que pode ter estimulado maiores espessuras para os parênquimas e, em consequência, maior espessura do mesofilo. Tais respostas podem estar relacionadas a plasticidade anatômica destas plantas ao ambiente com modificação na quantidade e qualidade de luz, e estas características influenciam diretamente na própria fotossíntese.

Em trabalhos realizados por Zheng e Labeke (2017) a luz azul aumentou a espessura da folha em *Cordyline australis* e *Ficus benjamina* e a espessura do parênquima paliçádico em *Sinningia speciosa*, já a luz vermelha resultou na menor espessura foliar nestas plantas ornamentais. Em *Solanum lycopersicum* a espessura foliar, o comprimento das células do parênquima paliçádicos e lacunoso foram maiores nas mudas cultivadas sob luz azul e vermelha (FAN et al., 2013). Souza et al., (2010) relataram que para *Mikania glomerata Sprengel* e *Mikania laevigata Schultz* o espessamento foliar foi maior quando cultivadas sob malhas azuis. Wang et al., (2015) constatou que a luz azul promoveu aumento das células foliares na direção longitudinal e concluiu que a luz azul é indispensável para o desenvolvimento do cloroplasto em *Cucumis sativus*. Trabalhos como estes demonstram que as folhas são altamente plásticas e sua anatomia é diretamente influenciada pela luz, sendo que as respostas foliares à luz sejam por meio da diferenciação ou arranjo de células dependerão de cada espécie (NASCIMENTO et al., 2015).

As respostas quanto a espessura da epiderme adaxial e abaxial para a variedade ‘Pink Green’ foram semelhantes estatisticamente. Comportamento diferente foi observado para a variedade ‘Red Bronze’, em que a maior espessura da epiderme adaxial foi no tratamento controle e a maior espessura da epiderme abaxial foi no tratamento com a tela azul e vermelha (Tabelas 9 e 10).

Tabela 9. Espessura da epiderme adaxial das folhas das variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ submetidas às diferentes telas de sombreamento.

	Espessura Epiderme Adaxial (μm)			
	Azul	Vermelha	Preta	Controle
Pink	302,249 Aa	275,808 Aa	269,004 Aa	273,573 Ab
Red	263,847 Bb	259,937 Ba	254,582 Ba	325,369 Aa

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes nas colunas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 10. Espessura da epiderme abaxial das folhas das variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ submetidas às diferentes telas de sombreamento.

	Espessura Epiderme Abaxial (μm)			
	Azul	Vermelha	Preta	Controle
Pink	105,602 Ab	111,889 Ab	125,828 Aa	120,345 Aa
Red	154,570 Aa	138,663 ABa	122,693 Ba	115,256 Ba

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes nas colunas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A epiderme é um tecido estrutural chave que, juntamente com a cutícula, estão envolvidas na proteção da folha contra perdas de água, na regulação da temperatura foliar e das trocas gasosas através dos estômatos e, além disso, comporta-se como filtro óptico seletivo atenuando os comprimentos de ondas UV prejudiciais aos tecidos do mesofilo (OGUCHI et al., 2018; CRANG; SOBASKI; WISE, 2018; KORGIPOULOU et al., 2019; USTIN; JACQUEMOUND, 2020).

As modificações fenotípicas da epiderme são variáveis com a intensidade luminosa e pouco variáveis com a qualidade da luz incidente. Esse fato deve-se própria função da epiderme na lâmina foliar a qual está atrelada a proteção dos tecidos fotossintetizantes (TAIZ et al., 2017). Observa-se que, em termos médios, os maiores valores para a espessura da epiderme encontram-se justamente no tratamento controle, ou seja, maior incidência de luz acarretou maior espessura de epiderme para a variedade ‘Pink Green’. O mesmo foi verificado apenas na epiderme adaxial na variedade ‘Red Bronze’, no entanto para a epiderme abaxial a maior espessura foi na tela azul presumindo-se que o espectro do azul está associado à espessura da epiderme (Tabelas 9 e 10).

Até o presente momento, respostas aos aspectos qualitativos da luz reflete a relação incerta com o tecido epidérmico. Macedo et al., (2011) em estudos com *Alternanthera brasiliana* inferiu que o espectro azul aumentou a espessura da epiderme abaxial, enquanto o espectro vermelho diminuiu a espessura epiderme abaxial. Em *Lisianthus (Eustoma grandiflorum)*, Roni et al., (2017) observaram que a luz azul estava associada a camadas epidérmicas abaxiais foliares mais espessas. Resultados estes que consolidam aos encontrados neste estudo.

Observa-se na figura 3 que, as secções transversais das raízes de ‘Begonia Megawatt’ possuem crescimento secundário e apresentam os seguintes tecidos: superficialmente periderme e córtex colapsados seguidos pelo floema secundário, câmbio (cilindro vascular) sólido englobando o xilema secundário e, bem ao centro, o xilema primário (DA GLÓRIA; GUERREIRO, 2022).

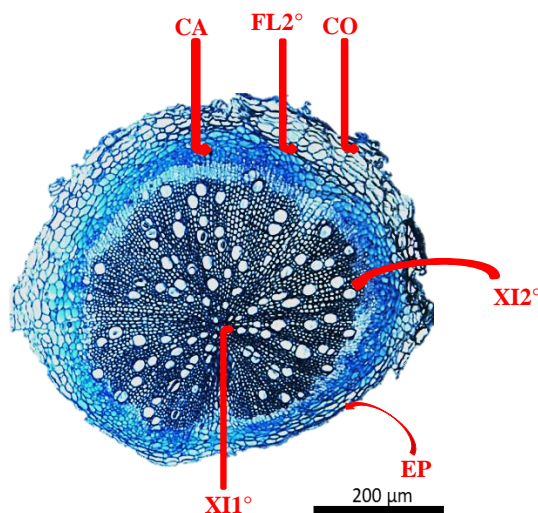


Figura 3: Fotomicrografia da secção transversal da raiz de ‘Begonia Megawatt’ coradas com azul de toluidina. EP: Epiderme; CO: Córtex; FL2°: Floema secundário; CA: Câmbio; XI2°: Xilema secundário; XI1°: Xilema primário.

Não houve interação significativa entre tela x variedade quanto as variáveis relativas as secções transversais das raízes, o que indica que as respostas foram semelhantes entre as variedades para com as telas. Observa-se que as plantas submetidas ao tratamento controle apresentaram maior número de elementos de vasos, maior área e diâmetro de xilema, e maior área e diâmetro de cilindro vascular. A área dos elementos de vasos foi significativamente semelhante entre os tratamentos, já o diâmetro dos elementos de vasos não diferiu estatisticamente. No entanto, em termos médios, o tratamento controle teve menor área e diâmetro de elemento de vaso, 14,78% e 5,16%, respectivamente, comparado as maiores médias que foram constatadas no tratamento com tela preta (Tabela 11).

Tabela 11. Número de elementos de vaso (NEV); área dos elementos de vaso (AEV); diâmetro dos elementos de vaso (DEV); área do xilema (AX); diâmetro do xilema (DX); área do cilindro vascular (ACV) e diâmetro do cilindro vascular (DCV) das secções transversais das raízes das variedades ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’ submetidas às diferentes telas de sombreamento.

Fontes de Variação	NEV (-)	AEV (μm^2)	DEV (μm)	AX (μm^2)	DX (μm)	ACV (μm^2)	DCV (μm)
TELA (Fc)	45,38***	4,36*	0,941 ^{ns}	12,43***	6,77**	21,012***	7,07**
Azul	78,4 b	2.088,90 a	57,16	861.819,29 b	1.146,66 ab	1.304.254,59 b	1.321,37 ab
Vermelha	64,1 c	2.446,21 a	58,33	688.448,70 b	993,81 b	1.021.648,88 bc	1.204,67 b
Preta	64,5 c	2.516,48 a	58,59	656.335,41 b	940,19 b	1.000.481,68 c	1.138,06 b
Controle	96,2 a	2.144,43 a	55,57	1.183.633,93 a	1.225,85 a	1.694.492,46 a	1.459,75 a
VARIEDADE (Fc)	0,001 ^{ns}	0,353 ^{ns}	1,221 ^{ns}	2,32 ^{ns}	1,97 ^{ns}	2,701 ^{ns}	4,37 ^{ns}
Pink Green	75,85	2.265,23	56,34	800.854,25	1.047,59	1.200.813,41	1.233,44
Red Bronze	75,75	2.332,79	58,51	894.264,42	1.105,66	1.309.625,39	1.328,48
TELA X VARIEDADE (Fc)	1,195 ^{ns}	2,48 ^{ns}	1,809 ^{ns}	1,64 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,61 ^{ns}
C.V. 1 (%)	9,37	14,07	7,88	25,55	14,94	17,80	13,12
C.V. 2 (%)	14,07	15,61	10,78	22,83	12,14	16,66	11,22

“Fc” = Valor de F calculado na análise de variância: ns p-value > 0,05; * p-value < 0,05; ** p-value < 0,001. “C.V.” = coeficiente de variação. Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O aumento da área do xilema está inversamente relacionado com o diâmetro dos elementos de vasos o que indica uma adaptação a condições em ambientes áridos (NASCIMENTO et al., 2015). Wu et al., (2011) afirmaram que os números de elementos de vaso aumentam e o diâmetro dos mesmos em *Oryza sativa* L. diminuiu quando as plantas foram submetidas ao ambiente com menor oferta de água. No presente estudo, esse padrão foi observado no tratamento controle, entretanto em nenhum momento do experimento houve falta de suplementação hídrica, ou seja, acredita-se que esse desenvolvimento possa estar relacionado ao aumento da transpiração das plantas, visto que estas foram cultivadas sob um ambiente de luz direta, ao contrário dos demais tratamentos.

A condutividade hidráulica das raízes está intimamente relacionada ao diâmetro dos elementos de vaso, assim dizendo, elementos de vasos estreitos promovem menor condutividade hidráulica e podem ocasionar embolia e maior área de xilema aumenta o transporte de água (HOLSTE; JERKE; MATZNER, 2006). Verifica-se que, o tratamento controle compensou o menor diâmetro e área de elemento de vaso com maior área e diâmetro de xilema, maior área e diâmetro de cilindro vascular e com maior número de elementos de vasos para que os problemas sobrecritos anteriormente não ocorressem (Tabela 11).

Assim, pode-se dizer que há uma correlação positiva entre temperatura e luz as quais estão relacionadas com mecanismos que as plantas possuem para evitar problemas no transporte de água em condições a pleno sol, onde a transpiração é maior (TU et al., 2015). Resultados divergentes foram encontrados por Barrera, Guzman e Mergilla (2019), em que os elementos de vaso ocorreram em maior número em begônias de sombra e em menor número e com maior diâmetro em begônias de sol. No entanto, o estudo destes autores não envolveu aspectos qualitativos em relação à luz, e sim, apenas diferenciação de habitats. Dessa forma, alterações anatômicas nas raízes ainda precisam ser mais bem investigadas em diferentes condições de cultivo.

Com base em todos os resultados e evidências discutidos, visualiza-se, com mais clareza, as diferenças nas secções paradérmicas abaxiais, foliares transversais e radiculares transversais das variedades de ‘Begonia Megawatt Pink Green’ e ‘Begonia Megawatt Red Bronze’ cultivadas com diferentes telas de sombreamento (Figuras 4 e 5).

É possível observar nas secções paradérmicas abaxiais clusters maiores e com maior quantitativo de estômatos por cluster nos tratamentos com as telas azul e vermelha, e clusters mais numerosos, menores e com menos estômatos por cluster no tratamento controle. Nas secções foliares transversais verifica-se um padrão de organização das células do parênquima paliçádico e lacunoso. As células do parênquima paliçádico sob os tratamentos das telas azul e vermelha apresentam-se, visualmente, maiores, mais compactas e dispostas em boa ordem, diferentemente do tratamento controle que formou células paliçadas com um arranjo frouxo e menores. Esse padrão de organização também foi observado para o parênquima lacunoso, as quais foram maiores e mais organizadas quando submetidas as telas azul e vermelha. Para a tela preta, essas características aparentaram-se de maneira intermediária entre as telas o controle. O mesmo pode ser observado com a presença dos oxalatos de cálcio, mais visíveis, maiores e em maior quantidade nas telas azul e vermelha. Para as secções radiculares transversais, é nítido que o tratamento controle induziu a produção de um maior número de elementos de vasos com menor área e menor diâmetro e maior área e diâmetro de xilema e cilindro vascular quando comparado aos demais tratamentos (Figuras 4 e 5).

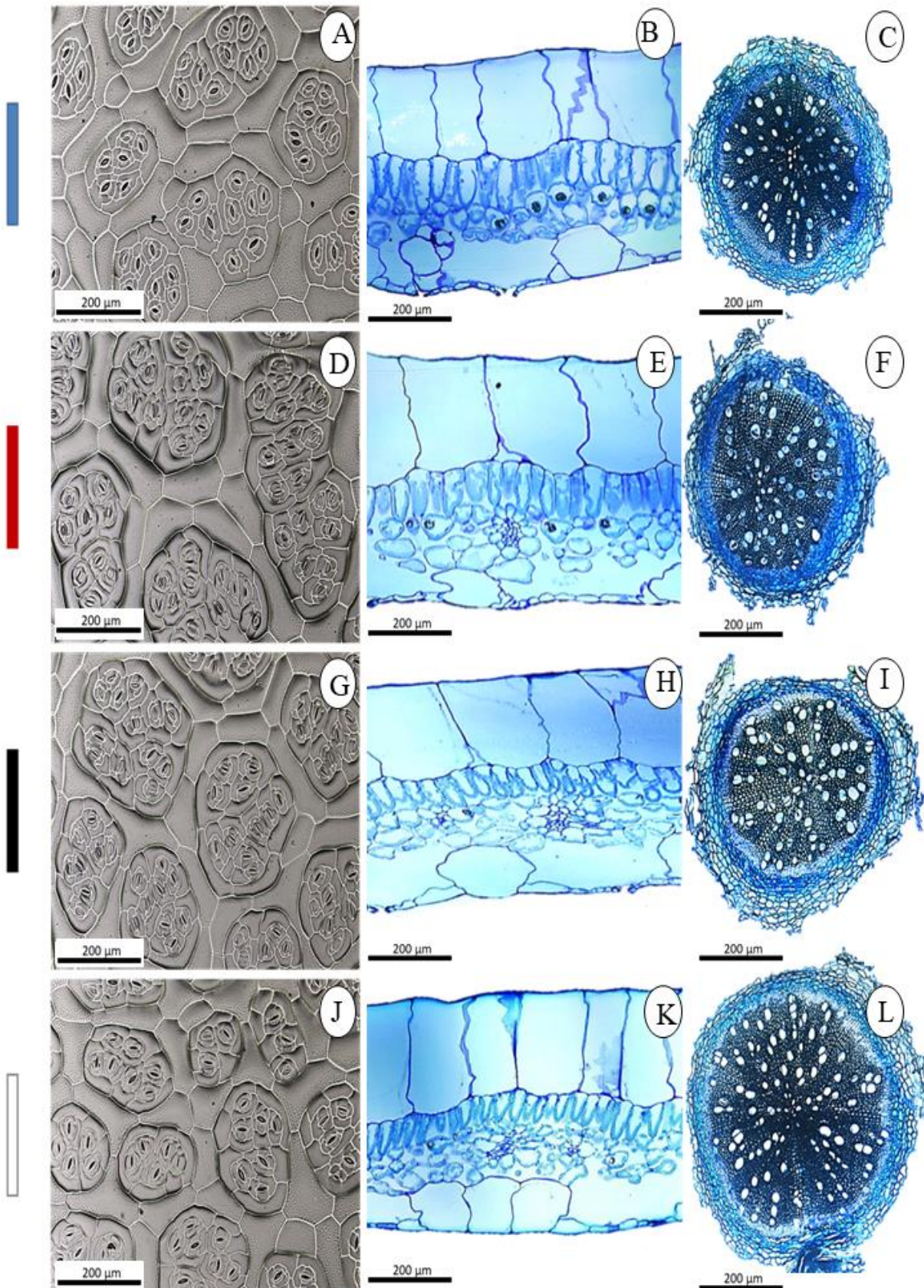


Figura 4: Fotomicrografias da vista frontal da face abaxial das folhas (primeira coluna), e cortes transversais de folhas e raízes (segunda e terceira coluna), de ‘*Begonia Megawatt Pink Green*’, coradas com azul de toluidina. Tratamento com tela azul (A, B e C), tratamento com tela vermelha (D, E e F), tratamento com tela preta (G, H e I) e tratamento controle (sem tela) (J, K e L).

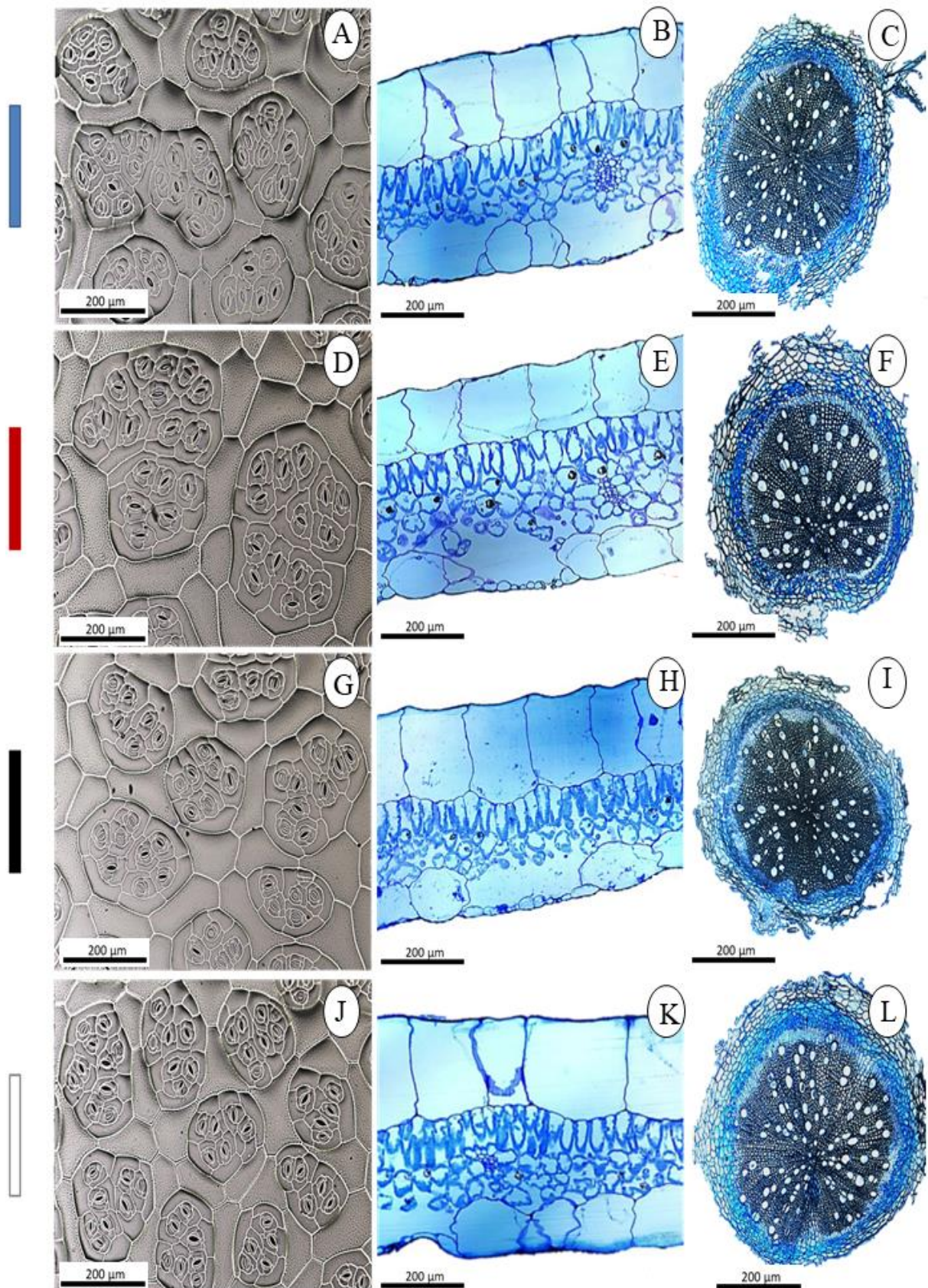


Figura 5: Fotomicrografias da vista frontal da face abaxial das folhas (primeira coluna), e cortes transversais de folhas e raízes (segunda e terceira coluna), de 'Begonia Megawatt Red Bronze', coradas com azul de toluidina. Tratamento com tela azul (A, B e C), tratamento com tela vermelha (D, E e F), tratamento com tela preta (G, H e I) e tratamento controle (sem tela) (J, K e L).

As respostas às condições de luz refletem a relação entre os tecidos foliares e radiculares de ‘Begonia Megawatt’ Pink Green e Red Bronze. Curiosamente, a luz vermelha induziu células paliçádicas bem organizadas e células esponjosas bem desenvolvidas em plântulas de *Solanum tuberosum* (CHEN et al., 2020). Ma et al., (2015) relatou, também em plântulas de batata, tecidos paliçádicos e esponjosos bem organizados, no entanto sob a luz vermelha, azul e verde. Essas alterações têm como o objetivo maximizar a eficiência da planta em diferentes ambientes, de forma a qual a luz é um dos fatores determinantes e, no caso do presente trabalho, reflete a adaptabilidade das variedades em diferentes condições de luminosidade.

3.4 Conclusão

O presente estudo proporcionou uma melhor compreensão das respostas anatômicas das variedades de ‘Begonia Megawatt’: ‘Pink Green’ e ‘Red Bronze’, cultivadas sob diferentes telas de sombreamento. As principais alterações ocorreram em plantas cultivadas nas telas azul e vermelha, com destaque para o desenvolvimento estomático, com clusters mais bem desenvolvidos, maiores e com maior quantidade de estômatos por cluster. Além disso, houve modificações na estrutura da lâmina foliar, com tecidos do mesofilo maiores, mais organizados e com maior quantidade de oxalato de cálcio. No sistema radicular, observaram-se elementos de vasos maiores e em menor quantidade. Por outro lado, o tratamento controle resultou em clusters menores e com menos estômatos por cluster; tecidos do mesofilo menores e desarranjados e raízes com maior número de elementos de vasos com maior área e diâmetro de cilindro vascular e xilema.

Esses resultados sugerem que essas alterações anatômicas podem ser úteis e merecem maior estudo em programas de melhoramento de plantas, representando um passo importante na seleção de genótipos capazes de produzir estruturas adaptáveis à ambientes distintos.

Referências

- BARRERA, W. B.; DE GUZMAN, V. J. G.; MERGILLA, R. R. Functional adaptations of *Begonia oxysperma* A. DC. and *Begonia ramosii* Merr.(Begoniaceae) revealed through morpho-anatomical analyses. **Philippine Journal of Systematic Biology**, v. 13, n. 1, p. 13-27, 2019. DOI: <https://doi.org/10.26757/pjsb2019a13003>.
- BERCU, R.; POPOVICIU, D. R. Anatomy of *Begonia Fischeri* Schrank (Begoniaceae) leaf. **Annals of the University of Craiova**, v.22, n.58, p.383-388, 2017.

- BRODERSEN, C.R.; VOGELMANN, T.C.; WILLIAMS, W.E.; GORTON, H.L. A new paradigm in leaf-level photosynthesis: direct and diffuse lights are not equal. **Plant Cell Environment**, v. 31, n. 1, p.159–164, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2007.01751.x>.
- CHEN, J.; REN, W.; CHOU, Q.; SU, H.; NI, L.; ZHANG, M.; LIU, Z.; XIE, P. Alterations in biomass allocation indicate the adaptation of submersed macrophytes to low-light stress. **Ecological Indicators**, v. 113, p. 106235, 2020.
- CHEN, L. L.; ZHANG, K.; GONG, X. C.; WANG, H. Y.; GAO, Y. H.; WANG, X. Q.; ZENG, Z. H.; HU, Y. G. Effects of different LEDs light spectrum on the growth, leaf anatomy, and chloroplast ultrastructure of potato plantlets in vitro and minituber production after transplanting in the greenhouse. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 19, n. 1, p. 108-119, 2020. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62633-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62633-X).
- CRANG, R.; LYONS-SOBASKI, S.; WISE, R. **Plant anatomy: a concept-based approach to the structure of seed plants**. Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2018.
- CUÉLLAR-CRUZ, M. Synthesis of inorganic and organic crystals mediated by proteins in different biological organisms. A mechanism of biomineralization conserved throughout evolution in all living species. **Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials**, v. 63, n. 3, p. 94-103, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pcrysgrow.2017.07.001>.
- CUÉLLAR-CRUZ, M.; PÉREZ, K. S.; MENDONZA, M. E.; MORENO, A. Biocrystals in plants: a short review on biomineralization processes and the role of phototropins into the uptake of calcium. **Crystals**, v. 10, n. 7, p. 591, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/cryst10070591>.
- DA GLÓRIA, B. A.; GUERREIRO, C. S. M. **Anatomia vegetal**. Viçosa: Editora UFV, 4nd ed, 422 p., 2022.
- DOORENBOS, J.; SOSEF, M. S. M.; DE WILDE, J. J. F. E. The sections of Begonia including descriptions, keys and species lists (Studies in Begoniaceae VI). **Wageningen Agricultural University Papers**, p. 1-266, 1998.
- EFENDI, M. Tipe stomata tiga puluh dua jenis begonia alam indonesia koleksi kebun raya cibodas. **Berita Biologi**, v. 18, n. 2, p. 175-183, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14203/beritabiologi.v18i2.3571>.
- ELEJALDE-CADENA, N.R.; CUÉLLAR-CRUZ, M.; MORENO, A. The role of silica and alkaline earth metals with biomolecules in the biomineralization processes: The eggshells's formation and the crystallization in vivo for x-ray crystallography. **Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials**, v. 66, n. 1, p. 100473, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pcrysgrow.2019.100473>.
- EMELIANOVA, K.; KIDNER, C. Comparative transcriptome analysis of two closely related Begonia species reveals divergent patterns in key light-regulated pathways. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 79, p. 1-18, 2022. DOI: <https://doi.org/10.24823/ejb.2022.398>.

- FALCIONI, R.; MORIWAKI, T.; BONATO, C. M.; SOUZA, L. A.; NANNI, M. R.; ANTUNES, W. C. Distinct growth light and gibberellin regimes alter leaf anatomy and reveal their influence on leaf optical properties. **Environmental and experimental botany**, v. 140, p. 86-95, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.06.001>
- FAN, X. X.; XU, Z. G.; LIU, X. Y.; TANG, C. M.; WANG, L. W.; HAN, X. L. Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. **Scientia horticulturae**, v. 153, p. 50-55, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.01.017>.
- FORREST, Helen. Instructive micro-replicas from nail polish. **The American Biology Teacher**, v. 24, n. 7, p. 523-525, 1962.
- GABERSCIK, A.; GRASIC, M.; MIKUS, K. V.; GERM, M.; GOLOB, A. Water shortage strongly alters formation of calcium oxalate druse crystals and leaf traits in *Fagopyrum esculentum*. **Plants**, v. 9, n. 7, p. 917, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9070917>.
- GOLOB, A.; STIBILJ, V.; NECEMER, M.; KUMP, P.; KREFT, I.; HOCEVAR, A.; GABERSCIK, A.; GERM, M. Calcium oxalate druses affect leaf optical properties in selenium-treated *Fagopyrum tataricum*. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 180, p. 51-55, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2018.01.018>.
- GRAY, A.; LIU, L.; FACETTE, M. Flanking support: how subsidiary cells contribute to stomatal form and function. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 881, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00881>.
- HARRISON, E. L.; CUBAS, L. A.; GRAY, J. E.; HEPWORTH, C. The influence of stomatal morphology and distribution on photosynthetic gas exchange. **The Plant Journal**, v. 101, n. 4, p. 768-779, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/tpj.14560>.
- HENRY, C.; JOHN, G. P.; PAN, R.; BARTLETT, M. K.; FLETCHER, L. R.; SCOFFONI, C.; SACK, L. A stomatal safety-efficiency trade-off constrains responses to leaf dehydration. **Nature communications**, v. 10, n. 1, p. 3398, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11006-1>.
- HOLSTE, E. K.; JERKE, M. J.; MATZNER, S. L. Long-term acclimatization of hydraulic properties, xylem conduit size, wall strength and cavitation resistance in *Phaseolus vulgaris* in response to different environmental effects. **Plant, Cell & Environment**, v. 29, n. 5, p. 836-843, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2005.01454.x>.
- HOOVER, W. S. Stomata and stomatal clusters in *Begonia*: ecological response in two Mexican species. **Biotropica**, p. 16-21, 1986. DOI: <https://doi.org/10.2307/2388356>.
- ILIĆ, Z. S.; FALLIK, E. Light quality manipulation improves vegetable quality at harvest and postharvest: a review. **Environmental and Experimental Botany**, v. 139, p. 79-90, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.04.006>.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. McGraw-Hill Book Company, Inc: London; 530p, 1940.

- JULIER, A. **Development of stomatal clustering in Begonia**. Doctoral thesis. The University of Edinburgh, 2013.
- KROMDIJK, J.; GLOWACKA, K.; LEONELLI, L.; GABILLY, S. T.; IWAI, M.; NIYOGI, K. K.; LONG, S. Improving photosynthesis and crop productivity by accelerating recovery from photoprotection. **Science**, v. 354, n. 6314, p. 857-861, 2016.
- KARABOURNIOTIS, G.; HORNER, H.T.; BRESTA, P.; NIKOLOPOULOS, D.; LIAKOPOULOS, G. New insights into the functions of carbon–calcium inclusions in plants. **New Phytologist**, v. 228, n. 3, p. 845-854, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.16763>.
- KARDIMAN, R.; RABILD, A. Relationship between stomatal density, size and speed of opening in Sumatran rainforest species. **Tree physiology**, v. 38, n. 5, p. 696-705, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/treephys/tpx149>.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 3rd ed, 420 p., 2019.
- KHARSHIING, E.; SREELAKSHMI, Y.; SHARMA, R. The light awakens! Sensing light and darkness. In **Sensory biology of plants**. SOPORY, S., Ed.; Springer Nature: Singapore. p. 21-57, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-8922-1_2.
- KORGIOPOULOU, C.; BRESTA, P.; NIKOLOPOULOS, D.; KARABOURNIOTIS, G. Sex-specific structural and functional leaf traits and sun-shade acclimatization in the dioecious tree *Pistacia vera* (Anacardiaceae). **Functional Plant Biology**. v. 46, p. 649–659, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1071/FP18256>.
- LEHMANN, P.; OR, D. Effects of stomata clustering on leaf gas exchange. **New Phytologist**, v. 207, n. 4, p. 1015-1025, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.13442>.
- LIU, J.; IERSEL, V.; MARC, W. Photosynthetic physiology of blue, green, and red light: Light intensity effects and underlying mechanisms. **Frontiers in plant science**, p. 328, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.619987>.
- MA, X. F.; WANG, Y. P.; LIU, M. X.; XU, J. M.; XU, Z. G. Effects of green and red lights on the growth and morphogenesis of potato (*Solanum tuberosum* L.) plantlets in vitro. **Scientia Horticulturae**, v. 190, p. 104-109, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.01.006>.
- MACEDO, A. F., MARCOS, V. L., TAVARES, E. S., LAGE, C. L. S., ESQUIBEL, M. A. The effect of light quality on leaf production and development of in vitro-cultured plants of *Alternanthera brasiliana* Kuntze. **Environmental and experimental botany**, v. 70, n. 1, p. 43-50, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.05.012>.
- NAKATA, P. A. An assessment of engineered calcium oxalate crystal formation on plant growth and development as a step toward evaluating its use to enhance plant defense. **PLoS One**, v. 10, n. 10, p. e0141982, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141982>.

- NASCIMENTO, K. C.; PASTORINI, L. H.; ROMAGNOLO, M. B.; SOUZA, L. A. Do *Eugenia hiemalis* seedling leaves under different light conditions develop phenotypic plasticity? **Plant Ecology**, v. 216, p. 1571-1581, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11258-015-0540-2>.
- O'BRIEN, T. R. P.; FEDER, N.; MCCULLY, M. E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue. **Protoplasma**, v. 59, p. 368-373, 1964.
- OGUCHI, R.; ONODA, Y.; TERASHIMA, I.; THOLEN, D. Leaf anatomy and function. In **The leaf: a platform for performing photosynthesis**. Advances in Photosynthesis and Respiration (Including Bioenergy and Related Processes); Adams, W.W., III, Terashima, I., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, v. 44, p. 97–139, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-93594-2_5.
- PAPANATSIU, M.; AMTMANN, A.; BLATT, M. R. Stomatal clustering in *Begonia* associates with the kinetics of leaf gaseous exchange and influences water use efficiency. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 9, p. 2309-2315, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erx072>.
- PAPANATSIU, M.; AMTMANN, A.; BLATT, M. R. Stomatal spacing safeguards stomatal dynamics by facilitating guard cell ion transport independent of the epidermal solute reservoir. **Plant physiology**, v. 172, n. 1, p. 254-263, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.16.00850>.
- PAPANATSIU, M.; PETERSEN, J.; HENDERSON, L.; WANG, Y.; CHRISTIE, J. M.; BLATT, M. R. Optogenetic manipulation of stomatal kinetics improves carbon assimilation, water use, and growth. **Science**, v. 363, n. 6434, p. 1456-1459, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaw0046>.
- PHRATHEP, O. P. **Biodiversity and physiology of *Begonia* iridoplasts**. Thesis (Degree of Philosophy in the Faculty of Life Sciences) - University of Bristol, UK, 204 p, 2019.
- PIERANTONI, M.; TENNE, R.; REPHAEL, B.; BRUMFELD, V.; VAN CASTEREN, A.; KUPCZIK, K.; ORON, D.; ADDADI, L.; WEINER, S. Mineral deposits in *Ficus* leaves: morphologies and locations in relation to function. **Plant Physiology**, v. 176, n. 2, p. 1751-1763, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.17.01516>.
- PONGRAC, P.; SERRA T. S.; CASTILLO-MICHEL H.; VOGEL-MIKUS, K.; ARCON, I.; KELEMEN, M.; JENCIC, B.; KAVCIC, A.; CARVALHO M. T. V.; AARTS, M. G. M. Cadmium associates with oxalate in calcium oxalate crystals and competes with calcium for translocation to stems in the cadmium bioindicator *Gomphrena clausenii*. **Metallomics**, v.10, n.11, p.1576-1584, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1039/c8mt00149a>.
- R CORE TEAM (2022). **R**: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.
- RONI, M. Z. K.; ISLAM, M. S.; SHIMASAKI, K. Response of *Eustoma* leaf phenotype and photosynthetic performance to LED light quality. **Horticulturae**, v. 3, n. 4, p. 50, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae3040050>.

- RUDALL, P. J.; JULIER, A. C. M.; KIDNER, C. A. Ultrastructure and development of non-contiguous stomatal clusters and heliocytic patterning in *Begonia*. **Annals of botany**, v. 122, n. 5, p. 767-776, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcx146>.
- SAKAI, W. S. Simple method for differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue O. **Stain technology**, v. 48, n. 5, p. 247-249, 1973. DOI: <https://doi.org/10.3109/10520297309116632>.
- SHAFIQ, I.; HUSSAIN, S.; RAZA, A. M.; IQBAL, N.; ASCHAR, M. A.; RAZA, A.; FAN, Y. F.; MUMTAZ, M.; SHOAI, M.; ANSAR, M.; MANAF, A.; YANG, W. Y.; YANG, F. Crop photosynthetic response to light quality and light intensity. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 20, n. 1, p. 4-23, 2021. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63227-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63227-0).
- SIREGAR, H. M. The conservation of native, lowland Indonesian *Begonia* species (Begoniaceae) in Bogor Botanic Gardens. **Biodiversitas**, v. 18, n. 1, p. 326-333, 2017. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d180143>.
- SIVAKUMAR, D.; JIFON, J.; SOUNDY, P. Spectral quality of photo-selective shade nettings improves antioxidants and overall quality in selected fresh produce after postharvest storage. **Food Reviews International**, v. 34, n. 3, p. 290-307, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/87559129.2017.1298124>.
- SOUZA, G. S.; CASTRO, E. M.; SOARES, A. M.; PINTO, J. E. B. P. Biometric and physiological aspects of young plants of *Mikania glomerata* Sprengel and *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker under colored nets. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 8, n. 4, p. 330-335, 2010.
- STRASBURGER E. Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen. **Jahrbücher für Wissenschaftliche Botanik**, v. 5, p. 297-342, 1867.
- SUFFAN, W.; METUSALA, D.; NISYAWATH. Micromorphometric analysis of five *Begonia* spp. leaves (Begoniaceae). In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, p. 1-9, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/846/1/012005>.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.
- TANG, M.; HU, Y.X.; LIN, J.X.; JIN, X.B. Developmental mechanism and distribution pattern of stomatal clusters in *Begonia peltatifolia*. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 44, n. 4, p. 384-390, 2002.
- THEROUX-RANCOURT, G.; RODDY, A. B.; EARLES, J. M.; GILBERT, M. E.; ZWIENIECKI, M. A.; BOYCE, C. K.; THOLEN, D.; MCELDRONE, A. J.; SIMONIN, K. A.; BRODERSEN, C.R. Maximum CO₂ diffusion inside leaves is limited by the scaling of cell size and genome size. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 288, n. 1945, p. 20203145, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.3145>.

- TOOULAKOU, G.; GIANNOPOULOS, A.; NIKOLOPOULOS, D.; BRESTA, P.; DOTSIKA, E.; ORKOULA, M.G.; KONTOYANNIS, C.G.; FASSEAS, C.; LIAKOPOULOS, G.; KLAPA, M.I.; et al. Alarm photosynthesis: calcium oxalate crystals as an internal CO₂ source in plants. **Plant Physiology**, v. 171, n. 4, p. 2577-2585, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.16.00111>.
- TSAI, M. Y.; KUAN, C.; GUO, Z. L.; YANG, H. A.; CHUNG, K. F.; HO, C. M. K. Stomatal clustering in Begonia improves water use efficiency by modulating stomatal movement and leaf structure. **Plant-Environment Interactions**, v. 3, n. 4, p. 141-154, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/pei3.10086>.
- TU, B.; HU, L.; CHEN, W.; LI, T.; HU, B.; ZHENG, L.; LV, Z.; YOU, S.; WANG, Y.; MA, B.; CHEN, X.; QIN, P.; LI, S. Disruption of OsEXO70A1 causes irregular vascular bundles and perturbs mineral nutrient assimilation in rice. **Scientific Reports**, v. 5, n. 1, p. 18609, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep18609>.
- USTIN, S.L.; JACQUEMOUD, S. How the optical properties of leaves modify the absorption and scattering of energy and enhance leaf functionality. In **Remote sensing of plant biodiversity**. Cavender-Bares, J. Gamon, J., Townsend, P., Eds.; Springer International Publishing. Cham, Switzerland, p. 349–384, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-33157-3>.
- VALLADARES, F.; LAANISTO, L.; NIINEMETS, U.; ZAVALA, M. A. Shedding light on shade: ecological perspectives of understorey plant life. **Plant Ecology & Diversity**, v. 9, n. 3, p. 237-251, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/17550874.2016.1210262>.
- VUKOVIĆ, M.; JURIĆ, S.; BANDIĆ, L. M.; BRANKA, L.; FU, D. Q.; JEMRIĆ, T. Sustainable food production: innovative netting concepts and their mode of action on fruit crops. **Sustainability**, v. 14, n. 15, p. 9264, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14159264>.
- WANG, X. Y.; XU, X. M.; CUI, J. The importance of blue light for leaf area expansion, development of photosynthetic apparatus, and chloroplast ultrastructure of *Cucumis sativus* grown under weak light. **Photosynthetica**, v. 53, n. 2, p. 213-222, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11099-015-0083-8>.
- WU, L. L.; LIU, Z. L.; WANG, J. M.; ZHOU, C. Y.; CHEN, K. M. Morphological, anatomical, and physiological characteristics involved in development of the large culm trait in rice. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, n. 11, p. 1356-1363, 2011. DOI: <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.742407401769946>.
- XIAO, Y.; THOLEN, D.; ZHU, X.G. The influence of leaf anatomy on the internal light environment and photosynthetic electron transport rate: Exploration with a new leaf ray tracing model. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 21, p. 6021-6035, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erw359>.
- YAMORI, W. Photosynthetic response to fluctuating environments and photoprotective strategies under abiotic stress. **Journal of Plant Research**, v. 129, n. 3, p. 379-395, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10265-016-0816-1>.

ZHENG, L.; LABEKE, V. M. C. Chrysanthemum morphology, photosynthetic efficiency and antioxidant capacity are differentially modified by light quality. **Journal of Plant Physiology**, 213, 66–74, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.03.005>.

ZHENG, L.; LABEKE, V. M. C. Long-term effects of red-and blue-light emitting diodes on leaf anatomy and photosynthetic efficiency of three ornamental pot plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 917, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00917>.