



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL**

**GEISSE CARLA DA SILVA SOUZA**

**Trocas gasosas e aspectos anatômicos no cultivo de helicônias em pleno sol e sombreamento no Submédio do Vale do São Francisco**

Petrolina-PE

2023

**GEISSE CARLA DA SILVA SOUZA**

**Trocas gasosas e aspectos anatômicos no cultivo de helicônias em pleno sol e sombreamento no Submédio do Vale do São Francisco**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal da Universidade Federal do Vale do São Francisco – Univasf, Campus Ciências Agrárias, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal.

Orientadora: Profa. Dra. Márkilla Zunete Beckmann-Cavalcante

Coorientadora: Dra. Rafaela Ribeiro de Souza

Petrolina-PE

2023

S719t Souza, Geisse Carla da Silva  
Trocas gasosas e aspectos anatômicos no cultivo de helicônias em pleno sol e sombreamento no Submédio do Vale do São Francisco/ Geisse Carla da Silva Souza. - Petrolina – PE, 2023  
61 f: il. ; 29 cm.

Dissertação (Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina - PE, 2023

Orientadora: Prof. Dr.<sup>a</sup> Márkilla Zunete Beckmann-Cavalcante

1. Floricultura - Fotossíntese – Análise 2. Floricultura - Estresse luminoso. - Estudo. 3. *Heliconia ssp.*- Cultivo I. Título II. Beckmann-Cavalcante, Márkilla Zunete (Orient.) III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 581.19153

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF

Bibliotecário: Fábio Santiago

CRB5/1785

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Geisse Carla da Silva Souza

**Trocas gasosas e aspectos anatômicos no cultivo de helicônias em pleno sol e sombreamento no Submédio do Vale do São Francisco**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovado em: 02 de outubro de 2023

**Banca Examinadora**

---

Márkilla Zunete Beckmann-Cavalcante, Profa. Dra., Univasf

Documento assinado digitalmente  
 **RAFAELA RIBEIRO DE SOUZA**  
Data: 26/12/2023 15:50:43-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Rafaela Ribeiro de Souza, Dra., DCR/FACEPE/CNPq

Documento assinado digitalmente  
 **VESPASIANO BORGES DE PAIVA NETO**  
Data: 26/12/2023 15:12:13-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Vespasiano Borges de Paiva Neto, Dr., Univasf

Documento assinado digitalmente  
 **FERNANDA CARLOTA NERY**  
Data: 27/12/2023 13:11:37-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Fernanda Carlota Nery, Dra., UFSJ

## DEDICATÓRIA

Dedico à minha família e meu amado esposo que me apoiaram durante todo o processo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por ter iluminado o meu caminho e guiado os meus passos nessa caminhada.

Agradeço a Universidade Federal do Vale do São Francisco, pela oportunidade de realização do curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, e a todos os professores da instituição, em especial a aqueles com os quais convivi em disciplinas, pelos conhecimentos transmitidos.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

Agradeço a minha orientadora, Profa. Dra. Márkilla Zunete Beckmann-Cavalcante, pela oportunidade de fazer parte da família POVASF, pela confiança, pelos grandes ensinamentos, apoio e paciência. Um exemplo de profissional que tive a honra de compartilhar experiências durante todo o mestrado.

Agradeço a minha coorientadora, Dra. Rafaela Ribeiro de Souza, por todos os ensinamentos, pela disponibilidade, motivação e paciência. Um exemplo de profissional que também tive a honra de compartilhar experiências durante todo o mestrado. Graças aos seus ensinamentos, passei a enxergar a fisiologia vegetal com outros olhos.

Agradeço ao grupo de pesquisa Plantas Ornamentais no Vale do São Francisco (POVASF), em especial a Fernanda Leite e Herbert Fernandes. Sem vocês a conclusão desse trabalho não seria possível. Meu muito obrigada.

Agradeço a todos os funcionários da UNIVASF, em especial a Genilson Santos que com muita boa vontade e paciência me auxiliou durante todo o mestrado.

Agradeço ao meu noivo, Elinaldo Rodrigues, por todo amor, cuidado, paciência, compreensão, pela grande ajuda e por se fazer sempre presente em todas as etapas dessa caminhada. Obrigada por acreditar tanto em mim, mesmo quando nem eu mesma acreditava. Faço minhas as suas palavras, que sem você tudo seria mais difícil.

Agradeço aos meus amados pais, Marileide da Silva e Carlos Do É, por todo amor, cuidado, apoio e motivação durante toda a minha vida. Devo-lhes tudo o que sou hoje. Avocês, minha eterna gratidão.

Agradeço as minhas irmãs Gessica Samara e Leidiane da Silva e ao meu irmão Carlos Junior, pois sei que sempre estarão por perto, por todo cuidado, apoio e motivação.

Por fim, a todos que direta ou indiretamente me ajudaram, fizeram parte dessa caminhada ou torceram por mim, meus mais sinceros agradecimentos.

Deus, obrigado por tudo.

## RESUMO

A floricultura pode ser considerada uma boa opção de diversificação de cultivo em regiões como o Vale do São Francisco, por gerar empregos diretos e indiretos e proporcionar maior rapidez de retorno e rentabilidade em pequenas áreas de cultivo. Essa região é caracterizada por apresentar altos níveis de irradiação solar o que pode causar danos irreversíveis ao aparelho fotossintético e consequentemente comprometer o crescimento e produção das culturas. As helicônias se destacam na floricultura tropical devido a beleza exótica de suas brácteas, durabilidade pós-colheita e facilidade de cultivo. Entretanto, em regiões semiáridas como o Vale do São Francisco, a produção comercial dessas espécies pode ser comprometida em função de sua sensibilidade as condições de alta radiação solar. Neste sentido, objetivou-se avaliar os efeitos da intensidade de luz sobre os aspectos anatômicos e fisiológicos de cinco genótipos de helicônias. O experimento foi realizado no Setor de Floricultura da Universidade Federal do Vale do São Francisco, com o delineamento experimental em blocos casualizados e arranjos em esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram compostas pelos tratamentos de intensidade de luz (sombreamento de 50% e pleno sol) e as subparcelas pelos cinco genótipos de helicônias (*H. psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Golden Torch; *H. psittacorum* cv. Red Opal; *H. bihai* cv. Lobster Claw Two; *H. rauliniana* e *H. rostrata*). Durante o período de um ano foram realizadas as avaliações de crescimento, anatomia foliar, trocas gasosas e produtividade de hastes florais. *H. cv. Golden Torch* e *H. cv. Red Opal* exibiram maior tolerância a condições de alta irradiância solar. Além disso, ambas espécies apresentaram alto potencial produtivo, com produção de hastes florais durante todo o ano. A condição de sombreamento favoreceu maior produtividade de hastes de todos os genótipos.

**Palavras-chave:** *Heliconia* ssp., fotossíntese, semiárido, estresse luminoso.

## ABSTRACT

Floriculture can be considered a good option for crop diversification in regions such as the São Francisco Valley, as it generates direct and indirect jobs and provides faster returns and profitability in small cultivation areas. This region is characterized by high levels of solar irradiation, which can cause irreversible damage to the photosynthetic system and consequently compromise crop growth and production. Heliconias stand out in tropical floriculture due to the exotic beauty of their bracts, post-harvest durability and ease of cultivation. However, in semi-arid regions such as the São Francisco Valley, the commercial production of these species may be compromised due to their sensitivity to high solar radiation conditions. In this sense, the objective was to evaluate the effects of light intensity on the anatomical and physiological aspects of five heliconia genotypes. The experiment was carried out in the Floriculture Sector of the Universidade Federal do Vale do São Francisco, with the experimental design in randomized blocks arranged in a split-plot scheme. The plots were composed of light intensity treatments (50% shading and full sun) and the subplots were composed of the five heliconia genotypes (*H. psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Golden Torch; *H. psittacorum* cv. Red Opal; *H. bihai* cv. Lobster Claw Two; *H. rauliniana* and *H. rostrata*). During a period of one year, assessments of growth, leaf anatomy, gas exchange and productivity of floral stems were carried out. *H. cv. Golden Torch* and *H. cv. Red Opal* exhibited greater tolerance to conditions of high solar irradiance. Furthermore, both species presented high productive potential, with production of floral stems throughout the year. The shading condition favored greater stem productivity of all genotypes.

**Keywords:** Heliconia ssp., photosynthesis, semiarid, light stress.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>09</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
2.1. Agronegócio da floricultura.....	10
2.2. Família Heliconiaceae e a Ordem Zingiberales.....	12
2.3. Estresse luminoso.....	15
<b>3. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>17</b>
<b>4. ALTERAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS DE GENÓTIPOS DE HELICÔNIAS CULTIVADAS SOB ALTA IRRADIÂNCIA SOLAR EM REGIÃO SEMIÁRIDA.....</b>	<b>28</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>28</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda por flores tropicais de corte tem levado ao aumento da produção e o consumo em diversas nações do mundo. As razões aparentes por trás disso incluem aparência exótica, durabilidade pós-colheita e desejo de mercado em países temperados. Dentre as espécies tropicais, as helicônias vêm se tornando cada vez mais atrativas em todo o mundo como uma "Flor Especializada" (MALAKAR et al., 2022).

O cultivo de flores tropicais requer condições de luminosidade específicas, que por sua vez, influenciam as características morfológicas, fisiológicas, no potencial produtivo e qualidade das inflorescências. Portanto, o sucesso no processo produtivo depende da adoção de técnicas de manejo especializadas e seleção de genótipos com potencial de aclimação às condições ambientais predominantes da região de cultivo (GONÇALVES et al., 2021; LEITE et al., 2023; MALAKAR et al., 2023).

A região semiárida do Vale do Submédio São Francisco está presente na região Nordeste do Brasil e além das características climáticas extremas como baixo índice pluviométrico e altas temperaturas, destaca-se por apresentar altos níveis de irradiação solar, com uma pequena variação mensal. A baixa variação na disponibilidade de radiação solar durante todo o ano associado ao uso de irrigação tem permitido o Vale do São Francisco destacar-se como grande produtor e exportador de frutas no Brasil e no mundo, apresentando também potencial para produção de flores tropicais (SANTOS, 2007).

As helicônias possuem grande aceitação pelos consumidores por apresentar inflorescências de cores atrativas, boa altura das hastes, tamanho da inflorescência e floração ao longo do ano (GONÇALVES et al., 2021). No entanto, as informações quanto as condições de cultivo principalmente a exigência em luminosidade ainda é bastante contraditória. O que varia muito dependendo da região e variedade ou cultivar utilizada, e nesse sentido, o cultivo pode ser em pleno sol ou sob condições sombreadas. Algum estudo tem demonstrado que, as plantas cultivadas em sombra parcial apresentam maior crescimento em altura quando comparado as cultivadas em pleno sol (CASTRO, 2011; COELHO, 2016). Souza et al. (2016) em estudo sobre as alterações

morfofisiológicas e crescimento de helicônias em função de diferentes ambientes de sombreamento, também verificaram que o sombreamento proporcionado por tela de 50% é eficaz para a cultivo de Helicônias (*H. bihai* cv. Humilis e *H. psittacorum* cv. Golden Torch) em regiões com alta disponibilidade de irradiação solar. No entanto, há necessidade de compreender de forma holística como a disponibilidade de irradiação solar no ambiente de cultivo interfere nos aspectos anatômicos e fisiológicos e produtivo de helicônias, bem como o funcionamento e comportamento dessas plantas tropicais em diferentes disponibilidade de irradiação solar.

Diante do exposto, objetivou-se neste estudo avaliar os efeitos da intensidade de luz sobre os aspectos anatômicos e fisiológicos de helicônias cultivadas no Submédio do Vale do São Francisco.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Floricultura e sua importância socioeconômica**

O setor de floricultura e plantas ornamentais é de grande importância socioeconômica, sendo responsável por cerca de 209 mil empregos diretos e 800 mil indiretos (IBRAFLOR, 2022), incrementando os principais segmentos da cadeia produtiva, desde a produção de flores à sua comercialização, principalmente no mercado interno.

A floricultura atual é uma indústria multibilionária, contemporânea, caracterizada por seguir as tendências da moda e sempre necessitar de novidades de produtos para seus diversos segmentos, como flores de corte, bulbos, folhagem, plantas de vasos e paisagismo (SUPRASANNA e JAIN, 2021).

Este cenário comprova a importância e o alto potencial de crescimento da floricultura no Brasil, confirmando o setor como uma atividade atrativa, estratégica e economicamente rentável, especialmente em pequenas áreas agrícolas (JUNQUEIRA e PEETZ, 2018).

Alto valor agregado e rápido retorno do investimento são proporcionados pela floricultura, mas os produtores devem ter conhecimento tecnológico e conhecer todos os aspectos da planta e do sistema de produção, incluindo as exigências hídricas e climáticas de cada espécie (GIRARDI, 2016).

Embora o mercado interno seja o principal comércio brasileiro para a

produção de flores e plantas ornamentais (JÚNIOR et al., 2015), atualmente, o consumo per capita no país ainda é baixo comparado ao consumo de flores em mercados mais avançados, como o da Europa, demonstrando assim o potencial do crescimento (SCHOENMAKER, 2021).

Houve crescimento e consolidação de importantes empresas hortícolas no Brasil ao longo dos últimos anos como resultado do aumento da demanda por plantas ornamentais no mercado nacional e internacional. Essas empresas antes estavam restritas ao Sul do país e Sudeste, mas desde então se expandiram para as demais regiões do Brasil (FREITAS et al., 2018).

Para quem busca investir na agricultura, o comércio de plantas ornamentais para corte e paisagismo surgiu como uma ótima opção. Esse setor exige pouco investimento inicial, demanda pouca área para o cultivo e o produtor tem a possibilidade de realizar a venda direta ao consumidor onde o retorno do seu investimento inicial é de curto prazo (GIRARDI, 2016).

A maior parte do cultivo brasileiro de flores e plantas ornamentais ocorre a céu aberto e em estufas e telados. De acordo com o seu destino, as espécies mais cultivadas no país são as flores de corte (áster, rosas, astromélias, crisântemos, gérbera, *gypsophila*, lisiantos, lírios e tango), plantas de vasos (antúrios, crisântemos, *kalanchoe* e orquídeas (BRAINER, 2018) e o cravo (*Dianthus caryophyllus* 'Servantes' Caryophyllaceae) (VEHNIWAL et al., 2021).

A floricultura tropical vem se expandindo por suas qualidades únicas, que incluem beleza incomum, variedade de espécies e formatos, cores intensas, durabilidade pós-colheita e produção perene. Todas essas características contribuem para aceitação das flores tropicais pelos consumidores (LUZ et al., 2005; LOGES et al., 2005).

O clima tropical, que se estende do Trópico de Câncer ao Trópico de Capricórnio, abriga flores tropicais vibrantes, com significados simbólicos e estéticos que remontam à antiguidade e são admiradas por sua beleza (YUE e HALL, 2010). Estas plantas têm sido historicamente utilizadas em jardins e como flores de corte.

A produção de flores tropicais oferece possibilidade de renda e diversificação de culturas, garantindo benefícios nas áreas ambiental, ecológica e econômica (OLIVEIRA FILHO et al., 2014). Para a agricultura familiar, a produção de flores tropicais é uma opção, possibilitando a continuidade do

trabalho no campo (LOPES e CAVALCANTE, 2013; NEVES e ALVES PINTO, 2015).

Dos polos produtores de flores no Nordeste, encontra-se o Estado de Pernambuco sendo o segundo produtor no setor de floricultura, com produção distribuída no agreste onde cultiva espécies temperadas, principalmente celsa e crisântemo; a região da zona da Mata que cultiva espécies tropicais, como antúrio, helicônia, alpínia, bastão do imperador, sorvetão, tapeinóculo e musa (SEBRAE, 2015).

Combinadas com a oferta hídrica (LOGES et al., 2005), as condições edafoclimáticas do Brasil beneficiam a produção de flores tropicais em grande quantidade (ALMEIDA et al., 2012), principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (LAMAS, 2004). Em 1934 o estado de Pernambuco foi pioneiro no cultivo de flores tropicais quando o projeto com essas espécies foi realizado pelo paisagista Roberto Burle Marx (LOMACHINSKY, 2005). Porém, só ano de 1993 a produção comercial teve início (VENCATO et al., 2006).

Uma grande variedade de espécies tropicais como as pertencentes as famílias *Araceae*, *Cannaceae*, *Costaceae*, *Heliconiaceae*, *Strelitziaceae*, *Zingiberaceae* podem ser cultivadas no Nordeste, devido às condições climáticas favoráveis da região. Essas condições garantem a oferta de espécies como as alpínia, antúrio, bastão do imperador, helicônia, *tapeinochilos* e algumas folhagens tropicais que são requisitadas no mercado internacional (LOGES et al., 2005).

## **2.2 Família Heliconiaceae e a Ordem Zingiberales**

As flores tropicais vêm originalmente de ambientes sombreados típicos de florestas úmidas nos trópicos (PAIVA e BECKMANN-CAVALCANTE, 2023). As flores tropicais mais populares no mercado são *Anthurium* e *Cymbidium*, mas neste grupo outras espécies também pertencem à ordem taxonômica Zingiberales (KRESS, 1990).

Esta ordem é composta por oito famílias diferentes, incluindo *Cannaceae*, *Costaceae*, *Heliconiaceae*, *Lowiaceae*, *Marantaceae*, *Musaceae*, *Strelitziaceae* e *Zingiberaceae*. Os gêneros e espécies correspondentes dessas famílias normalmente florescem em regiões tropicais (CRONQUIST, 1978).

A família *Heliconiaceae* inclui apenas um gênero *Heliconia*, com cerca de

200 a 450 espécies diferentes espalhadas pelas regiões tropicais do mundo. De acordo com a Flora do Brasil (BRAGA, 2023), 25 destas espécies ocorrem em ambientes naturais nos biomas Floresta Amazônica, Mata Atlântica e Pantanal. As folhas dessas espécies se assemelham as folhas das bananeiras (DRÄGER et al., 2022).

Segundo Castro (1995), as plantas da ordem Zingiberales são herbáceas perenes e rizomatosas, na sua maioria terrestres, de grande a pequeno porte, típicas de habitats tropicais e temperados. Apresentam folhas bifurcadas lateralmente que se originam de um nervo central e comumente pecioladas.

A maioria das espécies são de habitat de florestas úmidas sombreadas, enquanto algumas também crescem a céu aberto, em bordas de matas, margens de rios e em clareiras. No geral, essas espécies da ordem Zingiberales ocorrem em habitat tropical e são adaptadas à alta umidade (DRÄGER et al., 2022).

O gênero *Heliconia* L. pertencente à ordem das Zingiberales contém uma diversidade de espécie. Devido à cor atraente de suas inflorescências, durabilidade pós-colheita e floração durante todo o ano, espécies de Helicônias apresentam importância econômica para o agronegócio e ótima aceitação ornamental pelos consumidores, onde são produzidas e comercializadas em grande escala (GONÇALVES, 2021).

As helicônias são monocotiledôneas que podem ser distinguidas por suas flores e inflorescências e são essencialmente restritas a regiões tropicais. A variação inerente entre indivíduos e população de helicônia levou a uma confusão considerável na identificação entre pesquisadores e produtores comerciais (BERRY e KRESS, 1991).

A grande maioria das espécies de helicônias são polimórficas e podem ser distinguidas por suas diferenças morfológicas, coloração das brácteas e durabilidade na pós-colheita (KRESS, 1988). No entanto, alguns fatores como o isolamento geográfico e intensidade de luz podem contribuir nas variações das características da planta, comprovando que espécies de helicônias apresentam variações fenotípicas nas regiões de sua ocorrência (PINHEIRO, 2010).

As Helicônias têm seu crescimento fenológico bastante ativo, formando tipicamente populações monoclonais. De acordo com Costa (2011), o crescimento de gêneros de Helicônias são rizomatosos extensos, com variação na colonização vegetativa, podendo ser adensada ou agrupada com

desenvolvimento de perfilhos próximo ou longe da touceira. Suas folhas apresentam coloração verde escura, onde quanto maior a intensidade de luminosidade, mais claras elas ficarão.

Na classificação taxonômica, as folhas das helicônias apresentam tipicamente três tipos de disposição. As folhas com crescimento do tipo Musóide, são folhas que apresentam pecíolos grandes e verticais que lhes conferem o aspecto de Musaceae; Canóide, onde as folhas são mais curtas e mais oblíquas e têm a aparência das plantas *Canna* e *Alpinia*; e Zingiberóide, onde as folhas são mais curtas e horizontais e têm a aparência de gengibre (BERRY e KRESS, 1991; BRAGA, 2015).

As espécies de Heliconiaceae podem ser categorizadas de acordo com o tamanho da inflorescência. As helicônias são categorizadas como pequenas se suas inflorescências tiverem comprimento entre 10 e 30 cm, grandes com comprimento entre 30,5 e 50 cm e como muito grandes quando possuem comprimento superior a 50 cm (CASTRO et al., 2007).

As flores da família Heliconiaceae, são encontradas na parte inferior das brácteas. Elas possuem seis estames, sendo que cinco deles se tornam férteis e o sexto se transforma em um estaminoide estéril que auxilia os polinizadores em suas visitas às fontes de néctar floral localizado no estilete (SANTOS, 1978; BRAGA, 2008).

Os frutos de helicônias são classificados como drupáceos e quando maduros possuem uma camada interna dura que envolve cada uma das sementes. Essas sementes são encontradas em número que varia de uma a três por fruto e dependendo da espécie, a sua forma pode variar (NASCIMENTO, 2016).

Em toda a América tropical, as helicônias podem ser encontradas em regiões secas e úmidas, com temperaturas entre 23 e 30 °C (BRAINER e OLIVEIRA, 2006). No entanto, fatores climáticos, como radiação solar têm impacto direto no crescimento e desenvolvimento das helicônias (COELHO et al., 2019). De acordo com Criley (1989), as helicônias são frequentemente cultivadas em campos abertos, porém, em áreas com altos níveis de luz normalmente é necessário o uso de telas de sombreamento para melhorar a produtividade e qualidade das flores.

Souza et al. (2023), também demonstraram que diferentes genótipos de

helicônias apresentaram melhor crescimento inicial em condições de 50% de sombreamento e que os genótipos *H. psittacorum* cv. *Golden Torch* e *H. psittacorum* var. *Red Opal*, ao contrário dos outros genótipos em estudo (*H. bihai* cv. *Lobster Claw Two*, *H. rauliniana* e *H. rostrata*), demonstraram maior tolerância às condições de alta irradiância solar. Além disso, a taxa fotossintética foliar das plantas não foram afetadas pelas condições de luz como 50% de sombreamento ou pleno sol.

Segundo Maza (2004), a forte intensidade luminosa resulta em hastes com brácteas mais coloridas, enquanto a temperatura e a oferta hídrica podem afetar a qualidade e longevidade das hastes de Helicônia. Assim, as condições necessárias para o sucesso na comercialização dessas hastes florais, é a sua durabilidade pós-colheita (ALBUQUERQUE et al., 2014).

No entanto, estudos realizados recentemente por Leite et al. (2023), demonstraram que os genótipos *H. bihai* cv. *Humilis* e *H. rauliniana* apresentaram maior plasticidade e, portanto, maior potencial de aclimação à alta irradiância solar, quando observadas as suas estruturas anatômicas e as alterações fisiológicas. Demonstrando assim, que esses genótipos apresentam potencial para cultivo e para exploração como flores de corte em regiões com alta disponibilidade de irradiação solar.

### **2.3 Estresse luminoso**

Mudanças na luminosidade têm um impacto no desenvolvimento e crescimento das espécies vegetais. Espécies aclimatadas a vários níveis de luz possuem adaptações que potencializam a fotossíntese. Assim, por meio de mudanças fisiológicas e morfológicas, as plantas têm capacidade de se adaptar ao ambiente em que está inserida, ocorrendo modificações na estrutura das mesmas como, alta densidade de tricomas, estômatos profundos, redução de tamanho dos estômatos e aerênquimas com espaços intercelulares que auxiliam a diminuir o peso das folhas (SOUZA et al., 2023). Como resultado, a intensidade da luz induz mudanças na estrutura da folha, dando origem aos termos “folhas de sombra” e “folhas de sol” (CUTTER, 1978).

Segundo Boeger e Wisniewski (2003), folhas de sol apresentam características como folhas pequenas e compactas, paredes celulares mais espessas, presença abundante de cutícula, parênquima paliçádico mais

desenvolvido que parênquima lacunoso, alta frequência de estômatos, e ocasionalmente células menores e esclerênquima abundante. Segundo Cutter (1978) essas características não são apresentadas por folhas de sombra.

Estresses abióticos podem afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas (KOLLIST et al., 2019). As plantas alteram sua bioquímica, fisiológica, morfológica e estrutura molecular em resposta as condições ambientais. Inúmeros estudos se concentraram em compreender como as plantas respondem a estresses únicos. Isso nos ajuda a entender quais os mecanismos de defesa foram ativados e quais processos metabólicos foram alterados (SIDDIQUI et al., 2015; ZHOU et al., 2015; NATALI et al., 2018; QASEEM et al., 2018).

Por outro lado, a alta incidência de luz no ambiente de cultivo pode causar uma elevação da temperatura interna foliar, intensificando a taxa respiratória, onde induz o fechamento estomático e reduz a fixação de dióxido de carbono. Entretanto, baixos níveis de incidência solar não fornecem energia suficiente para plantas não tolerantes, o que restringe a funcionalidade do aparato fotossintético e diminuindo as taxas de crescimento das plantas (GONÇALVES et al., 2012).

Dessa forma, por apresentar altas temperaturas, alta intensidade luminosa e escassez de chuvas, a região do Vale do São Francisco do estado de Pernambuco acaba dificultando o cultivo de algumas espécies de helicônias, podendo interferir no processo de crescimento e na produção de inflorescências (SOUZA et al., 2016; SILVA et al., 2018; NIHAD et al., 2019)

Entretanto, a diversidade genética que compõem a espécies de helicônias podem facilitar o processo de seleção de melhores genótipos para produção como flores de corte e com adaptação á distintas condições de luminosidade (MARULANDA et al., 2018). Dentre essas espécies, está a *H. Psittacorum* que pode ser cultivada tanto no ambiente sombreado, quanto no ensolarado (BOTINI, 2018).

Com objetivo de ação fotoprotetora, tem-se utilizado técnicas de sombreamento em algumas culturas durante a formação de mudas e cultivo em campo. Essa fotoproteção pode permitir um melhor aproveitamento dos raios solares para a fotossíntese e incrementar no seu desenvolvimento. Some-sea isto, o sombreamento pode evitar o aquecimento e diminuir possíveis perdas das

folhas por queimaduras, devido a altas taxas de radiação em períodos quentes (AJALLA et al., 2012).

As plantas que crescem em ambientes sombreados investem no aumento da biomassa e possuem folhas finas para maximizar a absorção de luz. Enquanto as plantas que crescem em alta intensidade solar alocam menos biomassa para a parte aérea e mais para as raízes, a fim de capturar água e nutrientes para suportar suas altas taxas de transpiração (YUAN et al., 2016).

Além das alterações na anatomia foliar, a intensidade de radiação solar também pode afetar a anatomia do caule, alterando o número de feixes vasculares, espessura e número de camadas do esclerênquima, colênquima e do córtex (GOULART e MARCATI, 2008).

A seleção de genótipos e a compreensão dos mecanismos fisiológicos de aclimatação e tolerância a ambientes de sombra e pleno sol são de fundamental importância. Tal conhecimento servirá de suporte para a seleção de genótipos tolerantes às condições de altos níveis de irradiância, bem como possibilitará a implementação de alternativas de manejo para essa espécie, proporcionando maior competitividade, ampliação do mercado e comercialização de flores tropicais no Vale do São Francisco (SOUZA, 2023 e FELISBERTO, 2015).

### 3 REFERÊNCIAS

AJALLA, Ana Cristina Araújo; VOLPE, Edimilson; VIEIRA, Maria do Carmo; ZÁRATE, Néstor Antonio Heredia. Produção de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) sob três níveis de sombreamento e quatro classes texturais de solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 34, n. 3, p. 888-896, Setembro 2012.

ALBUQUERQUE, Abel W. de; SANTOS, José M. dos; FARIAS, Alonso P. de. Produtividade e qualidade pós-colheita de Helicônia Golden Torch submetida a fontes e doses de silício. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.18, n.2, p.173–179, 2014.

ALMEIDA, E. F. A., et al. Flores Tropicais em Minas Gerais. **Circular Técnica**, n. 176, p. 1– 5, novembro, 2012.

ARAÚJO, Saulo Alberto do Carmo; DEMINICIS, Bruno Borges. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 463-472, out./dez. 2009.

BERRY, F.; KRESS, W. J. *Heliconia*, an identification guide. 1 ed., Washington, 1991, 334p.

BOEGER, Maria Regina T.; WISNIEWSKI, Celina. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 26, p. 61-72, 2003.

BOSABALIDIS, Artemios M.; KOFIDIS, George. Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. **Plant science**, v. 163, n. 2, p. 375-379, 2002.

BOTINI, Auclar Felipe. **Produtividade, qualidade e durabilidade de haste floral de espécies de Heliconiaceae, cultivadas a pleno sol e meia sombra**. Tangará da Serra: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2018. 70p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

BRAGA, João Marcelo Alvarenga. *Heliconiaceae* in lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015.

BRAGA, João Marcelo Alvarenga. ***Heliconiaceae* in Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB126>>. Acesso em: 12 set. 2023.

BRAGA, João Marcelo Alvarenga. **Revisão Taxonômica de Heliconiaceae do Brasil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Tese de Doutorado.

BRAINER, Maria Simone de Castro Pereira. Quando nem tudo são flores, a

floricultura pode ser uma alternativa. **Caderno Setorial ETENE**, Ano 3 | Nº 42 | setembro | 2018.

BRAINER, Maria Simone de Castro Pereira.; OLIVEIRA, Alfredo Augusto Porto. Perfil da floricultura no Nordeste Brasileiro. In: CONGRESSO DA SOBER, 44., 2006, **Fortaleza. Anais...** Fortaleza: BNB, 2006. 1 CD-ROM.

COELHO, Jobson Paixão de Amorim. **Manejo do perfilhamento na produção de hastes florais de *Heliconia psittacorum* L.f. cv. Red Opal cultivada em vaso**. Campus de Ciências Agrárias. 2016 90 f: il. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Ciências Agrárias, 2016.

COELHO, Jobson Paixão de Amorim; GERVÁSIO, Eliezer Santurbano; SÁ, Teógene Souza de; CAVALCANTE, Márkilla Zunete Beckmann; SOUZA, Sabrina Gomes de. Management of tillering in the production of flower stems of heliconia cultivated in pots. **Comunicata Scientiae**, v. 10, n. 3, p. 353-363, 2019.

COSTA, Amanda Silva; FREIRE, Antonio Lucineudo Oliveira; BAKKE, Ivonete Alves; PEREIRA, Francisco Hevilásio Freire. Respostas fisiológicas e bioquímicas de plantas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) ao déficit hídrico e posterior recuperação. **Irriga**, v. 20, n. 4, p. 705-717, 2015.

COSTA, Andreza S. et al. Characterization of symptoms of senescence and chilling injury on inflorescences of *Heliconia bihai* (L.) cv. Lobster Claw and cv. Halloween. **Postharvest Biology and Technology**, v. 59, n. 1, p. 103-109, 2011.

CRILEY RA. 1988. Propagation methods for gingers and heliconias. **Bulletin Heliconia Society International** 2: 6-7.

CRONQUIST, Arthur. The Zingiberidae, a new subclass of Liliopsida (Monocotyledons). **Brittonia**, v. 30, p. 505-505, 1978.

CUTTER, E. G. Plant anatomy: cells and tissues part I. **London: William Clowes and Sons**, p. 315-319, 1978.

DALMOLIN, Andrea Carla; THOMAS, Silvio Eduardo de Oliveira; ALMEIDA, Bruna Cristina de; ORTIZ, Carmen Eugenia Rodriguez. Alterações morfofisiológicas de plantas jovens de *Curatella americana* L. submetidas ao sombreamento. **Revista brasileira de Biociências**, v. 13, n. 1, 2015.

DE CASTRO, C. E. F., Gonçalves, C., Moreira, S. R., & Faria, O. A. (2011). Helicônias brasileiras: características, ocorrência e usos. **Ornamental Horticulture**, 17(1), 5-24.

CASTRO, Carlos Eduardo Ferreira de. Inter-relações das famílias das Zingiberales. **Ornamental Horticulture**, v. 1, n. 1, p. 2-11, 1995.

CASTRO, Carlos Eduardo Ferreira de; MAY, André; GONÇALVES, Charleston. Atualização da nomenclatura de espécies do gênero *Heliconia* (Heliconiaceae). **Ornamental Horticulture**, v. 13, n. 1, 2007.

DÍAZ, M. DÍAZ, M., Mansito, P., Pérez-Díaz, M., CID, M., SOCORRO, A. Efecto de las dosis de riego, aplicadas según demanda, en cultivo sin suelo de heliconia. **Actas de Horticultura**, v. 52, p. 300-304, 2008.

DICKISON, William C. **Integrative plant anatomy**. Academic press, 2000.

DRÄGER, Danrlei. Produtividade e valor nutricional da espécie *Heliconia farinosa* Raddi (caetê) cultivada sob diferentes substratos orgânicos. 2022.

FELISBERTO, T. da Silva, de Oliveira Silva, D., de Souza Filho, J. R., dos Santos, W. J., Deon, M. D. I., & Marinho, L. B. (2015). Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da helicônia golden torch no Vale do São Francisco. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI*, 9(5), 335-343.

FREITAS, M. V; SOUZA, N. C; SILVA, L. L; JUNIOR, O. M. R; SOUSA, L. A. S. Perfil dos produtores de plantas ornamentais na comunidade de Benfica,

Benevides, Pará, Brasil. III Congresso Internacional das Ciências Agrárias - INTER – PVDAGRO. 2018.

GIRARDI, Leonita Beatriz. **Disponibilidade hídrica na produção de alstroemeria (Alstroemeria x hybrida) em vasos**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

GONÇALVES, Charleston; TAVARES, Armando Reis; VEJA, Silvia Moreira Rojo; MERIDA, Daniela; CASTRO, Carlos Eduardo Ferreira de. Heliconias with pendent inflorescences as cut flowers. **Ornamental Horticulture**, v. 27, p. 137-154, 2021.

GONÇALVES, José Francisco de Carvalho; SILVA, Carlos Eduardo Moura da; JUSTINO, Gilberto Costa; JUNIOR, Adamir da Rocha Nina. Effect of light environment on growth of young plants of mahogany (*Swietenia macrophylla* King). **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 95, p. 337-344, 2012.

GOULART, Selma Lopes; MARCATI, Carmen Regina. Anatomia comparada do lenho em raiz e caule de *Lippia salviifolia* Cham.(Verbenaceae). **Brazilian Journal of Botany**, v. 31, p. 263-275, 2008.

IBRAFLOR. Instituto Brasileiro de Floricultura. O MERCADO DE FLORES NO BRASIL. In: <https://www.ibraflor.com.br/numeros-setor> Acessado em 05 de novembro de 2022.

JATOBÁ, Lucivânio; SILVA, Alineaurea Florentino; GALVÍNCIO, Josiclêda Domiciano. A dinâmica climática do semiárido em Petrolina–PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 01, p. 136-149, 2017.

NEVES, Marcos Fava; PINTO, Mairun Junqueira Alves; NAKATANI, Júlio Kyosen; NETO, Lourival Monaco. Mapeamento e Quantificação da Cadeia de Flores e Plantas Ornamentais do Brasil. São Paulo: **OCESP**, 1ª. Edição: novembro de 2015.

JUNQUEIRA, Antonio Hélio; PEETZ, Marcia Da Silva. Sustainability in Brazilian floriculture: introductory notes to a systemic approach. **Ornamental Horticulture**, v. 24, p. 155-162, 2018.

KOLLIST, Hannes; ZANDALINAS, Sara I.; SENGUPTA, Soham; NUHKAT, Maris; KANGASJÄRVI, Jaakko; MITTLER, Ron. Rapid responses to abiotic stress: priming the landscape for the signal transduction network. **Trends in plant science**, v. 24, n. 1, p. 25-37, 2019.

KRESS, W. J., Heyer, W. R., Acevedo, P., Coddington, J., Cole, D., Erwin, T. L.; Weitzman, S. H. Amazonian biodiversity: assessing conservation priorities with taxonomic data. **Biodiversity & Conservation**, v. 7, p. 1577-1587, 1998.

KRESS, W. John. The phylogeny and classification of the Zingiberales. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 698-721, 1990.

LAMBERS, H.; Chapin III, F.S. & Pons, T.L. 1998. Plant physiological ecology. New York, Springer Verlag.

LEITE, Fernanda Andrade; SOUZA, Rafaela Ribeiro de; SOUZA, Geisse Carla da Silva; LIMA, Lucas Gomes de; FERREIRA, Clébio Pereira; BECKMANN-CAVALCANTE, Márkilla Zunete. Anatomia foliar e mecanismos morfofisiológicos de aclimatação a alta irradiância em genótipos de helicônias. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 47, p. e000123, 2023.

LEITE, K. P. A.S. Costa, P.G.L. Pinheiro, R.J. Gomes, V. Loges. Postharvest of cut flower *Heliconia stricta*'Bucky' stored under different conditions. In: **X International Symposium on Postharvest Quality of Ornamental Plants 1060**. 2012. p. 235-241.

LOGES, Vivian; TEIXEIRA, Maria do Carmo F.; CASTRO, Ana Cecília R. de; COSTA, Andreza S. da. Colheita, pós-colheita e embalagem de flores tropicais em Pernambuco. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 699-702, 2005.

LOMACHINSKY, M. H. **A evolução da Floricultura Pernambucana: Um novo produto na Pauta de Exportações do Estado.**2005. 75 f. Dissertação (Mestrado em economia). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2005.

LOPES, R. H.; CAVALCANTE K. V. Agricultura familiar no Amazonas e diversificação produtiva. X Encontro da Sociedade Brasileira de economia Ecológica – **ECOECO** – Vitória-ES, 2013.

LUZ, Petterson Baptista da; ALMEIDA, Elka Fabiana Aparecida; PAIVA, Patrícia Duarte de Oliveira; RIBEIRO, Thyara Rocha. Cultivo de Flores Tropicais. In: **INFORME AGROPECUÁRIO**. EPAMIG. Floricultura. Belo Horizonte-MG, v. 26, n. 227, 2005.

MALAKAR, Moumita; BERUTO, Margherita; BARBA-GONZALEZ, Rodrigo. Biotechnological approaches to overcome hybridization barriers and use of micropropagation tool for further improvement in Heliconia: a review. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, v. 149, n. 3, p. 503-522, 2022.

MALAKAR, Moumita; PAIVA, PATRÍCIA Duarte de Oliveira; BERUTO, Margherita; NETO, Antonio Rodrigues da Cunha. Review of recent advances in post-harvest techniques for tropical cut flowers and future prospects: Heliconia as a case-study. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1221346, 2023.

Manzer H. Siddiqui; Mutahhar Y. Al-Khaishany; Mohammed A. Al-Qutami; Mohamed H. Al-Wahaibi; Anil Grover; Hayssam M. Ali; Mona S. Al-Wahaibi; Najat A. Bukhari. Response of different genotypes of faba bean plant to drought stress. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 5, p. 10214-10227, 2015.

MARULANDA, Marta Leonor; ISAZA, Liliana; LÓPEZ, Paola Andrea. Caracterización de la diversidad genética de cultivares comerciales de heliconias en el centro occidente de Colombia. **Agronomía Costarricense**, v. 42, n. 1, p. 7-20, 2018.

MAZA, V. Cultivo, cosecha y poscosecha de Heliconias y flores tropicales. **Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe de Medellín, Medellín, Colombia**, 2004.

NASCIMENTO, Talita Oliveira. **Divergência genética e biologia reprodutiva de *Heliconia* spp.** Tangará da Serra: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2016. 71p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

NATALI, Lucia; VANGELISTI, Alberto; GUIDI, Lucia; REMORINI, Damiano; COTROZZI, Lorenzo; LORENZINI, Giacomo; NALI, Cristina; PELLEGRINI, Elisa; TRIVELLINI, Alice; VERNIERI, Paolo; LANDI, Marco; CAVALLINI, Andrea; GIORDANI, Tommaso. How *Quercus ilex* L. saplings face combined salt and ozone stress: a transcriptome analysis. **BMC genomics**. 19, 872 (2018).

NEVES, M. F.; ALVES PINTO, M. J. Mapeamento e Quantificação da Cadeia de Flores e Plantas Ornamentais do Brasil, São Paulo, nov. **Consultado em**, v. 20, 2015.

Nihad, K.; Berwal, M.K.; Hebbar, K.B.; Bhat, R.; Haris, A.A.; Ramesh, S.V. Photochemical and biochemical responses of heliconia (*Heliconia stricta* "Iris") to different light intensities in a humid coastal environment. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, v.60, p.799-808, 2019.

OLIVEIRA FILHO, Silvio Fernando Santana; MELO, André de Souza; XAVIER, Leonardo Ferraz; SOBEL, Tiago Farias; COSTA, Ecio de Farias. Adoção de estratégias para redução de riscos: identificação dos determinantes da diversificação produtiva no Polo Petrolina-Juazeiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 52, p. 117-138, 2014.

PAIVA, Patrícia de Oliveira; ALMEIDA, Elka Fabiana Aparecida. Produção de Flores de Corte. Lavras. Ed. UFLA, v. 2. 2014.

PAIVA, Patrícia Duarte de Oliveira; BECKMANN-CAVALCANTE, Márkilla Zunete. What does Tropical and Subtropical Plant mean?. **Ornamental**

**Horticulture**, v. 29, p. 122-123, 2023.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONCALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RUTHER, R. R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. Sao Jose dos Campos: Inpe, 2017. 80 p.

PINHEIRO, Paula Guimarães Lago. **Caracterização de helicônias para o paisagismo**. 2010.

QASEEM, Mirza Faisal; QURESHI, Rahmatullah; MUQADDASI, Quddoos H.; SHAHEEN, Humaira; KOUSAR, Rehana; RÖDE, Marion S. Genome-wide association mapping in bread wheat subjected to independent and combined high temperature and drought stress. **PLoS one**, v. 13, n. 6, p. e0199121, 2018.

SANTOS, Aldeize da Silva. **Crescimento e fisiologia de mudas de *Myrocarpus frondosus* Allem. (Fabaceae) e *Luehea divaricata* Mart. & Zucc. (Malvaceae) sob diferentes níveis de sombreamento**. 2016. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

SANTOS, Débora Leonardo dos; RAKOCEVIC, Miroslava; TAKAKI, Massanori; Ribaski, Jorge. Morphological and physiological responses of *Cedrela fissilis* Vellozo (Meliaceae) seedlings to light. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, p. 171-182, 2006.

SANTOS, Emilia. **Revisão das espécies do gênero *Heliconia* L. (Musaceae s. l.) espontâneas na Região Fluminense**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1978. 116p. (Dissertação - Mestrado em Botânica).

SANTOS, Maria Herbênia Lima Cruz. **Fisiologia pós-colheita de sorvetão (*Zingiber spectabile* Griff.) cultivado no Submédio São Francisco**. 2007. 94 f. Tese (Doutorado em 12 Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007.

SCHOENMAKER, K. O mercado de flores no Brasil. Ibraflor – **Instituto Brasileiro de Floricultura**. 01/ 2021.

SEBRAE. Flores e Plantas Ornamentais do Brasil: Série Estudos Mercadológicos. Vol 1. ed. [S. l.]: SEBRAE, 2015. Disponível em:[http://www.hortica.com.br/artigos/2015/FPO\\_BR\\_Estudos\\_Mercadologicos\\_2015\\_Vol1.pdf](http://www.hortica.com.br/artigos/2015/FPO_BR_Estudos_Mercadologicos_2015_Vol1.pdf). Acesso em 15 de março de 2022.

SILVA, A.A.; Beckmann-Cavalcante, M.Z.; Silva, E.M.; Pavan, B.E.; Lobo, J.T.; Silva, M.L.N. Heliconia cv. Golden Torch cultivated under different irrigation depths in protected environment. *Ornamental Horticulture* , v.24, p.63-69. 2018.

SOUZA, Rafaela Ribeiro de; BECKMANN-CAVALCANTE, Márkilla Zunete.; SILVA, Alcilane A.; SILVA, Everaldo M. da; BRITO, Leonardo P. da S.; SILVA, Adriano 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.

SOUZA, Rafaela Ribeiro; NETO, José M. da Silva; SILVA, Raphael R. da; SOUZA, Geisse Carla da Silva; FIGUEIREDO, Hebert Fernandes de; NETO, Vespasiano Borges de Paiva; BORGES, Mônica C. R. Z.; BECKMANN-CAVALCANTE, Márkilla Z. Impacto da irradiância solar nas trocas gasosas e crescimento de helicônias cultivadas em região semiárida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 757-763, 2023.

SUPRASANNA, P.; JAIN, S.M. Biotechnology and induced mutations in ornamental plant improvement. **Acta Horticulturae**, v.1334, p.1-11, 2021.

VEHNIWAL, Sanjamveer S. OFOE, R.; ASIEDU, S.K.; HOYLE, J.; ABBEY, L. Extension of cut carnation vase life using compost tea, putrescine and plant extracts. **Sustainable Agriculture Research**, v. 10, n. 1, p. 32-45, 2021.

VENCATO, Ângela. et al. Anuário brasileiro das flores 2006. Santa Cruz do Sul:

Gazeta Santa Cruz, 2006.

WONG, Shau-Lian et al. Using combined measurements for comparison of light induction of stomatal conductance, electron transport rate and CO<sub>2</sub> fixation in woody and fern species adapted to different light regimes. **Tree Physiology**, v. 32, n. 5, p. 535-544, 2012.

YUAN, Chun-ming; WU, Tao; CHAI, Yun-fen Geng Yong; HAO, Jia-bo. Phenotypic plasticity of lianas in response to altered light environment. **Ecol. Res.** v. 31, p. 375–384. 2016.

YUE, Chengyan; HALL, Charles. Traditional or specialty cut flowers? Estimating US consumers' choice of cut flowers at noncalendar occasions. **HortScience**, v. 45, n. 3, p. 382-386, 2010.

ZHOU, Rong ; YU, Xiaqing ; KJÆR, Katrine H. ; ROSENQVIST, Eva ; OTTOSEN, Carl-Otto ; WU, Zhen. Screening and validation of tomato genotypes under heat stress using Fv/Fm to reveal the physiological mechanism of heat tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 118, p. 1-11, 2015.

#### 4. ALTERAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS DE GENÓTIPOS DE HELICÔNIAS CULTIVADAS SOB ALTA IRRADIÂNCIA SOLAR EM REGIÃO SEMIÁRIDA.

##### Resumo

Altos níveis de irradiação solar causam redução do crescimento e produtividade de helicônias. No entanto, são escassas as informações relacionadas a compreensão dos mecanismos anatômicos e fisiológicos que permitem a aclimatação de genótipos de Helicônias às condições de alta irradiação solar e o potencial produtivo sob condições de campo em regiões semiáridas como Vale do São Francisco. Neste sentido, objetivou-se avaliar as características anatômicas, o efeito da intensidade de luz e o potencial produtivo de cinco genótipos *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Golden Torch; *H. psittacorum* cv. Red Opal; *H. bihai* cv. Lobster Claw Two; *H. rauliniana* e *H. rostrata*, cultivadas em condições semiáridas. Durante um ano de instalação do experimento foram realizadas as avaliações de crescimento, anatomia foliar, trocas gasosas e produtividades de hastes florais. Verificou-se que as respostas são dependentes do genótipo em interação com o ambiente. A cv. Golden Torch e cv. Red Opal e *H. rauliniana* exibiram maior tolerância a condições de alta irradiação solar. O cultivo de helicônias em ambiente com sombreamento (50%) favoreceu maior produtividade de hastes florais de todos os genótipos. Em condições semiáridas a cv. Golden Torch e cv. Red apresentaram maior tolerância e alto potencial produtivo, com produção de hastes florais durante todo o ano.

**Palavras-Chave:** *Heliconia* ssp., fotossíntese, semiárido, anatomia foliar.

##### INTRODUÇÃO

Devido à sua forte expansão, a floricultura brasileira ganhou considerável competitividade no mercado, espalhada por todo o país, e hoje é um importante setor econômico no Brasil (Souza et al., 2020). Dentro do consumo de plantas ornamentais, as flores tropicais estão ganhando um espaço especial e tornando-se popular entre as flores de corte, devido às suas cores exuberantes, suas formas e durabilidade pós-colheita (Carrera-Alvarado, 2021).

Embora a procura por plantas ornamentais tenha aumentado significativamente no mercado, a oferta continua baixa, sendo necessária a expansão das plantações em regiões promissoras como o Vale do São Francisco, ajudando a diversificar a economia local (Souza, 2023).

As condições de cultivo da Helicônia variam de acordo com o genótipo e as condições climáticas predominantes da região, podendo ser cultivada em locais de sombra ou pleno sol, onde afeta diretamente a aparência e a qualidade das

hastes florais (Paiva e Almeida, 2014). No entanto, em regiões semiáridas, o cultivo e a exploração comercial dessas espécies podem enfrentar desafios, devido aos altos níveis de irradiação solar que podem causar redução no crescimento e desenvolvimento das plantas (Souza et al., 2016; Silva et al., 2018; Nihad et al., 2019).

A intensidade luminosa que uma planta está exposta fornece informações importantes quanto ao seu comportamento fisiológico (Saraiva et al., 2014) e como mecanismo de defesa contra às condições de alta irradiância no ambiente, as plantas devem ajustar a capacidade de seu aparato fotossintético. No entanto, o grau dessa eficiência varia dependendo da espécie, de fatores genéticos ou condições abióticas a que estão expostas, onde se reflete no crescimento geral da planta (Schock et al., 2014; Silva et al., 2015).

Assim, as plantas apresentam mecanismos fisiológicos de adaptação com o objetivo de se modificar adquirindo novos fenótipos sob várias condições ambientais, onde são conhecidas como plasticidade fenotípica (Perera Castro et al., 2017). É de grande importância que uma espécie apresente plasticidade, pois permite que ela se adapte aos recursos disponíveis e às variações do ambiente em que vive (Arantes et al., 2020).

Sob o mesmo ponto de vista, em trabalhos realizados por Souza (2023), os genótipos de helicônia *H. bihai* e *H. rauliniana* possuem alta plasticidade para o acúmulo de clorofilas, onde investem mais em energia para a síntese e acúmulo de pigmento. Dessa forma, esse mecanismo pode ajudar a melhorar o aproveitamento da luz incidente e permitir uma maior eficiência fotossintética em condições de sombreamento.

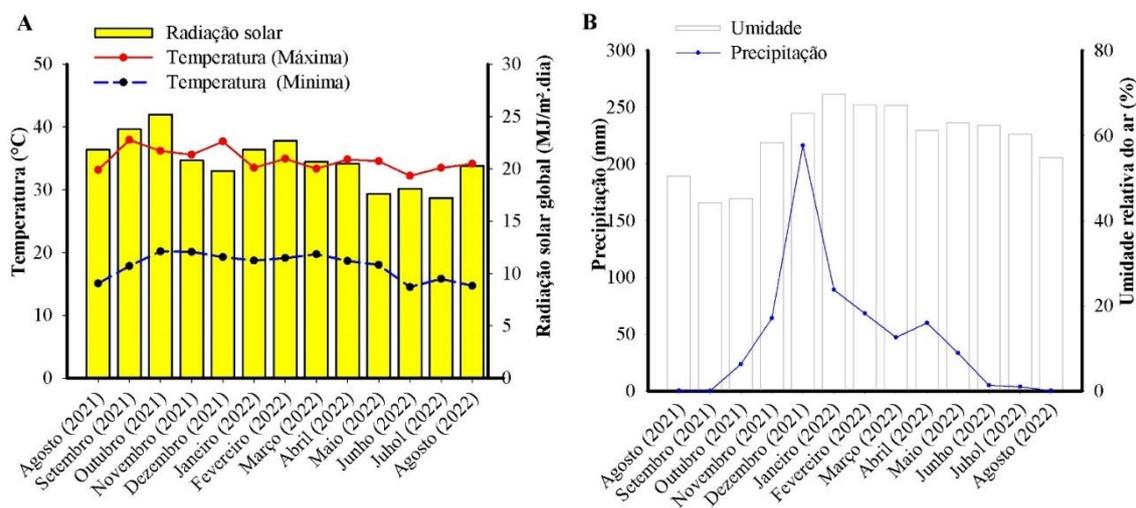
Desta forma, estudos relacionados à compreensão dos mecanismos fisiológicos de aclimação em plantas cultivadas sob condições de sombreamento e pleno sol são imprescindíveis para a seleção de genótipos que tolerem ou se adaptem a cultivos sob os altos níveis de irradiância (Souza et al., 2023).

Neste contexto, objetivou-se avaliar as características anatômicas, o efeito da intensidade de luz e o potencial produtivo de cinco genótipos *H. psittacorum* x *H. spathocircinata* cv. Golden Torch; *H. psittacorum* cv. Red Opal; *H. bihai* cv. Lobster Claw Two; *H. rauliniana* e *H. rostrata*, cultivadas em condições semiáridas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Descrição do local e delineamento experimental*

O experimento foi conduzido em Petrolina, Pernambuco- Brasil (09° 19' 14" S, 40° 32' 40" W, e 387 m de altitude), no Submédio do Vale do São Francisco. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é BSw<sup>h</sup>, o que corresponde a uma região climaticamente árida, com período chuvoso de janeiro a abril (Alvares et al., 2013). Os dados de temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar foram obtidos da Estação Meteorológica Automática Davis, modelo Vantage PRO 2, com sensores de temperatura ( $\pm 0,5\%$ ) e umidade do ar ( $\pm 35\%$ ), localizada a 500 m da área de cultivo (Figura 1). Para caracterização da densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (PPFD) disponível em cada condição de luminosidade (pleno sol e sombreamento de 50%) foram realizadas medidas utilizando um analisador de gases infravermelho portátil (IRGA, LI 6400 XT, LI-COR Biosciences, Lincoln, NE, EUA), obtendo-se os valores de de  $1.800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o pleno sol e  $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o ambiente com sombra, indicando que a malha de sombreamento reduziu a radiação solar em 50%.



**Figura 1.** Temperatura máxima, mínima e média do ar, radiação solar global (A), umidade relativa do ar e precipitação (B) registradas durante o período experimental.

Os solos das áreas sombreadas e de pleno sol foram caracterizados como textura franco-arenosa, composto por 17,8 e 17 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica (método de extração a seco), pH (H<sub>2</sub>O) de 6,92 e 6,06, fósforo de 26,5 e 39,6 mg

dm<sup>-3</sup> de solução do solo (extração com resina de troca aniônica), potássio de 0,30 e 0,50 cmolc dm<sup>-3</sup>, sódio de 0,11 e 0,29 cmolc dm<sup>-3</sup>, boro de 0,97 e 1,15 cmolc dm<sup>-3</sup>, zinco de 2,5 e 6,8 cmolc dm<sup>-3</sup> de solo (método Mehlich 1), cálcio de 2,25 e 1,64 cmolc dm<sup>-3</sup> e magnésio (extração de KCl) de 0,77 e 0,97 cmolc dm<sup>-3</sup>, respectivamente.

Inicialmente foram preparadas mudas de helicônias através de propagação vegetativa via rizomas. Os rizomas dos genótipos *H. psittacorum* x *H. spsthocircinata* cv. Golden Torch, *H. psittacorum* cv. Red Opal, *H. bihai* cv. Lobster Claw Two, *H. rauliniana* e *H. rostrata* foram obtidas de coleção comercial em Recife-PE (Fazenda Mumbecas, Guabiraba, Recife, Brasil). Os rizomas foram lavados, desinfetados em solução de hipoclorito de sódio (cloro ativo a 1%) por 20 minutos e padronizados para 20 cm de comprimento contendo duas gemas por rizoma. Posteriormente foram cultivadas em vasos com capacidade de 11 L preenchidos com areia e esterco na proporção de 1:1. O material foi mantido em condições de sombreamento com 50% de sombreamento por 120 dias. Após esse período as mudas foram padronizadas (um par de folhas expandidas) e transplantadas para as áreas experimentais (pleno sol e 50% de sombreamento). A área de sombreamento consistiu em uma estrutura coberta com telas de sombreamento de 50% do tipo sombrite com fechamento lateral.

O transplântio das mudas para as áreas experimentais foi feito em covas de 20 cm de largura e 20 cm de profundidade, utilizando-se uma muda por cova com espaçamento de 1,5 entre plantas e 2,0 m entre linhas. No plantio foram incorporados ao solo da cova 45 g de cova de fósforo (P) (Fosfato Monoamônico, 61% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 2 L de esterco bovino curtido. Foi adotado sistema de irrigação por microaspersão com vazão nominal de 60 L h<sup>-1</sup> e a irrigação foi realizada três vezes por semana até atingir a capacidade de campo.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com os tratamentos distribuídos em parcelas subdivididas, com seis repetições (constituída por uma planta). Nas parcelas foram avaliadas as condições de luminosidade (ambientes de pleno sol e sombreamento (50%)) e nas subparcelas, genótipos de helicônia (*H. psittacorum* x *H. spsthocircinata* cv. Golden Torch, *H. psittacorum* cv. Red Opal, *H. bihai* cv. Lobster Claw Two, *H. rauliniana* e *H. rostrata*).

Aos 6 meses após a implantação do experimento foram realizadas

avaliações de crescimento, anatomia e trocas gasosas.

### *Crescimento*

Os parâmetros de crescimento avaliados foram: número de folhas (NF), número de perfilhos por touceira (NP), incremento de altura (IA); obtida por meio da relação entre a altura inicial (no momento de transplante) e final (aos 6 meses após cultivo), área foliar total por touceira (AFT) e área da touceira (AT). A AFT, foi calculada usando a Eq. 1, conforme proposto por Zucoloto et al. (2008).

$$AFT = 0.5187 (L \times C \times N) + 9.603,5$$

Onde AFT é a área foliar total estimada, L é a largura, C é o comprimento e N é o número total de folhas.

### *Anatomia foliar*

Para as avaliações anatômicas foram coletadas amostras de folhas totalmente expandidas da porção mediana das plantas, para cada tratamento, dando preferência à parte central de cada planta. Em seguida, fragmentos da porção mediana das folhas foram submetidos à fixação em solução FAA70 (formaldeído, ácido acético e álcool etílico 70%, na proporção de 5:5:90 respectivamente) por 48 horas em vácuo e posteriormente armazenados em 70 % etanol (Johansen, 1940).

Para análise estrutural, as amostras ( $\leq 0,125 \text{ cm}^3$ ) foram submetidas à desidratação em séries etílicas crescentes. Após a desidratação, a polimerização com resina plástica de hidroxietilmetacrilato (Leica Historesin; Heraeus Kulzer, Hanau, Alemanha) foi realizada conforme Paiva, Pinho e Oliveira (2011). Seções transversais de 5  $\mu\text{m}$  de espessura foram cortadas com micrótomo rotativo (Marca: Lupe, Modelo: MRP-09) e posteriormente coradas em azul de toluidina 0,1% e montadas em Entellan® (O'brien; Feder; McCully, 1964). Após a confecção das lâminas, as imagens digitais foram obtidas com fotomicroscópio (Marca: Diagtech, Modelo: série XJD300) com sistema de câmeras acopladas a um microcomputador e analisadas com o software Image Pro-Plus 4.0.

Foram medidas a espessura do mesofilo, parênquima paliçádico e esponjoso, parênquima aerífero, epiderme e hipoderme em ambas as faces das

folhas. Para análise de superfície e contagem de estômatos, porções de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup> da região mediana da folha foram submetidas à técnica de impressão epidérmica com cola adesiva (Super Bonder®) e a contagem de estômatos foi realizada com auxílio do microscópio óptico em quatro campos. Após observação das lâminas foram obtidos, a densidade estomática a partir do número de estômatos por unidade de área foliar e o índice estomático calculado de acordo com:

$$IE = (NE \times 100)/(CE + NE)$$

Onde: IE é índice estomático, NE é o número de estômatos, CE é o número de células epidérmicas.

Além disso, foram realizadas medidas dos diâmetros polar e equatorial para obter a funcionalidade estomática/RDE (considerada como a razão entre o diâmetro polar e o diâmetro equatorial dos estômatos).

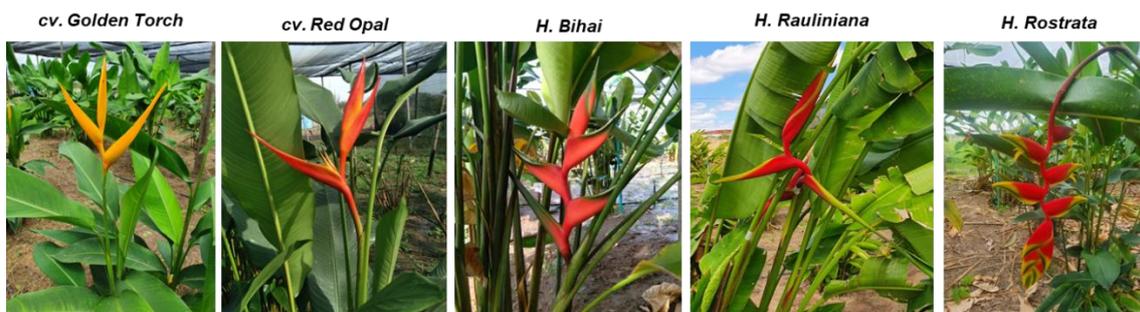
#### *Trocas gasosas*

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas utilizando um analisador de gases infravermelho portátil (IRGA, LI 6400 XT, LI-COR Biosciences, Lincoln, NE, EUA). As medições de trocas gasosas foram realizadas para determinar fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>), taxa aparente de transporte de elétrons (ETR), déficit de pressão de vapor (DPV) e temperatura foliar (TF). AS medições foram realizadas entre 9h e 11h, sendo utilizadas aleatoriamente três plantas de cada espécie por tratamento e três folhas totalmente expandidas do terço médio da planta. E o IRGA foi calibrado em concentração constante de CO<sub>2</sub> (300 ppm), e a intensidade luminosa utilizada simulou as condições de cada ambiente, com valores de 1800 e 900 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> respectivamente, para o ambiente a pleno sol (PS) e 50% sombreamento (SB).

#### *Produtividade de hastes florais*

A partir dos 90 dias após a implantação do experimento, alguns genótipos entraram em fase de pleno florescimento e ao longo de um ano do período

experimental as hastes foram colhidas quando apresentavam de duas a três brácteas abertas (Figura 2). A colheita foi realizada sempre pela manhã, e a produção mensal (número de hastes florais) foi contabilizada. A produtividade anual (número de hastes florais  $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ) foi estimada multiplicando a produção de hastes por planta pelo número de plantas por hectare.



**Figura 2.** Espécies de heliconias utilizadas com seus pontos de colheita.

### *Análise estatística*

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) através do teste F a 5% de probabilidade, e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott com nível de significância de 0,05. Todos os testes foram realizados no software Sisvar (Ferreira, 2014). Todos os dados também foram submetidos a análise de Componentes principais usando o software R (R Development Core Team 2023).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### *Crescimento*

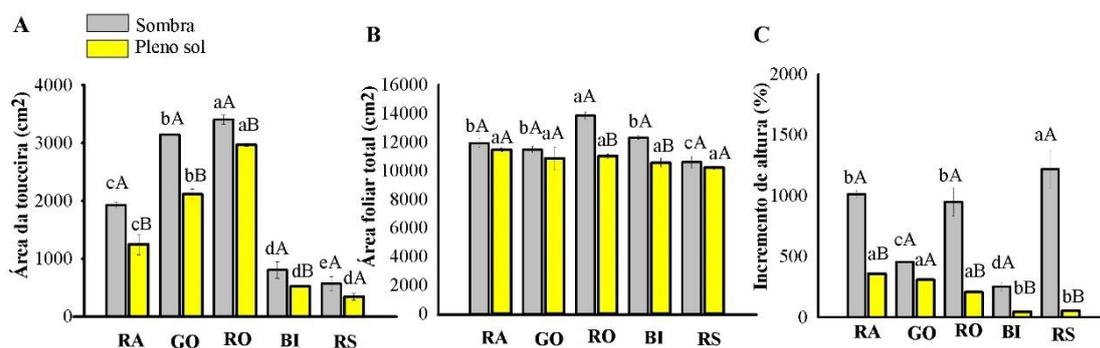
A condição de luz influenciou significativamente o NP, AFT e IA (Tabela 1), e no geral, foi observado que plantas de helicônias cultivadas em condições de sombra (SB) apresentaram valores médios de NP, AFT e IA superiores quando comparado as plantas cultivadas em pleno sol (PS). Quanto ao efeito isolado dos genótipos verifica-se que há diferentes padrões de crescimento, e plantas de *H. cv. Red Opal* apresentaram valores superiores para as variáveis de NF e AFT. Já o NP foi similar entre os genótipos, exceto plantas de *H. rostrata* que apresentaram valores inferiores (Tabela 1).

**Tabela 1** - Resumo da análise de variância de diferentes genótipos de helicônias cultivadas sob diferentes condições de luz (pleno sol e 50% de sombreamento) em número de folhas (NF), número de perfilhos (NP), área da touceira (AT), área foliar total (AFT) e incremento da altura (IA)

Fator	NF	NP	AT	AFT	IA
	(--)	(--)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(%)
Condição de luz (A)	1.06 <sup>ns</sup>	70.41*	17.260 ns	27.176 *	169.19*
Pleno sol	3.5±0.17	12.3±0.83 b	1484.8±262.9	10819.1±99.8 b	194,69±38.31 b
Sombra	3.8±0.37	14.5±1.05 a	1924.0±338.4	12061.4±270.5 a	778.24±114.70 a
C.V. (A) %	36,86	16.98	16.99	8.07	25.26
Genótipo (B)	14.45*	193.60*	386.757*	10.946 *	25.99*
<i>H. bihai</i>	3.3±0.35 b	14.1±0.80 a	664.0±106.2 d	11427.5±461.6 b	149,06±48.48 c
cv. Golden Torch	3.7±0.21 b	14.7±1.57 a	2630.0±341.6 b	11255.9±177.3 b	382.5±32.87 b
<i>H. rauliniana</i>	3.0±0.31 b	15.5±1.15 a	1587.0±217.2 c	11694.2±189.6 b	685,4±147.3 a
cv. Red Opal	5.5±0.5 a	16.3±1.16 a	3182.7±193.3 a	12422.2±470.9 a	578.7±174.20 a
<i>H. rostrata</i>	2.6±0.39 b	6.4±0.9 b	457.9±81.9 e	10401.5±163.3 c	636.5±269.24 a
C. V. (B) %	28.65	26.60	8.72	6.70	21.82
A x B	5.10 <sup>ns</sup>	20.29 <sup>ns</sup>	14.906*	5.527 *	23.35*

Os valores são relatados como média ± erro padrão ns, \*\* e \* indicam teste F não significativo e significativo em P<0,01 e P<0,05, respectivamente; CV. = coeficiente de variação. Média seguida pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

A interação entre os fatores condição de luz e genótipos foi significativa apenas para as variáveis de AT, AFT e IA (Tabela 1). Neste contexto, foi observado que a AT de todos os genótipos foram significativamente superior em condições de SB com exceção das plantas de *H. rostrata* (Figura 3A). Embora a condição de luz não tenha influenciado na AT de plantas de *H. rostrata* observa-se que tanto em PS como em SB as plantas desse genótipo apresentaram AT menor (Figura 3A). Enquanto que as plantas de *H. cv. Red Opal* apresentaram maiores médias de AT nas duas condições de luz (Figura 3A).



Barras seguidas da mesma letra não diferem ao nível de significância de 0,05 pelo teste de Scott-Knott. Letras maiúsculas comparam diferentes condições de luz para o mesmo genótipo, e letras minúsculas comparam genótipos para a mesma condição de luz

**Figura 3.** Área da touceira (A), área foliar total (B) e incremento de altura (C) de helicônias (*H. rauliniana* (RA), *H. psittacorum* x *H. spsthocircinata* cv. Golden Torch (GO), *H. psittacorum* cv. Red Opal (RO), *H. bihai* cv. Lobster Claw Two (BI), e *H. rostrata* (RS)) cultivadas em diferentes condições de luz (sombra e pleno sol).

Quanto a AF foi observado que os genótipos *H. cv Red Opal* e *H. bihai* apresentaram valores superiores na sombra, enquanto que plantas de *H. rostrata*, *H. cv. Golden Torch* e *H. rauliniana* a disponibilidade de luz não apresentou efeito. Todos os genótipos apresentaram valores de AF semelhantes quando cultivados em PS (Figura 3B). Porém, em SB detectou-se diferenças significativas entre os genótipos e as plantas de *H. cv. Red Opal* apresentaram valores superiores, enquanto que a *H. rostrata* apresentaram valores de AF inferiores comparado aos outros genótipos (Figura 3B).

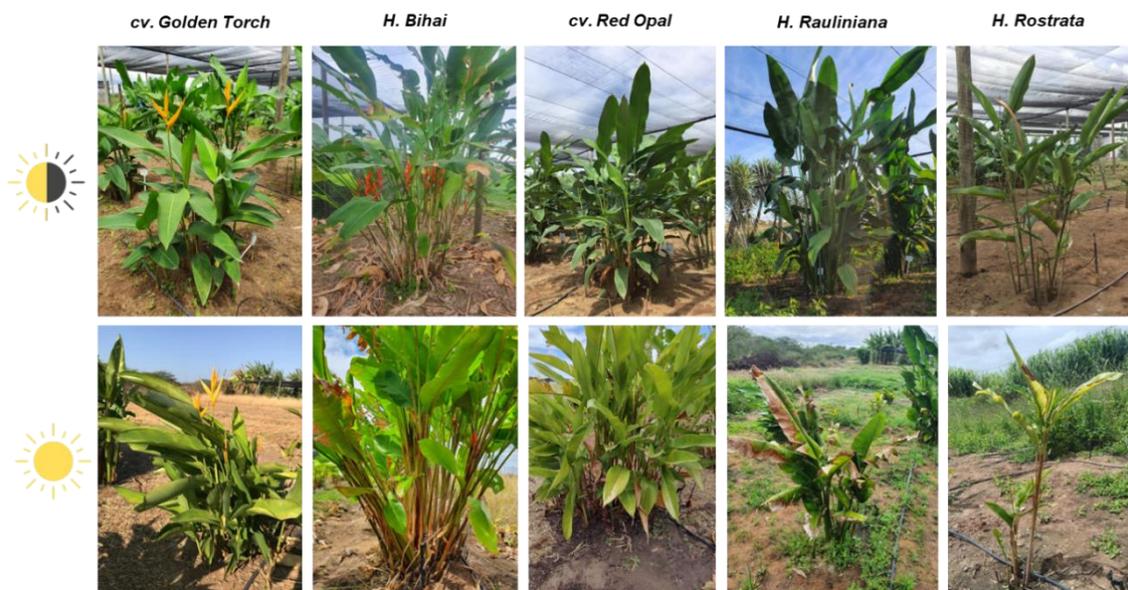
Em SB todos os genótipos apresentaram IA maior quando comparado ao PS, exceto plantas de *H. cv. Golden Torch* que obtiveram IA semelhante em

ambas condições de luz (Figura 3C). Em PS o IA foi significativamente superior nos genótipos *H. rauliniana*, *H. cv. Golden Torch* e *H. cv. Red Opal*. Em contraste, sobre a mesma condição, os genótipos *H. bihai* e *H. rostrata* apresentaram valores inferiores (Figura 3C). Apesar de plantas de *H. rostrata* apresentarem em PS menores valores de IA, nota-se que em SB a resposta é inversa, e *H. rostrata* apresenta IA significativamente superior quando comparado aos outros genótipos (Figura 3C).

A maior intensidade de luz disponível no ambiente de pleno sol afetou de forma negativa no número de perfilhos, área foliar e incremento de altura de plantas dos genótipos *H. bihai* e *H. rostrata* (Figura 4). Indicando que esses genótipos apresentam maior sensibilidade a alta irradiação quando comparado aos demais genótipos estudados. Plantas da *H. cv. Golden Torch* obtiveram IA semelhantes em ambas condições de luz.

Resultados semelhantes foram obtidos por Souza et al. (2023), ao avaliar os efeitos da intensidade luminosa no crescimento e na fotossíntese de genótipos de helicônias em condições semiáridas e monitorar possíveis genótipos tolerantes à alta irradiação solar durante a fase inicial de desenvolvimento em condições semiáridas. Esse comportamento demonstra que plantas de *H. cv. Golden Torch* apresentam para este parâmetro menor sensibilidade e menor plasticidade à quantidade de luz comparado aos demais genótipos.

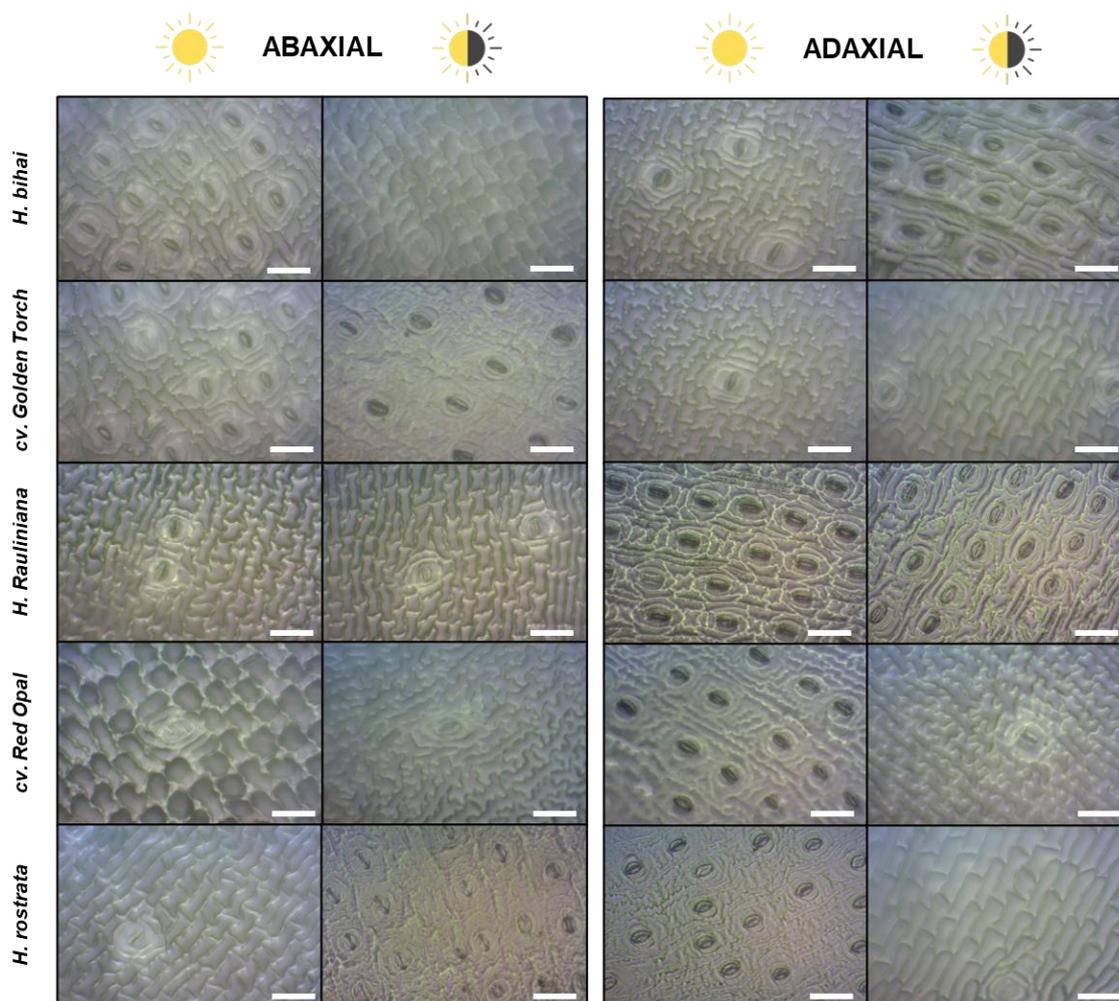
Em condições de sombra, os genótipos *cv. Red Opal* e *H. bihai* apresentaram maior área foliar (Figura 4). Resultados semelhantes foram observados por Santos et al. (2022) em *Euphorbia milii* e Souza et al. (2023) em helicônias, nas quais as áreas foliares aumentaram em condições de sombreamento. Esse aumento de superfície na área foliar indica um ajuste que possivelmente assegura uma maior exposição à luz em ambientes com menor disponibilidade de luz, garantindo assim a manutenção de funções metabólicas, em especial a fotossíntese (Lima, 2016).



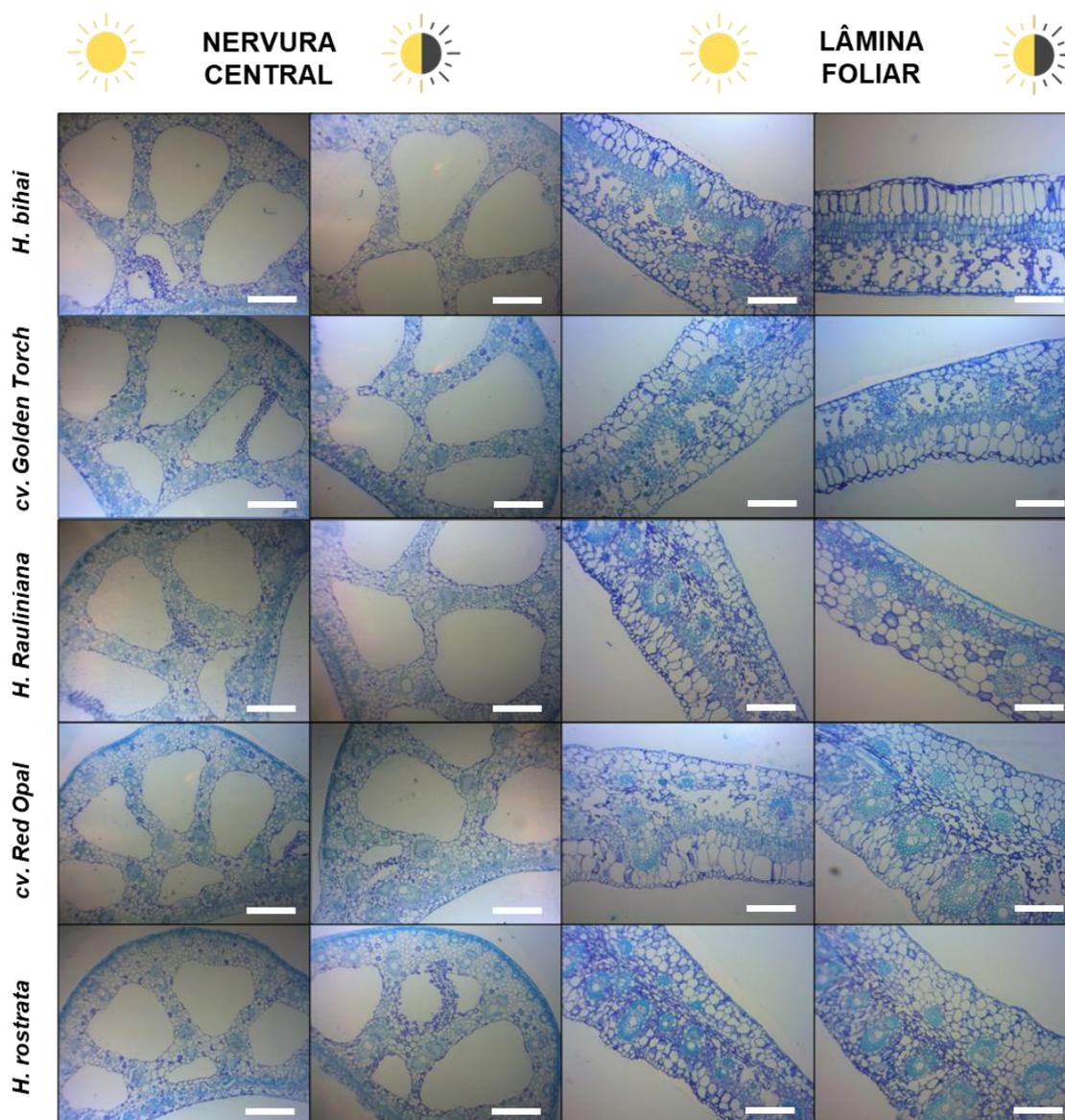
**Figura 4.** Aspectos, estrutura e características dos genótipos cv. Golden Torch, *H. bihai*, cv. Red Opal, *H. rauliniana*, e *H. rostrata* cultivadas em condições de pleno sol e sombra.

#### *Anatomia foliar*

As folhas de helicônias exibem estômatos nas faces abaxial e adaxial da epiderme, e os estômatos possuem quatro células subsidiárias, sendo duas paralelas às células-guarda e duas nos polos, sendo classificados como tetracítico (Figura 5). A epiderme é uniestratificada e há presença de células subepidérmicas conhecidas como hipoderme nas duas faces (Figura 4). O mesofilo foi identificado com duas camadas de parênquima paliçádico, enquanto que o parênquima esponjoso possui várias camadas de células de diferentes formas. E na região na nervura central foi possível observar estruturas de aerênquimas (Figura 6A).



**Figura 5.** Secções paradérmicas da epiderme na face abaxial (esquerda) e adaxial (direita) de folhas de *H. bihai*, *cv. Golden Torch*, *H. rauliniana*, *cv. Red Opal* e *H. rostrata* cultivadas em condições de pleno sol e sombra. Barras = 10 μm.



**Figura 6.** Cortes transversais de folhas de *H. bihai*, *cv. Golden Torch*, *H. rauliniana*, *cv. Red Opal* e *H. rostrata* cultivadas em condições de pleno sol e sombra. Barras = 10 µm.

A disponibilidade de luz no ambiente de cultivo promoveu efeito significativo sobre os parâmetros anatômicos foliares de NE-ad, DE-ad e IE-ad, apresentando valores superiores em PS (Tabela 2 e Figura 7). Além disso, verificou-se interação significativa entre a condição de luz e genótipos em todos os parâmetros de estômatos avaliados, exceto a funcionalidade estomática da face abaxial (RDE-aba) (Tabela 2). Quanto aos diferentes genótipos verificou-se que a *H. rauliniana* apresentou maiores valores de NE-ada (Figura 7A), IE-ada (Figura 7C) e DE-ada (Figura 7E). Além disso, a condição de luz do ambiente especialmente para este genótipo interferiu apenas no IE-ada que foi

significativamente superior em SB (Figura 7C). Embora *H. rauliniana* tenha apresentando superioridade nos valores de NE-ada, DE-ada e IE-ada, nota-se os mesmos parâmetros avaliados na região abaxial obtiveram resultado inverso, e, portanto, as folhas de *H. rauliniana* apresentaram valores inferiores de NE-aba, DE-aba, IE-aba e RDE-aba comparado aos demais genótipos (Tabela 2).

A análise de interação entre os fatores revela ainda que o NE-adaxial (Figura 7A), IE-adaxial (Figura 7C) e DE-adaxial (Figura 7E) de *H. cv. Golden Torch*, *H. cv. Red Opal* e *H. rostrata* apresentaram valores superiores em PS, enquanto que em *H. bihai* o resultado foi contrário, portanto, o NE-adaxial e IE-adaxial de plantas desse genótipo foi superior em SB (Figura 7A e 7C). Quanto a funcionalidade estomática-adaxial (RDE-ad), verifica-se que a condição de luz causou efeito apenas para o genótipo *H. cv. Golden Torch* que apresentou maiores valores em SB (Figura 7G).

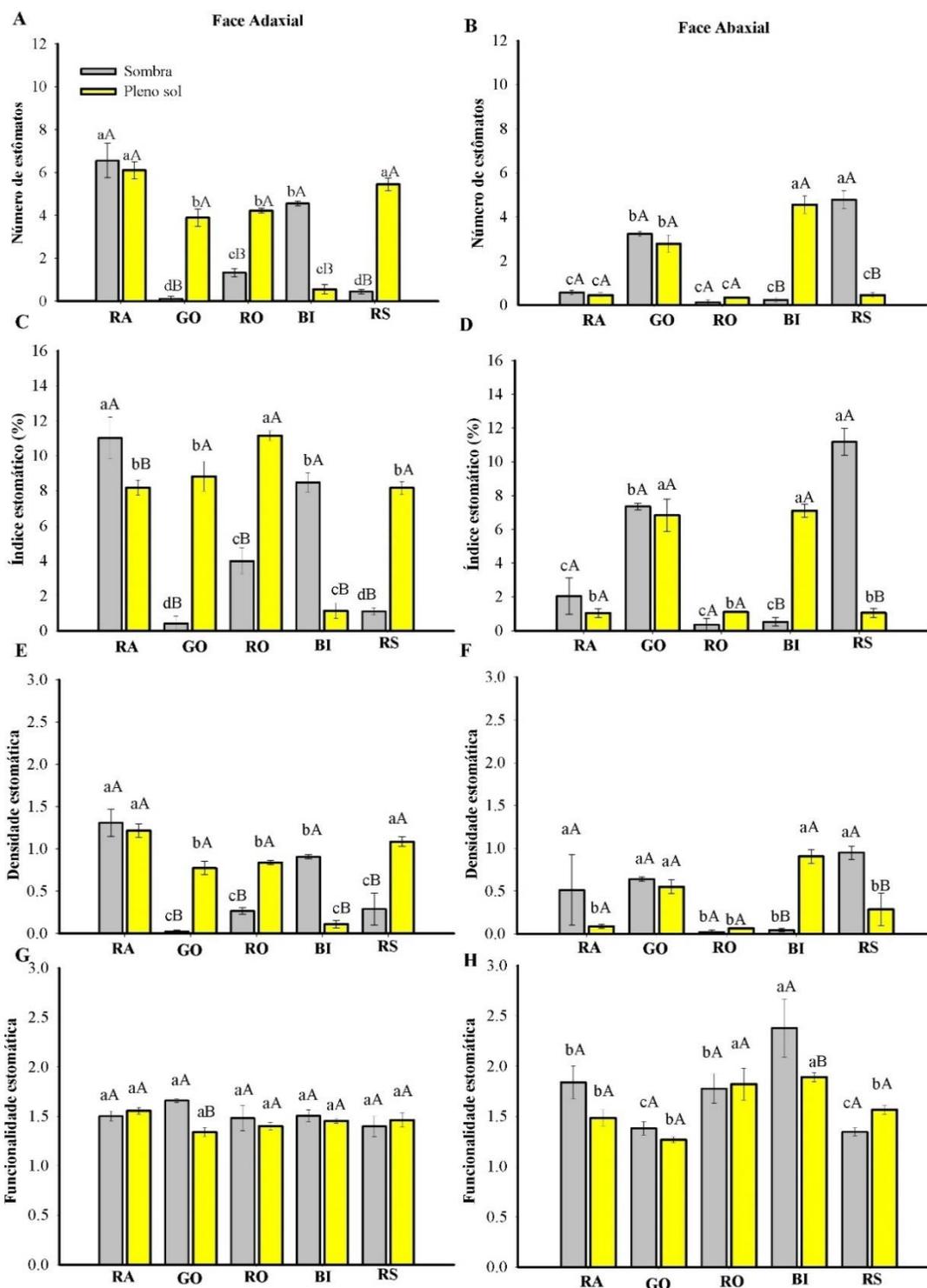
Os parâmetros estomáticos da região abaxial apresentaram padrões distintos aos observados na região adaxial (Figura 4). Dessa forma, observa-se que o NE-aba não foi influenciado pela condição de luz em plantas de *H. rauliniana* e *H. cv. Red Opal*. No entanto, a *H. cv. Golden Torch* e *H. rostrata* apresentaram maior NE-aba em SB, enquanto que em *H. bihai* o NE-aba foi maior em PS (Figura 7B). O IE-aba (Figura 7D) e a DE-aba (Figura 7F) de *H. rauliniana*, *H. cv. Golden Torch* e *H. cv. Red Opal* também não foram influenciados pela condição de luz (Figura 7D). Entretanto, verificou-se efeito em *H. bihai* que apresentou resultados para IE-aba e DE-aba similar ao observado em NE-aba, com valores superiores em PS. Já em folhas de *H. rostrata* observa-se que tanto o IE-aba e DE-aba foram superiores em SB (Figura 7D e 7F).

Com relação a funcionalidade estomática da região abaxial verificou-se efeito da condição de luz apenas sobre os genótipos *H. bihai* e *H. rostrata* que por sua vez, apresentaram resultados contrastantes. Visto que *H. bihai* apresentou maior índice de funcionalidade estomática em SB, e *H. rostrata* apresentou maior índice em PS (Figura 7H).

**Tabela 2** - Resumo da análise de variância de número de estômatos (NF), densidade estomática (DE), índice estomático (IE) e funcionalidade dos estômatos/razão entre o diâmetro polar e o diâmetro equatorial dos estômatos (RDE) das faces adaxial e abaxial de folhas de diferentes genótipos de helicônias cultivadas sob diferentes condições de luz (pleno sol e 50% de sombreamento).

Fator	Adaxial (-ad)				Abaxial (-ab)			
	NE	DE	IE (%)	RDE	NE	DE	IE (%)	RDE
Condição de luz (A)	169.0*	20.17*	520.7*	3.88 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>	0.668 <sup>ns</sup>	6.43 <sup>ns</sup>	5.48 <sup>ns</sup>
Pleno sol	4.04±0.58 a	0.803±0.117 a	7.49±1.02 a	1.44±0.026	1.71±0.51	0.379±0.10	3.42±0.88	1.61±0.069
Sombra	2.6±0.77 b	0.557±0.1498 b	5.002±1.26 b	1.51±0.038	1.77±0.57	0.43±0.13	4.29±1.30	1.74±0.118
C.V. (A) %	9.16	22.06	4.78	6.30	20.93	11.91	24.44	9.63
Genótipo (B)	47.01*	25.85*	23.91*	1.12 <sup>ns</sup>	61.1*	8.15*	52.18*	9.70*
C. V. (B) %	19.34	24.11	18.01	6.44	23.08	38.70	24.38	14.82
A x B	48.47*	25.93*	59.98*	3.92*	87.4*	8.51*	60.09*	2.01 <sup>ns</sup>

Os valores são relatados como média ± erro padrão ns, \*\* e \* indicam teste F não significativo e significativo em P<0,01 e P<0,05, respectivamente; CV. = coeficiente de variação. Média seguida pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade



As barras nas colunas representam o erro padrão. Barras seguidas da mesma letra não diferem ao nível de significância de 0,05 pelo teste de Scott-Knott. Letras maiúsculas comparam diferentes condições de luz para o mesmo genótipo, e letras minúsculas comparam genótipos para a mesma condição de luz.

**Figura 7.** Número de estômatos (A e B), índice estomático (C e D), densidade estomática (E e F) e funcionalidade estomática (G e H) de folhas de helicônias (*H. rauliniana* (RA), *H. psittacorum* x *H. spsthocircinata* cv. Golden Torch (GO), *H. psittacorum* cv. Red Opal (RO), *H. bihai* cv. Lobster Claw Two (BI), e *H. rostrata* (RS)) das faces abaxial e adaxial cultivadas sob diferentes intensidades de luz (pleno sol e 50% de sombra).

A avaliação isolada da condição de luz sobre a espessura dos tecidos foliares demonstrou efeito apenas sobre MES, Had e Hab (Tabela 3). Dessa forma, plantas de helicônias cultivadas sobre condições de mais alta intensidade de luz (PS) apresentaram maiores valores de MES e Hab, enquanto que plantas cultivadas em SB apresentaram maior Had (Tabela 3). Além disso, nota-se que a estrutura anatômica foliar é altamente influenciada pelo genótipo, uma vez que todos os parâmetros avaliados apresentaram efeito significativo para esse fator (Tabela 3). No entanto, também é possível verificar que grande parte das características anatômicas foliares são dependentes da interação entre os fatores condição de luz e genótipo, exceto PA e Ead (Tabela 3).

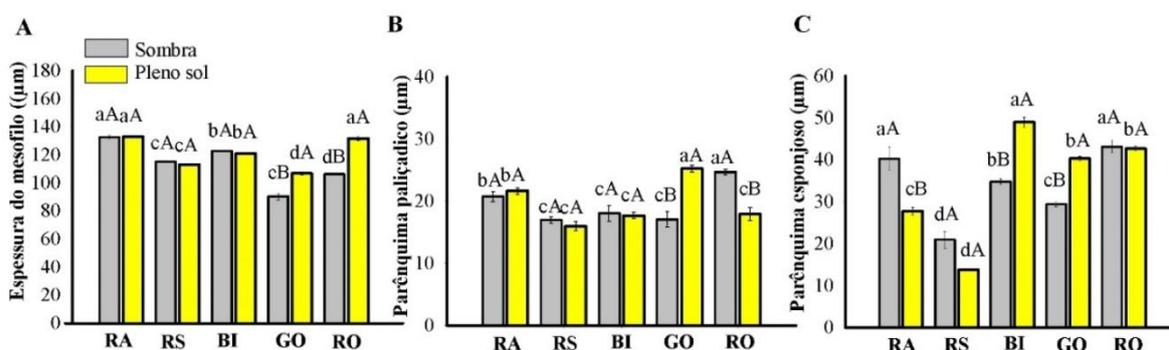
**Tabela 3** - Resumo da análise de variância das espessuras do mesofilo (MES), parênquima paliçadico (PP), parênquima esponjoso (PE), parênquima aerífero (PA), epiderme adaxial (Ead) e abaxial (Eab) e hipoderme adaxial (Had) e abaxial (Hab) de folhas de diferentes genótipos de helicônias cultivadas sob diferentes condições de luz (pleno sol e 50% de sombreamento)

Fator	MES	PP	PE	PA	Ead	Eab	Had	Hab
	(µm)							
Condição de luz (A)	156.7*	0.06 <sup>ns</sup>	0.47 <sup>ns</sup>	0.63 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>	1.04 <sup>ns</sup>	18.48*	358*
Pleno sol	121.02±2.39 a	19.69±0.818	34.66±2.888	308.94±13.98	4.49±0.148	2.48±0.123	19.92±2.03 b	24.3±2.711a
Sombra	113.33±3.34 b	19.51±0.762	33.69±1.945	319.51±12.05 4	4.39±0.35	2.58±0.177	28.4±1.465 a	19.18±2.789 b
C.V. (A) %	1.66	11.60	13.03	13.31	18.47	11.32	25.81	3.93
Genótipo (B)	196.8*	18.8*	167*	11.67*	9.67*	11.1*	179.6*	118**
C. V. (B) %	2.15	7.58	6.53	13.21	18.42	16.25	6.62	11.33
A x B	49.5*	25.9*	52.33*	0.19 <sup>ns</sup>	2.51 <sup>ns</sup>	7.48*	35.45*	111*

Os valores são relatados como média ± erro padrão ns, \*\* e \* indicam teste F não significativo e significativo em P<0,01 e P<0,05, respectivamente; CV. = coeficiente de variação. Média seguida pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

O genótipo *H. rauliniana* apresentou valores de MES superiores comparado aos outros genótipos tanto em PS como em SB. Além disso, verifica-se que para MES e PP a condição de luz não interferiu de forma significativa nas folhas de *H. rauliniana*, nem da *H. rostrata* e *H. bihai* (Figura 8A-B). Porém, *H. cv. Golden Torch* e *H. cv. Red Opal* obtiveram MES e PP distinta nas duas condições de luz, e nesse caso, folhas de *H. cv. Golden Torch* apresentaram em PS maiores valores tanto de MES como PP (Figura 8A-B). Enquanto que as folhas de *H. cv. Red Opal* apresentou maiores valores de MES em PS, mas a PP foi maior em SB (Figura 8B). Ainda de acordo com a Figura 8B, a avaliação isolada dos genótipos em cada ambiente demonstra que no ambiente de PS a *H. cv. Golden Torch* apresentou maiores valores de PP, enquanto que no ambiente de SB os maiores valores de PP foram obtidos em *H. rostrata*.

O PE de folhas de *H. rostrata* e *H. cv. Red Opal* não foram influenciados pela condição de luz (Figura 8C). No entanto, o efeito da disponibilidade de luz sobre o PE foi observado em *H. rauliniana*, *H. bihai* e *H. cv. Golden Torch*, onde verifica-se que tanto para *H. bihai* como *H. cv. Golden* maiores valores de PE foram obtidos em PS, enquanto que em *H. rauliniana* foi o inverso (Figura 8C).



Barras seguidas da mesma letra não diferem ao nível de significância de 0,05 pelo teste de Scott-Knott. Letras maiúsculas comparam diferentes condições de luz para o mesmo genótipo, e letras minúsculas comparam genótipos para a mesma condição de luz.

**Figura 8.** Espessuras do mesofilo (A), parênquima paliádico (B) e parênquima esponjoso (C) foliar de helicônias (*H. rauliniana* (RA), *H. rostrata* (RS), *H. bihai* cv. Lobster Claw Two (BI), *H. psittacorum* x *H. spthocircinata* cv. Golden Torch (GO) e *H. psittacorum* cv. Red Opal (RO)) cultivadas sob diferentes intensidades de luz (pleno sol e 50% de sombra).

Quanto a espessura das epidermes, não foram detectadas diferenças entre os tratamentos para Epad (Figura 9A). Entretanto, para Epab verifica-se efeito significativo entre os tratamentos, e os resultados demonstram que em

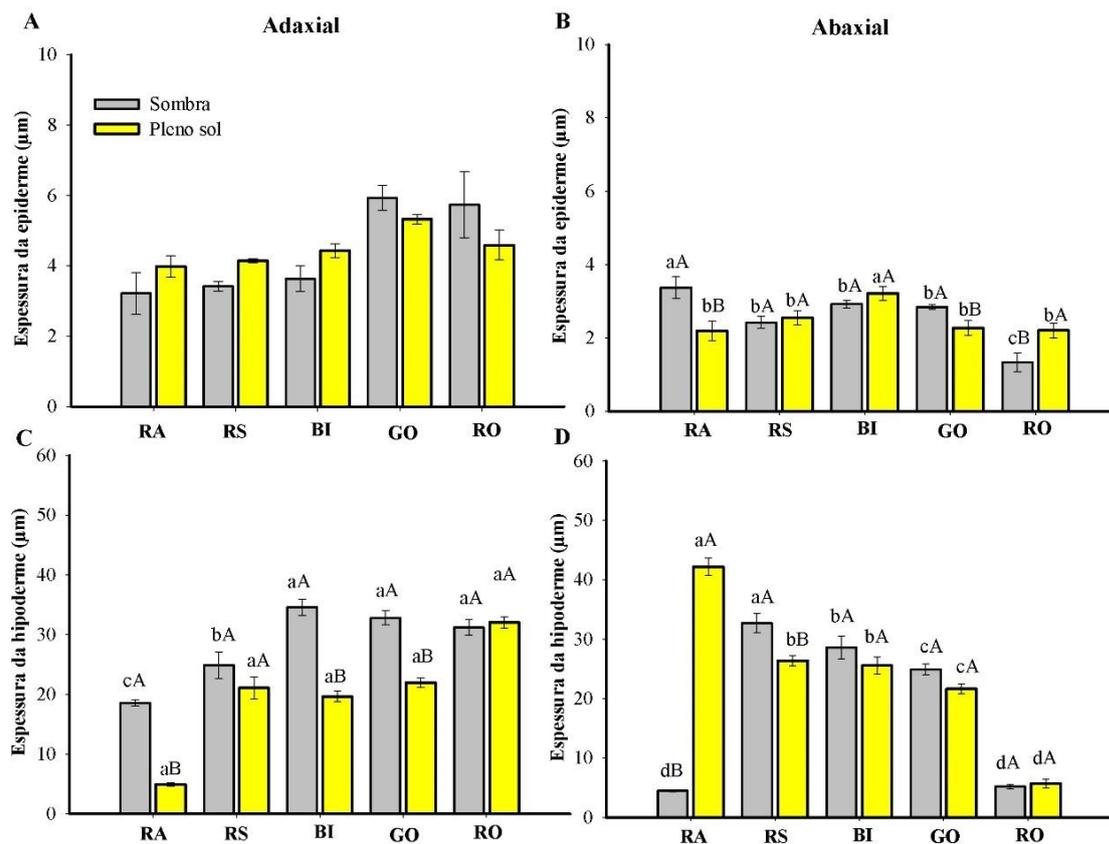
condições de SB folhas de *H. rauliniana* apresentam maior EPab comparado aos outros genótipos (Figura 9B). Enquanto que em folhas de *H. bihai* a Epab foi maior em condições de PS (Figura 9B). Os dados revelam ainda que a condição de luz não afetou na Epab de folhas de *H. rostrata* e nem de *H. bihai*. No entanto, para os demais genótipos houve efeito significativo, e portanto, observa-se que em *H. rauliniana* e *H. cv Golden* a condição de SB resultou em folhas com maior Epab, enquanto que em *H. cv. Red Opal* as folhas obtiveram maior Epab em PS (Figura 9B).

Em folhas de *H. rostrata* e *H. cv. Red Opal* verifica-se que a condição de luz não afetou na espessura da hipoderme adaxial (Had) (Figura 9C). Porém, em folhas de *H. rauliniana*, *H. bihai* e *H. cv. Golden* a disponibilidade de luz causou alterações significativas na Had resultando em maiores valores de Had em SB (Figura 9C). Quanto ao Hab foi verificado efeito das diferentes condições de luz apenas em folhas de *H. rauliniana* e *H. rostrata*. Nesse caso, folhas de *H. rauliniana* obtiveram maiores valores de Hab em PS, enquanto que em *H. rostrata* a Hab foi superior em SB (Figura 9D).

As respostas quanto a anatomia foliar, especificamente para número de estômatos, índice estomático e densidade estomática apenas na face abaxial foram significativas em função da condição de pleno sol. De acordo com Kerbauy (2019), as plantas que possuem alta densidade estomática apresentam maior taxa fotossintética e ao mesmo tempo maior transpiração, bem como a densidade estomática também é maior em locais com condições de alta intensidade luminosa (Papanatsiou et al., 2017).

O genótipo de *H. rauliniana* apresentou maior números de estômatos na face adaxial da folha e reduziu na face abaxial. Para os parâmetros de condutância estomática e fotossíntese no ambiente pleno sol, a *H. rauliniana* exibiu maiores taxas em relação aos demais genótipos. Podemos notar que esse comportamento são características genéticas específicas desse genótipo que pode estar associado ao seu maior porte de crescimento (Castro, 2011).

As plantas de *H. rauliniana* também apresentaram maior espessura do mesofilo, do parênquima paliçádico e da hipoderme abaxial, mas também não houve efeito do ambiente sobre esses parâmetros. Plantas que apresentam maior espessura do mesofilo, normalmente tem maior eficiência fotossintética por conseguir concentrar mais CO<sub>2</sub> (Schock et al., 2014).



Barras seguidas da mesma letra não diferem ao nível de significância de 0,05 pelo teste de Scott-Knott. Letras maiúsculas comparam diferentes condições de luz para o mesmo genótipo, e letras minúsculas comparam genótipos para a mesma condição de luz.

**Figura 9.** Espessuras das epidermes (A e B) e da hipoderme (C e D) foliar de helicônias (*H. rauliniana* (RA), *H. rostrata* (RS), *H. bihai* cv. Lobster Claw Two (BI), *H. psittacorum* x *H. spsthocircinata* cv. Golden Torch (GO) e *H. psittacorum* cv. Red Opal (RO)) cultivadas sob diferentes condições de luz (pleno sol e 50% de sombra).

### Trocas gasosas

Os resultados demonstraram que a condição de luz avaliada de forma isolada exerceu efeito nos parâmetros de trocas gasosas apenas para a variável de eficiência instantânea de carboxilação ( $A/g_s$ ), que foi superior em plantas cultivadas na SB (Tabela 4). Quanto ao fator genótipo houve efeito significativo em todos os parâmetros de trocas gasosas avaliados, e a interação entre condição de luz e genótipo foi significativa para as variáveis de  $A$ ,  $g_s$ , DPV, TF, E e  $A/C_i$  (Tabela 4).

**Tabela 4-** Resumo da análise de variância da fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), taxa aparente de transporte de elétrons (ETR), déficit de pressão de vapor (DPV), temperatura foliar (TF), transpiração (E), eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) e eficiência do uso de água (A/g) de diferentes genótipos de helicônias cultivadas sob diferentes condições de luz (pleno sol e 50% de sombreamento)

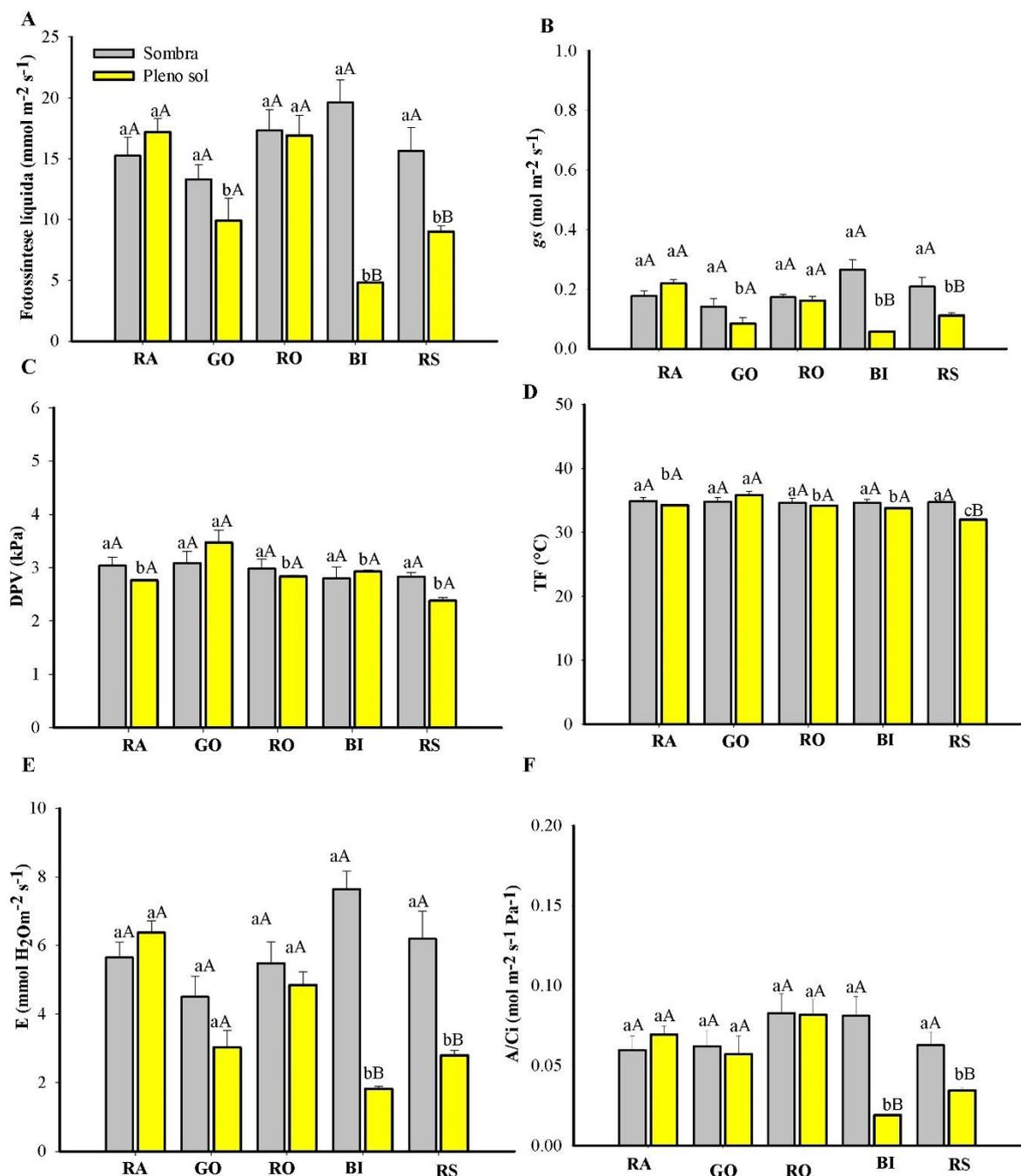
Fator	A	gs	Ci	ETR	DPV	TF	E	A/Ci	A/g
	(mmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	(mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	(mmol m <sup>-1</sup> )	(mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	(kPa)	(°C)	(mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	(--)	(--)
Condição de luz (A)	14.47 <sup>ns</sup>	7.92 <sup>ns</sup>	0.32 <sup>ns</sup>	0.96 <sup>ns</sup>	0.34 <sup>ns</sup>	4.83 <sup>ns</sup>	18.41 <sup>ns</sup>	11.7*	0.55 <sup>ns</sup>
Pleno sol	11.56±1.364	0.13±0.016	230.45±9.83	114.36±7.275	2.88±0.103	34±0.347	3.77±0.452	0.05±0.007 b	94.03±5.804
Sombra	16.22±0.848	0.19±0.015	232.36±7.287	132.78±8.756	2.95±0.073	34.73±0.211	5.89±0.36	0.07±0.005 a	89.25±6.541
C.V. (A) %	24.14	40.01	4.63	41.59	11.70	2.65	27.99	22.72	19.24
Genótipo (B)	6.15*	6.34*	4.67*	5.73*	6.49*	5.46*	6.55*	4.20*	2.94*
C. V. (B) %	18.22	18.65	12.14	17.74	7.90	2.16	16.46	26.57	24.70
A x B	9.96*	15.02*	0.84 <sup>ns</sup>	1.59 <sup>ns</sup>	3.13*	4.86*	15.42*	4.68*	0.27 <sup>ns</sup>

Os valores são relatados como média ± erro padrão ns, \*\* e \* indicam teste F não significativo e significativo em P<0,01 e P<0,05, respectivamente; CV. = coeficiente de variação. Média seguida pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Os tratamentos de condição de luz não afetaram a  $A$  e nem a  $gs$  de *H. rauliniana*, *H. cv. Golden Torch* e *H. cv. Red Opal*, havendo efeito deste fator para a  $A$  e  $gs$  apenas em *H. bihai* e *H. rostrata* que apresentaram taxas superiores em SB (Figura 10A-B). Na condição de SB todos os genótipos apresentaram o mesmo comportamento fotossintético, enquanto que em PS maiores taxas de  $A$  e  $gs$  foram obtidas em plantas de *H. cv. Red Opal* e *H. rauliniana* (Figura 10A-B).

Os valores de DPV e TF em todos os genótipos não foram alterados de forma significativa pela condição de luz (Figura 10C-D). No entanto, nota-se que para a variável TF o genótipo *H. rostrata* é exceção e, a condição de luz promoveu efeitos sobre este parâmetro que resultou em menor TF em PS (Figura 10D). Em SB todos os genótipos obtiveram os mesmos valores de DPV e TF, porém, em PS tanto o DPV como a TF foram superiores em *H. cv. Golden Torch* (Figura 10C-D).

Tanto a  $E$  como a  $A/Ci$  foi observado efeito da condição de luz apenas em *H. bihai* e *H. rostrata* (Figura 10E-F). Para ambos genótipos a  $E$  e  $A/Ci$  foi superior em SB. Outro resultado importante que os dados demonstram é que em SB todos os genótipos apresentaram o mesmo padrão de resposta de  $E$  e  $A/Ci$ , enquanto que em PS os genótipos *H. bihai* e *H. rostrata* exibiram valores inferiores de  $E$  e  $A/Ci$  comparado aos outros genótipos (Figura 10E-F).



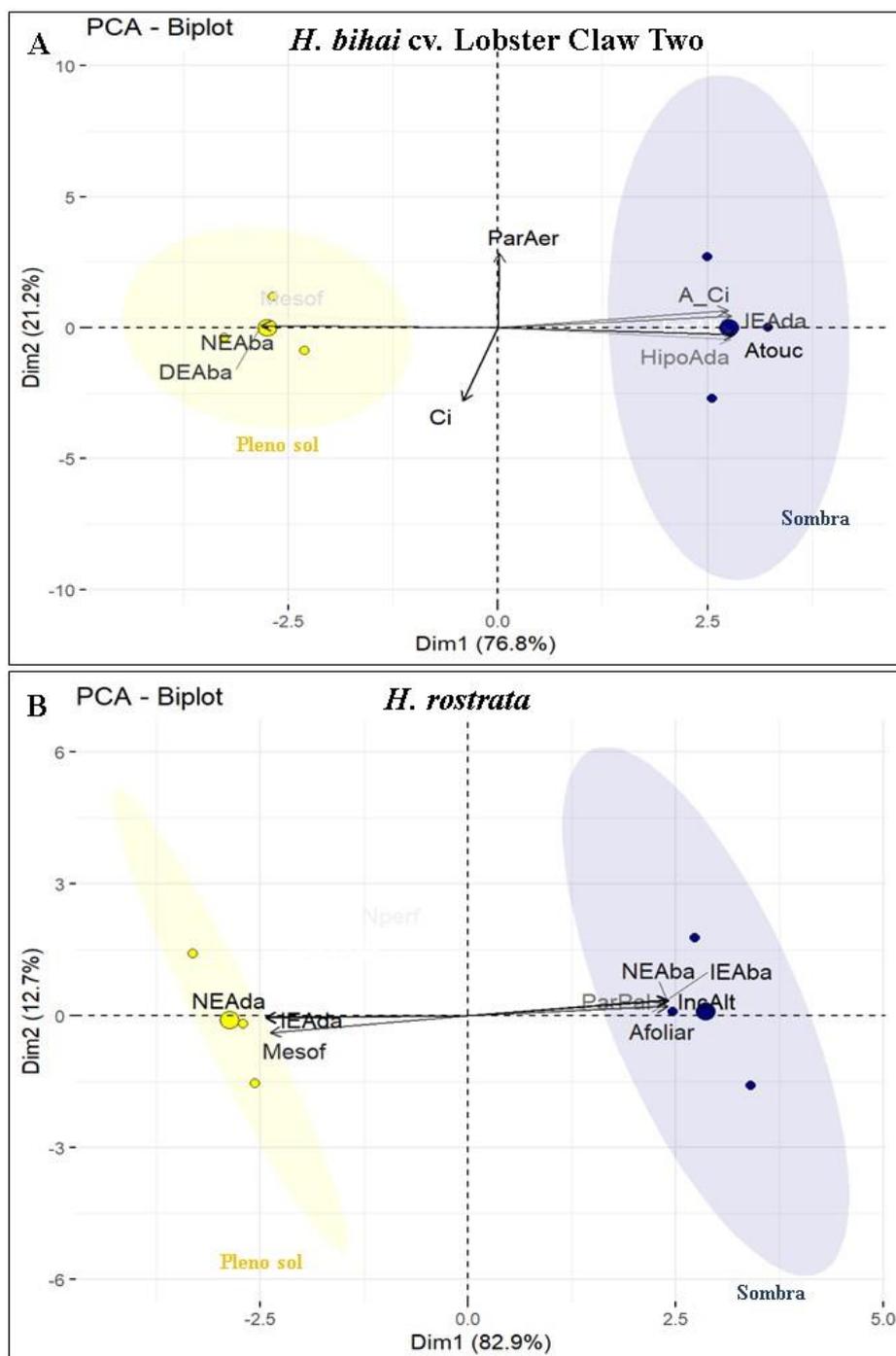
Barras seguidas da mesma letra não diferem ao nível de significância de 0,05 pelo teste de Scott Knott. Letras maiúsculas comparam diferentes condições de luz para o mesmo genótipo, e letras minúsculas comparam genótipos para a mesma condição de luz.

**Figura 10.** fotossíntese líquida (A), condutância estomática( $g_s$ ) (B), déficit de pressão de vapor (DPV) (C), temperatura foliar (TF) (D), transpiração (E) e eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) (F) de diferentes genótipos de helicônias (*H. rauliniana* (RA), *H. psittacorum* x *H. spthocircinata* cv. Golden Torch (GO), *H. psittacorum* cv. Red Opal (RO), *H. bihai* cv. Lobster Claw Two (BI), e *H. rostrata* (RS)) cultivadas sob diferentes condições de luz (pleno sol e 50% de sombra).

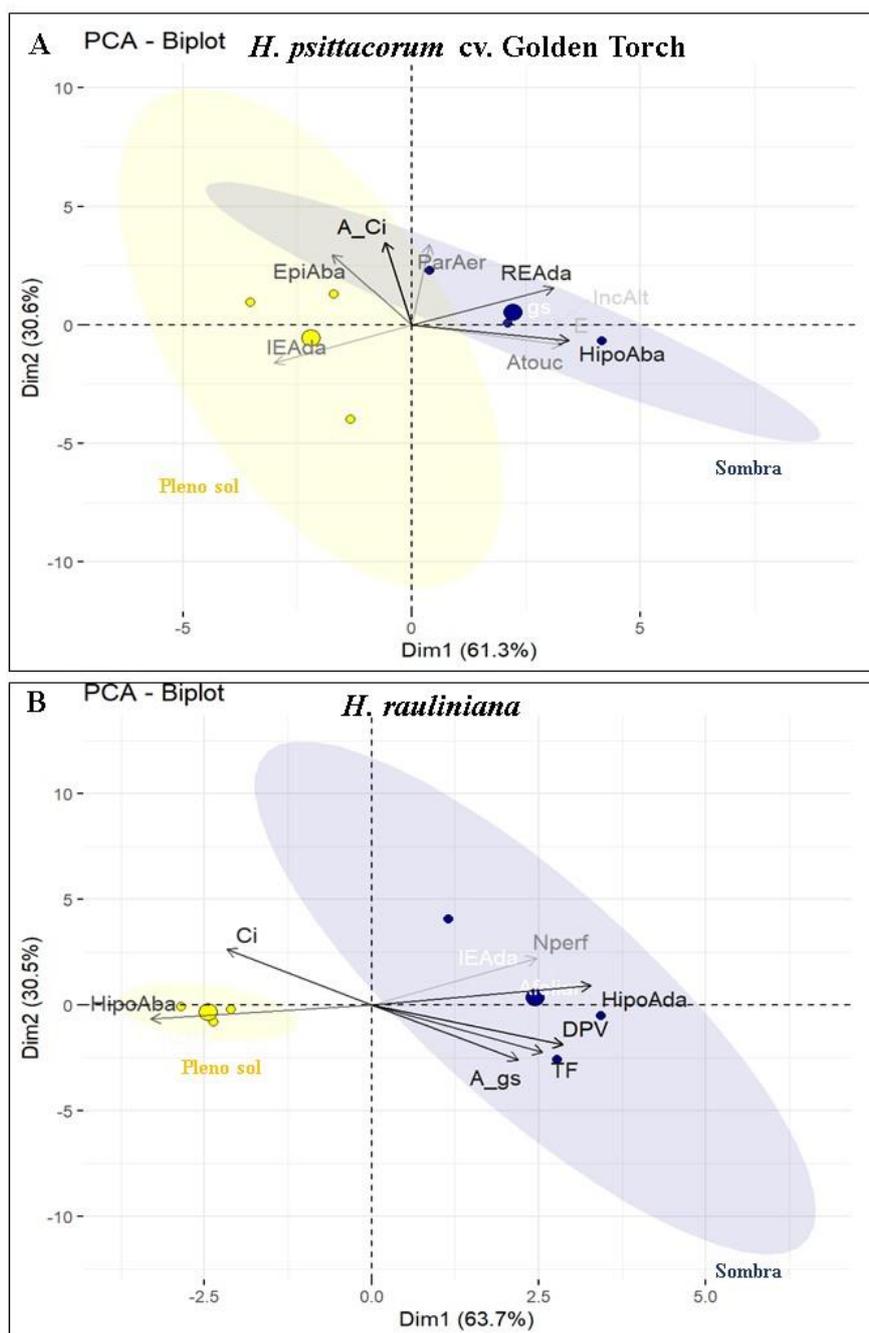
### *Análise de componentes principais*

Todos os dados referentes aos parâmetros de crescimento, anatômicos foliares e de trocas gasosas foram investigados por uma análise multivariada para identificar a variabilidade, correlações e múltiplos efeitos dos tratamentos (condição de luz) no comportamento dos diferentes genótipos de helicônias. A partir desses dados foi feita a análise de componentes principais com os dez parâmetros de maior contribuição para cada genótipo. Para *H. bihai* 98% da variabilidade total dos dados é explicada, 76,8% para CP1 e 21,2% para CP2. Os resultados demonstraram uma clara separação de dois grupos funcionais antagônicos e os parâmetros de AT, IA, Hada, IEada e A/Ci exibiram correlação com a condição de SB, enquanto que as variáveis de MES, NEaba, DEaba e Ci apresentaram alta correlação com a condição de PS (Figura 11A). Para *H. rostrata* 95,6% da variabilidade é explicada, sendo 82,9% na CP1 e 12,7% na CP2. Similar a *H. bihai* houve uma clara separação de dois grupos funcionais antagônicos, um baseado nas respostas a condição de PS e outro de SB (Figura 11B). Os parâmetros de IA, AF, IEaba, NEaba e PP apresentaram forte correlação com a condição de SB, enquanto que o NEada, IEada, MÊS e NP apresentaram correlação com o tratamento de PS.

Quanto a *H. cv. Golden Torch* a análise explica 91,9% da variação total, 61,3% para CP1 e 30,6% para a CP2 (Figura 12A).



**Figura 11.** Biplot com elipse de confiança como resultado da Análise de Componentes Principais – PCA – dos genótipos *H. bihai* cv. Lobster Claw Two (A) e *H. rostrata* (B) cultivadas nas diferentes condições de luz (sombra e pleno sol): (A) NEAba: número de estômatos abaxial, DEAba: densidade estomática abaxial, IEAda: índice estomático adaxial, HipAda: hipoderme adaxial, Atouc: área da touceira, ParAer: parênquima aerífero, Mesof: mesofilo, A/Ci: eficiência instantânea de carboxilação e Ci: concentração interna de CO<sub>2</sub>. (B) NEAda: número de estômatos adaxial, NEAba: número de estômatos abaxial, IEAda: índice estomático adaxial, IEAba: índice estomático abaxial, Mesof: mesofilo, Afoliar: área foliar, IncAlt: incremento de altura e ParPal: parênquima paliçádico.

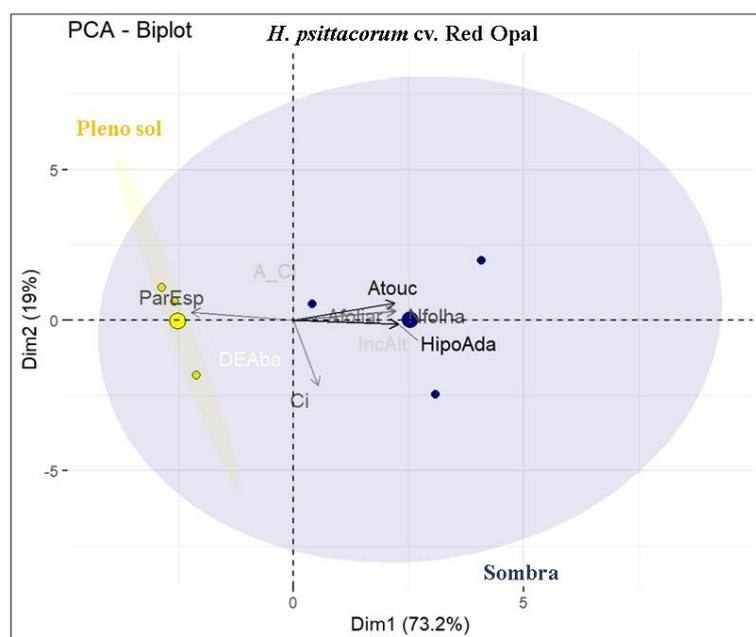


**Figura 12.** Biplot com elipse de confiança como resultado da Análise de Componentes Principais – PCA – dos genótipos *H. bihai* cv. Golden Torch (A) e *H. rauliniana* (B) cultivadas nas diferentes condições de luz (sombra e pleno sol): (A) A/Ci: eficiência instantânea de carboxilação, EpiAba: epiderme abaxial, IEAda: índice estomático adaxial, ParAer: parênquima aerífero, REAda: funcionalidade dos estômatos/razão entre o diâmetro polar e o diâmetro equatorial dos estômatos adaxial, gs: condutância estomática, Atouc: área da touceira, E: transpiração, IncAlt: incremento de altura, HipoAba: hipoderme abaxial. (B) HipoAba: hipoderme abaxial, HipoAda: hipoderme adaxial, Ci: concentração interna de CO<sub>2</sub>, IEAda: índice estomático adaxial, Nperf: número de perfis, A/g<sub>s</sub>: eficiência do uso de água, TF: temperatura foliar, DPV: déficit de pressão de vapor, e Afoliar: área foliar.

Os parâmetros de Haba, E, AT, IA, gs e REada exibiram correlação positiva com a CP1 (Figura 12A). Enquanto que as variáveis de A/Ci, Epaba e IEada exibiram correlação positiva com a CP2, e nesse caso, há separação entre os grupos, porém nota-se que as variáveis que separam o grupo de respostas a PS apresentam maior magnitude comparada ao grupo de variáveis que caracterizam o grupo de SB (Figura 12A).

Para *H. rauliniana* 94,2% da variabilidade dos dados é explicada, sendo 63,7% para CP1 e 30,5% para CP2. Para este genótipo verifica-se que os parâmetros de Hada, DPV, AF, TF, NP e IEada exibiram correlação positiva com a condição de SB, enquanto que as variáveis de Ci e Haba apresentaram alta correlação com a condição de PS (Figura 12B). A análise de PCA em *H. cv. Red Opal* explica 92,2% da variabilidade de dados, 73,2% para CP1 e 19% para CP2. Os parâmetros de maior magnitude e que se correlaciona positivamente com a CP1 foram AT, AF, IA, Hada e Ci, enquanto que os parâmetros de A/Ci e DEaba correlacionam com a CP2. Nota-se que os agrupamentos se sobrepõem e as variáveis referentes aos efeitos do tratamento SB tem maior amplitude comparado ao PS (Figura 13).

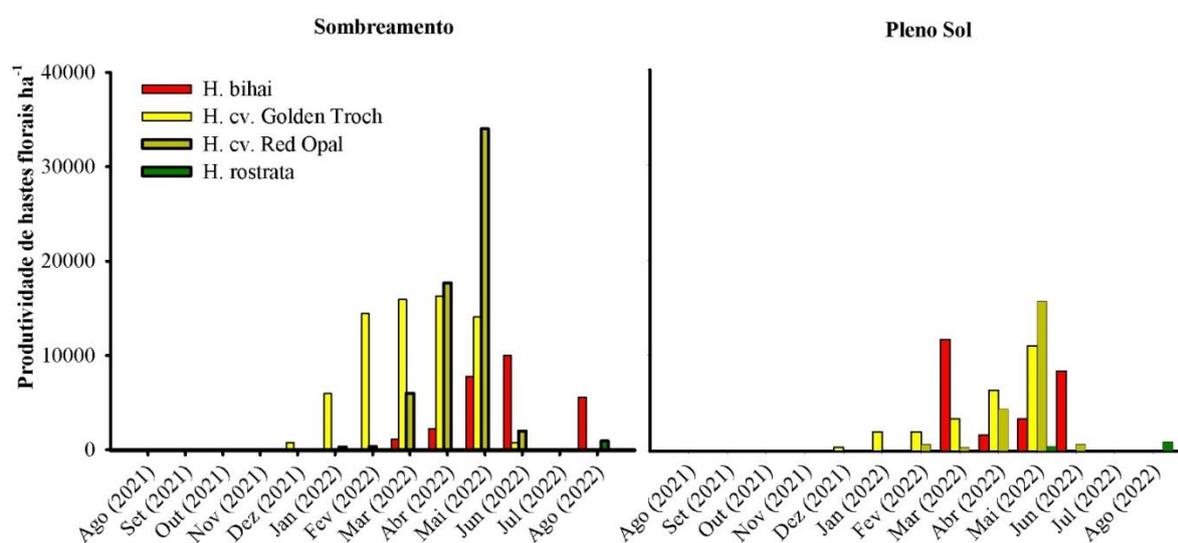
**Figura 13.** Biplot com elipse de confiança como resultado da Análise de Componentes Principais –



PCA – do genótipo *H. psittacorum cv. Red Opal* cultivado nas diferentes condições de luz (sombra e pleno sol): (A) ParEsp: parênquima esponjoso, A/Ci: eficiência instantânea de carboxilação, DEAba: densidade estomática abaxial, Atouc: área da touceira, Afoliar: área foliar, Nfolha: número de folhas, HipoAda: hipoderme adaxial, Ci: concentração interna de CO<sub>2</sub>, IncAlt: incremento de altura.

### Produtividade de hastes florais

Com relação a produtividade de hastes foi verificado que os genótipos *H. cv. Golden Torch* e *H. cv. Red Opal* apresentaram ciclo mais curto, apresentando florescimento de 3 a 4 meses após o plantio. Além disso, ambos florescem o ano todo e apresentaram picos de floração entre os meses de março a maio (Figura 14). A *H. bihai* iniciou o florescimento 6 meses após o plantio, enquanto que a *H. rostrata* ocorreu a partir dos 8 meses e a *H. rauliniana* não iniciou a fase de florescimento durante o período experimental. Nota-se que a alta intensidade de irradiação solar proporcionada pela condição de PS causou uma drástica redução na produtividade das hastes de todos os genótipos. Em *H. Red Opal* e *H. Golden Torch* o cultivo em PS causou reduções na ordem de 42% e 75% respectivamente.



**Figura 14.** Produtividade de hastes florais de diferentes genótipos de helicônias (*H. psittacorum* x *H. spsthocircinata* cv. Golden Torch, *H. psittacorum* cv. Red Opal, *H. bihai* cv. Lobster Claw Two, *H. rauliniana* e *H. rostrata*), cultivadas nas diferentes condições de luz (sombra e pleno sol).

A *H. rostrata* apresentou valores inferiores para o número de hastes em relação aos demais genótipos em estudo. Embora este genótipo tenha apresentado esse comportamento, o seu desempenho foliar está associado as características genéticas específicas da espécie, de menor área da touceira, menor número de perfilho e consequentemente menor emissão de hastes florais (PINHEIRO, 2010).

Em estudos realizados por Lima et al. (2016) em diferentes condições de radiação solar, observou-se que plantas de *H. bihai* cv. Lobster Claw Two,

apresentaram baixa produção de hastes florais em condições de pleno sol. Em contraste, os tratamentos com menores níveis de radiação solar exibiu valores superiores, com destaque para o tratamento de sombra (50%), o que corrobora com os resultados obtidos no presente estudo.

Durante o período experimental, as plantas de *H. rauliniana* não emitiram hastes florais. Basicamente porque essa espécie apresenta ciclo longo comparado aos outros genótipos.

Os resultados indicam que o comportamento e os ajustes morfofisiológicos dos diferentes genótipos estudados são contrastantes e específicos de cada genótipo. Além disso, ficou evidente que o desempenho de todos os genótipos foi superior em condições de sombra quando comparado a condição de pleno sol.

Sabe-se que a radiação solar excessiva pode prejudicar o crescimento, afetando negativamente a fotossíntese e aumentando as taxas de respiração, o que reduz a fotossíntese líquida e conseqüentemente a biomassa vegetativa (Gazolla-Neto, 2013). O que explica o menor desempenho em crescimento e potencial produtivo das plantas de helicônias cultivadas em condições de altos níveis de irradiação solar.

Em contraste, o ambiente com telado além de diminuir a incidência dos raios solares, proporciona condições mais amenas em comparação com as condições externas, criando um microclima com maior umidade relativa e temperaturas mais baixas. Isso garante um crescimento mais forte em regiões com altas temperaturas e baixa umidade relativa, como em regiões semiáridas (Gomes e Freire, 2019).

## CONCLUSÕES

*H. cv. Golden Torch*, *H. cv. Red Opal* e *H. rauliniana* exibiram maior tolerância a condições de alta irradiância solar, com modificação em suas estruturas anatômicas, observadas em especial a *H. rauliniana* que apresentou menor índice de estômatos na face abaxial, apresentando assim, características de adaptação e alterações fisiológicos. A condição de sombreamento favoreceu maior produtividade de hastes de todos os genótipos. *H. cv. Golden Torch* e *H. cv. Red* apresentaram alto potencial produtivo em condições semiáridas, com produção de hastes florais durante todo o ano.

## REFERÊNCIAS

Abreu, Igor Manoel Paulo Goulart de. Influência de diferentes intensidades luminosas na modulação da fisiologia de *Dipteryx alata* Vogel E *Myracrodruon urundeuva* M. Allemão. / Igor Manoel Paulo Goulart de Abreu; orientadora Fernanda dos Santos Farnese; co-orientadora Priscila Ferreira Batista. -- Rio Verde, 2022. <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/3310>.

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. D. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische zeitschrift*, 22(6), 711-728. doi 10.1127/0941-2948/2013/0507.

Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. de M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711-728, 2013.

Arantes, M. K. et al. Phenotypic plasticity of leaf anatomical traits helps to explain gas-exchange response to water shortage in grasses of different photosynthetic types. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 32(2):341-356, 2020. <https://doi.org/10.1007/s40626-020-00190-x>.

Carrera-Alvarado G., Arévalo-Galarza M. D. L., Velasco-Velasco J., de-la-Cruz-Guzmán G. H., Salinas-Ruíz J., Baltazar-Bernal O. (2021). Treatments to prolong the postharvest life of *Heliconia wagneriana* petersen. *Ornam. Hortic.* 27, 476–484. doi: 10.1590/2447-536X.v27i4.2376. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i4.2376>.

Castro, C. E. F. de; Gonçalves, C.; Moreira, S. R.; Faria, O. A. Helicônias brasileiras: características, ocorrência e usos. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*. v.17, p.5-24, 2011. <https://doi.org/10.14295/rbho.v17i1.725>.

Falcão, H. M., Medeiros, C. D., Silva, B. L., Sampaio, E. V., Almeida Cortez, J. S., Santos, M. G.. Phenotypic plasticity and ecophysiological strategies in a tropical dry forest chronosequence: A study case with *Poincianella pyramidalis*. *Forest Ecology and Management*, 340, 62-69. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.12.029>.

Ferraz, R.; Melo, A.; Suassuna, J.; et al. Gas exchange and photosynthetic efficiency in common bean ecotypes grown in a semiarid environment. *Agricultural Research in the Tropics*, v. 42, n. 2, p. 181–188, 2012. doi:10.1590/S1983-40632012000200010.

Gazolla-Neto, A., Aumonde, T. Z., Pedó, T., Olsen, D., Villela, F. A.. Ação de níveis de luminosidade sobre o crescimento de plantas de mariapretinha (*Solanum americanum* Mill.). *Revista Brasileira de Biociências*, 11(1).2013.

Gomes, A. D. V., & Freire, A. L. O. (2019). Crescimento e qualidade de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* L.) em função do substrato e sombreamento. *Scientia Plena*, 15(11). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2019.110203>.

Gonçalves, C., Tavares, A. R., Vega, S. M. R., Merida, D., & Castro, C. E. F. D. (2021). Heliconias with pendent inflorescences as cut flowers. *Ornamental Horticulture*, 27, 137-154. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i2.2265>.

Hertel, M. F. et al. Different leaf traits provide light-acclimation responses in two neotropical woody species. *Theoretical and Experimental Plant Physiology* , 33(2):313-327, 2021. doi :10.1007/s40626-021-00213-1.

Kerbauy, G. B. *Fisiologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 3rd ed, 420 p., 2019.

Lima, R. E. M., Farias, F. C., Bezerra, M. A., & Bezerra, F. C. (2016). Parâmetros biométricos e fisiológicos de *Heliconia bihai* cultivada em região litorânea sob diferentes níveis de radiação solar. *Ornamental Horticulture*, 22(1), 50-57. <https://doi.org/10.14295/oh.v22i1.616>.

Marulanda, M. L., Isaza, L., & López, P. A. (2018). Caracterización de la diversidad genética de cultivares comerciales de heliconias en el centro occidente de Colombia. *Agronomía Costarricense*, 42(1), 7-20. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v42i1.32195>.

Nihad, K.; Berwal, M.K.; Hebbar, K.B.; Bhat, R.; Haris, A.A.; Ramesh, S.V.

Photochemical and biochemical responses of heliconia (*Heliconia stricta* "Iris") to different light intensities in a humid coastal environment. Horticulture, Environment, and Biotechnology, v.60, p.799-808, 2019.

Paiva, P. D. O; Almeida, E. F. A. Produção de Flores de Corte. Lavras. Ed. UFLA, v. 2. 2014. <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/4831>.

Papanatsiou, 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>.

Perera-Castro, A. V., Brito, P., & Gonzalez-Rodriguez, A. M. (2017). Light response in alpine species: different patterns of physiological plasticity. *Flora*, 234, 165-172. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.07.007>.

PINHEIRO, Paula Guimarães Lago et al. Caracterização de helicônias para o paisagismo. 2010. 58 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Melhoramento Genético de Plantas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Santos, J. W. G. dos; Lacerda, C. F. de; Oliveira, A. C. de; Mesquita, R. O.; Bezerra, A. M. E.; Neves, A. L. R.; Marques, E. da S. Quantitative and qualitative responses of *Euphorbia milii* and *Zamioculcas zamiifolia* exposed to different levels of salinity and luminosity. *Revista Ciência Agronômica*, v.53, p.1- 10, 2022. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20220033>.

Saraiva, G. F., Souza, G. M., & Rodrigues, J. D. (2014). Aclimação e fisiologia de mudas de guanandi cultivadas em telas de sombreamento foto-protetoras. In *Colloquium Agrariae*. ISSN: 1809-8215 (Vol. 10, No. 2, pp. 01-10). doi: 10.5747/ca.2014.v10.n2.a102.

Schock, A. A.; Ramm, A.; Martinazzo, E. G.; Silva, D. M.; Bacarin, M. A. Crescimento e fotossíntese de plantas de pinhão-manso cultivadas em diferentes condições de luminosidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*,

v. 18, n. 1, p. 3-9, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000100001>.

Silva, A.A.; Beckmann-Cavalcante, M.Z.; Silva, E.M.; Pavan, B.E.; Lobo, J.T.; Silva, M.L.N. Heliconia cv. Golden Torch cultivated under different irrigation depths in protected environment. *Ornamental Horticulture* , v.24, p.63-69. 2018.

Silva, F. G.; Dutra, W. F.; Dutra, A. F.; et al. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of eggplant grown under different irrigation depths. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 10, p. 946–952, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p946-952>.

Souza, J. N. C., Diniz, J. W. M., Silva, F. A. O., & Almeida, N. D. R. (2020). Economic overview of ornamental flowers and plants in Brazil. *Scientific Electronic Archives*, 13(5), 96-102. <https://doi.org/10.36560/1352020943>.

Souza, R. R. D., Silva Neto, J. M. D., Silva, R. R. D., Souza, G. C. D. S., Figueiredo, H. F. D., Paiva Neto, V. B. D. e Beckmann-Cavalcante, M. Z. (2023). Impacto da irradiância solar nas trocas gasosas e crescimento de helicônias cultivadas em região semiárida. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 27, 757-763. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n10p757-763>.

Souza, R. R. de; Beckmann-Cavalcante, M. Z.; Silva, A. A.; Silva, E. M. da; Brito, L. P. da 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.