

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS RIO VERDE
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INTENSIDADES LUMINOSAS NA
MODULAÇÃO DA FISIOLOGIA DE *Dipteryx alata* Vogel E
Myracrodruon urundeuva M. Allemão.**

IGOR MANOEL PAULO GOULART DE ABREU

RIO VERDE – GO
2022

IGOR MANOEL PAULO GOULART DE ABREU

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INTENSIDADES LUMINOSAS NA
MODULAÇÃO DA FISIOLOGIA DE *Dipteryx alata* Vogel E
Myracrodruon urundeuva M. Allemão.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, como parte das exigências da disciplina TCC-214 – Trabalho de Curso II, do curso de Bacharelado em Ciências Biológicas.

Orientador (a): Fernanda dos Santos Farnese

Coorientador (a): Priscila Ferreira Batista

RIO VERDE – GO
2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

A162i 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.
36 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Ciências
Biológicas) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio
Verde, 2022.

1. aroeira. 2. baru. 3. luminosidade. 4.
reflorestamento. 5. sombreamento. I. Farnese,
Fernanda dos Santos, orient. II. Batista, Priscila
Ferreira, co-orient. III. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Igor Manoel Paulo Goulart de Abreu

Matrícula: 2019102230540076

Título do Trabalho: Influência de diferentes intensidades luminosas na modulação da fisiologia de *Dipteryx alata* Vogel e *Myracrodruon urundeuva* M. Allemão.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 05/01/2024

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local _____ Data Rio Verde, 05/01/2023.


Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 107/2022 - DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao décimo quarto dia do mês de dezembro de 2022, às 8 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Dra. Fernanda dos Santos Farnese (orientadora), Dr. Márcio Rosa (membro) e Dra. Sueisla Lopes Rezende, para examinar o Trabalho de Curso intitulado: "INFLUÊNCIA DE DIFERENTES INTENSIDADES LUMINOSAS NA MODULAÇÃO DA FISIOLOGIA DE *Dipteryx alata* Vogel E *Myracrodruon urundeuva* M. Allemão." apresentado pelo estudante Igor Manoel Paulo Goulart de Abreu, do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do Trabalho de Curso, e em seguida, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da banca.

(Assinado Eletronicamente)

Fernanda dos Santos Farnese

Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Márcio Rosa

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Sueisla Lopes Rezende

Membro

Documento assinado eletronicamente por:

- **Márcio Rosa, Márcio Rosa - Aluno Bolsista - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500)**, em 15/12/2022 14:16:15.
- **Fernanda dos Santos Farnese, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 14/12/2022 10:25:22.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 14/12/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 453002

Código de Autenticação: e0ea915896



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3624-1000

Dedico este trabalho à minha família, principalmente aos meus pais que são minha inspiração e que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida. Dedico ao meu avô (*in memoriam*), que em vida foi um dos principais incentivadores para que eu chegasse até aqui. Dedico aos amigos e a todos aqueles que me apoiaram e caminharam até aqui junto comigo. Dedico aos mestres que me ensinaram, incentivaram e acreditaram que eu era capaz de alcançar os objetivos traçados.

AGRADECIMENTOS

Família,

Aos meus pais Keila Maria Borges Goulart e João Batista Paulo de Abreu, à minha irmã Mariane Borges de Abreu, a meus avós, e demais familiares, pelos conselhos, incentivo e carinho.

Instituições,

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde.

Laboratórios,

Ao Laboratório de Estudos Aplicados em Fisiologia Vegetal (LEAFv) / IFGoiano, pelos materiais, reagentes e equipamentos para condução do trabalho, principalmente a Dra. Fernanda Farnese e o Dr. Paulo Menezes-Silva, coordenadores do laboratório. Ao Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal (LECO) / IFGoiano, coordenado pelo prof. Alan Carlos Costa que disponibilizou os equipamentos e a casa de vegetação, ressalto minha gratidão ao Dr. Adinan que auxiliou no desenvolvimento do projeto.

Orientação e coorientação,

Agradecimento especial a minha orientadora Fernanda dos Santos Farnese pela oportunidade, confiança, apoio e ensinamentos que foram essenciais para minha formação ao decorrer desses quatro anos. A minha coorientadora Priscila Ferreira Batista, pelos ensinamentos, paciência e contribuições ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Equipe e amigas,

Agradeço a equipe LEAFv, grupo ao qual participo a quatro anos e onde fiz diversas amigas e pude compartilhar diversos momentos. Agradecimento especial aos colegas de laboratório Kamila, Valdeir, Marina e Brenner, pelos momentos de descontração, apoio e troca de conhecimentos. E agradecimentos a Gabriela Laguardia e Ana Luiza, assim como meus amigos de curso pelas amigas e incentivos.

OBRIGADO!

“Os filósofos limitaram-se a interpretar o mundo de diversas maneiras; o que importa é modificá-lo.”

Karl Marx

RESUMO

ABREU, IGOR MANOEL PAULO GOULART DE. **Influência de diferentes intensidades luminosas na modulação da fisiologia de *Dipteryx alata* Vogel e *Myracrodruon urundeuva* M. Allemão.** 2022. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Bacharelado em Ciências Biológicas. Instituto Federal Goiano – *Campus* Rio Verde, Goiás. Rio Verde Goiás, 2022.

O Cerrado é um dos maiores domínios fitogeográficos do Brasil, entretanto, a cobertura vegetal do Cerrado vem sendo reduzida devido à ação antrópica. Outro fator de risco a esse domínio são as mudanças climáticas, que também representam um elevado risco para a biodiversidade desse domínio, uma vez que alterações em características do clima, como aumento da incidência solar e consequente aumento da temperatura, podem afetar consideravelmente o metabolismo de espécies vegetais e consequentemente os organismos dependentes delas. Para minimizar esse efeito, uma das principais atividades recomendada é o reflorestamento de áreas degradadas. Dentre as espécies de ocorrência nesse domínio temos a *Myracrodruon urundeuva* Allemão e a *Dipteryx alata* Vogel, espécies de grande relevância ecológica e de grande interesse para atividades de reflorestamento por conta da necessidade de conservação e das suas características. A *M. urundeuva* é classificada como secundária inicial a secundária tardia com comportamento de pioneira e exigente a luz, já *D. alata* é classificada como secundária inicial a secundária tardia, portanto com melhor desenvolvimento inicial em sombra. Nesse estudo verificamos como essas espécies se desenvolvem em diferentes regimes de luz a fim de verificar a influência de diferentes níveis de luminosidade nas respostas morfofisiológicas dessas espécies. Para isso, mudas de *M. urundeuva* e *D. alata* foram impostas a três diferentes níveis de sombreamentos, sendo eles 100%, 30% e 10% de luminosidade, durante cinco meses, após o período de aclimação foram avaliados parâmetros morfológicos, anatômicos e fisiológicos. Foi possível observar que ambas possuem diferentes estratégias de desenvolvimento em relação aos regimes de luz. A espécie *M. urundeuva* se apresentou como uma espécie mais plástica aos níveis de luminosidade, expressando maiores respostas em altas luminosidades. Já a espécie *D. alata* expressou poucas respostas fisiológicas em relação aos regimes de luz, apresentando melhor desenvolvimento em sombreamento.

Palavras-chave: aroeira, baru, luminosidade, reflorestamento, sombreamento.

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1** - Ambientes de crescimento (A): 100% de luminosidade (A1), 30% de luminosidade (A2) e 10% de luminosidade (A3); mudas de *Myracrodruon urundeuva* (B) e *Dipteryx alata* (C)..... 13
- Figura 2** - Médias da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e déficit de pressão de vapor (DPV) por regime de luz. 17
- Figura 3** - Parâmetros biométricos em plantas de *Myracrodruon urundeuva* (verde claro) e *Dipteryx alata* (verde escuro) expostas a diferentes intensidades luminosas. Área foliar (A); Número de folhas (B); Diâmetro do caule (C) e Altura (D) 18
- Figura 4** – Parâmetros de caracterização estomática em plantas de *Myracrodruon urundeuva* (verde claro) e *Dipteryx alata* (verde escuro) expostas a diferentes intensidades luminosas. Densidade estomática (DE) (A); Fração da epiderme alocada para a formação de células-guarda (f_{gc}) (B) e Comprimento da célula-guarda (L) (C).. 19
- Figura 5** – Parâmetros de teor de pigmentos cloroplastídicos em plantas de *Myracrodruon urundeuva* (verde claro) e *Dipteryx alata* (verde escuro) expostas a diferentes intensidades luminosas. Teor de clorofila a (Ch_a) (A); Teor de clorofila b (Ch_b) (B); Clorofila total (Ch_{a+b}) (C) e Teor de carotenoides totais (D) 20
- Figura 6** – Parâmetros de fluorescência em plantas de *Myracrodruon urundeuva* (verde claro) e *Dipteryx alata* (verde escuro) expostas a diferentes intensidades luminosas. Fluorescência mínima da clorofila a (F_0) (A); Dissipação não fotoquímica (NPQ) (B); Rendimento quântico potencial do fotossistema II (F_v/F_m) (C); Coeficiente de *quenching* fotoquímico (qP) (D); eficiência fotoquímica do transporte de elétrons associado ao fotossistema II (ϕ_{PSII}) (E) e Eficiência quântica do processo fotossintético (ϕ_{PSII}/ϕ_{CO_2}) (F) 22
- Figura 7** – Parâmetros de trocas gasosas em plantas de *Myracrodruon urundeuva* (verde claro) e *Dipteryx alata* (verde escuro) expostas a diferentes intensidades luminosas. Assimilação líquida de carbono (A) (A); Condutância estomática (g_s) (B); Eficiência de carboxilação (A/C_i) (C); Rendimento quântico da assimilação de CO_2 (ϕ_{CO_2}) (D); Razão da concentração interna e externa de carbono (C_i/C_a) (E); Taxa transpiratória (E) (F) e Eficiência instantânea do uso da água (A/E) (G)..... 24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	9
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral.....	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Caracterização ambiental	14
3.2 Análises Biométricas	14
3.3 Análises Anatômicas.....	14
3.3.1 Caracterização Estomática	14
3.4 Teor De Pigmentos Cloroplastídicos	15
3.5 Fluorescência e Trocas Gasosas	15
3.6 Análises Estatísticas.....	16
4 RESULTADOS	17
4.1 Caracterização ambiental	17
4.2 Parâmetros Biométricos	17
4.3 Caracterização estomática.....	18
4.4 Teor De Pigmentos Cloroplastídicos	19
4.5 Fluorescência	20
4.6 Trocas Gasosas	22
5 DISCUSSÃO	25
6 CONCLUSÃO.....	31
7 REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Cerrado é um domínio fitogeográfico brasileiro que abrange aproximadamente 204 milhões de hectares, o que corresponde a aproximadamente 25% do território nacional, representando 30% da biodiversidade brasileira, com área central que possui transição com quase todos os biomas brasileiros (SCARIOT; FELFILI, 2005). No entanto, apesar de sua importância ecológica, a cobertura vegetal do Cerrado vem sendo reduzida devido à ação antrópica, o que ocorre principalmente na forma de incêndios florestais e exploração agropecuária (SANTOS et al., 2020). De acordo com Allen et al. (2017), outro fator de risco ao domínio Cerrado, são as mudanças climáticas, que também representam um elevado risco para a biodiversidade desse domínio, uma vez que alterações em características do clima, como aumento da incidência solar e consequente aumento da temperatura, podem afetar consideravelmente o metabolismo de espécies vegetais e consequentemente os organismos dependentes delas.

Por todas essas razões, o Cerrado tem hoje sua conservação amparada pela legislação ambiental vigente, através das Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal estabelecidas pelo Código Florestal, onde a percentagem de cada propriedade ou posse rural que deve ser preservada com cobertura de vegetação nativa varia de acordo com a região e o bioma. O Código estabelece, no seu artigo 12, os tamanhos das Reservas de 35% no Cerrado e 20% transição entre biomas (BRASIL, 2012). Dentro dessas áreas, a vegetação natural deve ser mantida e, caso tenha sido desmatada ilegalmente, precisa ser recuperada (DURIGAN, 2011). De acordo com Nunes et al. (2010), a recuperação de áreas degradadas é uma prática de extrema importância para a diversidade do ecossistema perturbado, pois é uma forma de amenizar impactos ocasionados devido ao mau uso dos recursos naturais.

Dentre as espécies de ocorrência nesse domínio temos a *Myracrodruon urundeuva* Allemão e a *Dipteryx alata* Vogel. A espécie *M. urundeuva*, popularmente conhecida como aroeira, aroeira-do sertão ou aroeira-preta, é uma espécie com ocorrência na Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (LORENZI, 1992). De acordo com Bertoni; Dickfeldt (2007), a aroeira é uma espécie bastante complexa e versátil, exigente em relação à luz e classificada ecologicamente como secundária inicial a secundária tardia ou clímax exigente à luz. A aroeira possui capacidade de se regenerar naturalmente em solos degradados por processos erosivos e de baixa qualidade, e possui características que a qualificam para a utilização em projetos de recuperação de áreas degradadas, inclusive em solos contaminados (VOLPATO; MARTINS, 2013; BERTONHA et al., 2016). A

aroeira também apresenta boa capacidade de atração para uma diversidade de aves generalistas e especialistas, fornecendo habitat para essas espécies e potencializando a prestação de serviços ambientais da fauna para recuperação de áreas (VOLPATO; MARTINS, 2013).

Por sua vez, a espécie *Dipteryx alata* Vogel, popularmente conhecida como baru, é uma espécie nativa do Cerrado, porém não é endêmica no Brasil (VENTUROLI et al., 2011). É recomendado para uso em recuperação de áreas degradadas, pois apresenta alta produção de biomassa foliar que favorece o enriquecimento de nutrientes no solo, além de ser uma espécie chave na sustentação da fauna silvestre devido a seus frutos serem um dos poucos que apresentam polpa carnosa durante a estação seca no Cerrado, alimentando pássaros, morcegos, roedores, macacos e insetos (SANO et al., 2004; LIMA et al., 2022). De acordo com Mota et al. (2012) e Cavalcante et al. (2019) o baru é uma espécie que possui baixa capacidade de se desenvolver em altas luminosidades, sendo o melhor desenvolvimento em sistemas com 50% de retenção de luz. Segundo Motta et al. (1997), o baru é uma espécie classificada ecologicamente como secundária inicial a secundária tardia, que germina e desenvolve-se inicialmente bem na sombra, porém necessita de sol para se desenvolver e sobreviver. Sendo assim, por conta de suas características, ambas as espécies *M. urundeuva* e *D. alata* possuem potencial de uso em planos de recuperação de áreas degradadas. Para o plantio em planos de reflorestamento, assim como na produção de mudas, o conhecimento da ecofisiologia das espécies relacionados a fatores bióticos são requisitos para o sucesso dessas atividades (MOTA et al., 2012; FERRAZ et al., 2014).

Segundo Krause et al. (2012), árvores de domínios tropicais geralmente são submetidas a níveis de radiação fotossinteticamente ativas (PAR) em torno de 2000 a 2300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, o que é muito acima da assimilação de saturação de CO_2 para muitas espécies. Uma resposta típica à alta exposição ao sol é a "depressão ao meio-dia" da absorção líquida de CO_2 associada a baixa condutância estomática (g_s), a diminuição da taxa de transporte de elétrons (ETR) e do rendimento quântico efetivo do fotossistema II (F_v/F_m), sendo esses últimos indicadores de processo fotoinibitório do fotossistema II (PSII). O fechamento dos estômatos limita a absorção de CO_2 , o que pode levar no aumento da fotorrespiração, e como consequência, o ganho diário de carbono é reduzido apesar dos fortes mecanismos fotoprotetores que operam nas folhas do sol (BARBER; ANDERSSON, 1992; KRAUSE et al., 2012).

As plantas, para se adaptarem à disponibilidade de luz disponível durante seu crescimento necessitam promover ajustes no seu aparato fotossintético e nas estruturas foliares, a fim de adquirir uma maneira eficiente de utilizar a luz disponível, favorecer a manutenção do aparelho fotossintético e assim, garantir uma maior eficiência fotossintética, dessa forma, plantas com baixa plasticidade fenotípica muitas vezes não conseguem se adaptar a determinadas condições, diminuindo sua chance de sobrevivência (RUGER et al., 2011; ROSA et al., 2021). A plasticidade fenotípica é a capacidade de um genótipo de alterar seu fenótipo sob condições ambientais variáveis, de modo que se ajustem às variações na disponibilidade de recursos no meio onde estão inseridas, mas poucos estudos demonstraram até que ponto a plasticidade está realmente associada à tolerância à sombra e as altas luminosidades (AMISSAH et al., 2015). Os diferentes níveis de luminosidade causam modificações morfofisiológicas nas plantas, fator este que pode explicar o comportamento de características genéticas em interação com padrões específicos de condições ambientais (DIAS-FILHO, 1997). De acordo com Rosa et al., (2021) a luminosidade do ambiente para produção e/ou transplante de mudas é determinante para o sucesso das práticas silviculturais e, conseqüentemente, recuperação de áreas degradadas.

Considerando a importância social, ambiental e econômica de *M. urundeuva* e *D. alata*, nesse trabalho avaliamos o comportamento dessas espécies em três diferentes níveis de luminosidade a fim de verificar as variações nas propriedades estruturais e funcionais das plantas. Aqui abordamos três principais questões: (1) quais são os efeitos da alta luminosidade e da sombra no desenvolvimento das mudas? (2) Quais são os efeitos da alta luminosidade e da sombra nas características subjacentes, como alocação de biomassa, morfologia e fisiologia no desenvolvimento das mudas? (3) Como a plasticidade morfológica e fisiológica se expressa em cada espécie sob as diferentes condições de luminosidade? Nós hipotetizamos que (i) com diminuição da disponibilidade de luz, sendo um recurso importante para o processo fotossintético, haverá diminuição do crescimento (ii) a sombra resultará em maior mitigação de estresses no aparelho fotossintético em comparação com a alta luminosidade e (iii) as plantas investirão em área foliar para capturar luz em situação de sombreamento.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Verificar os efeitos de diferentes níveis de luminosidade sobre variáveis morfológicas, anatômicas e fisiológicas em mudas de *Myracrodruon urundeuva* e *Dipteryx alata*.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar através de variáveis morfofisiológicas o efeito de diferentes níveis de luminosidade em mudas de *M. urundeuva* e *D. alata*;
- Verificar qual das espécies estudadas que são utilizadas em planos de recuperação de áreas degradadas responderão melhor a alta luminosidade de acordo com as variáveis analisadas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casas de sombreamento instaladas nas dependências do Laboratório de Ecofisiologia e Produtividade Vegetal do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde (Fig. 1A). Mudanças de *Myracrodruon urundeuva* e *Dipteryx alata* foram obtidas em viveiro com idade aproximadamente de 200 dias, posteriormente foram transplantadas para vasos de plástico com capacidade de 6 litros, preenchidos com latossolo vermelho e areia na proporção 2:1 (Fig. 1B e C). Após o transplantio, os vasos foram dispostos em bancadas em suas respectivas casas de sombreamento, onde as estruturas foram cobertas com diferentes camadas de sombrite, e parte das plantas ficaram expostas a pleno sol, sem nenhuma estrutura que amenize a irradiância natural.

Os tratamentos consistiram nos seguintes níveis de luminosidade: 100% de luz (plantas a pleno sol, submetidas a em média $1418 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), 30% de luz (plantas sobre sombrite com 70% de retenção de luz, submetidas a aproximadamente $369 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e 10% de luz (plantas sobre sombrite com 90% de retenção de luz, submetidas a aproximadamente $175 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). As plantas foram irrigadas diariamente por aproximadamente 5 meses para pleno estabelecimento e aclimação a luz, tempo suficiente para emissão e expansão de novas folhas. O delineamento experimental foi conduzido em blocos casualizados em esquema fatorial duplo, com 3 níveis de luminosidade e 2 espécies, com 5 repetições, totalizando 30 unidades experimentais. As análises descritas a seguir foram realizadas após o período de aclimação.

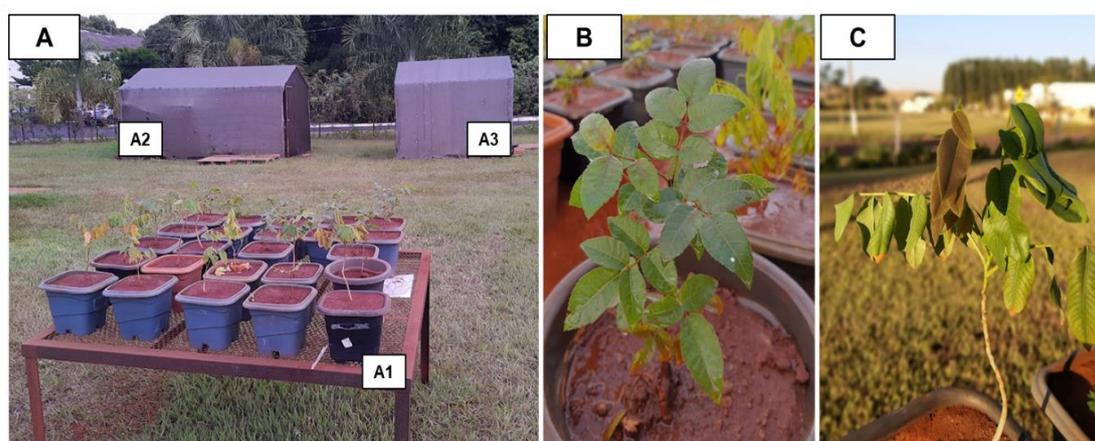


Figura 1 - Ambientes de crescimento (A): 100% de luminosidade (A1), 30% de luminosidade (A2) e 10% de luminosidade (A3); mudas de *Myracrodruon urundeuva* (B) e *Dipteryx alata* (C).

3.1 Caracterização ambiental

O município de Rio Verde, GO se caracteriza como clima Aw Tropical com estação seca no inverno pela classificação de Köppen e B1 w A', subtipo climático a' de clima megatérmico úmido com DEF moderada no inverno pela classificação de Thornthwaite (SOBRINHO et al., 2020). O fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (PPFD) foi avaliado usando um medidor quântico fixo em um fluorômetro (PAM Junior; Walz, Effeltrich, Alemanha) para determinar a incidência de luz em todos os locais experimentais. O déficit de pressão de vapor (DPV) foi calculado de acordo com Jones (1992) (Equação 1), usando valores de temperatura e umidade relativa, que foram medidos com um auxílio de um termo-higrômetro. Os dados de PAR e VPD foram coletados em dias ensolarados entre as 9 e 10h.

$$DPV_{\text{ar}} \text{ (kPa)} = 0,61137^t * \left(\frac{1 - UR}{100} \right)$$

Onde, t é calculado pela equação:

$$t = 17,502 * \frac{(T)}{(240,97 + T)}$$

UR é a umidade relativa do ar em % e T é a temperatura do ar em °C.

[Equação 1]

3.2 Análises Biométricas

Foram obtidos, o número de folhas, a área foliar, o diâmetro do caule e a altura da planta. O número de folhas foi estimado através de contagem, o diâmetro através de medida com auxílio de um paquímetro, a altura através de medida com auxílio de fita métrica, e a área foliar foi determinada mediante a integração de imagens no programa ImageJ.

3.3 Análises Anatômicas

3.3.1 Caracterização Estomática

A técnica de impressão da epiderme foi empregada para determinação da densidade estomática (DE), e comprimento da célula-guarda (L). Para isso, uma pequena quantidade de cola instantânea foi colocada sobre lâmina histológica, sendo o material vegetal pressionado contra a lâmina por alguns minutos. As lâminas foram, então, observadas em uma magnificação de 40x e 10x com o auxílio de microscópio de luz equipado com sistema para captura de fotos. Para análise da lâmina, 5 campos de aproximadamente $0,748 \text{ mm}^2$ foram escolhidos aleatoriamente, posteriormente, para a

extração das medidas, as imagens foram analisadas e mensuradas por meio de software de imagem ImageJ. Além disso, a fração média da epiderme foliar que é alocada aos estômatos (f_{gc}) foi determinada pela área média do par de células guarda (a_{gc}) e a média de DE (DE BOER et al., 2016) (Equação 2).

$$f_{gc} = a_{gc}DE$$

Onde a_{gc} é calculado pela equação:

$$a_{gc} = \frac{\pi}{2}WL$$

DE é a densidade estomática por mm^{-2} , W é a largura do par de células-guardas e L é o comprimento da célula-guarda em mm^{-2} .

[Equação 2]

3.4 Teor De Pigmentos Cloroplastídicos

A concentração de pigmentos cloroplastídicos foi determinado por meio da extração com dimetilsulfóxido (DMSO), saturado com carbonato de cálcio (CaCO_3) de acordo com De Castro et al., (2019). Três discos foliares com diâmetro de 5 mm foram incubados em frascos âmbar, envolvidos com papel alumínio e vedados, contendo 2,5 mL da solução de DMSO, por um período de 24 horas a 65 °C em banho-maria. Posteriormente a absorvância da solução de extração foi determinada nos comprimentos de onda de 480, 649 e 665 nm por meio de um espectrofotômetro UV-VIS (Modelo Evolution 60S, Thermo Scientific, Madison - USA). As concentrações de clorofila a e b foram calculados de acordo com (BARNES et al., 1992) e os carotenoides totais foram calculadas de acordo com (LI et al., 2022). A clorofila total (Ch_{a+b}) foi calculada pelo somatório das concentrações das clorofilas a e b .

3.5 Fluorescência e Trocas Gasosas

A taxa de assimilação líquida do carbono (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), a condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a concentração interna de CO_2 (C_i), a taxa transpiratória (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e o rendimento quântico da assimilação de CO_2 (ϕCO_2), foram determinadas em sistema aberto, sob luz saturante ($1.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e pressão parcial de CO_2 de 40 Pa. Para tanto, foi utilizado um analisador de gases a infravermelho (LI-6800, Li-Cor Inc., Nebraska, EUA), equipado com uma fonte de luz azul/vermelho. Com esses valores foi calculado a eficiência de carboxilação (A/C_i), eficiência instantânea do uso da água (A/E), e razão da concentração interna e externa de carbono (C_i/C_a).

Nas mesmas folhas foi medido a fluorescência no claro, após exposição à luz actínica ($1000 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$) durante 60s, a fim de se obter a fluorescência transiente (F_s), seguido por um pulso de luz saturante para estimar-se a fluorescência m\u00e1xima \u00e0 luz (F_m') e, por \u00faltimo, foi aplicado um pulso de luz vermelho-distante, para obter-se a fluoresc\u00eancia m\u00ednima ap\u00f3s aclima\u00e7\u00e3o \u00e0 luz act\u00ednica (F_0'). Com esses par\u00e2metros, foram calculados os coeficientes de extin\u00e7\u00e3o fotoqu\u00edmica (qP), a efici\u00eancia fotoqu\u00edmica do transporte de el\u00e9trons associado ao fotossistema II ($\phi PSII$) e a dissipac\u00e3o n\u00e3o fotoqu\u00edmica (NPQ).

Com o mesmo analisador foi obtido os dados de fluoresc\u00eancia no escuro, sendo a fluoresc\u00eancia m\u00ednima (F_0) via excita\u00e7\u00e3o dos tecidos foliares por luz vermelha modulada de baixa intensidade ($0,03 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$). A fluoresc\u00eancia m\u00e1xima (F_m) foi obtida pela aplica\u00e7\u00e3o de um pulso de 0,8 s de luz act\u00ednica saturante ($8000 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$). A fluoresc\u00eancia vari\u00e1vel (F_v) foi determinada pela diferen\u00e7a F_0 e F_m e a partir desses valores, foi calculado o rendimento qu\u00e2ntico potencial do fotossistema II (F_v/F_m).

3.6 An\u00e1lises Estat\u00edsticas

Os resultados obtidos foram submetidos \u00e0 an\u00e1lise de res\u00edduos pelo teste de Shapiro-Wilk (normalidade, $\alpha = 0,05$). Em seguida, os dados foram submetidos \u00e0 an\u00e1lise de vari\u00e2ncia (ANOVA) e as m\u00e9dias das esp\u00e9cies nos diferentes tratamentos comparadas utilizando o teste Tukey ($P \leq 0,05$), e as m\u00e9dias das diferentes esp\u00e9cies dentro de um tratamento foram comparadas pelo teste T ($P \leq 0,05$). As an\u00e1lises estat\u00edsticas foram realizadas utilizando o programa RStudio.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização ambiental

No local onde o experimento foi conduzido, as mudas de *Myracrodruon urundeuva* e *Dipteryx alata* experimentaram em média 1418, 369 e 175 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa (PAR), em sistemas de 100%, 30% e 10% de luminosidade, respectivamente (Fig. 2). Foi possível observar uma queda no déficit de pressão de vapor (DPV) em relação a redução de luminosidade, onde foi observado em média 0,189 kPa para 100% de luminosidade, 0,184 kPa para 30% e 0,172 kPa para 10%, isso reflete em uma queda da temperatura e aumento da umidade em relação aos regimes de luz.

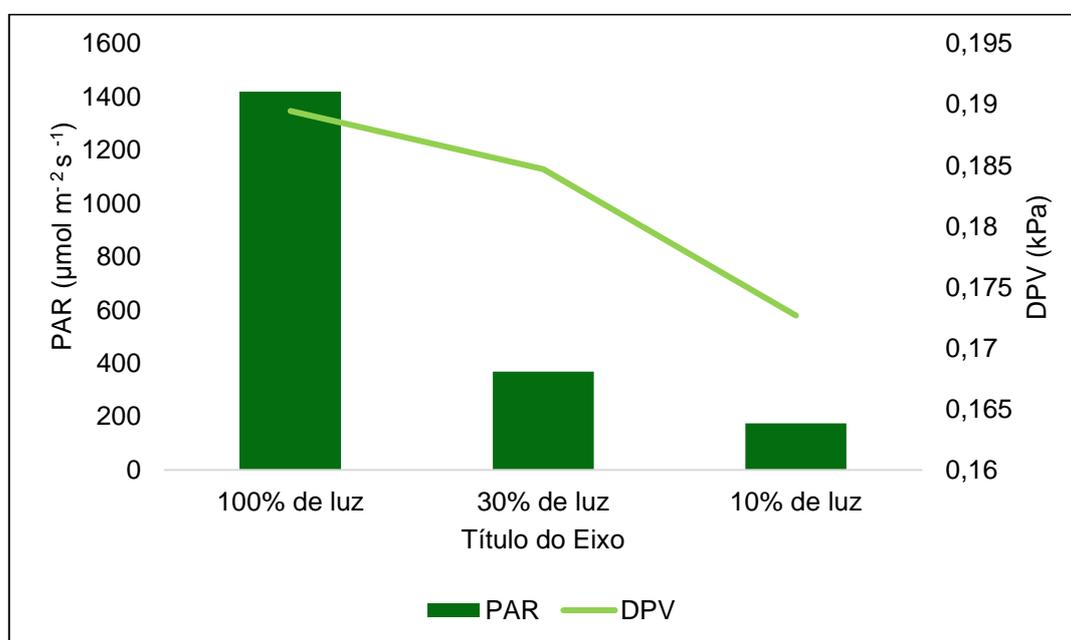


Figura 2 - Médias da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e déficit de pressão de vapor (DPV) por regime de luz mensuradas entre 9 e 10h.

4.2 Parâmetros Biométricos

A exposição das plantas aos diferentes níveis de luminosidade não alterou a área foliar em ambas as espécies, assim como não houve diferença entre as espécies nos tratamentos (Fig. 3A). Já em relação ao número de folhas (Fig. 3B), ambas as espécies não apresentaram diferenças estatísticas significativas em relação ao tratamento, entretanto, houve uma diferença significativa entre as espécies no tratamento com 30% de luz, onde *Myracrodruon urundeuva* apresentou maior número de folhas em relação a *Dipteryx alata*. Em relação ao diâmetro do caule (Fig.3C), não houve diferença entre os

tratamentos, assim como não houve também entre as espécies. Já em relação à altura (Fig. 3D), observou-se que em 100% de luz a espécie *M. urundeuva* apresentou menor altura em relação as demais intensidades luminosas, enquanto a espécie *D. alata* não apresentou diferença entre os tratamentos. Em relação as espécies, *M. urundeuva* apresentou maior altura em relação a *D. alata* em 30% e 10% de luminosidade, ao passo que em 100% de luz não foram observadas diferenças entre as espécies.

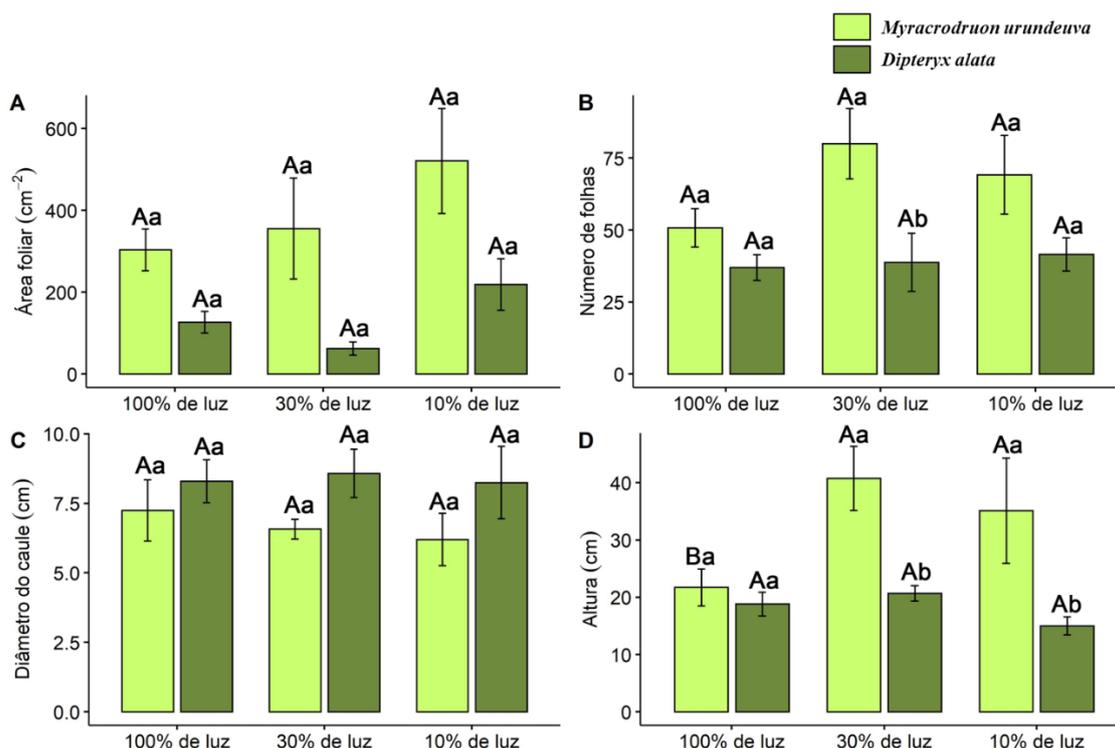


Figura 3 - Parâmetros biométricos em plantas de *Myracrodruon urundeuva* (verde claro) e *Dipteryx alata* (verde escuro) expostas a diferentes intensidades luminosas. Área foliar (A); Número de folhas (B); Diâmetro do caule (C) e Altura (D). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si para as diferentes luminosidades de acordo com o teste Tukey, e médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si para as diferentes espécies pelo teste T ($P \leq 0,05$).

4.3 Caracterização estomática

De modo geral, os parâmetros estomáticos de *M. urundeuva* não se alteraram, independentemente da intensidade de luz disponível para as plantas. Com efeito, não foram observadas diferenças em relação à densidade estomática (DE) (Fig. 4A), fração da epiderme alocada para a formação de células-guarda (f_{gc}) (Fig. 4B) e tamanho das células-guarda (L) (Fig. 4C) em nenhum dos tratamentos. *D. alata*, por sua vez, apresentou diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos em relação aos regimes de luz, apresentando maior número de estômatos por área no regime de 100% de

luz em relação aos regimes de 30% e 10% de luz. Como esperado, os dados de f_{gc} (Fig. 4B) seguiram o mesmo padrão observado para DE . Já em relação ao tamanho das células-guarda (L) (Fig. 3C), não se observou diferença estatística significativa. Entre as espécies, houve diferença estatística onde *M. urundeuva* apresentou maior densidade estomática em 30% de luz, e maior fração da epiderme alocada para a formação de células-guarda em 30 e 10% de luz, além de maior comprimento das células-guardas em todos os tratamentos em relação a *D. alata*.

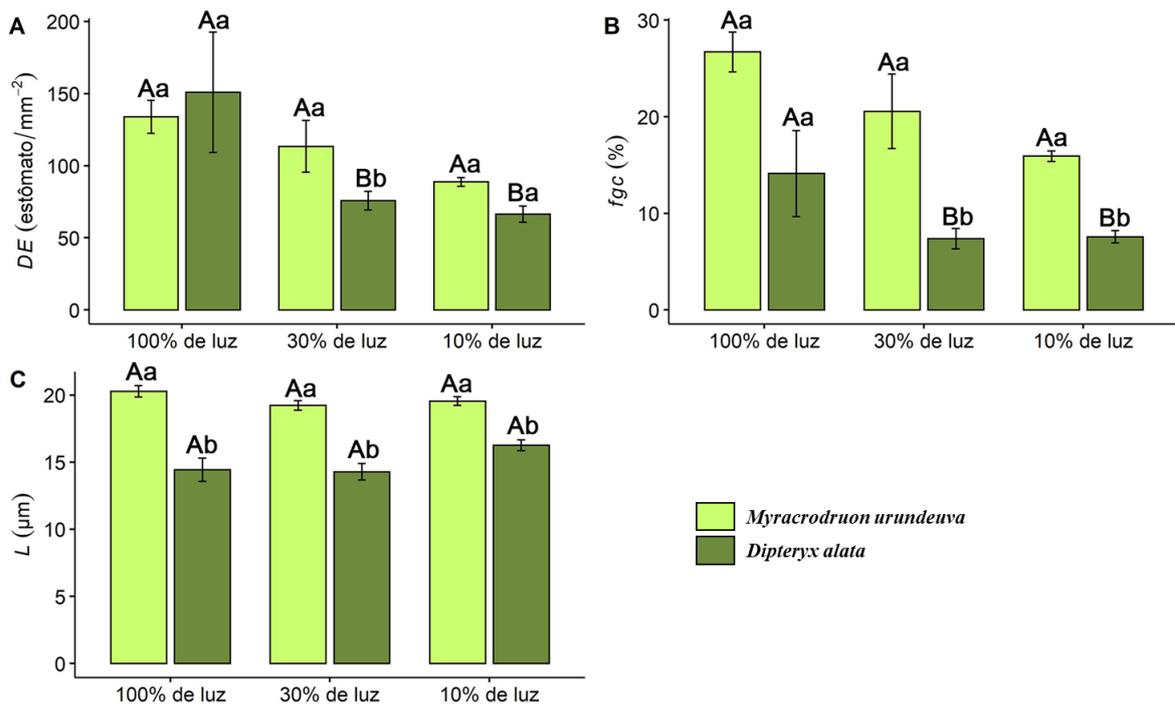


Figura 4 – Parâmetros de caracterização estomática em plantas de *Myracrodruon urundeuva* (verde claro) e *Dipteryx alata* (verde escuro) expostas a diferentes intensidades luminosas. Densidade estomática (DE) (A); Fração da epiderme alocada para a formação de células-guarda (f_{gc}) (B) e Comprimento da célula-guarda (L) (C). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si para os diferentes tratamentos de acordo com o teste Tukey, e médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si para as diferentes espécies pelo teste T ($P \leq 0,05$).

4.4 Teor De Pigmentos Cloroplastídicos

Observou-se que as plantas apresentaram diferentes estratégias em relação à produção de pigmentos. As espécies não alteraram os níveis de clorofila a (Ch_a) e clorofila b (Ch_b), assim como de clorofilas totais (Ch_{a+b}) em nenhum dos regimes de luz (Fig. 5A, B e C). No entanto, diferenças consideráveis foram observadas entre as espécies, sendo que os teores de Ch_b e Ch_{a+b} foram maiores em *M. urundeuva* do que em *D. alata* em todos os tratamentos. Para a Ch_a , *M. urundeuva* apresentou maiores valores nos

tratamentos com 30 e 10% de luz. Os teores de carotenoides (Fig. 5D) mostraram que a espécie *M. urundeuva* apresentou maior produção do pigmento em 100% de luminosidade em relação aos demais regimes de luz, diferente do que foi apresentado por *D. alata*, que não apresentou diferenças estatísticas entre os diferentes níveis de luminosidade. Foi possível observar diferenças estatísticas significativas entre as espécies em 100% e 30% de luminosidade, sendo a espécie *M. urundeuva* com maior teor de carotenoides nesses regimes de luz.

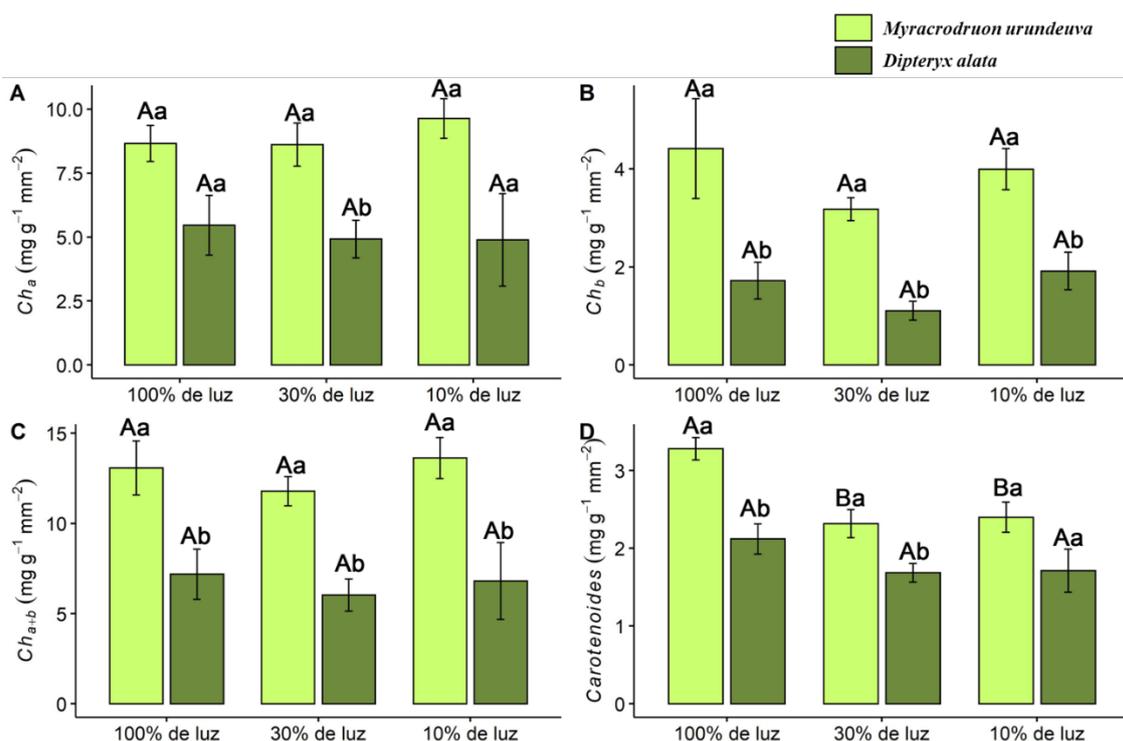


Figura 5 – Parâmetros de teor de pigmentos cloroplásticos em plantas de *Myracrodruon urundeuva* (verde claro) e *Dipteryx alata* (verde escuro) expostas a diferentes intensidades luminosas. Teor de clorofila *a* (Ch_a) (A); Teor de clorofila *b* (Ch_b) (B); Clorofila total (Ch_{a+b}) (C) e Teor de carotenoides totais (D). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si para os diferentes tratamentos de acordo com o teste Tukey, e médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si para as diferentes espécies pelo teste T ($P \leq 0,05$).

4.5 Fluorescência

Em relação a primeira etapa da fotossíntese, representada pelos parâmetros de fluorescência, foi possível observar diversas alterações. As plantas da espécie *M. urundeuva* expostas a 100% de luz apresentaram menor valor de fluorescência mínima (F_0) do que as plantas expostas aos demais tratamentos (Fig.6A). Em relação às espécies, somente observou-se diferença em 100% de luminosidade, sendo *D. alata* a espécie com maior valor de F_0 em relação a *M. urundeuva*. Em relação aos dados de dissipação não

fotoquímica (NPQ) (Fig. 6B), não ocorreram diferenças nem entre as espécies e nem entre os tratamentos. Já os dados de rendimento quântico potencial do fotossistema II (Fv/Fm) (Fig. 6C), mostraram que as plantas da espécie *M. urundeuva*, expostas a 100% de luz apresentaram maior Fv/Fm , ao passo que as plantas da mesma espécie, expostas a 30% de luz apresentaram uma tendência a apresentar um maior valor de Fv/Fm em relação a plantas expostas a 10% de luminosidade, em relação a *D. alata*, não houve diferença entre os tratamentos. Já em relação as espécies, houve diferença estatística significativa entre as espécies, onde as plantas de *M. urundeuva* apresentaram maior valor de Fv/Fm , em relação a *D. alata*.

A exposição aos diferentes regimes luminosos alterou o coeficiente de *quenching* fotoquímico (qP) e a eficiência fotoquímica do transporte de elétrons associado ao fotossistema II ($\phi PSII$) (Fig. 6D e E), sendo os maiores valores observados em 100% de luminosidade. Em relação a *D. alata*, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. Foi possível observar diferenças nos tratamentos 100% e 30% de luminosidade entre as espécies, sendo a espécie *M. urundeuva* a com maior valor de qP e $\phi PSII$ nesses tratamentos. A fim de verificar a relação de energia gerada e carbono assimilado verificou-se a eficiência quântica do processo fotossintético ($\phi PSII/\phi CO_2$) (Fig. 6F), onde se observou uma diferença estatística significativa entre as plantas da espécie *D. alata*, expostas a 100% de luminosidade, que apresentou maior $\phi PSII/\phi CO_2$ em relação aos demais tratamentos, já em relação a *M. urundeuva*, não houve diferença estatística entre os regimes de luminosidade, esse parâmetro também não apresentou diferenças estatísticas significativas entre as espécies em nenhum dos tratamentos de luz.

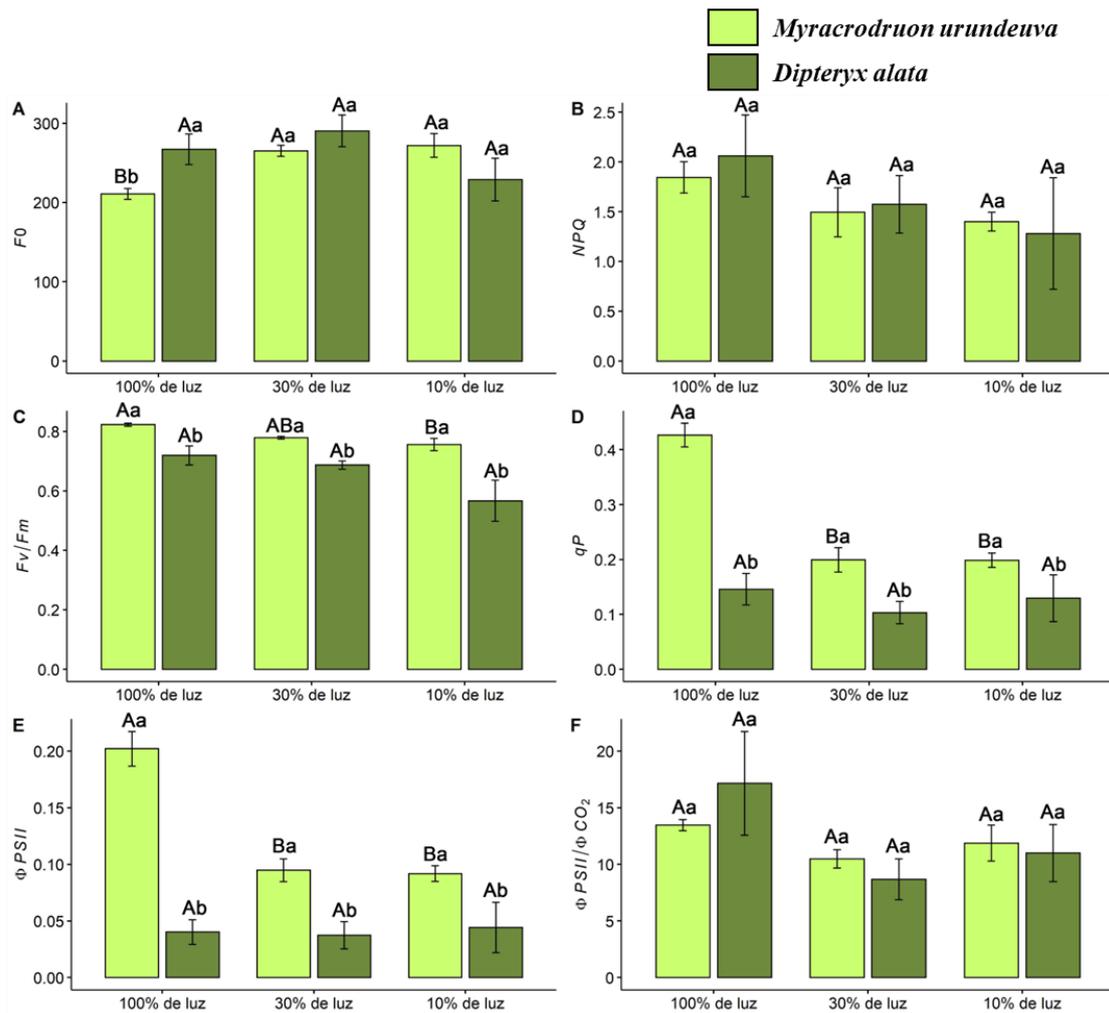


Figura 6 – Parâmetros de fluorescência em plantas de *Myracrodruon urundeuva* (verde claro) e *Dipteryx alata* (verde escuro) expostas a diferentes intensidades luminosas. Fluorescência mínima da clorofila a (F_0) (A); Dissipação não fotoquímica (NPQ) (B); Rendimento quântico potencial do fotossistema II (F_v/F_m) (C); Coeficiente de quenching fotoquímico (qP) (D); eficiência fotoquímica do transporte de elétrons associado ao fotossistema II (ϕ_{PSII}) (E) e Eficiência quântica do processo fotossintético (ϕ_{PSII}/ϕ_{CO_2}) (F). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si para os diferentes tratamentos de acordo com o teste Tukey, e médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si para as diferentes espécies pelo teste T ($P \leq 0,05$).

4.6 Trocas Gasosas

A exposição a luz promoveu alterações nas plantas de *M. urundeuva*, sendo que as plantas expostas a 100% de luz apresentaram uma maior assimilação líquida de carbono (A) em relação aos demais tratamentos (Fig. 7A), diferente de *D. alata* que apresentou maior A em 30% de luz em relação aos demais tratamentos. Entre as espécies, *M. urundeuva* foi a que obteve maior A em relação a *D. alata* em todos os regimes de luz. Em relação a condutância estomática (g_s) (Fig. 7B), não houve diferença estatística

significativa entre os tratamentos em ambas as espécies, portanto, houve diferença entre as espécies sendo a *M. urundeuva* a espécie com maior g_s , coincidindo com os dados de A. A eficiência de carboxilação (A/C_i) da espécie *M. urundeuva* foi maior em relação a *D. alata* em todos os tratamentos (Fig. 7C). As plantas de *M. urundeuva* expostas a 100% de luminosidade apresentaram maior A/C_i em relação aos demais tratamentos de luz, já em relação a *D. alata* não houve diferença entre os tratamentos para a espécie. Corroborando com os dados de rendimento quântico da assimilação de CO_2 (ϕCO_2), as plantas da espécie *D. alata* não apresentaram diferenças entre os tratamentos (Fig. 7D), ao passo que a espécie *M. urundeuva* em 100% de luz apresentou maior ϕCO_2 em relação aos demais tratamentos, já em relação as espécies a *M. urundeuva*, foi a espécie com maior valor de ϕCO_2 em relação a *D. alata* em todos os tratamentos. Entretanto, os dados mostraram que a razão entre a concentração interna e externa de carbono (C_i/C_a) (Fig. 7E), não apresentou diferenças estatísticas entre as espécies, nem entre os tratamentos em ambas as espécies.

Os dados de taxa transpiratória (E) (Fig. 7F), demonstraram que as plantas da espécie *M. urundeuva* em 100% de luz transpiraram mais do que as plantas nos demais tratamentos, e que as plantas em 30% de luminosidade tenderam a transpirar mais em relação as plantas expostas a 10% de luminosidade. Para a espécie *D. alata* não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, o que é similar às respostas de g_s . Já em relação as espécies, *M. urundeuva* apresentou maior E do que a *D. alata* em todos os tratamentos. Quanto à eficiência instantânea do uso da água (A/E) (Fig. 7G), ambas as espécies não apresentaram diferenças entre os tratamentos, entretanto, *M. urundeuva* apresentou maior A/E em 100% de luz em relação a *D. alata*.

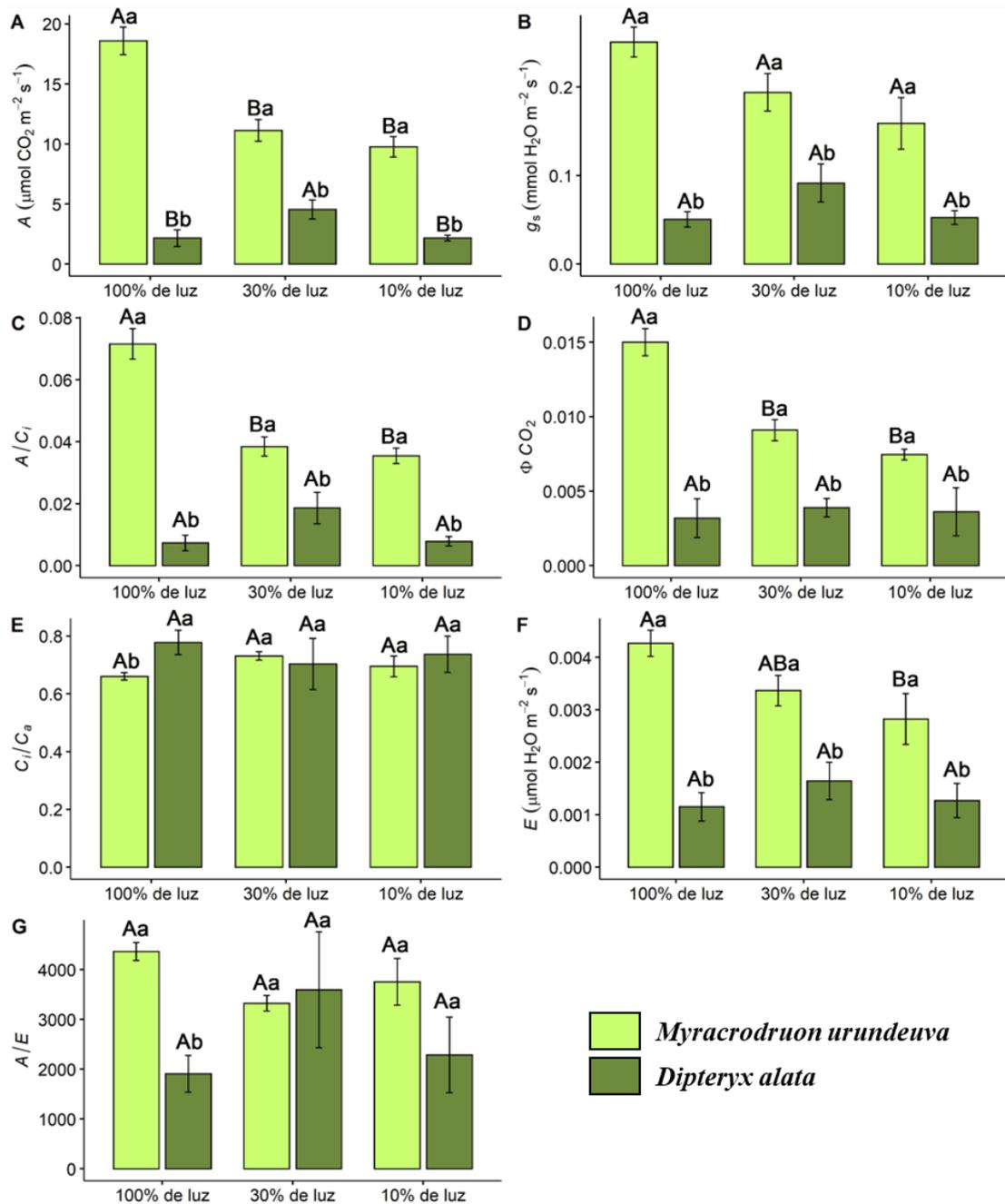


Figura 7 – Parâmetros de trocas gasosas em plantas de *Myracrodruon urundeuva* (verde claro) e *Dipteryx alata* (verde escuro) expostas a diferentes intensidades luminosas. Assimilação líquida de carbono (A) (A); Condutância estomática (g_s) (B); Eficiência de carboxilação (A/C_i) (C); Rendimento quântico da assimilação de CO_2 (ϕ_{CO_2}) (D); Razão da concentração interna e externa de carbono (C_i/C_a) (E); Taxa transpiratória (E) (F) e Eficiência instantânea do uso da água (A/E) (G). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si para os diferentes tratamentos de acordo com o teste Tukey, e médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si para as diferentes espécies pelo teste T ($P \leq 0,05$).

5 DISCUSSÃO

Durante a evolução, as plantas selecionaram características únicas para que conseguissem se sobressair ao ambiente, e precisam a todo momento modular seus processos fisiológicos para atender às mudanças ao seu redor. As plantas do Cerrado são constantemente impostas a pressões seletivas, sejam essas de origem antrópicas ou naturais. Entender como essas plantas se desenvolvem em relação ao ambiente nos auxilia a desenvolver estratégias para conservação dessas espécies, bem como aprimorar as técnicas para produção de mudas de qualidade para plantio em planos de recuperação de áreas degradadas (LIMA et al., 2022; SANTOS et al., 2020). Ao avaliar o comportamento fisiológico de duas espécies ocorrentes no Cerrado, *Myracrodruon urundeuva* e *Dipteryx alata* sob diferentes intensidades luminosas, verificou-se que essas espécies do Cerrado têm a capacidade de se modular de diferentes formas para lidar com as diferentes intensidades luminosas, e que possuem uma adaptação intrínseca em relação a luz.

Plantas do Cerrado, possuem adaptações a altas luminosidades e conseguem se aclimatar às flutuações na intensidade luminosa que ocorre no gradiente ambiental do Cerrado, uma vez que esse domínio possui diversas fitofisionomias, sendo a maioria delas, abertas (FREITAS et al., 2021). As espécies estudadas aqui também apresentaram essa capacidade de modular o comportamento em função da luz e, contrariando nossa hipótese inicial, as plantas de *M. urundeuva* sob sombreamento conseguiram crescer mais em altura nos regimes de sombra em relação àquelas que estavam a pleno sol, e não teve alteração de crescimento para *D. alata* em nenhum dos níveis de luminosidade. De acordo com Westoby et al., (2002) a altura tem sido universalmente vista como ecologicamente importante e incluída em esquemas de estratégia ecológica. Esse parâmetro inclui várias compensações e elementos adaptativos, que idealmente devem ser tratados separadamente por não refletir por si só o bom desenvolvimento da planta. Plantas não tolerantes a sombra, normalmente apresentam respostas morfofisiológicas para evitar o sombreamento, uma das principais respostas é a diminuição da biomassa foliar a fim de alocar mais carbono para o crescimento do caule, essa resposta inclui a atuação de vários mediadores, como fitocromos e hormônios vegetais, dentre eles as giberelinas e auxinas (COLLINS; WEIN, 2000; SMITH; WHITELAM, 1997). De acordo com Venturoli et al. (2011) o menor crescimento em altura de *D. alata* em relação a *M. urundeuva* não deve ser utilizado para julgar a adaptação dessa espécie ao ambiente, podendo estar relacionado a diferentes padrões de crescimento, estratégias de adaptação ou diferentes necessidades ecológicas, demonstrando diferenças quanto à eficiência no uso dos recursos disponíveis.

Outra hipótese levantada, foi que as plantas investiriam no órgão que captura o recurso mais limitante, nesse caso, esperava-se que as plantas em sombra investissem mais em folhas, uma vez que a luz seria o recurso mais limitante, portanto não houve diferenças nem em área foliar e nem em número de folha em relação aos tratamentos de luz para ambas as espécies, o que poderia indicar investimento nesses órgãos. Segundo Reich et al., (1998) algumas espécies mudam a alocação preferencialmente para as folhas e outras espécies mudam a alocação para as raízes ou caules, sendo maior crescimento geralmente relatado em plantas cultivadas com pouca luz mostrando uma mudança na alocação de biomassa de folhas para raízes ou caules, entretanto esses fatores são dependentes do hábito da planta. Outra possibilidade é que, ao invés de investirem em maior quantidade de folhas, as plantas *M. urundeuva* direcionaram mais recursos para o crescimento do caule, o que também pode contribuir para maior absorção de luz em plantas que estão crescendo sombreadas por outras árvores maiores.

Em intensidades de luz mais altas as plantas tendem a apresentar maior condutância, densidade e índice estomático (ZHENG; VAN LABEKE, 2018). As plantas de *D. alata* apresentaram maior densidade estomática e maior fração da epiderme alocada para formação de células-guardas em 100% de luminosidade, enquanto em *M. urundeuva* não foram observadas diferenças. Existe uma correlação positiva entre a densidade estomática (*DE*), e a fração de epiderme alocada para células-guardas (MACHADO et al., 2021), o que pode explicar o mesmo comportamento para as duas variáveis nas espécies estudadas. Portanto, de acordo com Franks et al. (2009) existe uma correlação negativa entre tamanho do estômato e densidade estomática e esse comportamento morfoanotômico oferece várias vantagens para as plantas, incluindo plasticidade na condutância estomática máxima (g_{max}), com alterações mínimas na alocação da área de epiderme para os estômatos, entretanto, não observamos alterações no comprimento dos estômatos (*L*). É importante ressaltar, que embora se atribua maior capacidade de trocas gasosas aos tecidos com maiores densidades estomáticas, deve se levar em conta a funcionalidade dos estômatos (LIU et al., 2014; ROSA et al., 2020).

Existem alguns aspectos que estão relacionados com a eficiência fotossintética e desenvolvimento de uma planta, como a área de absorção de luz, a eficiência e a quantidade de estômatos operando na absorção de CO₂, e a quantidade de clorofila absorvendo energia. Nas plantas aqui avaliadas, as diferentes intensidades luminosas não foram um fator de estresse, o que provavelmente é reflexo da alta capacidade de aclimação das espécies do Cerrado. Com efeito, não foram observadas alterações nem

na concentração de pigmentos nem nos parâmetros de fluorescência da clorofila *a* que possam indicar a ocorrência de danos. De acordo com Walters, (2005), a redução de clorofilas tem um efeito fotoprotetor, uma vez que esses pigmentos são associados a cada unidade do fotossistema II (PSII), ou seja, menor teor de pigmentos associados diminui a eficiência de absorção, reduzindo a taxa de excitação e de separação de carga para cada centro de reação. A luminosidade não afetou o teor de clorofila *a*, *b* e totais em nenhuma das espécies, entretanto foi observado maior nível de carotenoides em *M. urundeuva* em 100% de luminosidade. Mesmo que não foi observado diferenças no teor de clorofila em resposta a luz em ambas as espécies, *M. urundeuva* apresentou menor fluorescência mínima da clorofila *a* (F_0) em 100% de luminosidade, ao passo que apresentou valores maiores em sombreamento. Esse aumento indica que os centros de reação do PSII ou a transferência da energia de excitação da antena para os centros de reação nessa espécie nos sistemas de sombreamento estão comprometidos.

No que concerne a concentração de carotenoides, aumentos na concentração desses compostos têm sido associada à fotoproteção, uma vez que esse pigmento está intimamente relacionado com a dissipação de energia na forma de calor (NPQ) (ADAMS et al., 2013; PINNOLA; BASSI., 2018). Neste trabalho, no entanto, não foram observadas diferenças em relação ao NPQ para nenhum dos tratamentos de luz em ambas as espécies. O aumento de carotenoides pode, portanto, estar relacionado com outros fatores, como a eliminação de espécies reativas de oxigênio (ROS). De acordo com e Jahns; Holzwarth, (2012); Pinnola; Bassi, (2018), existem diversos mecanismos envolvidos na fotoproteção de plantas em altas luminosidades, a partir da redução da formação de ROS, um desses mecanismos está relacionado com a modulação da eficiência da clorofila triplete (Ch^*) pelos carotenoides, esse processo ocorre através do forte acoplamento a clorofila e os carotenoides na antena do PSII, e resulta na transferência de energia de excitação da Chl^* para os carotenoides, evitando a formação de oxigênio singleto (O^2).

Quando as folhas absorvem uma quantidade maior de luz do que pode ser usada na fotossíntese, isso pode levar a um declínio na eficiência potencial do PSII, e conseqüentemente, causar fotoinibição. A capacidade da planta de se recuperar dessa condição pode variar amplamente entre as espécies, portanto, as folhas de plantas do Cerrado, desenvolvem diversas respostas fisiológicas para minimizar esses danos fotoinibitórios a fim de se aclimatar as condições de intensas luminosidades (DOS ANJOS et al., 2012; FREITAS; NASCIMENTO; SANCHES, 2021). Valores de rendimento quântico potencial do PSII (F_v/F_m) podem variar em torno de 0,8. Valores

abaixo desse limiar indicam a ocorrência de fotoinibição no PSII, e pode estar relacionada não só aos altos valores de intensidade luminosa, mas também com outros fatores do ambiente, ou até mesmo relacionado com as respostas fisiológicas inerentes da planta (ADAMS et al., 2013; FREITAS; NASCIMENTO; SANCHES, 2021; KRAUSE et al., 2012). Nenhuma das espécies estudadas apresentou fotoinibição, embora *M. urundeuva* tenha apresentado menor valor de F_v/F_m em 10% de luminosidade. Essa diminuição, no entanto, não significa que a planta esteja sofrendo fotoinibição, sendo mais provável que ela não esteja recebendo a quantidade de luz necessária para manter os parâmetros de fluorescência (Wan et al., 2020). De acordo com Dos Anjos et al., (2012) a susceptibilidade à fotoinibição e a capacidade de aclimatação a diferentes regimes de luz estão diretamente relacionados com as características dos grupos sucessionais, acreditando-se que as espécies exigentes à luz são capazes de aclimatar mais rapidamente e de maneira mais eficiente a qualquer aumento de radiação do que as espécies tolerantes à sombra.

Mesmo que as plantas não tenham mudado em relação ao teor de clorofila, as plantas de *M. urundeuva* apresentaram maior valor de *quenching* fotoquímico (qP) em 100% de luminosidade em relação ao sombreamento. Os valores de qP refletem o fechamento dos centros de reação no escuro, e seu declínio indica a inibição da fotossíntese. De modo geral, na ausência de fotoinibição quando $qP=1$, os valores de F_v/F_m e $\phi PSII$ (rendimento quântico efetivo do PSII) são extremamente próximos, entretanto, quando está ocorrendo fotoinibição os valores se distanciam (CARVALHO; WARE; RUBAN, 2015; JAHNS; HOLZWARTH, 2012; TIAN et al., 2017). Com esse respaldo, observamos que ambas as espécies apresentaram valores iguais para qP e $\phi PSII$, assim indicando que a maior disponibilidade de luz foi efetivamente utilizada por essas plantas na etapa fotoquímica, principalmente *M. urundeuva* que apresentou maior eficiência efetiva transporte de elétrons associado ao PSII em 100% de luminosidade. Além disso, a relação entre o transporte de elétrons para fixação de carbono ($\Phi PSII/\Phi CO_2$) não foi afetada nas plantas em nenhuma das espécies, sugerindo que não houve consumo de elétrons em processos diferentes da fixação de CO_2 em relação aos diferentes tratamentos, tal como fotorrespiração e a redução do oxigênio molecular, com conseqüente geração de espécies reativas de oxigênio (SINGH et al., 2019).

Em uma faixa de luz ótima, a taxa de fotossíntese normalmente aumenta com a irradiância (PONS; POORTER, 2014). Esse fato foi observado para *M. urundeuva*, que apresentou maior assimilação líquida de carbono (A) em 100% de luminosidade, embora

o mesmo não tenha sido observado para *D. alata*. Foi possível observar que as plantas de *M. urundeuva*, apresentaram maiores valores de qP e $\phi PSII$, assim como de A em altas luminosidades, indicando que essas plantas apresentaram maior eficiência no processo fotossintético nessa condição, ao passo que *D. alata* apresentou maior assimilação em 30% de sombreamento em relação aos demais regimes. Embora *D. alata* não tenha apresentado fotoinibição, como observado em relação aos dados de fluorescência em 100% de luz, a maior fotossíntese em 30% provavelmente se deve a outros fatores não diretamente ligados à intensidade luminosa. De acordo com Bazzaz e Pickett, (1980), a assimilação de carbono de espécies secundárias e espécies pioneiras diferem entre si em condições de alta irradiância, apresentando valores baixos para as espécies de sucessão secundária, e valores maiores para espécies pioneiras.

De acordo com Lobos et al., (2012) a condutância estomática (g_s) é mais sensível à temperatura e ao déficit de pressão de vapor (DPV) do que ao percentual de PAR incidente. Entretanto, mesmo ocorrendo diferenças em relação a A nos diferentes tratamentos, as diferentes intensidades luminosas as diferentes condições de DPV não afetaram g_s de forma significativa (MACHADO et al., 2021). Dessa forma, a maior fixação de carbono em *M. urundeuva* em 100% de luminosidade não se deve a maior difusão de CO_2 , mas sim a maior disponibilidade de energia para o processo fotossintético, conforme observado nos parâmetros de fluorescência. Em adição, a maior capacidade fotossintética também pode estar relacionada com a maior eficiência de carboxilação pela Rubisco (A/C_i), em 100% de luminosidade, que corrobora com os dados observados em A e na eficiência quântica de assimilação de CO_2 (ϕCO_2) para essa espécie. Com efeito, já foi observado que, em condições de sombreamento, ocorre rápida desativação da Rubisco. De acordo com Taylor et al., 2022 em algumas espécies na sombra, os ajustes bioquímicos melhoram a eficiência com a qual os cloroplastos usam a luz absorvida, mas em compensação pode favorecer a descarboxilação e/ou inibição do açúcar-fosfato e diminuir a atividade da Rubisco. Entretanto o mesmo não foi apresentado para *D. alata*, o que de acordo com Matsubara et al., (2012) é comum, pois plantas de sombra em geral possuem baixa capacidade de transporte de elétrons e baixo teor de ATPase, exigindo pouco espaço nos tilacoides estromais, e apenas um pequeno compartimento estromal para baixos níveis de Rubisco e das enzimas do ciclo de redução do carbono. As diferentes intensidades luminosas também não afetaram a concentração interna e externa de carbono (C_i/C_a), mostrando que não houve diferenças no acúmulo de CO_2 no mesófilo dessas plantas entre os diferentes níveis de luminosidade, esse fato

também pode ser explicado pelo fato de g_s não ter alterado em relação as diferentes luminosidades para ambas as espécies.

Mesmo não havendo diferenças para g_s , as plantas de *M. urundeuva* apresentaram maior taxa transpiratória em 100% de luminosidade, esse fator pode ser explicado pelas condições ambientais em que as plantas estavam inseridas, principalmente em relação ao maior DPV. Segundo Schulze et al. (2005), essa perda de água no processo transpiratório é um fenômeno fisiológico, governado na maioria das vezes pela condutância estomática, mas também pode ser físico, governado principalmente pelo déficit de pressão de vapor. Além disso, os dados de eficiência do uso da água (A/E), demonstram que os diferentes níveis de luz não influenciaram nesse parâmetro, o que corrobora com os dados de transpiração e de assimilação líquida de carbono.

Como demonstrado, as duas espécies estudadas estão adaptadas a altas luminosidades, o que pode ser relacionado com a história evolutiva das plantas do Cerrado, embora tenham sido observadas diferenças entre *D. alata* e *M. urundeuva*, o que se deve a fatores intrínsecos de cada espécie. De acordo com Holmgren; Segura; Fuentes, (2000) a sombra é o principal fator que compõe a hipótese do *efeito facilitador*, essa hipótese diz que em ambientes com sombra, algumas características são favorecidas, como maior umidade e menor temperatura, isso acaba resultando em melhor desenvolvimento e maior sobrevivência de espécies em comparação com ambientes que apresentam características opostas. Nesse sentido, uma das hipóteses do nosso trabalho era que em sombreamento as espécies se sobressairiam mais em relação àquelas em pleno sol, nossos dados de caracterização ambiental reafirmam o que é proposto pela hipótese do *efeito facilitador*, portanto essa hipótese foi parcialmente refutada em relação ao desempenho das plantas nos diferentes níveis de luminosidade, uma vez que *M. urundeuva* se sobressaiu melhor em altas luminosidades e *D. alata* em baixa luminosidade.

6 CONCLUSÃO

Os dados aqui apresentados demonstraram que a espécie *Myracrodruon urundeuva* é uma espécie bastante plástica em relação a luz, apresentando bom crescimento em regimes de sombreamento, portanto com melhor desempenho fisiológico em altas luminosidades, uma vez que nesse regime, conseguiu assimilar mais carbono sem sofrer estresse fotoinibitório, sendo indicado a produção dessa espécie em sistemas de alta luminosidade. Já *Dipteryx alata*, se apresentou como uma espécie menos plástica em comparação a *M. urundeuva*, expressando poucas respostas em função das mudanças de luminosidade. Os melhores dados fotossintéticos, no entanto, foram observados no regime de 30% de luminosidade. Embora essa maior fixação de carbono não tenha se refletido em maior crescimento, é provável que tenha resultado em maior reserva de carboidratos, o que pode ter impacto, por exemplo, no caso da ocorrência de estresses bióticos ou abióticos, razão pela qual indica-se a produção dessa espécie nesse regime de luz.

7 REFERÊNCIAS

ADAMS, W. W. et al. May photoinhibition be a consequence, rather than a cause, of limited plant productivity? **Photosynthesis Research**, v. 117, n. 1, p. 31–44, 1 nov. 2013.

AGUIAR GALVÃO, W. R. et al. Gastroprotective and anti-inflammatory activities integrated to chemical composition of *Myracrodruon urundeuva* Allemão - A conservationist proposal for the species. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 222, p. 177–189, 10 ago. 2018.

ALLEN, K. et al. Will seasonally dry tropical forests be sensitive or resistant to future changes in rainfall regimes?. **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 2, p. 023001, 2017.

AMISSAH, L. et al. The effects of drought and shade on the performance, morphology and physiology of Ghanaian tree species. **PloS One**, v. 10, n. 4, p. e0121004, 2015.

BARBER, J.; ANDERSSON, B. Too much of a good thing: light can be bad for photosynthesis. **Trends in Biochemical Sciences**, v. 17, n. 2, p. 61–66, fev. 1992.

BARNES, J. D. et al. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 32, n. 2, p. 85–100, 1 abr. 1992.

BAZZAZ, F.A.; PICKET, S.T.A. Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 11, p. 297 - 310, 1980.

BERTONHA, L. J. et al. Seleção de progênies de *Myracrodruon urundeuva* baseada em caracteres fenológicos e de crescimento para reconstituição de áreas de Reserva Legal. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 95-104, 2016.

BERTONI, J.E.A., DICKFELDT, E.P. Plantio de *Myracrodruon urundeuva* fr. Al. (aroeira) em área alterada de floresta: desenvolvimento das mudas e restauração florestal. **Revista do Instituto Florestal**. v. 19, p. 31-38, 2007.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1.

CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 281-288, 2002.

CARVALHO, F. E. L.; WARE, M. A.; RUBAN, A. V. Quantifying the dynamics of light tolerance in *Arabidopsis* plants during ontogenesis. **Plant, Cell & Environment**, v. 38, n. 12, p. 2603–2617, dez. 2015.

- CAVALCANTE, T. R. M. Luminosidade, recipiente e pó de micaxisto no crescimento de mudas de *Dipteryx alata* Vogel (FABACEAE). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S.L.], v. 10, n. 5, p. 243-249, 2019.
- COLLINS, B.; WEIN, G. Stem Elongation Response to Neighbour Shade in Sprawling and Upright *Polygonum* Species. **Annals of Botany**, v. 86, n. 4, p. 739–744, 1 out. 2000.
- DE BOER, H. J. et al. Optimal allocation of leaf epidermal area for gas exchange. **The New Phytologist**, v. 210, n. 4, p. 1219–1228, jun. 2016.
- DE CASTRO, J.N. et al. Physiological tolerance to drought under high temperature in soybean cultivars. **Australian Journal of Crop Science**. v. 13, n. 6, p. 976–987, 2019.
- DIAS-FILHO, M.B. Physiological response of *Solanum crinitum* Lam. to contrasting light environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 8, p. 789-796, 1997.
- DOS ANJOS, L.; OLIVA, M. A.; KUKI, K.N. Fluorescence imaging of light acclimation of brazilian atlantic forest tree species. **Photosynthetica**, v. 50, n.1, p. 1-14, 2012.
- DURIGAN, G. et al. Manual para recuperação da vegetação de Cerrado. 3 ed. São Paulo: SMA, 2011.
- FERRAZ, J. S. F. et al. Estrutura do componente arbustivo-arbóreo da vegetação em duas áreas de caatinga, no município de Floresta. **Revista Árvore, Floresta**, v. 38, n. 6, p. 1055-1065, 2014.
- FRANKS, P. J.; DRAKE, P. L.; BEERLING, D. J. Plasticity in maximum stomatal conductance constrained by negative correlation between stomatal size and density: an analysis using *Eucalyptus globulus*. **Plant, Cell & Environment**, v. 32, n. 12, p. 1737–1748, 2009.
- FREITAS, F.; NASCIMENTO, A.; SANCHES, M. Can morpho-physiological responses to natural light conditions in *Cybistax antisiphilitica* (Mart.) Mart. explain its widespread occurrence in Brazilian Savannas? **Flora**, v. 286, p. 151990, 1 dez. 2021.
- HOLMGREN, M.; SEGURA, A. M.; FUENTES, E. R. Limiting mechanisms in the regeneration of the Chilean matorral – Experiments on seedling establishment in burned and cleared mesic sites. **Plant Ecology**, v. 147, n. 1, p. 49–57, 1 mar. 2000.
- JAHNS, P.; HOLZWARTH, A. R. The role of the xanthophyll cycle and of lutein in photoprotection of photosystem II. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics, Photosystem II**. v. 1817, n. 1, p. 182–193, 1 jan. 2012.
- JONES HG (1992) Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology, 2nd edn. **Cambridge University Press**, Cambridge. v. 1, p.
- KRAUSE, G. H. et al. Photosynthesis, photoprotection, and growth of shade-tolerant tropical tree seedlings under full sunlight. **Photosynthesis Research**, v. 113, n. 1, p. 273–285, 1 set. 2012.

- LI, Y. et al. Optimization of Extraction Conditions of Carotenoids from *Dunaliella parva* by Response Surface Methodology. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 27, n. 4, p. 1444, 21 fev. 2022.
- LIMA, D. C. et al. A review on Brazilian baru plant (*Dipteryx alata* Vogel): morphology, chemical composition, health effects, and technological potential. **Future Foods**, v. 5, p. 100146, 1 jun. 2022.
- LIU, M. et al. Evaluation of leaf morphology, structure and biochemical substance of balloon flower (*Platycodon grandiflorum* (Jacq.) A. DC.) plantlets in vitro under different light spectra. **Scientia Horticulturae**, v. 174, p. 112–118, 22 jul. 2014.
- LOBOS, G. A.; RETAMALES, J. B.; HANCOCK, J. F.; FLORE, J. A.; COBO, N.; POZO, A. Spectral irradiance, gas exchange characteristics and leaf traits of *Vaccinium corymbosum* L. ‘Elliott’ grown under photo-selective nets. **Environmental and Experimental Botany**, n.75, p.142– 149, 2012.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. **Nova Odessa: Plantarum**. 1992.
- MACHADO, R. et al. Where do leaf water leaks come from? Trade-offs underlying the variability in minimum conductance across tropical savanna species with contrasting growth strategies. **New Phytologist**, v. 229, n. 3, p. 1415–1430, 2021.
- MATSUBARA, S. et al. From ecophysiology to phenomics: some implications of photoprotection and shade–sun acclimation in situ for dynamics of thylakoids in vitro. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 367, n. 1608, p. 3503–3514, 19 dez. 2012.
- MOTA, L. H. S.; SCALON, S. P. Q.; HEINZ, R. Sombreamento na emergência de plântulas e no crescimento inicial de *Dipteryx alata* Vog. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 22, n. 3, p. 423-431, 2012.
- MOTTA, M.L. et al. Aplicação dos estudos fitossociológicos ao reflorestamento ciliar do Vale do Rio Turvo-GO. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. Do substrato ao solo: trabalhos voluntários. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p.558-571, 1997.
- NUNES, J. S. et al. Avaliação de emergência do favão (*Parkia multijuga*) para reabilitação em áreas impactadas por extração de argila. **Revista Agroecossistemas**, v. 2, p. 18-21, 2010.
- PINNOLA, A.; BASSI, R. Molecular mechanisms involved in plant photoprotection. **Biochemical Society Transactions**, v. 46, n. 2, p. 467–482, 17 abr. 2018.
- PONS, T. L.; POORTER, H. The effect of irradiance on the carbon balance and tissue characteristics of five herbaceous species differing in shade-tolerance. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, p. 12, 4 fev. 2014.
- QUERO, J. et al. Relating leaf photosynthetic rate to whole-plant growth: Drought and shade effects on seedlings of four *Quercus* species. **Functional Plant Biology** 35 (2008) 8, v. 35, 10 out. 2008.

- REICH, P. B. et al. Close association of RGR, leaf and root morphology, seed mass and shade tolerance in seedlings of nine boreal tree species grown in high and low light. **Functional Ecology**, v. 12, n. 3, p. 327–338, 1998.
- ROSA, D. B. C. J. et al. Shading for water stress mitigation in *Copaifera langsdorffii* Desf. seedlings. **South African Journal Of Botany**. v. 140, n. 1, p. 240-248, 2021.
- ROSA, M. et al. Variations in photon flux density alter the morphophysiological and chemical characteristics of *Anacardium othonianum* Rizz. in vitro. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, v. 140, n. 3, p. 523–537, 1 mar. 2020.
- RUGER, N. et al. Growth Strategies of Tropical Tree Species: Disentangling Light and Size Effects. **Plos One**, v. 6, n.9, 2011.
- SANO, S. M. et al. Baru: biologia e uso. Planaltina: Embrapa Cerrados. p. 52, 2004.
- SANTOS, G. et al. Degradation of the Brazilian Cerrado: Interactions with human disturbance and environmental variables. **Forest Ecology And Management**. v. 482, n. 1, p. 11 -13, 2020.
- SCARIOT, A.; FELFILI, J. M. Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 118, 2005.
- SCHULZE, E.D; HOHENSTEIN-MULLER, KLAUS; PFLANZENOKOLOGIE. **Plant Ecology**. 2005, 702p
- SINGH, S. K. et al. Interactive effects of temperature and phosphorus nutrition on soybean: leaf photosynthesis, chlorophyll fluorescence, and nutrient efficiency. **Photosynthetica**, v. 57, n. 1, p. 248-257, 2019.
- SMITH, H.; WHITELAM, G. C. The shade avoidance syndrome: multiple responses mediated by multiple phytochromes. **Plant, Cell & Environment**, v. 20, n. 6, p. 840–844, 1997.
- SOBRINHO, O. P. L. et al. BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO MENSAL E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN E THORNTHWAITE PARA O MUNICÍPIO DE RIO VERDE, GOIÁS. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, n. 0, 10 jul. 2020.
- TAYLOR, S. H. et al. Faster than expected Rubisco deactivation in shade reduces cowpea photosynthetic potential in variable light conditions. **Nature Plants**, v. 8, n. 2, p. 118–124, fev. 2022.
- TIAN, Y. et al. Effects of periodic photoinhibitory light exposure on physiology and productivity of *Arabidopsis* plants grown under low light. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 15, p. 4249–4262, 10 jul. 2017.
- VENTUROLI, F.; FAGG, C. W.; FELFILI, J. M. Desenvolvimento inicial de *dipteryx alata* vogel e *myracrodruon Urundeuva* alemão em plantio de enriquecimento de uma floresta estacional semidecídua secundária. maio 2011.

VOLPATO, G. H.; MARTINS, S. V. The bird community in naturally regenerating *Myracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae) forest in Southeastern Brazil. **Revista de Biología Tropical**, v. 61, n. 4, p. 1585-1595, 2013.

WALTERS, R. G. Towards an understanding of photosynthetic acclimation. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 411, p. 435–447, 1 jan. 2005.

WESTOBY, M. et al. Plant Ecological Strategies: Some Leading Dimensions of Variation between Species. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 33, p. 125–159, 2002.

ZHENG, L.; VAN LABEKE, M.-C. Effects of different irradiation levels of light quality on *Chrysanthemum*. **Scientia Horticulturae**, v. 233, p. 124–131, 15 mar. 2018.