

Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde

Bacharelado em Ciências Biológicas

**AVALIAÇÕES FISIOLÓGICAS EM UMA RESERVA ÀS MARGENS DA
RODOVIA BR 060: O IMPACTO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA
VEGETAÇÃO DO CERRADO**

Diego Rafael Perez

Agosto/2022

Rio Verde – GO

Diego Rafael Perez

**AVALIAÇÕES FISIOLÓGICAS EM UMA RESERVA ÀS MARGENS DA
RODOVIA BR 060: O IMPACTO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA
VEGETAÇÃO DO CERRADO**

Projeto de 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): Fabiano Guimarães Silva

Coorientador (a): Lucas Loram Lourenço

Agosto/2022

Rio Verde – GO

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	5
2. OBJETIVOS.....	6
2.1. OBJETIVO GERAL.....	6
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
3.1 Área experimental.....	7
3.2. Fluorescência da clorofila <i>a</i> e trocas gasosas	8
3.3 Análises Estatística.....	8
4. RESULTADOS.....	9
5. DISCUSSÃO.....	12
5.1. O impacto que os poluentes podem causar nas trocas gasosas.....	12
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	13
REFERÊNCIAS	15

RESUMO:

As emissões de gases por meio de veículos, que através das reações químicas sofridos no ar, são transformados em partículas que contribuem com até 90% do material particulado, com capacidade de oxidação troposférica, balanço radiativo e deterioração a qualidade do ar. Este estudo teve como objetivo avaliar o impacto da proximidade com fontes de poluição ambiental sobre a fisiologia de duas espécies vegetais comumente encontradas em fragmentos de Cerrado. A área estudada possui mata nativa com espécies do Cerrado brasileiro que se localiza no município de Rio Verde, com sua borda localizadas às margens da rodovia BR 0-60, a qual possui alto fluxo de veículos, além de estar próxima de áreas de plantações e de indústrias diversas. Dessa forma, as espécies foram estabelecidas na borda e no interior do fragmento, por estarem expostas a diferentes fontes de poluição atmosférica com intuito de verificar as alterações de radiação fotossinteticamente ativa, temperatura foliar e a umidade do solo, a fim de garantir que as espécies estavam em condições homogêneas de luz e água como também foram avaliadas as alterações fisiológicas. O delineamento experimental foi inteiramente casualidade, compondo duas espécies com cinco repetições em cada tratamento (Bordadura e Centro da área de preservação). Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas utilizando o teste de Tukey. A maior proximidade com atividades antrópicas, alterou as variáveis de trocas gasosas analisadas e apresentaram o mesmo padrão de resposta, com todas as duas espécies apresentando incrementos nos parâmetros na área mais distante da rodovia. Devido às alterações fisiológicas decorrentes da maior exposição à poluição atmosférica, todas as duas espécies aparentemente têm potencial para a bioindicadores de qualidade do ar.

Palavras chave: Poluentes atmosféricos, Cerrado, Fisiologia Vegetal.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países de maior biodiversidade no mundo, tendo uma hiperdiversidade animal e, principalmente vegetal (Loram-Lourenço et al., 2020, Mittermeier et al. 1997), muitas dessas espécies são consideradas endêmicas e com risco de serem extintas no decorrer dos próximos anos, neste sentido, tendo pontos de *hotspots* de diversidade no território brasileiro. Entretanto, com o decorrer dos anos, a ação antrópica na natureza, tais como o desmatamento e a liberação desenfreada de gases, acarretando o aumento do efeito estufa e acelerando a perda de biodiversidade, e em curto prazo, podem impactar de forma significativa à complexa dinâmica climática global, levando a perda da biodiversidade nos *hotspots*, como no caso do Cerrado brasileiro (Alves et al., 2020, Machado et al., 2021).

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro e um dos maiores *hotspots* de biodiversidade mundial, deste modo, o torna área de prioridade na conservação (Alves et al., 2020). O clima do Cerrado é caracterizado por um período de aproximadamente 6 meses de seca, onde ocorre incêndios naturais, e 6 meses de chuva (Loram-Lourenço et al., 2020, Magalhães et al., 2019). Essas condições de seca e fogo provavelmente foram os fatores que selecionou e moldou o domínio de savana brasileiro. Porém, grande parte desse domínio vem sendo perdido devido o avanço industrial, agropecuário e, até mesmo por avanços entre os tráfegos por rodovias, que despejam toneladas de gases com efeitos tóxicos na atmosfera afetando os vegetais. (Machado et al., 2021).

Os poluentes orgânicos persistentes são os grupos mais expressivos de poluentes atmosféricos, que são compostos liberados entre as fases gasosas, líquidas e particuladas, por meio de diversas fontes da queima da combustão, como combustíveis fósseis, biomassa e emissões naturais (Barbas et al., 2018, Hao et al., 2021). Neste sentido, tais gases tóxicos que vem sendo liberado por meio de veículos constituem uma das principais fonte de poluição que se encontra na atmosfera, principalmente próximo aos centros urbanos e rodovias com grandes tráfegos. Entre os poluentes liberados, podem se destacar quatro poluentes principais, que são despejados de escapamento de veículos automotores, evaporação de combustível e solvente: monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis (COVs), que em contato com o ar, sofrem reações químicas e se transformam em pequenas partículas tóxicas. (Hao et al., 2021).

Nas plantas, a poluição atmosférica acaba influenciando alterações estruturais e funcionais, sendo uma delas, a redução da abertura estomática, com isso podem reduzir as taxas transpiratórias (Rodrigues, et.al, 2016, Vieira et al., 2021) que está ligada diretamente em diversos outros parâmetros da fisiologia das plantas, como fotossíntese, controle térmico, crescimento e desenvolvimento (Vieira et al., 2021). Outras consequências que são geradas pelas poluições atmosféricas são a supergeração de espécies reativas de oxigênio (EROs), devido a partículas dos poluentes que podem entrar via epiderme. Neste sentido, em alta produção, os EROs podem gerar danos irreversíveis no aparato fotossintético do vegetal (Farnese et al., 2016, Velloso et al., 2021) e, danificando proteínas e ácidos nucleicos (Choudhury et al., 2017). Outra consequência ocorrida pela poluição atmosférica é as modificações das funções morfo-anatômicas do vegetal, como o desarranjo da cutícula que cobre a epiderme foliar, neste sentido, deixando a planta sem uma barreira lipídica que ajuda no controle de perda de água e entradas de objetos estranhos pela epiderme (Arie; Michiel, 2020; Machado et al., 2021), essas alterações em longo prazo podem ocasionar clorose e necrose nos tecidos e órgãos, que podem evoluir à morte do vegetal. (Cavallaro, et al. 2019). Pode-se afirmar que as plantas passam por diferentes alterações de estresse e conseguem moldar suas respostas de defesa, afim de que o seu metabolismo desempenhe suas funções normalmente, como o fechamento estomático, acúmulo de substâncias tóxicas em órgãos que posteriormente poderá promover uma senescência foliar programada (Rodrigues, 2018, Vieira et al., 2021). Desta forma foi testada a seguinte hipótese: As plantas da bordadura de um determinado fragmento próximo as rodovias sofrem mais perturbações em seu aparato fotossintético e bioquímico devido estar mais próximos a uma maior concentração de gases poluentes em comparação com as plantas que se localizam no ponto mais interno do fragmento? Os resultados desse trabalho, além de fornecer importantes informações sobre o comportamento dos vegetais referindo a qualidade do ar, também fornecem diferentes mecanismos e estratégias que os vegetais podem utilizar para tentar minimizar o impacto ocasionado pelos poluentes.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

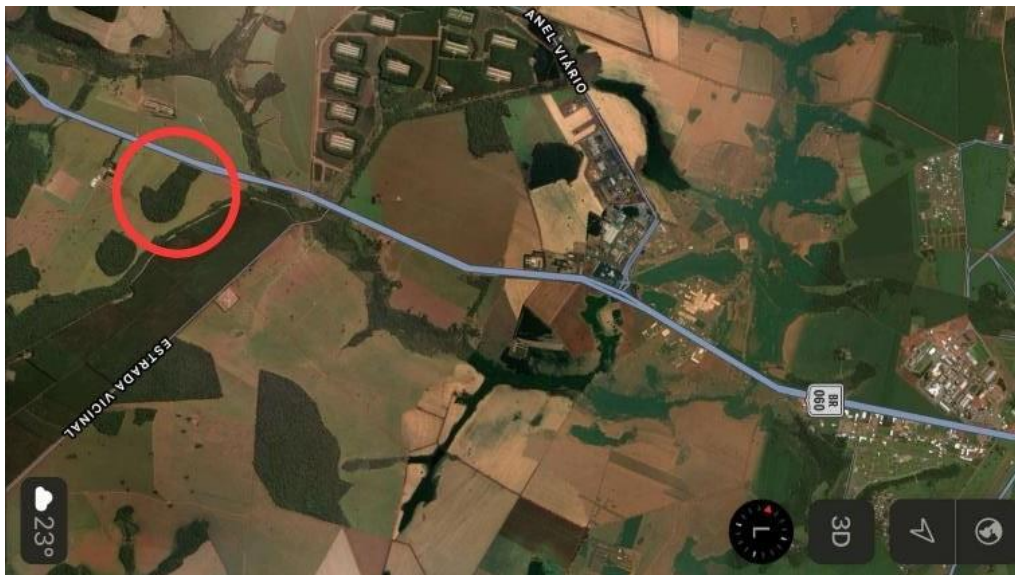
Procura estabelecer uma visão abrangente e compreender respostas fisiológicas das plantas do Cerrado expostas a poluentes atmosféricos que são despejados pelos veículos a margem da rodovia BR 060.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Avaliar o efeito da poluição na fisiologia da vegetação do Cerrado;
2. Caracterizar as diferentes estratégias que as plantas do Cerrado utilizam para contornar tais efeitos;
3. Gerar uma base de dados que melhor explique as respostas fisiológicas das plantas do Cerrado, frente a esses poluentes;

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental



Fonte: Google Maps

Figura1: Mapa da área de preservação as margens da rodovia BR 0-60.

O estudo será realizado no município de Rio Verde e pertence a fazenda Coqueiros, que possui uma mata nativa com espécies do domínio Cerrado. A reserva é aproximadamente de 26,7 ha, sendo que sua borda se localiza às margens da rodovia BR 0-60, a qual possui alto tráfego de veículos, além de estar próxima em áreas de plantações e indústrias diversas (a área está localizada à 7 km do distrito industrial, latitude -17,8248 e longitude -51,0506) com altitude de 748m. Desta forma, as espécies localizadas nesta área de mata nativa, sobretudo, aquelas estabelecidas na borda do fragmento, estão expostas a diferentes concentrações de poluição atmosférica.

A fim de avaliar o impacto dos efeitos da poluição atmosférica sobre as espécies do Cerrado, foram selecionadas 2 espécies vegetais (*Rhamnidium elaeocarpum* Reissek) e (*Lithraea molleoides*). As espécies foram escolhidas pela sua abundância em toda a área amostral. Foram 2 pontos selecionados para realizar as avaliações de coleta, sendo a primeira área a 2 metros após a bordadura da reserva que fica próximo a rodovia e a segunda área 200 metros após o primeiro ponto, em direção ao centro da mata. Em cada ponto, foi verificada a radiação fotossinteticamente ativa (sensor de radiação - Decagon Devices) e a umidade do solo (sensor de umidade do solo - HydroSense II Handheld), a fim de garantir que as espécies estavam em condições homogêneas de luz e água. As avaliações e coletas serão realizadas durante o período chuvoso. Para cada ponto serão avaliadas 5 repetições (5 indivíduos) de cada uma das espécies estudadas, sendo os indivíduos adultos, com um padrão de desenvolvimento.

3.2. Fluorescência da clorofila *a* e trocas gasosas

A taxa de assimilação líquida do carbono (A), a condutância estomática (g_s), a concentração interna de CO_2 (C_i) e a taxa transpiratória (E) foram determinadas em sistema aberto, sob luz saturante ($1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e pressão parcial de CO_2 de 40 Pa. Para tanto, será utilizado um analisador de gases a infravermelho (LI-6400, Li-Cor Inc., Nebraska, EUA), equipado com uma fonte de luz azul/vermelho (modelo LI-6800-02B, LI-COR). O rendimento quântico efetivo do fotossistema II (PSII), $\Phi_{PSII} = (F_m' - F) / F_m'$ foram calculados de acordo com GENTY et al. (1989). O Φ_{PSII} foi usado para calcular a taxa de transporte de elétrons, $ETR = \Phi_{PSII} \cdot PAR_{\text{LeafABS}} \cdot 0,5$ (BILGER et al., 1995). Aqui, PAR define o fluxo de fótons ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) nas folhas, $_{\text{LeafABS}}$. É a fração da luz incidente que é absorvida pelas folhas e 0,5 é a fração da energia de excitação direcionada para o PSII.

3.3 Análises Estatística

O delineamento experimental foram inteiramente casualizado, onde cada tratamento (bordadura e centro da reserva), 2 espécies com 5 repetições. Os dados coletados foram submetidos à ANOVA e as médias calculadas pelo teste TUKEY, a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS

Compreendendo que o Cerrado possui uma devasta diversidade florística, fundamental para o desenvolvimento ecológico global e de suma importância para acompanhar quais espécies nativas e até mesmo endêmicas podem estar sofrendo drasticamente com fatores antrópicos causados por meio de fatores de emissões poluentes a partir do tráfego de veículos e polos industriais. Afetadas diretamente, as espécies vegetais encontradas na bordadura, mais expostas a emissão de poluentes, demonstrou maiores alterações em seu aparato fisiológico, refletindo em seu crescimento e desenvolvimento, sugerindo grande risco de perder na diversidades do Cerrado brasileiro.

Poluentes em grandes concentrações podem afetar a fisiologia do vegetal. Neste sentido, em relação as trocas gasosas, processo central no metabolismo vegetal, vários parâmetros foram afetados, com um decréscimo de 74% na taxa líquida de assimilação de CO_2 (A), 47% na condutância estomática (g_s) e 36% na taxa transpiratória (E) nas espécies da bordadura quando comparadas com as espécies do centro da área de preservação (Fig. 2 A-C).

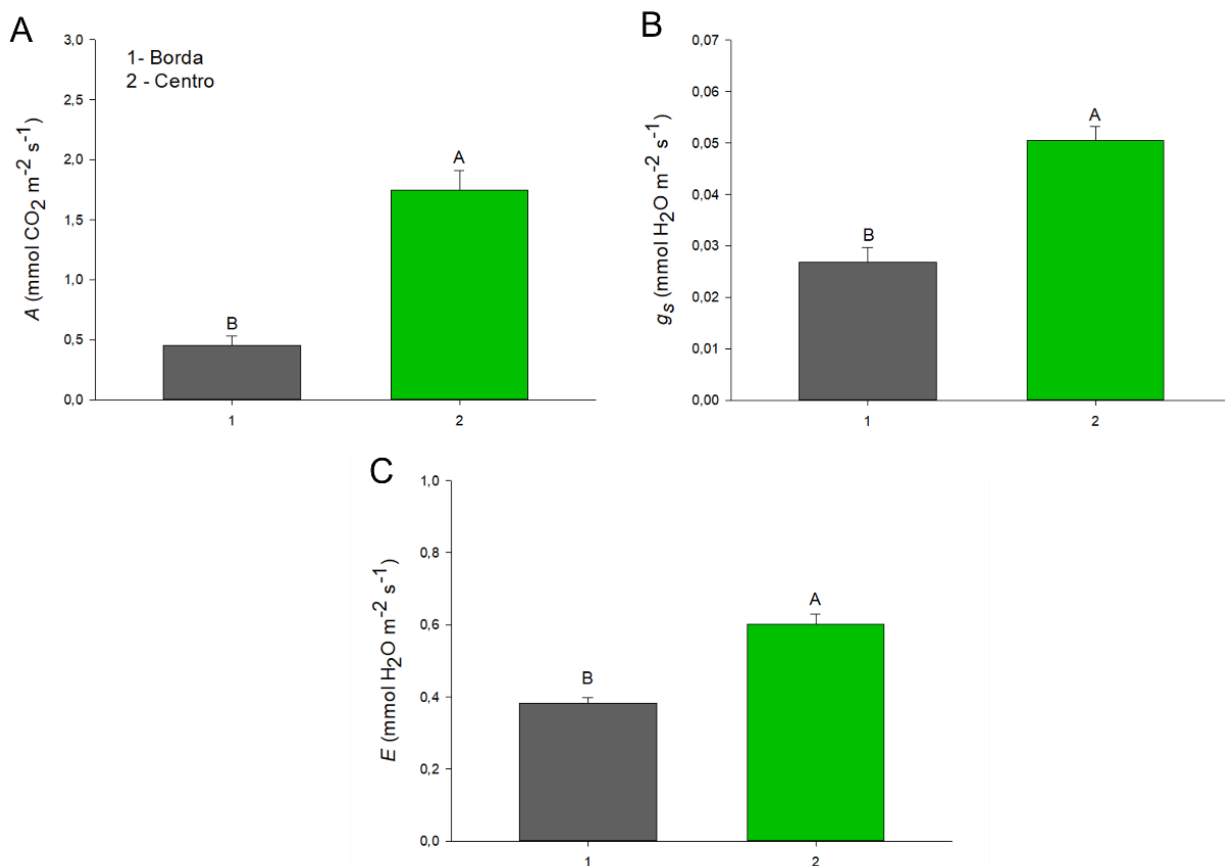


Figura 2: Parâmetros de trocas gasosas em duas espécies vegetais típicas do Cerrado, avaliadas em duas áreas de coleta. Sendo a área 1 (2 m da rodovia) e a área 2 (200 m da rodovia). Os seguintes parâmetros foram avaliados: Taxa de assimilação líquida do carbono (A , A), condutância estomática (g_s , B), taxa transpiratória (E , C). Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si de acordo com o teste Tukey a 0,05 % de probabilidade. As barras estatísticas indicam o erro padrão entre os tratamentos.

A exposição dos poluentes atmosféricos desencadeou alterações quase todos os processos fisiológicos analisados, demonstrando que as variáveis do fotossistema II e ETR tiveram aumento significativo entre a bordadura do centro. Diferentemente com os parâmetros de trocas gasosas (Fig.2). Apesar de não apresentar diferença significativa, as espécies da bordadura apresentaram um maior tendencia no para a fPII (11%) e de 13% na ETR quando comparado com as espécies do centro (Fig. 3 A-B).

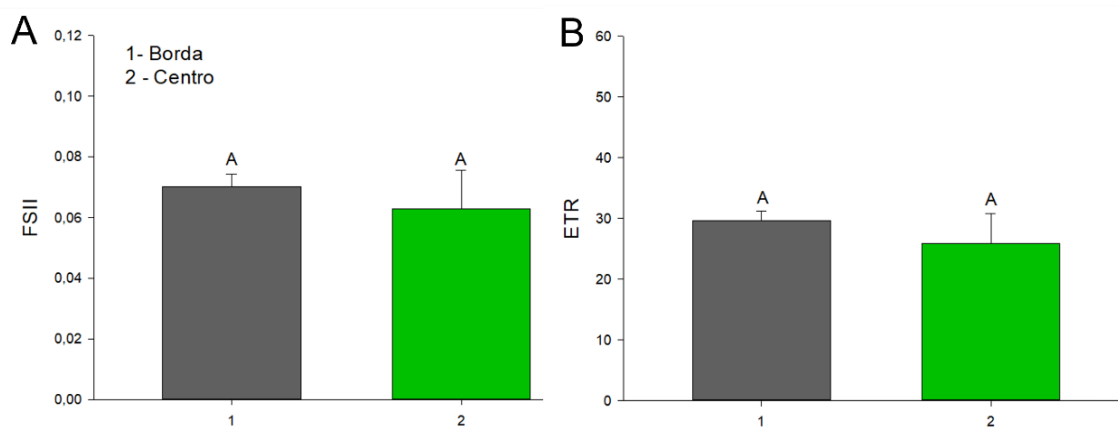


Figura 3: Parâmetro do fotossistema II e taxa de transporte de elétrons em duas espécies vegetais típicas do Cerrado, avaliadas em duas áreas de coleta. Sendo a área 1 (2 m da rodovia) e a área 2 (200 m da rodovia). Os seguintes parâmetros foram avaliados: fotossistema II (PSII, A), ETR (ETR, B). Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si de acordo com o teste Tukey a 0,05 % de probabilidade. As barras estatísticas indicam o erro padrão entre os tratamentos.

Para melhor avaliar e compreender os dados, foram avaliados separadamente as espécies da bordadura com as espécies do centro, e assim ter a certeza de que as respostas observadas não foram tendenciadas por nenhuma das espécies, e sim pelos tratamentos. E ao avaliar separadamente das espécies entre os tratamentos (bordadura e centro), os resultados de trocas gasosas se mantiveram, onde para as 2 espécies da bordadura mantiveram um decréscimo na A (79% *R. elaeocarpum*; 67% *L. molleoides*), g_s (57% *R. elaeocarpum*; 37% *L. molleoides*) e E (27% *R. elaeocarpum*; 45% *L. molleoides*) (Fig. 4 A-C).

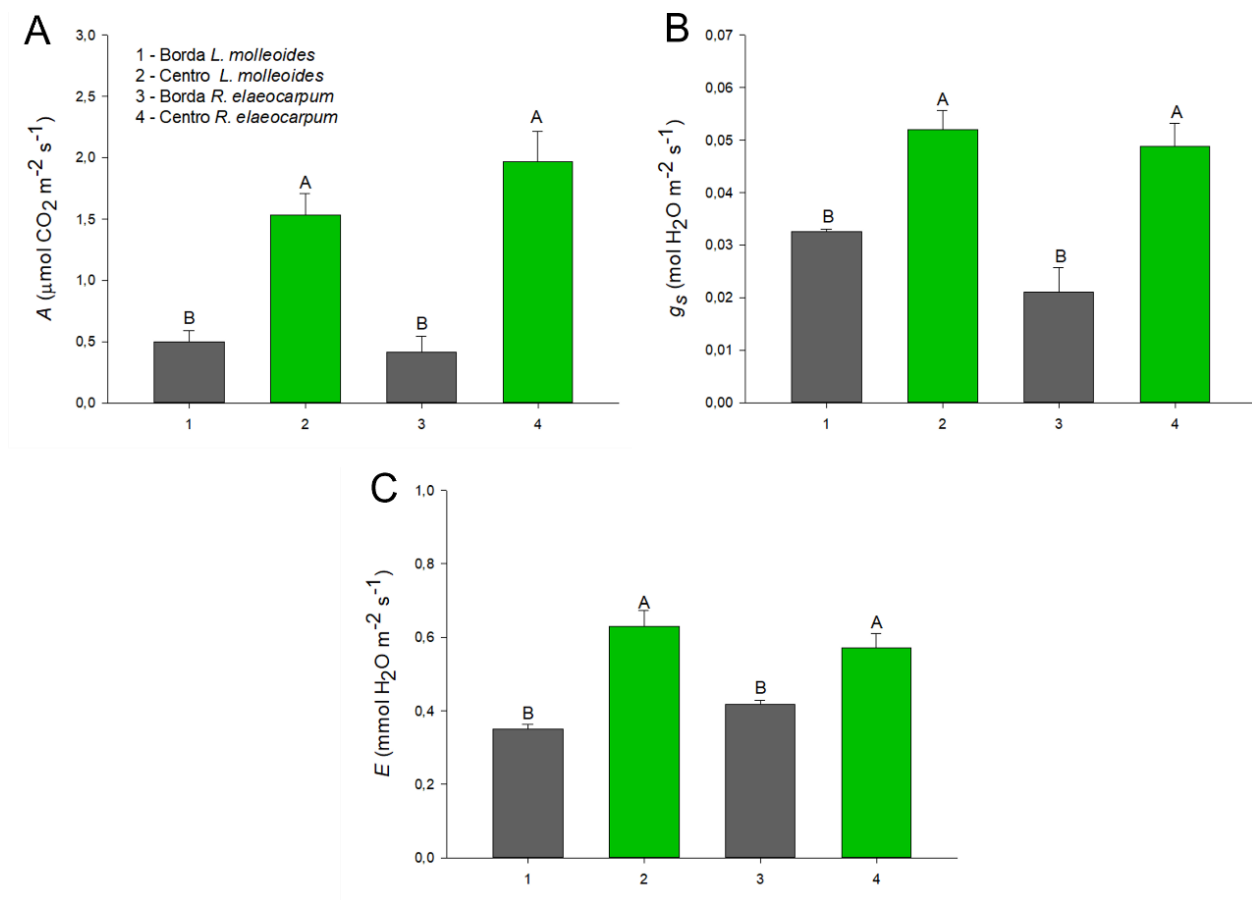


Figura 4: Parâmetros de trocas gasosas entre duas espécies vegetais típicas do Cerrado, avaliadas em duas áreas de coleta. Sendo a área 1 (2 m da rodovia) e a área 2 (200 m da rodovia). Os seguintes parâmetros foram avaliados: Taxa de assimilação líquida do carbono (A , A), condutância estomática (g_s , B), taxa transpiratória (E , C). Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si de acordo com o teste Tukey a 0,05 % de probabilidade. As barras estatísticas indicam o erro padrão entre os tratamentos.

5. DISCUSSÃO

Apesar do Cerrado brasileiro ser considerado como um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade, a vegetação do Cerrado se encontra ameaçada por fatores diversos, como a destruição e redução das áreas e com a aproximação da civilização aumentando as ações antrópicas. Entre elas, o despejo de toneladas de gases de efeito estufa são liberados diariamente pelos veículos nas rodovias, podendo causar dano e até mesmo levar a morte da dos vegetais (Chaves, 2001). Com resultados obtidos neste trabalho, podemos identificar a sensibilidade entre as espécies e suas variações conforme as atividades e fatores antrópicos, tendo maiores índices de bioindicadores para a poluição atmosférica.

5.1. O impacto que os poluentes podem causar nas trocas gasosas

A fotossíntese é um dos principais parâmetros na fisiologia a predizer o como as plantas estão respondendo ao ambiente que se encontra. De uma forma direta ou indireta, a fotossíntese supre todas as nossas necessidades alimentares com fornecimento de desenvolvimento para demais espécies e seu desenvolvimento (Viana,2015). A proximidade com as margens da rodovia (Borda) impactou negativamente a taxa fotossintética em comparação que se encontram no centro (Figura 2). Nas plantas, as poluições atmosféricas acabam influenciando alterações estruturais e funcionais, sendo uma delas, a redução da abertura estomática. Os estômatos são células especializadas da epidérmicas que tem como papel a regulação e controle de entrada de gases para o interior da folha e, por estes, quando abertos, permitem a entrada de CO₂, e a perda de água para a atmosfera (Pacheco, 2021). Entretanto, ao manter os estômatos em sua maior abertura, se torna um canal de fácil acesso dos poluentes para a maquinaria fotossintética (Rodrigues, et.al, 2016; Vieira et al., 2021) assim, tendo impactos negativos no crescimento e desenvolvimento dos vegetais, podendo levar até a morte de comunidades vegetais inteiras caso esses danos sejam irreversíveis (Raggi, 2020). Desta forma, estratégia utilizada pelas duas espécies estudadas, foram a redução estomática (Fig. 2.B), que reduz a entradas dos poluentes, porém uma menor quantidade de CO₂ é assimilado para a produção de fotoassimilados que provavelmente irá afetar o crescimento e desenvolvimento do vegetal (Rodrigues et al., 2018).

Apesar de ter observado uma redução nos parâmetros relacionados as trocas gasosas (Fig. 2 e 4), não houve uma diferença significativa para FSII e nem para o ETR que é um espelho do FSII. Possivelmente essas plantas possuem uma dinâmica de

proteção fotossintética adaptada para condições ambientais estressantes, como nesse caso, a poluição da atmosfera (Xing et al., 2013). Por outro lado, maiores valores de ETR pode ser um indicativo que parte dos elétrons não estão sendo utilizados durante a fotossíntese e sim direcionados a moléculas de oxigênio (O₂), clorofilas e água (H₂O) com potencial formação de EROs, tais como oxigênio singleto, clorofila tripleto e peróxido de hidrogênio respectivamente. Contudo, a ausência de danos no fotossistema II é um fator importante para demonstrar que não houve ocorrência de danos fisiológicos que pode estar associada a ativação de mecanismos de defesas (Martins et al., 2013, Valentini et al., 1995). A ETR, embora neste caso não tenha se refletido em uma melhora nos parâmetros das trocas gasosas no caso das plantas da borda. Isso provavelmente ocorreu porque, ao contrário do observado para as espécies do centro a área de preservação, em a redução da ETR não ocorreu associada a outros mecanismos de defesa, como fechamento estomático intenso e, portanto, não foi suficiente para prevenir a ocorrência de dano fisiológico (Estrada et al., 2015).

As plantas no geral têm um alto potencial de bioindicação, uma vez possuem alta sensibilidade a diferentes estresses, os quais podem ser utilizadas para indicar a qualidade do ambiente onde se encontram. Desta forma, as plantas podem ser uma ferramenta eficaz para biomonitorar a qualidade do ar e as condições de estresse da vegetação relacionadas à exposição de poluentes atmosférico, assim sendo uma importante alternativa para o monitoramento de ambientes onde se encontram (Rodrigues, et.al, 2016; Vieira et al., 2021). Apesar dos avanços que conseguimos ter neste estudo, vale ressaltar que mais análises são de extrema importância para melhor compreender o comportamento dos vegetais frente a poluição atmosférica.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nos possibilitam ter uma visão mais ampla das respostas que as plantas têm em contato com poluentes atmosféricos, onde todas as duas espécies estudadas neste trabalho apresentaram alterações fisiológicas entre a área 1 (bordadura) quando comparadas com as espécies da área 2 (centro). Devido às alterações fisiológicas decorrentes da maior exposição à poluição atmosférica, todas as duas espécies apresentaram potencial de bioindicadores da qualidade do ar atmosférico, entretanto, mais estudos precisam serem realizados nas estruturas anatômicas e bioquímicas para melhor compreender tais respostas, e bem como para auxiliar na compreensão do efeito da poluição sobre as plantas do Cerrado. Neste sentido, os resultados obtidos até o momento,

já evidenciam que a urbanização e a fragmentação representam grandes ameaças para a diversidade vegetal do Cerrado, uma vez que a alta sensibilidade a poluentes atmosféricos pode resultar em menor desenvolvimento e podendo a levar até a morte dos vegetais, assim no comprometimento biodiversidade vegetal do Cerrado.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. D. F. B. *et al.* Evidence of drought memory in *Dipteryx alata* indicates differential acclimation of plants to savanna conditions. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 10-116455, 5 out. 2020. Springer Science and Business Media LLC.
- BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- CHOUDHURY, *et al.* Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. **The Plant Journal**, v.90, p.856-867, 2017.
- LEWINSOHN, T. M. **Biodiversidade Brasileira: síntese do estado atual do conhecimento**. 3.ed. São Paulo: Contexto, 2014.
- LORAM-LOURENÇO, L. *et al.* A Structure Shaped by Fire, but Also Water: ecological consequences of the variability in bark properties across 31 species from the brazilian cerrado. **Frontiers In Plant Science**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 1-17, 22 jan. 2020. Frontiers Media SA.
- 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, p. 1415-1430, 2021.
- MAGALHÃES, *et al.* Veranicos no Brasil: observações e modelagens (CMIP5). **Revista brasileira de meteorologia**, v.34, p.597-626, 2019.
- MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVÃO, C. M. Integrative literature review: a research method to incorporate evidence in health care and nursing. **Texto e Contexto - Enfermagem**, Florianópolis, vol. 17, n. 4, p.758-764, out-dez. 2008.
- SANTOS, C. M. C.; PIMENTA, C. A. M.; NOBRE, M. R. C. A Estratégia Pico para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. **Revista Latino Americana de Enfermagem**, São Paulo, v. 15, n. 3, mai-jun. 2007.
- SILVA, L. C. **Avaliações bioquímicas, fisiológicas e anatômicas dos efeitos de poluentes atmosféricos sobre espécies vegetais de restinga**. 2003. 109 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2003.
- VELLOSA, J. C. R. *et al.* ESTRESSE OXIDATIVO: uma introdução ao estado da arte / oxidative stress. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 10152-10168, jan. 2021.

VIEIRA, L. A. J. *et al.* Water contamination with atrazine: is nitric oxide able to improve pistia stratiotes phytoremediation capacity?. **Environmental Pollution**, [S.L.], v. 272, p. 115971, mar. 2021.

VONK, J. A.; KRAAK, M. H. S. Herbicide Exposure and Toxicity to Aquatic Primary Producers. **Reviews Of Environmental Contamination And Toxicology**, [S.L.], p. 119-171, jan. 2020. Springer International Publishing.

VISCONDI, G. F.; SILVA, A. F.; CUNHA, K. B. **Geração termoelétrica e emissões atmosféricas: poluentes e sistemas de controle**. São Paulo: IEMA, 2016.

RAMOS, S. A. P.; CARDOSO, P. A.; CRUZ, M. M. C. **Atributos considerados sobre sustentabilidade no transporte rodoviário de carga**. In: Congresso de Ensino e Pesquisa em Transporte. 2014. Anais. Rio de Janeiro, RJ: ANPET, 2014.

COLAVITE, A. S.; KONISHI, F. **A matriz do transporte no Brasil: uma análise comparativa para a competitividade**. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Resende, RJ. Anais... Resende, RJ: AEDB, 2015.

DRUMM, F. C. *et al.* Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET**, Santa Maria, RS, v. 18, n. 1, p. 66-78, abr. 2014.

XING, F. *et al.* Reactive oxygen species promote chloroplast dysfunction and salicylic acid accumulation in fumonisin B1-induced cell death. **Febs Letters**, [S.L.], v. 587, n. 14, p. 2164-2172, 24 maio 2013. Wiley.

MARTINS, Samuel C.V. *et al.* Improving the estimation of mesophyll conductance to CO₂: on the role of electron transport rate correction and respiration. **Journal Of Experimental Botany**, [S.L.], v. 64, n. 11, p. 3285-3298, 5 jul. 2013. Oxford University Press (OUP).

VALENTINI, R. *et al.* In situ estimation of net CO₂ assimilation, photosynthetic electron flow and photorespiration in Turkey oak (*Q. cerris* L.) leaves: diurnal cycles under different levels of water supply. **Plant, Cell And Environment**, [S.L.], v. 18, n. 6, p. 631-640, jun. 1995. Wiley.

ESTRADA, Félix *et al.* Fluorescence phenotyping in blueberry breeding for genotype selection under drought conditions, with or without heat stress. **Scientia Horticulturae**, [S.L.], v. 181, p. 147-161, jan. 2015.