



RELAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CAROTENÓIDES FOLIARES COM CAFEÍNA E EXTRATO ETÉREO EM ERVA-MATE

Murilo Girolimetto Kohler | kohlermurilo@gmail.com

Vilmara Aparecida Santos da Costa | vilmara.s04@aluno.ifsc.edu.br

Josieli de Oliveira dos Santos Veiga | josieli.veiga@ifsc.edu.br

Luiz Alberto Silva Stefanski | luiz.stefanski@ifsc.edu.br

Franciele Pozzebon Pivetta | franciele.pivetta@ifsc.edu.br

Eliziane Luiza Benedetti | eliziane.benedetti@ifsc.edu.br

RESUMO

Carotenóides e cafeína em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) variam com luz; o estudo avalia o efeito do sombreamento na cultivar Aupaba, sobre a relação cafeína X carotenóides e extrato etéreo X carotenóides. A cultivar Aupaba foi cultivada em blocos casualizados sob três níveis de sombreamento; após colheita, folhas foram secas e moídas, e a cafeína e carotenóides analisados por espectrofotometria, enquanto o extrato etéreo foi determinado por Soxhlet; em seguida, calcularam-se as relações entre compostos e realizou-se análise estatística. A relação EE × car não foi significativa, enquanto caf × car variou: baixo sombreamento 15,01, médio 20,40 e alto 18,61, indicando influência da luz no metabolismo foliar. Concluiu-se que o sombreamento médio favoreceu o bioacúmulo de cafeína de forma mais eficiente.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*; carotenoides; sombreamento.

1. INTRODUÇÃO

Os carotenóides – carotenos e xantofilas – são pigmentos acessórios das folhas, cuja principal função é dissipação energética e proteção oxidativa, ao invés da absorção de luz para síntese de compostos químicos (Taiz e Zeiger, 2017 apud Dos Santos *et al.*, 2019). Condições edafoclimáticas, especialmente a intensidade luminosa, podem alterar suas concentrações (Taiz e Zeiger, 2008 apud Macedo e Da Costa Fernandes, 2021), impactando também a produção de subprodutos de interesse, como a cafeína na erva-mate (Da Silva, 2020; Macedo e Fernandes, 2021).

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é uma árvore da família Aquifoliaceae, nativa do sul do Brasil e presente no Mato Grosso do Sul, Paraguai e Argentina (Oliveira e Rotta, 1985 apud Chechi e Schultz, 2016). Tradicionalmente cultivada para consumo em chimarrão, tererê e chá mate (Carvalho, 2003), é frequentemente cultivada em sub-bosque de florestas nativas, contribuindo para a conservação desses ambientes.

Para garantir essa função conservacionista, é necessária produção comercial adequada (Santin *et al.*, 2023). A espécie tolera sombreamento, mas também se adapta a pleno sol (Carvalho, 2003), alterando a concentração de pigmentos foliares em resposta às condições de luz. Assim, o presente trabalho objetiva avaliar a influência do sombreamento na razão entre cafeína × carotenóides e extrato etéreo × carotenóides em folhas da cultivar Aupaba de erva-mate.



2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 2021 em Canoinhas (SC), 26°20'21"S, 50°35'45"W, 815 m de altitude. O clima é temperado mesotérmico úmido (Cfb) com chuvas bem distribuídas (Wrege *et al.*, 2012). O solo de baixa fertilidade foi corrigido pré-plantio conforme Santin *et al.* (2015 *apud* Santin *et al.*, 2023).

O delineamento foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas, quatro blocos, três níveis de sombreamento e duas cultivares, considerando-se neste resumo apenas a cultivar Aupaba. As mudas, propagadas por miniestaquia em tubetes de 180 cm³, foram plantadas em covas de 25 × 25 cm com altura média de 20 cm, em espaçamento de 1,65 × 2,75 m, recebendo aplicações de uréia a cada seis meses (Santin *et al.*, 2023). Os níveis de sombra foram determinados por fotografias equidistantes com câmera Canon EOS 6D e lente olho de peixe de 8 mm, analisadas pelo software Gap Light Analyser 2.0 (Frazer *et al.*, 1990 *apud* Santin *et al.*, 2023), resultando em 30%, 51% e 58% de sombreamento, correspondendo a baixo, médio e alto nível, respectivamente (Santin *et al.*, 2023).

Em fevereiro de 2025 foi realizada a colheita de folhas e ramos finos de erva mate, as amostras foram secas em estufa de ventilação forçada, acondicionadas em sacos de papel, aquecidos a 65°C por 48 horas. Posteriormente a secagem, foram moídas em moinho de facas e as amostras foram separadas para as análises. Seguindo o Instituto Adolfo Lutz (2008), a cafeína foi extraída e analisada por espectrofotometria UV/VIS a 274 nm, com curva padrão preparada a partir de cafeína anidra (99%) em duplicata, enquanto os carotenóides foram analisados por metodologia adaptada de Hendry e Grime (1993), com água como solvente e 0,5 g de amostra seca em triplicata, a 480 nm. A determinação de extrato etéreo foi realizada por extração direta em Soxhlet, usando éter como agente extrator em 4 g de amostra seca, com posterior pesagem do resíduo descontando a tara do recipiente (Instituto Adolfo Lutz, 2008, p. 117).

Dividiu-se a concentração de extrato etéreo e a concentração média da cafeína (entre as duplicatas) pela concentração de carotenóides – considerando cada valor de EE e da média de cafeína para cada valor de concentração das triplicatas dos carotenóides. A análise estatística procedeu-se após verificação de pressupostos em software JASP versão 0.5.9.3. Para o conjunto de dados da relação de EE X carotenóides (EE×car), o pressuposto de homogeneidade de variâncias não foi atendido, e portanto conduziu-se teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Para a relação de cafeína X carotenóides (caf×car), os dados foram transformados por log de base 10 e realizou-se ANOVA ($p < 0,05$) e teste *post-hoc* de Tukey ($p < 0,05$). Já para determinar a curva padrão das análises de cafeína, considerou-se os valores obtidos através das soluções com cafeína anidra e clorofórmio e procedeu-se à análise de regressão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A relação EE × car não apresentou significância estatística (Figura 1), enquanto a curva padrão de cafeína foi linear, através da função: concentração de cafeína (mg/ml) =



(absorbância 274nm - 0,0062)/ 45,094; possuindo coeficiente de determinação de 95%. Já a relação $\text{caf} \times \text{car}$ variou significativamente: baixo sombreamento teve o menor valor (15,01), o médio o maior (20,40) e o alto apresentou valor intermediário (18,61) (Figura 1).

Figura 1 – Médias obtidas no experimento para as devidas relações analisadas.

Tratamento	% Sombreamento	EEXcaf		cafXcar	
		(%/ μmol)		(mg/ μmol)	
Baixo	30	26,41	ns	15,01	b
Médio	52	25,89	ns	20,40	a
Alto	58	24,13	ns	18,61	ab

Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: Os autores (2025).

Plantas expostas a condições ensolaradas tendem a apresentar maiores taxas fotossintéticas e, por conseguinte, maior produção de metabólitos, como é o caso da cafeína. Contudo, para espécies consideradas umbrófilas, existe um ponto ótimo de sombreamento (Sambongi; Yasuda; Yamaguchi, 1986). Devido à ação de proteção oxidativa dos carotenóides, plantas sob maior exposição luminosa tendem a expressar mais genes envolvidos na síntese dessas moléculas, sendo o acúmulo orientado pela intensidade luminosa. Ainda assim, condições de sombreamento podem levar certas espécies a apresentarem maiores concentrações desses pigmentos, mesmo sob menor risco oxidativo (Fu *et al.*, 2022).

Os resultados indicam que a intensidade luminosa influencia a relação $\text{caf} \times \text{car}$, com maior valor sob sombreamento médio, sugerindo que luz intermediária favorece o equilíbrio entre pigmentos e compostos secundários na cultivar Aupaba. De forma semelhante, Acidri *et al.* (2020) observaram forte correlação entre pigmentos fotossintetizantes e substâncias antioxidantes, como a cafeína, indicando que a variação em $\text{caf} \times \text{car}$ reflete a interação entre balanço energético e regulação do metabolismo secundário.

4. CONCLUSÃO

A relação carotenóides \times extrato etéreo não foi afetada pelo sombreamento, enquanto a relação carotenóides \times cafeína aumentou sob sombreamento intermediário (52%), indicando maior acúmulo foliar de cafeína.

REFERÊNCIAS

ACIDRI, Robert; SAWAI, Yumiko; SUGIMOTO, Yuko; HANDA, Takuo; SASAGAWA, Daisuke; MASUNAGA, Tsuguyuki; YAMAMOTO, Sadahiro; NISHIHARA, Eiji. Phytochemical profile and



antioxidant capacity of coffee plant organs compared to green and roasted coffee beans. **Antioxidants (Basel)**, v. 9, n. 2, 22 jan. 2020. DOI: doi: 10.3390/antiox9020093.

CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, v.1, 1039p., 2003.

CHECHI, Leticia Andrea; SCHULTZ, Glauco. A produção de erva-mate: um estudo da dinâmica produtiva nos estados do sul do Brasil. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 13, n. 23, p. 16 - 26, 2016.

DA SILVA, Thaís Alves. **Avaliação dos teores de cafeína e teobromina presentes nas folhas e nos ramos de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) e seus impactos no custo de produção de um extrato seco padronizado**. 2020. Dissertação: mestrado profissional – Programa de pós-graduação em engenharia de biomateriais e bioprocessos, UNESP, Araraquara. 2020.

DOS SANTOS, Patrick Luan Ferreira; DE CASTILHO, Regina Maria Monteiro; GAZOLA, Raíssa Pereira Dinalli. Pigmentos fotossintéticos e sua correlação com nitrogênio e magnésio foliar em grama bermuda cultivada em substratos. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 8, n. 1, p. 92 - 101, 2019.

FU, Xiumin; CHEN, Jiaming; LI, Jianlong; DAI, Guangyi; TANG, Jinchi; YANG, Ziyin. Mechanism underlying the carotenoid accumulation in shaded tea leaves. **Food Chemistry X**, v. 14, 4 mai. 2022. DOI: 10.1016/j.fochx.2022.10032.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1032 p., 2008.

HENDRY, Gordon Alexander Frederick; GRIME, John Phillip. **Methods in comparative plant ecology**: a laboratory manual. 1 ed. London: Chapman & Hall, 252 p. 1993.

MACEDO, Pietro Menezes Sanches; FERNANDES, Erika Da Costa. Análise de pigmentos e carotenoides como biomarcadores em cana-de-açúcar. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 30633 - 30641, 2021.

SAMBONGI, Kazuo; YASUDA, Takeshi; YAMAGUCHI, Tadashi. Effect of Shading on Photosynthesis of *Coffea arabica*. **Japan Journal of Tropical Agriculture**, v. 30, n. 3, p. 149 - 152, 1986.

SANTIN, Delmar; ROMANCHUK, José Carlos; DE SOARES, Márcia Toffani; WENDLING, Ivar; PAULETTI, Volnei; BENEDETTI, Eliziane Luiza. Nível de sombra na produtividade inicial de clones de erva-mate. In: Congresso Sudamericano de Yerba Mate, 8, Itapúa. **Actas**: Universidad Nacional de Itapúa, p. 32-37, 2023

WREGE, Marcos Silveira; STEINMETZ, Silvio; REISSER JÚNIOR, Carlos; DE ALMEIDA, Ivan Rodrigues. **Atlas climático da região Sul do Brasil**. 2. ed. rev. Brasília: Embrapa, 333 p., 2012.