

CEVAD Estufa: Novo sistema de cultivo com foco na produção de compostos bioativos de erva-mate

Aguiar, Natália Saudade de¹; Tomasi, Jéssica de Cássia¹; Vieira, Leandro Marcolino²; Duarte, Manoela Mendes²; Gabira, Mônica Moreno³; Benedito, Débora Caroline Defensor¹; Wendling, Ivar⁴

¹Doutoranda. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil, talia.saguiar@yahoo.com.br, jehtomasi@gmail.com, debora_defensor@outlook.com

²Doutor (a), bolsista CNPq. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brasil, manu.forestal@gmail.com, leandromarcolinovieira@gmail.com

³Doutora, bolsista de pós-doutorado na Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, São Paulo, Brasil, monica.gabira@gmail.com

⁴Pesquisador. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brasil, ivar.wendling@embrapa.br

Resumo: A erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil) pode ser cultivada em diferentes sistemas de produção em campo, como adensamento em floresta nativa, sistemas agroflorestais ou monocultivo. A densidade de plantas depende do sistema adotado, com no máximo 2.222 plantas ha⁻¹. No CEVAD estufa (cultivo de erva-mate em alta densidade em estufa) instala-se o cultivo em sistema semi-hidropônico, ou seja, em canaletas preenchidas com areia, com espaçamento de 15 x 15 cm, totalizando 44,4 plantas m⁻² ou 311.080 plantas ha⁻¹, no interior de estufa plástica. Esse sistema foi instalado com mudas clonais, colheitas com intervalo mínimo de 60 dias e com objetivo principal de produção de compostos bioativos de erva-mate. A análise dos compostos bioativos (metilxantinas e ácidos cafeoilquínicos) presentes nos extratos aquosos foi realizada em Cromatógrafo Líquido Ultrarrápido (UFLC). Como resultados para alguns dos clones estudados, a produtividade de biomassa fresca total (folhas e ramos finos) nesse sistema alcançou até 96,16 t ha⁻¹ ano⁻¹ no clone EC21. O clone EC22 obteve produtividade de biomassa total de 33,93 t ha⁻¹ ano⁻¹ e EC40 de 41,35 t ha⁻¹ ano⁻¹, sendo a maior proporção composta por folhas jovens. Em termos de produtividade dos compostos de interesse, com o clone EC21 seriam obtidos até 217 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de cafeína, 71 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de teobromina e 1924 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de ácidos cafeoilquínicos. Esses resultados demonstram o potencial do sistema para a produção erva-mate, fornecendo matéria-prima diferenciada composta majoritariamente por brotos e folhas jovens. Assim, há potencial para o desenvolvimento de novos produtos, como chás especiais, energéticos, e destinação das folhas para a extração industrial dos compostos com finalidade farmacológica, por exemplo. O sistema apresenta como vantagens a alta produtividade em pequena área, produção a partir do primeiro ano e em curtos intervalos de colheitas e o potencial para abertura de novos mercados para a utilização da espécie. Entretanto, deve-se atentar à alguns aspectos, como necessidade de mão-de-obra qualificada e o alto custo inicial, visto a necessidade da estrutura de estufa e canaletas, e o grande número de mudas.

Palavras-chave: Sistema semi-hidropônico. Produtividade. Clones. Cafeína. Ácidos cafeoilquínicos.

Introdução

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil) é uma espécie com distribuição natural em parte dos territórios do Brasil, Argentina e Paraguai (Oliveira e Rotta, 1985). Além do extrativismo em áreas de ocorrência natural da espécie, ocorre o cultivo como adensamento em

remanescentes de florestas nativas, ervais arborizados e monocultivos (Goulart et al., 2022). Mas, além destes sistemas convencionais, podemos expandir as possibilidades de cultivo da erva-mate. O sistema semi-hidropônico é utilizado convencionalmente para a produção de mudas de espécies florestais pela técnica de miniestaqueia (Wendling et al., 2020), mas pode ser planejado e manejado, por exemplo, para a produção de massa foliar de erva-mate (Aguiar et al., 2022; Tomasi, 2020), sendo denominado CEVAD estufa - Cultivo de Erva-mate em Alta Densidade em estufa (Aguiar et al., 2023). Desta forma, o cultivo é realizado com uma alta densidade de plantas e em ambiente parcialmente controlado, não sofrendo grandes oscilações de temperatura e com variações edáficas, por exemplo.

A erva-mate possui mais de 200 compostos em suas folhas (Melo et al., 2020), sendo que se destacam as metilxantinas (cafeína e teobromina) e os compostos fenólicos, entre eles, os ácidos cafeoilquínicos (Cardozo Junior e Morand, 2016). Estes compostos possuem elevada capacidade antioxidante (Mateos et al., 2018; Vieira et al., 2020), além de importantes ações anti-inflamatória, antimicrobiana, estimulante do sistema nervoso e de redução do risco de doenças cardiovasculares e diabetes (Gerber et al., 2022). De acordo com os mesmos autores, a espécie apresenta grande potencial para o desenvolvimento de produtos farmacêuticos, nutracêuticos, cosméticos e alimentares, com possibilidades reais de expansão no mercado internacional voltado à saúde humana. Mas, para isso, é necessário o fornecimento de matéria-prima em grande quantidade, com características químicas específicas e padronizadas para cada finalidade.

Por conta das colheitas em curtos intervalos de tempo, espera-se grande produção de folhas, e especialmente, folhas jovens. Dessa forma, formulamos a hipótese de que o CEVAD estufa sistema possibilita alta produtividade de biomassa e de compostos bioativos. Assim, o objetivo do estudo é apresentar os principais resultados obtidos neste novo sistema de cultivo de erva-mate.

Material e métodos

Esse sistema foi instalado no interior de estufa plástica, em sistema semi-hidropônico, em canaletas preenchidas com pedra brita no fundo para facilitar a drenagem, sobreposto com areia de granulometria média como substrato (Figura 1A). O plantio foi realizado com mudas clonais provenientes de miniestaqueia, com espaçamento de 15 cm x 15 cm, totalizando densidade de 44,4 plantas m⁻².



Fonte: Jéssica de Cássia Tomasi



Fonte: Leandro Marcolino Vieira

Figura 1. Plantio de muda clonal no sistema (A) e CEVAD estufa em fase produtiva (B). Referência: Aguiar et al., 2023.

A fertirrigação foi realizada por gotejamento, três vezes por dia, totalizando uma lâmina de 3,6 mm dia⁻¹ no outono e inverno e 5 mm dia⁻¹ na primavera e verão. A solução nutritiva foi preparada com as seguintes concentrações (mg L⁻¹) de fertilizantes: NO₃⁻ (156), NH₄⁺ (50), P (25), K⁺ (200), Ca⁺² (200), Mg⁺² (45), S (76,9), B (1,5), Cu⁺² (0,1), Fe⁺² (5), Mn⁺² (1), Zn⁺² (0,7), Mo⁻² (0,07). O pH da solução foi ajustado em 5,5 (Tomasi, 2020). Em dias com temperatura acima de 30 °C no interior da estufa, as plantas receberam irrigação por aspersão na parte aérea a cada 60 minutos e as cortinas laterais da estufa eram mantidas abertas.

Após o estabelecimento das mudas no sistema, as colheitas foram realizadas em intervalos mínimos de 60 dias. Em cada colheita, foram mantidas de 20% a 30% das folhas em cada planta, para manutenção das atividades fisiológicas. As folhas colhidas foram classificadas em jovens e maduras: as folhas com textura membranácea, coloração verde clara ou avermelhada e na região superior dos ramos foram classificadas como jovens; enquanto aquelas mais espessas, de coloração escura e na região inferior dos ramos foram classificadas como maduras.

Para as análises químicas, as folhas foram secas em micro-ondas por cinco minutos (Tomasi et al., 2021) e trituradas até a obtenção de pó fino com granulometria inferior a 1 mm. Foram preparados extratos aquosos na concentração de 0,5 mg de amostra/mL de água ultrapura e filtrados com filtro de seringa de 0,22 µm. Os teores de metilxantinas (cafeína e teobromina) e ácidos cafeoilquínicos (ácidos 3, 4 e 5 cafeoilquínicos) foram determinados em Cromatógrafo Líquido Ultrarrápido (UFLC) Shimadzu® equipado com injetor automático e detector de UV. Os eluentes foram A: H₂O:ácido acético - 99,9:0,1 v/v; e B: acetonitrila - 100%. O comprimento de onda utilizado para detecção dos compostos foi 280 nm (fixo).

A produtividade anual de biomassa fresca total foi calculada pelo somatório de todas as colheitas. A produtividade dos compostos bioativos foi obtida pela multiplicação da biomassa seca produzida e pelos teores dos compostos obtidos nas amostras de cada clone. A extração dos resultados para hectare foi realizada considerando 70% de área produtiva no interior da estufa (descontando 30% do espaço de corredores e laterais da estufa). São apresentados resultados de dois estudos de produtividade de biomassa e compostos bioativos: 1) biomassa total, de folhas jovens e maduras dos clones EC22 e EC40; 2) somente biomassa total dos clones EC21, EC24 e EC26.

Resultados e discussão

Em termos de produtividade de folhas, dentre os materiais genéticos avaliados, o clone EC22 produziu proporção similar de folhas jovens e maduras (Tabela 1); entretanto, para EC40 houve maior proporção de folhas jovens (64,7%). É possível observarmos também a pequena proporção de galhos neste sistema, correspondendo a aproximadamente 25% da biomassa total colhida. Também ressaltamos que devido às colheitas frequentes, não há a formação de galhos grossos (> 7 mm). Isso reflete em maior ganho de produção no sistema, já que as folhas são a matéria-prima com maior valor agregado da espécie.

Em termos de produtividade de compostos, as folhas jovens também se destacam, especialmente no clone EC40. Para os ácidos cafeoilquínicos totais, a produtividade total foi de 716 kg ha⁻¹ ano⁻¹, sendo que as folhas jovens corresponderam a 65,9% desta produção. Essas folhas possuem maiores teores de compostos bioativos (Tomasi, 2020), demonstrando o potencial de utilização das folhas jovens para novos mercados e para a extração industrial. Inclusive, recomenda-se colheitas mais frequentes, com intervalo de aproximadamente 30 dias, dependendo do vigor das plantas e época do ano, para obtenção de maior proporção de folhas jovens.

Tabela 1. Produção anual de biomassa fresca e de cafeína (CAF), teobromina (TEO) e ácidos cafeoilquínicos totais (CQAs) em base seca dos clones de erva-mate EC22 e EC40; média de três anos de cultivo no sistema CEVAD estufa.

Matéria-prima	EC22			
	Biomassa fresca t ha ⁻¹ ano ⁻¹	CAF	TEO kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	CQAs
Folhas jovens	12,67	29,44	34,72	315,49
Folhas maduras	12,76	16,15	39,14	296,01
Folhas total	25,43	45,59	73,86	611,50
Biomassa total	33,93	-	-	-
EC40				
Folhas jovens	19,95	75,60	24,59	472,16
Folhas maduras	10,90	47,96	16,02	243,97
Folhas total	30,85	123,56	40,60	716,12
Biomassa total	41,35	-	-	-

Na Tabela 2 encontram-se os resultados de três clones; nesse caso, foram analisados quimicamente folhas e ramos finos em conjunto. Dessa forma, a produtividade dos compostos bioativos refere-se a toda biomassa colhida.

Tabela 2. Produtividade anual de biomassa total fresca e de cafeína (CAF), teobromina (TEO) e ácidos cafeoilquínicos totais (CQAs) em base seca, em folhas e ramos de cinco clones de erva-mate.

Genótipo	Biomassa total fresca t ha ⁻¹ ano ⁻¹	CAF	TEO	CQAs
			kg ha ⁻¹ ano ⁻¹	
EC21	96,16	217,28	71,61	1924,11
EC24	67,07	160,51	96,51	1040,75
EC26	31,67	80,85	18,08	620,46

Entre os clones, destacamos a alta produtividade do EC21, atingindo 96,16 t ha⁻¹ ano⁻¹ de biomassa total; esse resultado é mais de 17 vezes superior à produtividade média dos ervais brasileiros, de 8,13 t ha⁻¹, geralmente com colheitas a cada 18 meses (IBGE, 2021). Também destacamos a alta produtividade de ácidos cafeoilquínicos, alcançando 1.924,11 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para o clone EC21. Esses resultados demonstram o potencial da erva-mate como fonte desses compostos com reconhecidas funções benéficas no organismo humano, se destacando a alta capacidade antioxidante (Cardozo Junior e Morand, 2016). Assim, há grande potencial do sistema para produção de matéria-prima destinada à extração industrial destes compostos para fins medicinais, por exemplo, na forma de cápsulas.

Conclusões

O novo sistema de cultivo de erva-mate, CEVAD estufa, possibilita alta produtividade de biomassa, especialmente de folhas, e de compostos bioativos da espécie. Esse sistema é destinado, principalmente, para produtos com características químicas específicas e para a extração industrial de compostos de interesse, como cafeína, teobromina e ácidos cafeoilquínicos.

Agradecimentos

Agradecemos à Embrapa Florestas e a Universidade Federal do Paraná pelo apoio logístico e infraestrutura laboratorial para a realização dos experimentos. À CAPES e CNPq pela concessão de bolsas de estudos.

Referências Bibliográficas

- AGUIAR, N.S. de; GABIRA, M.M.; TOMASI, J. de C.; DUARTE, M.M.; VIEIRA, L.M.; LAVORANTI, O.J.; WENDLING, I. Productivity of clonal *Ilex paraguariensis* genotypes in a semi-hydroponic system is reduced by shading. Forest Science, v. 68, n. 5-6, p. 540-547, 2022. <https://doi.org/10.1093/forsci/fxac028>.
- AGUIAR, N.S. de; TOMASI, J. de C.; VIEIRA, L.M.; DUARTE, M.M.; GABIRA, M.M.; WENDLING, I. CEVAD Estufa: cultivo de erva-mate em alta densidade em estufa - Comunicado Técnico 485. Embrapa Florestas: Colombo, PR, 2023.
- CARDOZO JUNIOR, E. L.; MORAND, C. Interest of mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) as a new natural functional food to preserve human cardiovascular health - A review. Journal of Functional Foods, v. 21, p. 440–454, 2016.
- GERBER, T.; NUNES, A.; MOREIRA, B.R.; MARASCHIN, M. Yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) for new therapeutic and nutraceutical interventions: a review of patents issued in the last 20 years (2000–2020). Phytotherapy Research, v. 37, n. 2, p. 527–548, 2023. <https://doi.org/10.1002/ptr.7632>.
- GOULART, I.C.R.; SANTIN, D.; BRASILEIRO, B.P. Fatores que afetam a produtividade IBGE. Produção Agrícola Municipal – PAM. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- MATEOS, R. BAEZA, G.; SARRIÁ, B.; BRAVO, L. Improved LC-MSn characterization of hydroxycinnamic acid derivatives and flavonols in different commercial mate (*Ilex paraguariensis*) brands. Quantification of polyphenols, methylxanthines, and antioxidant activity. Food Chemistry, v. 241, p. 232–241, 2018.
- MELO, T.O. de; MARQUES, F.A.; WENDLING, I.; KOPKA, J.; ERBAN, A.; HANSEL, F.A. Compostos presentes em extrato metanólico de tecido foliar de erva-mate, por meio da cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas - Comunicado Técnico 458. Embrapa, 2020.
- na cultura da erva-mate. Ciência Florestal, Comunicado Técnico 485, v. 32, n. 3, p. 1345-1367, 2022. <https://doi.org/10.5902/1980509863661>.
- OLIVEIRA, Y.M.M.; ROTTÀ, E. Área de distribuição natural de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). 1985, Curitiba: Embrapa - CNPF, 1983. p. 17–36.
- TOMASI, J. de C. Bioactive compounds of yerba mate according to genotype, nitrogen fertigation and drying methods and acceptance of mate tea by consumers. Tese (Doutorado em Produção Vegetal – Agronomia), Universidade Federal do Paraná. 2020, 142 p.
- TOMASI, J. DE C.; LIMA, G.G. de; WENDLING, I.; HELM, C.V.; HANSEL, F.A.; GODOY, R.C.B. de; GRUNENNVALDT, R.L.; MELO, T.O. de; TOMAZZOLI, M.M.; DESCHAMPS, C. Effects of different drying methods on the chemical, nutritional and colour of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) leaves. International Journal of Food Engineering, v. 17, n. 7, 2021, p. 551-560. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2020-0312>
- VIEIRA, A.J.S.C.; GASPAR, E.M.; SANTOS, P.M.P. Mechanisms of potential antioxidant activity of caffeine. Radiation Physics and Chemistry, v. 174. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2020.108968>
- WENDLING, I. et al. Manual de produção de mudas clonais de erva-mate - Documentos 336. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2020.

WENDLING, I.; DUTRA, L.F.; GROSSI, F. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n. 2, p. 289–292, 2007.