OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO ASSISTIDA POR MICRO-ONDAS E PROSPECÇÃO DE METABÓLITOS BIOATIVOS DAS RAÍZES DE *Pfaffia glomerata*

Rafael Casu Calvi[1] (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Gabriel Conti Souto[1], José Eduardo Gonçalves[2], Arildo José Braz de Oliveira[1], Regina Aparecida Correia Gonçalves[1] (Orientador). E-mail: racgoncalves@uem.br.

[1]Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Farmácia, Maringá, PR.
[2]Universidade Cesumar, Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Farmácia, Farmacognosia.

Palavras-chave: Química Verde; Extração Sustentável; Frutanos.

RESUMO

Pfaffia glomerata (Spreng.) Pedersen apresenta metabólitos de elevado interesse farmacêutico, alimentício e cosmético, sendo os frutanos e a β-ecdisona apontados como responsáveis por suas propriedades medicinais. Os métodos tradicionais de extração dessas moléculas apresentam desvantagens como elevado consumo de solventes e energia, além de longos tempos de processo, distanciando-se da Química Verde. Nesse contexto, este trabalho otimizou a Extração Assistida por Micro-ondas (EAM) de *P. glomerata*, técnica que promove o rompimento celular e o extravasamento intracelular em menor tempo. Para a otimização das condições de extração, empregou-se a Metodologia de Superfície de Resposta com Delineamento Box-Behnken (MSRDB). A caracterização e o doseamento do extrato foram realizados por quantificação de açúcares totais (método Fenol-Sulfúrico), espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (*FTIR-ATR*) e cromatografia em camada delgada (CCD). A análise de açúcares totais das frações obtidas pela extração otimizada resultou em 48,63% ± 0,007% para a fração precipitada e 89,55% ± 0,035% para a fração sobrenadante. A espectroscopia *FTIR-ATR* de ambas as frações exibiu perfil estrutural semelhante ao padrão de frutanos, enquanto a CCD confirmou bandas compatíveis com o padrão de inulina. Conclui-se que a EAM otimizada proporcionou elevado rendimento sem degradar os polissacarídeos, consolidando-se como uma alternativa sustentável para a redução de tempo, consumo de solventes e demanda energética durante o processo extrativo.

INTRODUÇÃO

Pfaffia glomerata (Spreng.) Pedersen, Amaranthaceae, é um arbusto presente no Brasil, suas raízes contêm metabólitos de interesse com valor agregado na indústria farmacêutica, de alimentos e cosmética, como a β-ecdisona (metabólito

especializado, marcador taxonômico da espécie) e frutanos (metabólitos basais). Seus metabólitos são alvo de interesse industrial não apenas pelo seu valor farmacêutico e nutricional, mas pela necessidade de métodos extrativos que preservem sua estrutura polimérica contra a hidrólise térmica, a planta vêm sendo utilizada como suplemento alimentar e na medicina tradicional pelos seus efeitos biológicos como ação antioxidante, afrodisíaca, protetora gástrica entre outros, sendo comercializada como um possível substituto para o *Panax ginseng*, o ginseng asiático (RIBEIRO *et al*., 2024). Métodos convencionais de extração apresentam desvantagens como o grande consumo de solventes, de energia, longo tempo exigido durante o processo de extração e possibilidade de degradação térmica do metabólito de interesse, estando em dissonância com os princípios da Química Verde, e dessa forma metodologias alternativas como a Extração Assistida por Micro-ondas (EAM) destacam-se como métodos modernos e sustentáveis, possibilitando reduzir o tempo, gasto de energia e consumo de solventes durante a extração (GONZAGA *et al*., 2025; JIANG *et al*., 2024). Por isso a otimização da metodologia é essencial para a maximização do rendimento extrativo, realizando o processo na melhor condição possível com suas variáveis otimizadas, sem degradar os compostos de interesse presente no material vegetal. A otimização da metodologia foi determinada pela técnica estatística de Metodologia de Superfície de Resposta com Delineamento em Box-Behnken.

MATERIAIS E MÉTODOS

As raízes de *P. glomerata* foram cedidas pela Associação de Pequenos Agricultores de Ginseng de Querência do Norte (ASPAG), sua exsicata está depositada no Herbário da Universidade Estadual de Maringá sob o registro n° 30233-HUEM. As extrações assistidas por micro-ondas foram realizadas em aparelho micro-ondas modelo DGT 100 Plus, segundo um delineamento Box-Behnken de 3 fatores e 3 níveis com 17 ensaios. Os fatores avaliados foram potência, tempo e relação massa/volume com o rendimento sendo calculado para a fração sobrenadante e precipitada do extrato após precipitação com etanol (PA) 1:3 (V/V) e liofilização. Os dados foram analisados pela análise de regressão e análise de variância. As amostras da fração sobrenadante e precipitado da extração otimizada foram submetidas a determinação de açúcares totais pelo método Fenol-Sulfúrico (DUBOIS *et al*., 1956), o perfil químico dos extratos foi avaliado por espectroscopia de infravermelho *FTIR-ATR* e comparados com padrão de inulina e foi realizado CCD com as amostras, padrão de inulina, glicose e frutose para avaliação do perfil das bandas formadas após a eluição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos quadráticos propostos através dos dados observados na MSRDB mostraram-se estatisticamente significativos para a fração sobrenadante ($F = 32,45$; $p < 0,0001$) e para a fração precipitada ($F = 16,11$; $p = 0,0007$), ambos sem falta de ajuste significativa ($p > 0,05$), validando a capacidade preditiva do modelo. Para a

fração sobrenadante, os gráficos de superfície de resposta e a ANOVA indicaram que a potência foi o fator mais relevante, atingindo rendimentos máximos de aproximadamente 50% em condições intermediárias e elevadas. Para a fração precipitada, o tempo de extração foi a variável mais importante, observando-se um efeito sinérgico entre potência e tempo que elevou o rendimento de 2,5% para valores superiores a 4,0%. As condições ideais determinadas pela análise foram 600 W de potência, 7:32 min de extração e proporção de 1:39,5 M/V com um rendimento teórico de 4,43% para a fração precipitado e de 51,12% para a fração sobrenadante. As condições em que o experimento foi realizado em triplicata foi potência de 600 W, duração de 8 min de extração e proporção de 1:40 g/mL com um rendimento de 48,08%±1,21% para a fração sobrenadante e 4,21%±0,38% para a precipitada. A análise de açúcares totais apresentou um resultado de 89,55%±0,035% para fração sobrenadante e a precipitada 48,63%±0,007%. O espectro de *FTIT-ATR*, Figura 1, confirmou bandas características de grupos hidroxilas -OH (3354,61 cm^{-1}), estiramento de ligações simples C-H (2942,67 cm^{-1}), ligações C-C do anel de piranose (1025,67 cm^{-1}; 1052,37 cm^{-1} e 1442,62 cm^{-1}) e de ligações glicosídicas α-D-Glcp (925,30 cm^{-1}), confirmando que a extração preservou os polissacarídeos da degradação térmica (MARINS *et al.*, 2023). A CCD, Figura 2, revelou perfil cromatográfico semelhante ao padrão de inulina e presença de monossacarídeos (glicose e frutose).

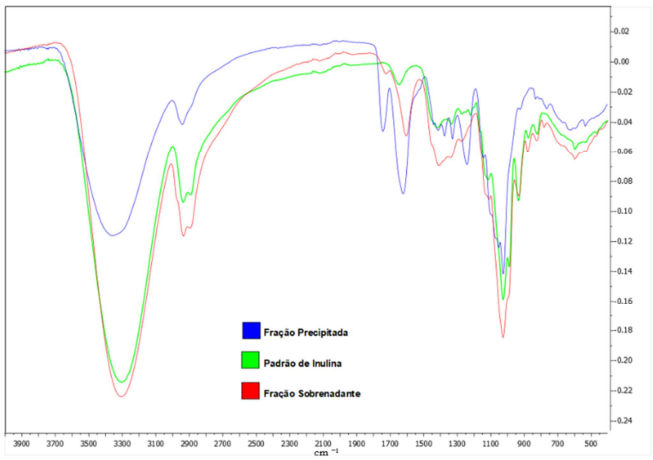


Figura 1. Espectro de espectroscopia no infravermelho *FTIR-ATR* das amostras da fração precipitada, fração sobrenadante da extração otimizada e do padrão de inulina.

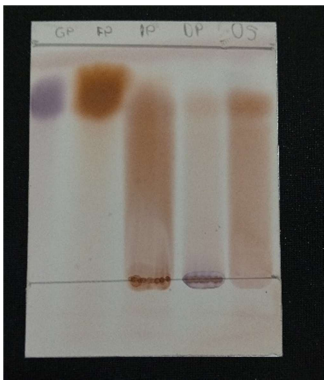


Figura 2. Placa de Cromatografia em Camada Delgada após eluição do padrão de glicose (GP), frutose (FP), inulina (IP), fração precipitada (OP) e fração sobrenadante da extração otimizada (OS).

CONCLUSÕES

Conclui-se que a EAM se consolida como uma metodologia robusta e eficiente para a extração de frutanos das raízes de *P. glomerata*, reduzindo o consumo de solventes e energia, destacando-se como uma alternativa verde promissora para o processamento dessa droga vegetal, com os modelos matemáticos ajustados demonstrando alta capacidade preditiva, as condições otimizadas determinadas obtendo um excelente rendimento e as análises espectrais e cromatográficas confirmam a integridade estrutural dos polissacarídeos obtidos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq que financiou o projeto e foi importantíssimo para o desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS

DUBOIS, M. *et al*. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**. v.28, n.3, p.350-356, mai. 1956. Disponível em: https://l1nq.com/wiFquf8. Acesso em: 10 de agosto de 2026.

GONZAGA, L. *et al*. Unlocking marine potential: Microwave-assisted extraction of bioactive compounds from marine macroalgae. **Journal of Environmental Chemical Engeneering**. v. 13, p. 116858, abr. 2025. Disponível em: https://sl1nk.com/h9naU0U. Acesso em: 14 de agosto de 2026.

JIANG, C. *et al*. Optimization for ultrasound-assisted extraction of polysaccharides with antioxidante activity *in vitro* from the aerial root of *Ficus microcarpa.* **Carbohydrate Polymers**. v. 110, p. 10-17, set. 2024. Disponível em: https://sl1nk.com/wbzD0Qa. Acesso em: 14 de agosto de 2026.

MARINS, A. R. *et al*. Effect of extraction methods on the Chemical, structural, and rheological atributes of fructan derived from *Articum lappa* L. roots. **Carbohydrate Polymers**. v. 324, p. 1-11, out. 2023. Disponível em: https://sl1nk.com/BblMqLR. Acesso em: 26 de agosto de 2026.

RIBEIRO, S. T. C. *et al*. A comprehensive review of *Pfaffia glomerata* botany, ethnopharmacology, phytochemistry, biological activities, and biotechnology. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 328, p. 118003, jun. 2024. Disponível em: https://l1nq.com/qhaO8j3. Acesso em: 14 de Agosto de 2026.