

Avaliação de diferentes solventes na extração de compostos antioxidantes da amêndoa de Butiá (*Butia spp.*)

L.S.Souza¹, N.G.Machado¹, J.P.Vicente¹, D.L.Mazur², E.R.L.R.Watanabe¹.

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Brasil

²Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Brasil

O butiá (*Butia spp.*) possui amêndoas com potencial para obtenção de extratos bioativos. Este trabalho avaliou a influência de diferentes solventes (água, etanol e isopropanol) na atividade antioxidante destes extratos obtidos via banho ultrassônico (50 °C/1h), pelo método DPPH. O extrato aquoso apresentou maior atividade (0,3334 µmol TE/L), seguido pelo isopropanol (0,1681 µmol TE/L) e etanol (0,1314 µmol TE/L). A água mostrou-se eficiente na extração seletiva de compostos antioxidantes hidrofílicos, mesmo com baixo rendimento mássico.

Palavras-chave: *Butia spp.*; Extração assistida; Solubilidade; Solventes orgânicos; Antioxidantes.

INTRODUÇÃO

O butiá (*Butia spp.*) é uma palmeira nativa da América do Sul, amplamente distribuída na região Sul do Brasil. Seus frutos apresentam potencial nutricional e tecnológico devido à presença de compostos bioativos, que têm despertado crescente interesse para aplicações nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética (Hoffmann et al., 2014; Hoffmann et al., 2018). Além da polpa, a amêndoa presente no endocarpo constitui uma matéria-prima promissora para a obtenção de extratos ricos em substâncias de interesse biológico (Faria et al., 2008).

Entre os compostos bioativos encontrados em matrizes vegetais, destacam-se aqueles com capacidade antioxidante, responsáveis por neutralizar radicais livres e reduzir processos oxidativos que podem causar danos celulares. Dessa forma, a determinação da atividade antioxidante constitui uma importante ferramenta para a avaliação do potencial funcional de extratos vegetais (Angelo; Jorge, 2007).

A eficiência da extração desses compostos depende de diversos fatores, sendo a escolha do solvente um dos mais relevantes. Solventes com diferentes polaridades apresentam capacidades distintas de solubilização dos compostos presentes na matriz vegetal, influenciando diretamente o rendimento da extração e a atividade antioxidante dos extratos obtidos. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes

solventes extratores (água, etanol e isopropanol) na atividade antioxidante de extratos obtidos a partir da amêndoa de butiá, utilizando o método do radical livre DPPH descrito por Rufino et al. (2007).

MATERIAL E MÉTODOS

Preparo da amostra

Os frutos de butiá (*Butia spp.*) utilizados neste estudo foram coletados no segundo semestre de 2025 e processados nos laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Ponta Grossa. Inicialmente, os frutos foram despulpados e os endocarpos externos foram submetidos à secagem em estufa por aproximadamente 24 horas. Posteriormente, os endocarpos foram abertos para a obtenção das amêndoas, que constituem a fração do fruto com maior teor de óleo.

As amêndoas foram trituradas em liquidificador doméstico e posteriormente peneiradas em peneira mesh 18, obtendo-se um farelo homogêneo utilizado como matéria-prima para as etapas de extração e análise. O peneiramento foi realizado com o objetivo de padronizar a granulometria da amostra, favorecendo a transferência de massa e o contato entre o solvente e a matriz sólida durante o processo extrativo (Cardoso et al., 2017).

Obtenção dos extratos

A extração dos compostos antioxidantes presentes na amêndoa de butiá foi realizada utilizando três solventes distintos: água destilada, álcool etílico (99,9%) e isopropanol. Para cada ensaio, aproximadamente 10 g do farelo obtido foram colocados em contato com 50 mL de solvente, estabelecendo uma razão sólido/solvente de 1:5 (m/v).

As misturas foram submetidas a banho ultrassônico SolidSteel, modelo Banho Ultrassônico Conjugado, operando na frequência de 40 kHz, com temperatura controlada de 50 °C durante aproximadamente 1 hora, visando favorecer a transferência de massa e a extração dos compostos presentes na matriz vegetal. Após a extração, as amostras foram submetidas à filtração a vácuo para remoção dos sólidos. Em seguida, os solventes foram removidos em evaporador rotativo (rota-evaporador), obtendo-se os respectivos extratos com rendimentos de massa de 36,25% para o isopropanol, 44,21% para o etanol e um rendimento nominal de 0,00% (fração mássica negligível) para o meio aquoso, devido à insolubilidade da fração lipídica majoritária da amêndoa em água, os quais foram armazenados sob refrigeração até a realização das análises.

Determinação da atividade antioxidante

A atividade antioxidante dos extratos foi determinada pelo método de captura do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil), conforme metodologia descrita por Rufino et al. (2007), com modificações. Para o preparo das amostras, os extratos obtidos foram previamente aquecidos para promover sua completa liquefação. Posteriormente, o extrato bruto foi utilizado sem diluição prévia em solvente conhecido, sendo uma alíquota de 100 µL transferida com o auxílio de micropipeta digital e diluída diretamente em 10 mL de etanol para a reação com o DPPH, resultando em uma proporção de 1:100 (v/v) entre extrato e volume final de reação. Para a reação, adicionou-se 5,85 mL de solução de trabalho de DPPH (preparada a partir da diluição de 10 mL de uma solução estoque contendo 0,060 g de reagente em 250 mL de etanol, para um balão volumétrico de 100 mL, completando-se o volume com etanol). Para a construção da curva analítica foi utilizado Trolox como padrão de referência.

As misturas reagentes permaneceram em repouso por 30 minutos ao abrigo da luz. As leituras de absorbância foram realizadas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 517 nm. A atividade antioxidante dos extratos foi avaliada por meio da porcentagem de inibição do radical DPPH, calculada a partir da diferença entre as absorbâncias do branco

e das amostras. Os resultados foram expressos em µmol de equivalentes de Trolox por litro (µmol TE/L), referentes à concentração determinada na alíquota diluída de cada extrato, mantendo-se idênticas as condições de diluição e volume de reação entre os tratamentos, o que permite a comparação direta da atividade antioxidante entre os solventes avaliados.

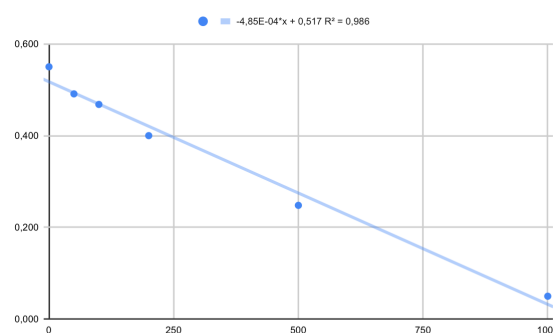
Tratamento dos dados

As determinações experimentais foram realizadas em duplicata (n=2). Os resultados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) de fator único para verificar o efeito dos solventes. As médias foram comparadas estatisticamente pelo teste de Tukey, adotando-se o nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Adicionalmente, aplicou-se o teste t de Student para avaliações complementares de hipóteses par a par entre os solventes orgânicos (ZAR, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade antioxidante dos extratos da amêndoa de butiá foi determinada pelo método de captura do radical livre DPPH, utilizando Trolox como padrão de referência. Para a quantificação da atividade antioxidante das amostras, foi construída uma curva analítica a partir de diferentes concentrações do padrão, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1. Curva analítica de Trolox utilizada para determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH.



A curva analítica apresentou comportamento linear na faixa de concentração avaliada, sendo descrita pela equação $y = -4,85 \times 10^{-4}x + 0,517$, obtida por regressão linear. O coeficiente de determinação ($R^2 = 0,986$) indicou elevada correlação linear inversa entre a concentração de Trolox e os valores de absorbância medidos, demonstrando adequada linearidade do método para a determinação da atividade antioxidante. Os resultados foram expressos em

equivalentes de Trolox, utilizando a curva analítica construída a partir do padrão de referência, conforme metodologia descrita por Rufino et al. (2007).

Embora diferentes solventes tenham sido empregados na etapa de extração dos compostos presentes na amêndoa de butiá, os extratos foram submetidos à remoção dos solventes em evaporador rotativo antes das análises. Dessa forma, foi possível utilizar uma única curva de calibração para a determinação dos equivalentes de Trolox dos extratos obtidos com água, etanol e isopropanol, permitindo a comparação direta da atividade antioxidante entre os tratamentos avaliados.

Atividade antioxidante dos extratos obtidos com diferentes solventes

Os valores médios de atividade antioxidante determinados para os extratos obtidos utilizando água, etanol e isopropanol encontram-se apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Atividade antioxidante média dos extratos da amêndoa de butiá obtidos com diferentes solventes.

Solvente	Atividade Antioxidante ($\mu\text{mol TE/L}$)
Água	$0,3334 \pm 0,0054^a$
Isopropanol	$0,1681 \pm 0,0205^b$
Etanol	$0,1314 \pm 0,0123^b$

*Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão amostral ($n = 2$). Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os resultados demonstraram que a capacidade de captura do radical livre DPPH variou significativamente ($p < 0,05$) em função do solvente empregado no processo extrativo. O extrato aquoso destacou-se com o maior valor de atividade antioxidante ($0,3334 \mu\text{mol TE/L}$, letra 'a'), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos pelo teste de Tukey e indicando maior eficiência na extração de compostos antioxidantes hidrofílicos. Em

contrapartida, os extratos obtidos com isopropanol ($0,1681 \mu\text{mol TE/L}$, letra 'b') e etanol ($0,1314 \mu\text{mol TE/L}$, letra 'b') apresentaram atividades antioxidantes inferiores e, por compartilharem a mesma classificação estatística, não manifestaram diferença significativa entre si. O teste t de Student, aplicado par a par entre os extratos orgânicos, confirmou a ausência de diferença estatisticamente significativa entre etanol e isopropanol ($t = 2,17$; $df = 2$; $p = 0,16$), corroborando o resultado obtido pelo teste de Tukey (ZAR, 2010).

Embora a amêndoa de butiá (*Butia* spp.) seja uma matriz rica em lipídios, os resultados obtidos sugerem que os compostos responsáveis pela atividade antioxidante avaliada pelo método DPPH apresentam caráter predominantemente polar. Nesse contexto, a maior atividade antioxidante observada para os extratos aquosos sugere que a água foi mais eficiente na extração de compostos fenólicos hidrofílicos e de outras substâncias bioativas capazes de atuar como doadoras de hidrogênio ou elétrons para a neutralização do radical DPPH.

Esse comportamento pode ser explicado pela elevada polaridade da água, que favorece a solubilização de compostos antioxidantes hidrofílicos. De acordo com Alara et al. (2021), a eficiência da extração de compostos fenólicos depende, entre outros fatores, da polaridade do solvente, da natureza química dos compostos presentes na matriz vegetal e das condições de extração. Assim, solventes mais polares tendem a apresentar maior capacidade de extração de compostos fenólicos hidrofílicos, embora não exista um solvente universalmente mais eficiente para todas as matrizes vegetais.

Os extratos obtidos com etanol e isopropanol também apresentaram atividade antioxidante, porém em níveis inferiores aos observados para os extratos aquosos. Esse comportamento pode estar relacionado à diferente seletividade desses solventes, que favorece a extração de compostos com distintas características químicas e polaridades. Numericamente, o isopropanol apresentou desempenho ligeiramente superior ao etanol. O isopropanol apresenta menor polaridade relativa em comparação ao etanol (SNYDER, 1974), o que pode conferir maior afinidade por compostos antioxidantes de caráter mais lipofílico. Contudo, o presente estudo não realizou caracterização química direcionada dos extratos (ex.: identificação de classes específicas de compostos), de modo que essa hipótese permanece em aberto e é recomendada para investigação em estudos futuros.

É importante destacar que o extrato aquoso apresentou rendimento mássico nominal de 0,00%, refletindo a baixa solubilização de sólidos totais (majoritariamente a fração lipídica) pela água. Ainda assim, a alíquota do extrato aquoso, analisada nas mesmas condições de diluição empregadas para os demais solventes, apresentou a maior atividade antioxidante entre os tratamentos. Esse resultado indica que, mesmo com baixíssima extração de massa sólida, a água foi capaz de solubilizar seletivamente compostos com elevado potencial antioxidante, majoritariamente compostos fenólicos e outros antioxidantes hidrossolúveis presentes na amêndoa (XU et al., 2017).

Além da polaridade do solvente, fatores como a afinidade entre solvente e soluto, a composição da matriz vegetal e a disponibilidade dos compostos antioxidantes podem influenciar a eficiência do processo extrativo. Segundo Xu et al. (2017), a escolha do solvente exerce influência direta sobre a recuperação de antioxidantes naturais, sendo a água e outros solventes polares amplamente utilizados na extração de compostos fenólicos devido à sua elevada capacidade de solubilização dessas substâncias. Os autores destacam, entretanto, que a eficiência da extração depende das características da matriz vegetal e dos compostos de interesse, podendo diferentes solventes apresentar desempenhos distintos conforme o sistema estudado.

Dessa forma, nas condições avaliadas de extração assistida por ultrassom, a água mostrou-se o solvente mais eficiente para a obtenção de extratos com maior atividade antioxidante a partir da amêndoa de butiá.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram que a atividade antioxidante dos extratos da amêndoa de butiá foi influenciada pelo solvente utilizado no processo de extração.

Entre os solventes avaliados, o extrato aquoso apresentou a maior capacidade de captura do radical DPPH, seguido pelos extratos obtidos com isopropanol e etanol, sendo estes dois últimos estatisticamente semelhantes entre si. Esses resultados sugerem que os compostos responsáveis pela atividade antioxidante da amêndoa de butiá apresentam caráter predominantemente polar, favorecendo sua extração em meio aquoso.

Dessa forma, nas condições experimentais empregadas e utilizando extração assistida por banho ultrassônico, a água mostrou-se o solvente mais

eficiente para a obtenção de extratos com maior atividade antioxidante.

Além de sua eficiência, a utilização da água apresenta vantagens relacionadas ao baixo custo, à segurança e à sustentabilidade, evidenciando seu potencial para aplicações futuras. Cabe ressaltar que, devido ao número reduzido de repetições ($n = 2$), os resultados estatísticos devem ser interpretados com cautela, sendo recomendada a ampliação do número de réplicas em estudos futuros para consolidar as diferenças observadas entre os solventes. Estudos complementares são recomendados para a caracterização dos compostos bioativos responsáveis pela atividade antioxidante observada.

REFERÊNCIAS

- ALARA, O. R.; ABDURAHMAN, N. H.; UKAEGBU, C. I. Extraction of phenolic compounds: **A review. Current Research in Food Science**, v. 4, p. 200–214, 2021.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos - Uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007.
- CARDOSO, C. E. et al. Avaliação da transferência de massa na extração de compostos bioativos de matrizes vegetais. **Revista Brasileira de Engenharia Química**, v. 34, n. 2, p. 112-120, 2017.
- FARIA, J. P. et al. Caracterização química e potencial tecnológico da amêndoa de coquinho-azedo (*Butia capitata*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 4, p. 230-234, 2008.
- HOFFMANN, J. F. et al. Carotenoids, tocopherols and antioxidant capacity of butiá (*Butia odorata*) fruits. **Food Research International**, v. 62, p. 1032-1039, 2014.
- HOFFMANN, J. F. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of *Butia* spp. fruits: A review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 8, p. 2831-2842, 2018.
- RUFINO, M. S. M. et al. Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. **Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical**, 2007. (Comunicado Técnico, 127).
- SNYDER, L. R. Classification of the solvent properties of common liquids. **Journal of Chromatography A**, v. 92, n. 2, p. 223-230, 1974.

XU, D. P.; LI, Y.; MENG, X.; ZHOU, T.; ZHOU, Y.; ZHENG, J.; ZHANG, J. J.; LI, H. B. Natural antioxidants in foods and medicinal plants: Extraction, assessment and resources. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 18, n. 1, p. 96, 2017.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 5. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010.