



## Área: Tecnologia de Alimentos

# ULTRASSOM APLICADO PARA EXTRAÇÃO DE FENÓIS TOTAIS DA CASCA DE JABUTICABA SABARÁ (*Myrciaria cauliflora* (Vell.) O. Berg)

**Bruna Seguenka\*, Juliana Steffens, Natália Paroul, Thais Feiden, Natália Ambrósio, Eunice Valduga**

*Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Erechim, Erechim, RS*

*\*E-mail: brunaseguenka@hotmail.com*

**RESUMO** – A extração assistida por ultrassom (US), técnica não convencional, vem sendo utilizada na obtenção de compostos bioativos. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a extração de fenóis totais da casca de Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* (Vell.) O. Berg). Empregou-se a metodologia de planejamento de experimentos visando maximizar a extração pelo US de fenóis totais, variando o tempo (11,55 a 138 min) e a temperatura (16,67 a 53,3 °C) de extração, mantendo fixas a granulometria (1 mm), volume de etanol acidificado pH 1 (250 mL), amplitude da potência (40 %), relação sólido-etanol (1:25, m/v) e quantidade de cascas liofilizadas (10 g, umidade de ~3,5 %). Um modelo codificado de segunda ordem permitiu maximizar a extração de fenóis totais (129,01 mg.g<sup>-1</sup>) com tempo de extração de 75 min de extração e temperatura de 48 °C.

**Palavras-chave:** Jabuticaba. Compostos fenólicos. Planejamento experimental. Subproduto.

## 1 INTRODUÇÃO

Os resíduos ou subprodutos da indústria de processamento de alimentos são excelentes candidatos para a produção comercial de uma gama diversificada de compostos nutracêuticos, que contribuem para a redução de resíduos (NAZIR et al., 2019). Recentemente, atenção especial foi apontada para esses subprodutos e o desenvolvimento de novos produtos com valor de mercado (CASTRO-MUÑOZ et al., 2020; TORRES-VALENZUELA; BALLESTEROS-GÓMEZ; RUBIO, 2020).

A Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) é a fruta da *Plinia sp.*, conhecida popularmente como jabuticabeira, é uma árvore frutífera nativa do Brasil, pertencente à família *Myrtaceae* têm ocorrência principalmente no sul e sudeste do país (NEVES et al., 2018; QUATRIN et al., 2019). A Jabuticaba é rica em vitamina C e minerais, especificamente potássio e cálcio (COSTA et al., 2013; RODRIGUES et al., 2015; NEVES et al., 2018) e uma grande variedade de compostos fenólicos, incluindo flavonoides, antocianinas, taninos, ácidos fenólicos, bem como polifenóis menos conhecidos como depsídeos (WU; LONG; KENNELLY, 2013). Na casca da jabuticaba é que se concentram grande número desses compostos fenólicos (LAMAS et al., 2018).

Os compostos fenólicos são estruturas químicas que apresentam hidroxilas e anéis aromáticos, nas formas simples ou de polímeros, que os confere o poder antioxidante (ANGELO; JORGE, 2007). Os principais compostos fenólicos comumente encontrados em vegetais podem ser classificados de acordo com o tipo e o número de anéis fenólicos (SOUZA, 2017) e de uma forma geral dividem-se em flavonoides (polifenóis) e não-flavonoides (fenóis simples ou ácidos) (SILVA et al., 2010).

O processo de extração permite que os componentes sejam extraídos e caracterizados (SASIDHARAN et al., 2011; ZHANG; LIN; YE, 2018). O método de extração deve ser cuidadosamente pensado para garantir o sucesso da extração dos compostos de interesse a serem isolados (AZMIR et al., 2013). Nos últimos anos, as crescentes preocupações com o meio ambiente e a expansão da “química verde” estimularam o desenvolvimento de técnicas de extração mais ecológicas para substituir os métodos convencionais de extração com o objetivo de aumentar a extração de compostos bioativos em uma escala maior (SHARMILA et al., 2016; ROCCHETTI et al., 2019). A extração assistida por ultrassom é uma técnica usada para a extração e recuperação de ingredientes bioativos de fontes naturais, mas com menor consumo de solventes (WEN et al., 2018; CHÁVEZ-GONZÁLEZ et al., 2020). Por isso, o US é considerado um método economicamente viável (CHEMAT et al., 2017; TROJANOWSKA et al., 2019).

O meio para a propagação das ondas sonoras de ultrassom pode ser sólido, líquido ou gás, que ocorrem como uma série de ciclos de expansão e compressão, uma característica que distingue essas ondas das ondas eletromagnéticas. Os dois principais fenômenos físicos que ocorrem durante a extração de amostras de plantas por ondas de ultrassom são (I) ruptura na parede celular e (II) liberação dos componentes celulares internos após a quebra das paredes celulares (YAHYA; ATTAN; WAHAB, 2018); YUAN et al., 2019).

As fortes forças físicas do bombardeamento acústico trabalham em conjunto com o solvente empregado para rapidamente romper e desintegrar a parede celular do material vegetal, liberando e dissolvendo assim maiores quantidades dos compostos bioativos, esse efeito promove uma maior taxa de transferência de massa entre o soluto e o solvente (GIL-CHÁVEZ et al., 2013; RENARD, 2018). Os principais parâmetros que afetam o rendimento da extração por ultrassom



são o tipo de solvente e a temperatura (TROJANOWSKA et al., 2019). Dependendo do solvente usado, pode-se ter diferentes resultados de extração (TROJANOWSKA et al., 2019). O etanol, obtido a partir de uma fonte renovável (cana-de-açúcar), produzido em biorrefinaria, é acessível e é classificado como solvente GRAS (geralmente reconhecido como seguro), sendo adequado para ser o solvente em uma extração de abordagem de química verde (RODRIGUES et al., 2015; DE MEJIA et al., 2020), além de ser ideal para extrair os constituintes polares e semi-polares (ALTEMIMI et al., 2017).

Baseado no exposto, o objetivo foi maximizar a extração da casca da Jabuticaba Sabará (*Myrciaria cauliflora* (Vell.) O. Berg) pelo método de ultrassom, avaliando os efeitos das variáveis independentes (tempo e temperatura), empregando a metodologia de planejamento de experimentos, na extração de fenóis totais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A jabuticaba da cultivar Sabará, espécie *Myrciaria cauliflora* (Vell.) O. Berg foi adquirida de diferentes produtores da região Noroeste do RS/Brasil, coletadas nos meses de dezembro de 2018 e janeiro de 2020. Os frutos foram despulpados manualmente. As cascas (300 g) foram acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade (espessura de 10  $\mu\text{m}$ , marca Premium Pack), seladas à vácuo (-740 mmHg) e armazenadas em ultra-freezer (marca SANYO, modelo: MDF-U3086S) à temperatura de -80 °C. As cascas congeladas foram distribuídas em bandejas do liofilizador (marca Edwards, modelo Modulyo), onde permaneceram sob o abrigo de luz por aproximadamente 5 dias, atingindo valores de umidade próximos a 3,5 %. As cascas de jabuticaba na forma de pó foram armazenadas em frasco de vidro âmbar com tampa veda rosca e acondicionado a temperatura ambiente, sob abrigo da luz.

No processo de extração de flavonoides da casca da jabuticaba foi utilizado um banho ultrassônico (marca UNIQUE, modelo USC-1800A), com frequência de 40 kHz, potência máxima do US de 123 W e volume máximo de 3,8 L. Realizaram-se extrações com US empregando metodologia de planejamento de experimentos – Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) <sup>2</sup>, onde as variáveis independentes de estudo foram o tempo (11,55 a 138 min) de ultrassom e a temperatura (16,87 a 53,3 °C) e os respectivos níveis foram baseados em dados da literatura (HENTZ, 2015; PAULETTO, 2016) e testes preliminares. As variáveis independentes fixas foram a concentração massa:etanol pH 1 (1:25 g:mL), granulometria da casca de jabuticaba (1 mm – 16 Mesh) e potência do ultrassom (52,8 W), ambas definidas por testes preliminares. A variável dependente (resposta) foi a concentração de flavonoides (mg.100 g<sup>-1</sup>).

Baseado nos resultados do planejamento de experimentos, novos ensaios foram realizados deslocando os níveis de temperatura (55, 60 e 65°C), tempo de contato de 75 min, potência do ultrassom de 52,8 W, concentração de 1:25 (g:mL) e granulometria de 1 mm, visando maximizar a extração.

Após as extrações as amostras foram submetidas à filtração a vácuo em papel filtro 26-44  $\mu\text{m}$  (0,2 mm). O filtrado foi removido e reservado em refrigerador (marca Electrolux, modelo DC47) em frasco de vidro âmbar, ao abrigo da luz (não ultrapassando 24 h após extração).

Os fenóis totais foram determinados pelo método de Folin-Denis, conforme descrito por Bernardes et al. (2011) com algumas modificações, o qual envolve a redução do reagente por compostos fenólicos da amostra com a formação de um complexo azul no qual a sua intensidade aumenta linearmente a 760 nm. O extrato da casca da jabuticaba foi diluído adicionando 1 ml de amostra em balão volumétrico de 100 ml e completou-se o volume com água destilada. Em tubos de ensaio adicionou-se 1,0 mL de amostra diluída, 0,5 ml do reagente de Folin (2 mol.L<sup>-1</sup>) e 2,5 mL de água destilada. Após agitar os tubos e aguardar 1 min, adicionou-se 1 ml da solução de carbonato de sódio 20 % (m/v) e agitou-se novamente por 30 s. Deixar a mistura descansar por 10 min em local escuro. Registrou-se a absorbância em espectrofotômetro (marca PRÓ-ANÁLISE, modelo UV-1600 Epectrophotometer), a 760 nm. Os resultados foram calculados utilizando-se uma curva padrão de ácido gálico (5 a 60  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ ) (SWAIN; HILLIS, 1959).

Os resultados obtidos foram tratados estatisticamente através da metodologia de planejamento de experimentos e pela análise de variância (ANOVA), seguidos de teste de Tukey e/ou teste de *t*'student ( $p \leq 0,05$ ), com auxílio do software *Statistica*, versão 5.0 (StatSoft, Inc., USA).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a matriz (valores reais e codificados) do planejamento DCCR <sup>2</sup> com as variáveis independentes estudadas (tempo e temperatura) e a respectiva resposta em termos de fenóis totais (mg.g<sup>-1</sup>) obtidas a partir da extração por US. A maior concentração de fenóis totais foi de 133,19 mg.g<sup>-1</sup> (Ensaio 4) com tempo de extração de 120 min e temperatura de 48 °C.

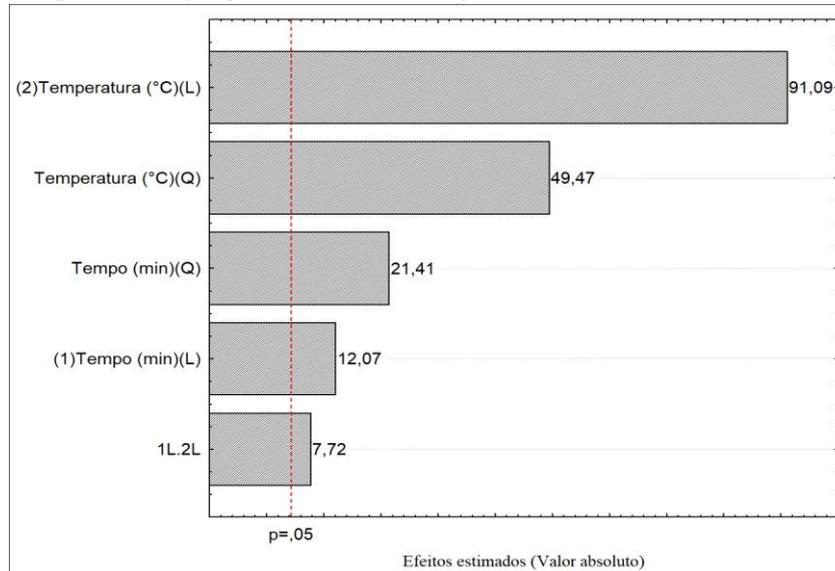
**Tabela 1** - Matriz do delineamento composto central rotacional (DCCR) 2<sup>2</sup> (valores codificados e reais) e resposta em fenóis totais.

Ensaio	VARIÁVEIS INDEPENDENTES*		RESPOSTA
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Fenóis totais (mgGAE.g <sup>-1</sup> )
1	-1 (30)	-1 (22)	71,02
2	+1 (120)	-1 (22)	63,57
3	-1 (30)	+1 (48)	129,01
4	+1 (120)	+1 (48)	133,19
5	0 (75)	0 (35)	62,52
6	0 (75)	0 (35)	61,06
7	0 (75)	0 (35)	62,10
8	-1,41 (11,55)	0 (35)	50,12
9	+1,41 (138)	0 (35)	70,67
10	0 (75)	-1,41 (16,67)	54,65
11	0 (75)	+1,41 (53,3)	101,69

\*X<sub>1</sub>= tempo (min), X<sub>2</sub>= Temperatura (°C). Variáveis independentes fixas: concentração massa:etanol pH 1,0 (1:25 g:ml), granulometria da casca de jaboticaba (1,00 mm - 16 Mesh) e potência do ultrassom (52,8 W).

Os resultados dos fenóis totais (Tabela 1) foram tratados estatisticamente. Estes resultados podem ser melhor visualizados pelo gráfico de pareto (Figura 1), no qual verifica-se que o tempo, a temperatura e a interação das variáveis tiveram uma influência significativa (p<0,05) positiva sobre os fenóis totais.

**Figura 1** - Gráfico de Pareto com os efeitos estimados (valor absoluto) das variáveis independentes estudadas no planejamento DCCR para a extração por ultrassom em relação aos valores obtidos de fenóis totais (mgGAE.g<sup>-1</sup>).



Como a temperatura e tempo tiveram efeitos (p<0,05) positivos, novos ensaios foram conduzidos aumentando a faixa de temperatura de extração (48, 55, 60 e 65 °C), mantendo-se fixo o tempo de 75 min, e outro ensaio isolado foi realizado fixando a temperatura de 48 °C e tempo de 120 min (Tabela 2).



**Tabela 2** - Teor de fenóis totais obtidos na extração assistida por ultrassom nas temperaturas de 48, 55, 60 e 65 °C e tempo de extração de 75 min, e a 48°C e 120 min.

Temperatura (°C)	Tempo (min)	Fenóis totais** (mgGAE.g <sup>-1</sup> )
48	75	129,01 <sup>a</sup> ± 2,26
48*	120	133,19 <sup>a</sup> ± 1,41
55	75	84,37 <sup>b</sup> ± 0,42
60	75	72,99 <sup>c</sup> ± 0,61
65	75	65,93 <sup>d</sup> ± 0,21

\*Ensaio 4: melhor condição de extração (Tabela 1). \*\*Média ± desvio padrão; letras diferentes em uma mesma coluna correspondem à diferença significativa ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 1, embora o gráfico de Pareto tenha demonstrado tendência de incremento da extração de fenóis com o aumento de temperatura e tempo, ele não foi constatado nos ensaios, pois há um decréscimo dos fenóis à medida que se aumenta a temperatura. Além disso, ao aumentar o tempo de extração para 120 min e temperatura de 48 °C, não há incremento significativo ( $p > 0,05$ ) ao comparar com o tempo de extração de 75 min, não justificando o aumento do tempo de extração.

Rufino et al. (2010), ao analisarem a quantidade de compostos fenólicos totais em diferentes frutos (em matéria seca), fizeram a classificação desses teores em três categorias: baixo (<1000 mgGAE.100 g<sup>-1</sup>), médio (1000 a 5000 mgGAE.100 g<sup>-1</sup>) e alto (>5000 mgGAE.100 g<sup>-1</sup>). As cascas da jabuticaba classificam-se com nível alto apresentando 13319 mgGAE.100 g<sup>-1</sup> na melhor condição de extração (Ensaio 4 – Tabela 1). Sendo ainda maior que o camu-camu (11615 mgGAE.100 g<sup>-1</sup>) e a acerola (10280 mgGAE.100 g<sup>-1</sup>) (RUFINO et al., 2010). Os mesmos autores ainda apresentaram que a jabuticaba inteira (casca + polpa em base seca) teria 3587 mgGAE.100 g<sup>-1</sup>, mas este trabalho demonstra que somente a casca possui 73 % mais fenóis totais.

O método convencional de extração aplicado por Haminiuk et al. (2011), extração por agitação em um misturador rotativo com etanol 40 % por 1 h, extraiu 92 % menos fenóis totais (9,55 mgGAE.g<sup>-1</sup>) da jabuticaba, que o método por ultrassom (133 mgGAE.g<sup>-1</sup>).

Reynertson et al. (2008) e Santos; Veggi; Meireles (2010), também, testaram o ultrassom para extração de fenólicos da casca da jabuticaba, em conjunto com os solventes metanol acidificado e etanol com pH neutro (20 °C), obtendo-se 31,60 e 26,33 mgGAE.g<sup>-1</sup>, respectivamente. A baixa concentração de fenólicos extraída não se remete ao ultrassom, mas aos solventes e condições utilizadas nestes estudos, pois o método de ultrassom aplicado no presente estudo extraiu 75 % e 79 % mais fenóis totais (Tabela 1). Segundo Trojanowska et al. (2019) os principais parâmetros que afetam o rendimento do ultrassom são o tipo de solvente e a temperatura e foram esses fatores que fizeram a diferença na extração dos fenóis totais neste estudo. Isso comprova que o uso de etanol acidificado (pH 1,0), na temperatura próxima a 50 °C e tempo de extração de 75 min, aumenta a extração de fenóis totais (ONGKOWIJOYO; LUNA-VITAL; GONZALEZ DE MEJIA, 2018).

O ultrassom aplicado neste estudo, comparado com a extração supercrítica com CO<sub>2</sub>, extraiu 88 % mais de fenóis totais da casca da jabuticaba (SANTOS; MEIRELES, 2011) e quando comparado ao método de extração aquosa (extração em água a 100 °C) estudado por Lenquiste et al. (2015) extraiu 72 % mais fenóis. Esses dados comprovam que o uso de etanol acidificado unido ao ultrassom intensificou a extração de compostos fenólicos da casca da jabuticaba.

Segundo Plaza et al. (2016), 27,6 g de casca de jabuticaba oferecem 1,25 g de fenóis totais. Mas os estudos obtidos neste trabalho comprovam que a casca da jabuticaba possui quase 3 vezes mais fenóis totais, apresentando 3,67 g de fenóis totais em 27,6 g de casca.

## 4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitiram maximizar o processo extrativo de fenóis totais da casca da jabuticaba e definir condições operacionais para a extração com ultrassom, sendo que as melhores condições foram de 75 min e temperatura de 48 °C, obtendo-se um teor de fenóis totais de 133,19 mg.g<sup>-1</sup>, na potência de 40 %, granulometria da casca de jabuticaba de 1 mm, proporção massa seca/solvente (etanol acidificado em pH 1,0) de 1:25 (g:mL).

O ultrassom mostrou-se ser uma técnica alternativa e eficiente na extração de fenóis totais da casca de jabuticaba.

## 5 AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à URI Erechim, CAPES, CNPq e FAPERGS pelo apoio financeiro.

## 6 REFERÊNCIAS



- ALTEMIMI, A. et al. Phytochemicals: Extraction, Isolation, and Identification of Bioactive Compounds from Plant Extracts. **Plants**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 42, 2017.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos - uma breve revisão. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, [s. l.], v. 66, n. 1, p. 1–9, 2007. Disponível em: <<http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v66n1/v66n1a01.pdf>>
- AZMIR, J. et al. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 117, n. 4, p. 426–436, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>>
- BERNARDES, N. R. et al. Quantification of the levels of tannins and total phenols and evaluation of the antioxidant activity of fruits of pepper tree. **Revista Vértices**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 117–128, 2011.
- CASTRO-MUÑOZ, R. et al. Membrane technologies assisting plant-based and agro-food by-products processing: A comprehensive review. **Trends in Food Science and Technology**, [s. l.], v. 95, n. July 2019, p. 219–232, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.003>>
- CHÁVEZ-GONZÁLEZ, M. L. et al. Conventional and Emerging Extraction Processes of Flavonoids. **Processes**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 434, 2020.
- COSTA, A. G. V. et al. Bioactive compounds and health benefits of exotic tropical red-black berries. **Journal of Functional Foods**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 539–549, 2013.
- DE MEJIA, E. G. et al. The Colors of Health: Chemistry, Bioactivity, and Market Demand for Colorful Foods and Natural Food Sources of Colorants. **Annual Review of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 145–182, 2020.
- GIL-CHÁVEZ, G. J. et al. Technologies for Extraction and Production of Bioactive Compounds to be Used as Nutraceuticals and Food Ingredients: An Overview. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 5–23, 2013.
- HAMINIUK, C. W. I. et al. Chemical, antioxidant and antibacterial study of Brazilian fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 46, n. 7, p. 1529–1537, 2011.
- HENTZ, R. **Otimização da extração de antocianinas da casca da jaboticaba (*Myrciaria Cauliflora*) e avaliação da capacidade antioxidante**. Dissertação (em Engenharia de Alimentos), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, RS, Brasil, 2015.
- LAMAS, C. A. et al. Jaboticaba extract prevents prediabetes and liver steatosis in high-fat-fed aging mice. **Journal of Functional Foods**, [s. l.], v. 47, p. 434–446, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.06.005>>
- LENQUISTE, S. A. et al. Jaboticaba peel and jaboticaba peel aqueous extract shows in vitro and in vivo antioxidant properties in obesity model. **Food Research International**, [s. l.], v. 77, p. 162–170, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.023>>
- NAZIR, A. et al. Membrane separation technology for the recovery of nutraceuticals from food industrial streams. **Trends in Food Science and Technology**, [s. l.], v. 86, p. 426–438, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.049>>
- NEVES, N. de A. et al. Flavonols and ellagic acid derivatives in peels of different species of jaboticaba (*Plinia* spp.) identified by HPLC-DAD-ESI/MSn. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 252, n. January, p. 61–71, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.078>>
- ONGKOWIJOYO, P.; LUNA-VITAL, D. A.; GONZALEZ DE MEJIA, E. Extraction techniques and analysis of anthocyanins from food sources by mass spectrometry: An update. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 250, n. January, p. 113–126, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.055>>
- PAULETTO, F. B. **Extração e encapsulamento de pigmentos da casca de jaboticaba sabará (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) O. Berg)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, RS, Brasil, 2016.
- PLAZA, M. et al. Characterization of antioxidant polyphenols from *Myrciaria jaboticaba* peel and their effects on glucose metabolism and antioxidant status: A pilot clinical study. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 211, p. 185–197, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.142>>
- QUATRIN, A. et al. Characterization and quantification of tannins, flavonols, anthocyanins and matrix-bound polyphenols from jaboticaba fruit peel: A comparison between *Myrciaria trunciflora* and *M. jaboticaba*. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s. l.], v. 78, Wu n. June 2018, p. 59–74, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.01.018>>
- RENARD, C. M. G. C. Extraction of bioactives from fruit and vegetables: State of the art and perspectives. **Lwt**, [s. l.], v. 93, n. March, p. 390–395, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.063>>
- REYNERTSON, K. A. et al. Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible Myrtaceae fruits. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 109, n. 4, p. 883–890, 2008.
- RODRIGUES, S. et al. Ultrasound extraction of phenolics and anthocyanins from jaboticaba peel. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 69, p. 400–407, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.059>>
- RUFINO, M. do S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>>



- SANTOS, D. T.; MEIRELES, M. A. A. Optimization of bioactive compounds extraction from jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) skins assisted by high pressure CO<sub>2</sub>. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 398–406, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2011.02.004>>
- SANTOS, D. T.; VEGGI, P. C.; MEIRELES, M. A. A. Extraction of antioxidant compounds from Jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) skins: Yield, composition and economical evaluation. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 101, n. 1, p. 23–31, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.06.005>>
- SASIDHARAN, S. et al. Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. **African Journal of Traditional Complementary and Alternative Medicines**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 1–10, 2011.
- SHARMILA, G. et al. Ultrasound assisted extraction of total phenolics from *Cassia auriculata* leaves and evaluation of its antioxidant activities. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 84, p. 13–21, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.01.010>>
- ROCCHETTI, G. et al. Impact of conventional/non-conventional extraction methods on the untargeted phenolic profile of *Moringa oleifera* leaves. **Food Research International**, [s. l.], v. 115, n. November 2018, p. 319–327, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.046>>
- SILVA, M. L. C. et al. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 31, n. 3, p. 669–682, 2010.
- SOUZA, V. R. D. **Tratamento térmico com vapor e adição de xantana para preservação de compostos bioativos fenólicos e da atividade antioxidante de polpas de mirtilo**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil, 2017.
- SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolics constituents of *prunus domestica*: the quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 10, p. 63–68, 1959.
- TROJANOWSKA, A. et al. Ultrasound-assisted extraction of biologically active compounds and their successive concentration by using membrane processes. **Chemical Engineering Research and Design**, [s. l.], v. 147, p. 378–389, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cherd.2019.05.018>>
- WEN, C. et al. Advances in ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from cash crops – A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, [s. l.], v. 48, p. 538–549, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.07.018>>
- WU, S. B.; LONG, C.; KENNELLY, E. J. Phytochemistry and health benefits of jaboticaba, an emerging fruit crop from Brazil. **Food Research International**, [s. l.], v. 54, n. 1, p. 148–159, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.021>>
- YAHYA, N. A.; ATTAN, N.; WAHAB, R. A. An overview of cosmeceutically relevant plant extracts and strategies for extraction of plant-based bioactive compounds. **Food and Bioprocess Processing**, [s. l.], v. 112, p. 69–85, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.09.002>>
- YUAN, Y. et al. The Phenolic Compounds, Metabolites, and Antioxidant Activity of Propolis Extracted by Ultrasound-Assisted Method. **Journal of Food Science**, [s. l.], v. 84, n. 12, p. 3850–3865, 2019.
- ZHANG, Q. W.; LIN, L. G.; YE, W. C. Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. **Chinese Medicine (United Kingdom)**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 1–26, 2018.