



## AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE LÍQUIDOS IÔNICOS NA EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS DE ERVA-MATE

*Efficiency evaluation of the ionic liquids in the phenolic compounds extraction from yerba mate*

Mayara KUASNEI<sup>1,2</sup>, Edlaine COSTA<sup>1</sup>, Gustavo Henrique Fidelis dos SANTOS<sup>1</sup>, Vânia Zanella PINTO<sup>1,3</sup>

**RESUMO:** A erva-mate é uma planta nativa da América do Sul, amplamente consumida como infusão, com conotação cultural no Sul do Brasil, Uruguai e Argentina, sendo rica em compostos bioativos benéficos à saúde. O uso de solventes verdes, entre eles os líquidos iônicos, possibilita elevada eficiência, reutilização ou reciclagem. Assim, objetivou-se avaliar a eficiência dos líquidos iônicos na extração de compostos fenólicos totais da erva-mate. A erva-mate seca em estufa foi utilizada para a extração com líquidos iônicos acetato de 2-hidroxi-etanolaminina, acetato de 2-hidroxi-di-etanolaminina e cloreto de colina e o solvente álcool etílico. Por fim foi elaborado o estudo cinético com a melhor solvente para identificar qual tempo é necessário para que a extração sólido-líquido entre em equilíbrio e utilizou-se os modelos matemáticos de Page, Peleg e modelo cinético de segunda ordem. O acetato de 2-hidroxi-etanolaminina foi o solvente que mais extraiu compostos fenólicos, 6962±63 mgAG/100g aproximadamente 117% a mais que o álcool etílico. O estudo cinético mostrou que a extração dos compostos fenólicos da erva-mate utilizando o acetato de 2-hidroxi-etanolamina é rápida e que o tempo de equilíbrio foi de aproximadamente 5 horas. Os modelos matemáticos apresentam elevado coeficiente de correlação ( $R^2$ )>0,85, resultando boa previsão dos modelos para a cinética de extração. O ajuste aos modelos matemáticos permitiu observar que as altas ou baixas temperaturas influenciam na concentração de compostos fenólicos totais e no processo cinético de extração. Enfatiza-se que utilização de solventes verdes como os iônicos são promissores para extração de compostos de material vegetal.

**Palavras-chave:** *Ilex paraguariensis*, Solventes Verdes; Cloreto De Colina; Modelos Cinéticos De Extração.

**ABSTRACT:** Yerba mate is a native plant from South America, widely consumed as an infusion, with cultural connotations in Brazil Southern, Uruguay, and Argentina, being rich in bioactive compounds beneficial to health. The use of green solvents, including ionic liquids, enables high efficiency, reuse, or recycling. Thus, the objective was to evaluate the efficiency of ionic liquids in the extraction of total phenolic compounds from yerba mate. Oven-dried yerba mate was used for the analysis of extraction efficiency with ionic liquids 2-hydroxyethanolamine acetate, 2-hydroxydiethanolamine acetate, and choline chloride, and the solvent ethyl alcohol. Finally, the kinetic study was prepared with the best solvent to identify what time is needed for the solid-liquid extraction up to equilibrium, and it was used Page's, Peleg's, and the second-order mathematical models. 2-hydroxyethanolaminin acetate was the solvent that most extracted phenolic compounds, 6962±63 mgAG/100g approximately 117% more than ethyl alcohol. The kinetic study showed that the extraction of phenolic compounds from yerba mate using 2-hydroxyethanolamine acetate is fast and that the equilibration time was approximately 5 hours. The mathematical models' have a high correlation coefficient ( $R^2$ )> 0.85, resulting in good prediction for the extraction kinetics. The adjustment to mathematical models allowed to observe that at high or low temperatures they influence the concentration of total phenolic compounds and the kinetic process of extraction. It is emphasized that the use of green solvents such as ionic ones is promising for the extraction of compounds from plant material.

**Key words:** *Ilex paraguariensis*, Green Solvents, Choline Chloride, Extraction Kinetic Models.

Recebido para publicação em 20/04/2021; aprovado em 05/06/2021

<sup>1</sup>Bacharel Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Laranjeiras do Sul, Fone, E-mail. [edlainsc@gmail.com](mailto:edlainsc@gmail.com); [gustavo.santos@uffs.edu.br](mailto:gustavo.santos@uffs.edu.br)

<sup>2</sup>Programa de pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, E-mail. [mayarakuasnei@hotmail.com](mailto:mayarakuasnei@hotmail.com)

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de alimentos (PPGCTAL), Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Laranjeiras do Sul, E-mail. [vania\\_vzp@hotmail.com](mailto:vania_vzp@hotmail.com)

## INTRODUÇÃO

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) é uma planta nativa dos estados do sul do Brasil, responsável pelo crescimento econômico da região, e sendo a maior atividade florestal não madeireira (JÚNIOR; GOULART, 2019). As folhas e talos finos têm como principal destino o consumo em forma de infusão quente (chimarrão) ou fria (tereré), influência de hábitos culturais dos estados do Sul do país Uruguai, Paraguai e Argentina (DANIEL, 2014).

Os compostos bioativos presentes na erva-mate são responsáveis por atividades funcionais benéficas à saúde humana, tais como prevenção ao câncer, doenças cardiovasculares, diabetes, e principalmente, atividade antioxidante, pelo sequestro de radicais livre, que inibe danos causados pelo estresse oxidativo (PAGLIOSA et al., 2010). A atividade antioxidante da erva-mate juntamente com as suas funções fisiológicas destacam-se pelos compostos fenólicos (FURLONG et al., 2003). Os principais compostos presentes na erva-mate são os ácidos cloro gênicos, flavonoides, ácidos fenólicos e metilxantinas (PILATTI-RICCIO et al., 2019).

A extração desses compostos depende das suas estruturas simples à altamente polarizadas, bem com, dos solventes e processos utilizados, sendo muito específica, com controle das variáveis que podem influenciar a eficiência do processo. Uma maneira de minimizar as limitações da extração de compostos é a escolha adequadas das variáveis e dos métodos para extração, sendo isso, crucial para o sucesso do processo (BACKES et al., 2018; PINELA et al., 2019). O uso de solventes GRAS (Generally recognized as safe) sempre deve ser considerado para aplicações em alimentos e fármacos.

A busca por novos solventes para extração de compostos fenólicos visa substituir os solventes comumente utilizados como etanol, metanol, acetona e as suas combinações (ANGELO; JORGE, 2007). Estes solventes possuem eficiência reduzida ou ainda não são GRAS, o que leva a busca por solventes alternativos e ao desenvolvimento dos sais orgânicos líquidos ou líquidos iônicos, que se enquadram com os parâmetros de solventes verdes. Além disso, possuem como principais características baixa pressão de vapor, estabilidade térmica, baixa inflamabilidade, alta condutividade iônica e não nocivos ao meio ambiente (CONSORTI et al., 2001; FRANZOI et al., 2011).

O estudo de métodos de extração de compostos fenólicos com diferentes solventes vem tonando-se o foco de muitas pesquisas. Desta forma, objetivou-se avaliar a eficiência de líquidos iônicos como solvente para extração de compostos fenólicos presentes na erva-mate, comparando com solvente orgânico convencional, além de estudar a cinética de extração em diferentes temperaturas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Materiais

As folhas verdes de erva-mate foram doação da empresa Mate Laranjeiras com unidade em Laranjeiras do Sul-PR. Todos os reagentes foram de grau analítico.

Para preparo dos solventes foram utilizados álcool etílico (99%), monoetanolamina, dietanolamina, cloreto de colina e ácido acético. Para determinação de compostos fenólicos foram necessários os reagentes carbonato de sódio (PA), Folin Ciocateau e ácido gálico (PA).

### Métodos

### Preparo da erva-mate

As folhas de erva-mate colhidas *in natura* foram higienizadas e sanitizadas em solução de hipoclorito com concentração 1% durante 5 minutos. Em seguida foram colocadas em estufa a 30 °C durante 4 dias. Após a secagem as folhas foram moídas em um moinho de facas com granulometria de 150 µm e armazenadas em temperatura ambiente abrigadas de luz.

### Síntese dos líquidos iônicos

No desenvolvimento dessa pesquisa foram sintetizados três líquidos iônicos.

a) 2-hidroxi-etanolaminina (2-HEAA): a monoetanolamina foi adicionada em um erlenmeyer imerso em um béquer com gelo e adicionado o ácido acético. Em seguida, a solução foi mantida sob um agitador magnético a 30 °C durante 24 horas.

b) 2-hidroxi-dietanolaminina (2-HDEAA): utilizou-se dietanolamina seguindo os mesmos procedimentos citados anteriormente.

c) Cloreto de colina (CHCL): foi sintetizado através da diluição do reagente em água destilada.

### Preparo dos extratos para análise da eficiência de extração

A eficiência de extração utilizando os líquidos iônicos foi comparada com a eficiência do álcool etílico como solvente. Os extratos foram preparados utilizando 2 g de erva-mate e adicionada dos líquidos iônicos, acetato de 2-hidroxi-etanolaminina ou o cloreto de colina diluídos em água na proporção de (1:1; m/v) e ainda álcool etílico (1:1; v/v). As amostras foram submetidas a agitação em um banho Dubnoff a 50 °C durante 5 horas com agitação a 100 rpm. Ao término das 5 h as amostras foram centrifugadas para a separação do sobrenadante e depois transferidos para frascos de âmbar e armazenados até o momento das análises.

### Cinética de extração dos compostos fenólicos totais (CFT)

A cinética de extração foi realizada com o líquido iônico com a melhor eficiência de extração à 50 °C e 80 °C. As amostras de erva-mate foram pesadas (2g) e adicionadas de 20 mL do solvente em um erlenmeyer e submetidas à agitação constante a 100 rpm. Alíquotas foram coletadas em diferentes tempos, 1, 5, 10, 30, 60, 180, 300, 420 e 540 minutos e centrifugadas e o sobrenadante foi utilizado para a determinação de composto fenólicos totais.

### Determinação de compostos fenólicos totais (CFT)

Para determinação de compostos fenólicos totais foi utilizada metodologia descrita por Bucic-Kojic et al., (2007). Alíquotas de 1 mL do extrato foram transferidas para um balão volumétrico com 3 mL de água destilada, em seguida foram adicionados 10 mL de Folin-Ciocalteu 10% (v/v) e 2 mL de carbonato de sódio 7,5% (m/v) e completou-se o volume de 25 mL. As amostras ficaram abrigadas de luz, em repouso por 2 horas (BUCIĆ-KOJIĆ et al., 2007).

Em seguida foi realizada a leitura utilizando espectrômetro no comprimento de onda de 750 nm, subtraindo

o valor do branco a cada leitura. Para esta análise utilizou-se uma curva padrão do ácido gálico (AG) nas concentrações de 0; 0,2; 0,5; 1,0 e 2,5 mg de AG L<sup>-1</sup>.

### Modelagem matemática da cinética de extração

Os modelos cinéticos de extração de Peleg (Eq. 1), de Page (Eq. 2) e utilizando a lei da taxa do modelo de segunda ordem (Eq. 3) foram usados para descrever matematicamente o processo de extração de CFT da erva-mate (BEE LIN; YEN LENG, 2018; KADIRI; GBADAMOSI; AKANBI, 2019).

$$\text{Modelo de Peleg } C(t) = C_0 + \frac{t}{k_1 + k_2 t} \quad \text{Equação 1}$$

$$\text{Modelo Page } C(t) = e^{-kt^n} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo: C(t) é a concentração de compostos fenólicos totais no tempo t (mg/g), C<sub>0</sub> é a concentração inicial de compostos fenólicos totais (mg/g), k<sub>1</sub> é a constante da taxa de Peleg (min g/mg), k<sub>2</sub> é a constante da capacidade de Peleg (g/mg). k e n são constantes de Page e C<sub>e</sub> é a concentração de equilíbrio de compostos fenólicos totais (mg/g).

$$\text{Modelo de segunda ordem } C(t) = \frac{C_e^2 k_1 t}{1 + C_e k_1 t} \quad \text{Equação 3}$$

Sendo: C<sub>e</sub> é a concentração no equilíbrio, k<sub>1</sub> é a constante da taxa de extração de segunda ordem (g μg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>). C(t) é a Capacidade de extração (g L<sup>-1</sup>) e t tempo (min).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise de eficiência de extração

A capacidade de extração dos líquidos iônicos sintetizados foi comparando com a extração utilizando etanol, solvente orgânico convencional. As concentrações de compostos fenólicos totais extraídos da erva-mate com os diferentes solventes estão descritas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Concentração de compostos fenólicos totais extraídos da erva-mate, na temperatura de 50°C, e concentração de solvente de 50%, para diferentes solventes.

Líquidos iônicos	Volume de extração (mL)	Compostos fenólicos (mg AG/100g)	Eficiência (%)
Acetato de 2-hidroxietanolaminina	12,2	6962±63	117,10
Acetato de 2-hidroxidietanolaminina	12,00	5691±51	77,5
Cloreto de colina	12,1	4923±39	53,6
Álcool etílico	10,7	3206±35	*REF

\*REF: solvente orgânico convencional utilizado como referência para avaliar a eficiência dos líquidos iônicos

Os líquidos iônicos sintetizados possuem alta eficiência para extração de compostos fenólicos de erva-mate em relação ao etanol. Contudo, o solvente Acetato de 2-hidroxietanolaminina apresentou maior extração, sendo 6962

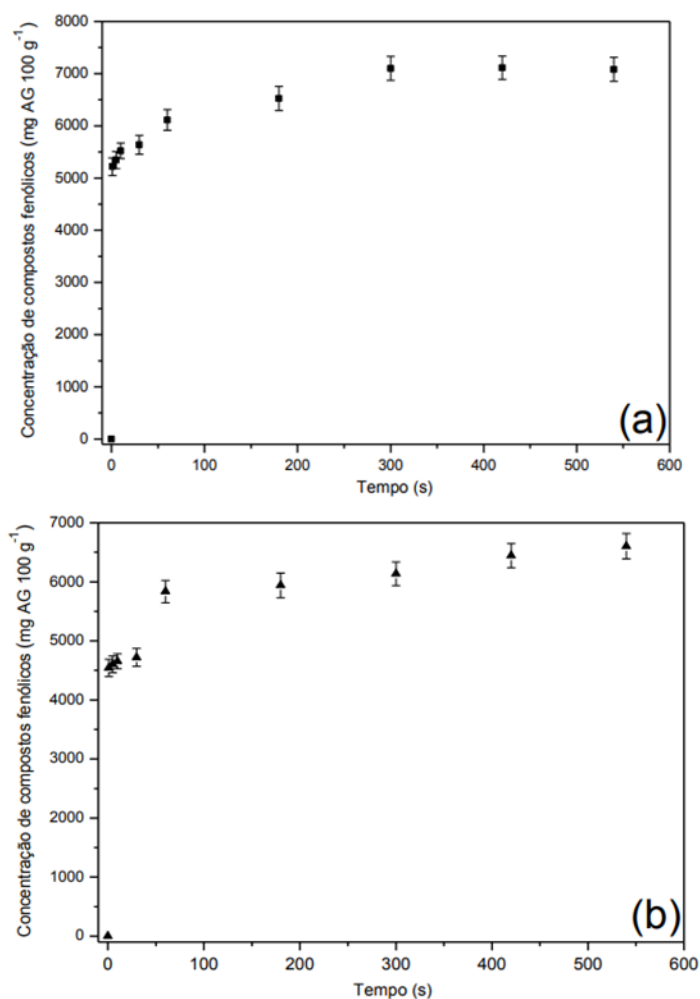
mg AG 100 g<sup>-1</sup>, aproximadamente 117,1% a mais que a extração utilizando álcool etílico. O acetato 2-hidroxidietanolaminina também apresentou uma extração mais eficiente com 77,5% a mais que o álcool etílico. Entretanto, o líquido iônico cloreto de colina apresentou menor extração, com 53,6% superior ao álcool etílico.

Assim como os estudo de Turkmen et al. (2006), o líquido iônico dimetilformamida afetou significativamente a extração de compostos fenólicos totais em amostras vegetais. Desta forma, os líquidos iônicos tem extração eficiente dos compostos bioativos provenientes do metabolismo das plantas (RIBEIRO et al., 2013; TURKMEN; SARI; VELIOGLU, 2006).

### Cinética de extração

Baseando-se nos dados da Tabela 1, foi verificado que o líquido Acetato de 2-hidroxietanolaminina possui elevada eficiência após 5 horas de extração. Assim, realizou-se uma cinética para verificar o tempo de extração adequado até a saturação do solvente (Figura 1).

**Figura 1.** Cinética de extração para o líquido iônico acetato de 2- hidroxietanolaminina a 50 °C (a) e a 80 °C (b)



Na cinética de extração (Figura 1) o líquido iônico acetato de 2- hidroxietanolaminina apresentou equilíbrio após os 300 minutos quando a 50 °C, mantendo a concentração de compostos fenólicos constante. Entretanto, quando a extração foi conduzida à 80 °C, a concentração de compostos fenólicos

foi constante após os 60 minutos. Porém, em 540 minutos ambos os processos de extração apresentaram concentrações aproximadas de 6500 mg AG 100 g<sup>-1</sup>. Com auxílio da cinética de extração é possível concluir que tempo de equilíbrio se diferem conforme a temperatura, contudo os processos químicos de extração de compostos fenólicos são diferentes quando há variação temperatura.

O emprego de baixas temperaturas resulta no equilíbrio em 1 hora de extração de antocianinas em resíduos de uva (LIMA et al., 2017). Uma vez que fatores como razão solvente-sólido, temperatura e tempo podem influenciar significativamente a eficiência da extração, é, portanto, imperativo otimizar as condições de extração para obter propriedades antioxidantes dos fenólicos mais elevadas (PRASAD et al., 2011). Os modelos de extração sólido-líquido dependentes do equilíbrio e dependentes da difusão, os quais reproduzem com precisão os resultados cinéticos e a influência de todos os fatores de extração de compostos presentes na erva-mate (JENSEN; ZANOELO, 2013).

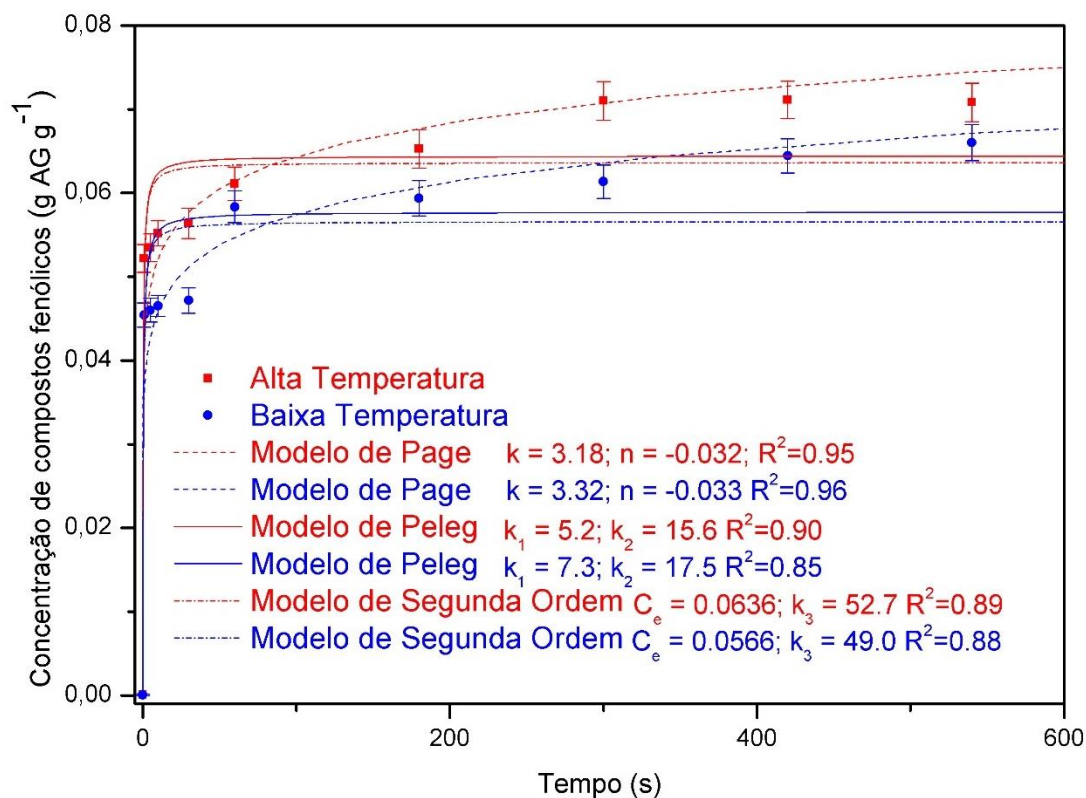
Desta forma, os ajustes de modelos matemáticos para identificação da influência da temperatura na extração apresentaram elevado coeficiente de correlação ( $R^2$ ) > 0,85, resultando boa previsão dos modelos para a cinética de extração (AMROUCHE; MOHELLEBI; DERRICHE, 2020). O ajuste de modelos empíricos cinéticos tem como principal intuito avaliar se diferentes temperaturas têm influência na concentração de compostos fenólicos totais, no decorrer do processo de extração (BEE LIN; YEN LENG, 2018).

#### Ajuste aos modelos cinéticos de extração

No estudo da cinética de extração, verificou-se o ajuste dos dados foram conforme os modelos matemáticos de Peleg (Eq.1), Page (Eq. 2) e de segunda ordem (Eq. 3), apresentados na Figura 2..

Os ajustes dos modelos de Peleg (Eq. 1), Page (Eq. 2) e ao modelo de segunda ordem (Eq.3) aos dados de cinética de extração estão descritos na Figura 2.

**Figura 2** Modelos Cinéticos da extração para o líquido iônico acetato de 2- hidroxietanolaminina com temperatura alta (80 °C) e baixa (50 °C).



Após o ajuste dos modelos empíricos, os parâmetros obtidos pelo modelo de Page (Figura 2) mostraram que a temperatura tem pouco efeito na velocidade de extração, sendo que pelas constantes cinéticas ( $k$ ) observou-se que a velocidade de extração foi mais lenta à 80 °C, e, conseqüentemente, a cinética à baixas temperaturas resulta em alta concentração de compostos fenólicos em um menor tempo (BEE LIN; YEN LENG, 2018; KADIRI; GBADAMOSI; AKANBI, 2019).

O modelo de Peleg, utilizado para estudo da cinética de extração sólido-líquido, indicou que a extração à 50 °C apresentou maior velocidade de extração e conseqüentemente maior concentração de compostos fenólicos extraídos em menor tempo, a partir da análise na Figura 2 das constantes da

taxa de Peleg e da capacidade Peleg ( $k_1$  e  $k_2$ , respectivamente) maiores que à 80 °C.

O modelo de segunda ordem pôde auxiliar na avaliação da influência da temperatura na concentração de compostos fenólicos extraídos a partir da análise da concentração no equilíbrio ( $C_e$ ), indicando a capacidade de extração do solvente nas diferentes condições de temperatura. Desta forma, quanto maior esta constante, maior será a sua capacidade de extração. Logo, pela Figura 2, a capacidade de extração foi maior à 80 °C, indicando a influência da temperatura na cinética de extração. Ainda, também foi possível observar que diferentemente dos modelos de Page e de Peleg, a constante cinética obtida pelo modelo de segunda ordem ( $k_3$ ) foi maior

na temperatura de 80°C, indicando que o aumento da temperatura tenderia a maiores velocidades de extração. Desta forma, os resultados mostraram que os modelos matemáticos se ajustaram aos dados e que a temperatura influencia na velocidade de extração, sendo necessário buscar outros modelos matemáticos e avaliar outras temperaturas de extração.

## CONCLUSÕES

A comparação dos líquidos iônicos com etanol permitiu verificar a elevada eficiência dos líquidos para extração de compostos fenólicos totais, quando comparados à solvente orgânico comumente utilizado. Através da cinética de extração, verificou-se que a temperatura influencia no tempo de saturação do solvente e o solvente alcança o ponto de equilíbrio de extração no máximo em 5 horas. O ajuste aos modelos matemáticos permitiu observar que a altas ou baixas temperaturas influenciam na concentração de compostos fenólicos totais e no processo cinético de extração. Enfatiza-se que utilização de solventes verdes como os iônicos são promissores para extração de compostos de extratos vegetais.

## REFERÊNCIAS

- AMROUCHE, S.; MOHELLEBI, F.; DERRICHE, R. Extraction of phenolic compounds from algerian *Inula viscosa* (L.) Aiton leaves: kinetic study and modeling. **Separation Science and Technology (Philadelphia)**, [s. l.], v. 55, n. 17, p. 3161–3174, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01496395.2019.1675700>>
- 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.
- BEE LIN, C.; YEN LENG, C. Solid-Liquid Extraction Kinetics of Total Phenolic Compounds (TPC) from Red Dates. **MATEC Web of Conferences**, [s. l.], v. 152, p. 1–17, 2018.
- BUCIĆ-KOJIĆ, A.; PLANINIĆ, M.; TOMAS, S.; BILIĆ, M.; VELIĆ, D. Study of solid-liquid extraction kinetics of total polyphenols from grape seeds. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 81, n. 1, p. 236–242, 2007.
- CONSORTI, C. S.; SOUZA, R. F. De; DUPONT, J.; SUAREZ, P. A. Z. Líquidos iônicos contendo o cátion dialquilimidazólio: estrutura, propriedades físico-químicas e comportamento em solução. **Química Nova**, [s. l.], v. 24, n. 6, p. 830–837, 2001.
- DANIEL, O. **Erva-mate: Sistema de produção e processamento industrial**. DOURADOS-MS: UFGD, 2014.
- FRANZOI, A. C.; BRONDANI, D.; ZAPP, E.; MOCCELINI, S. K.; FERNANDES, S. C.; VIEIRA, I. C.; DUPONT, J. Incorporação de líquidos iônicos e nanopartículas metálicas na construção de sensores eletroquímicos. **Química Nova**, [s. l.], v. 34, n. 6, p. 1042–1050, 2011.
- FURLONG, E. B.; COLLA, E.; BORTOLATO, D. S.; BAISCH, A. L. M.; SOUZA-SOARES, L. A. De. Avaliação do potencial de compostos fenólicos em tecidos vegetais. **VETOR - Revista de Ciências Exatas e Engenharias**, [s. l.], v. 13, p. 105–114, 2003.
- JENSEN, S.; ZANOELO, É. F. Kinetics of aqueous extraction of mate (*Ilex paraguariensis*) leaves. **Journal of Food Process Engineering**, [s. l.], v. 36, n. 2, p. 220–227, 2013.
- JÚNIOR, J. F. P.; GOULART, I. C. G. dos R. **Sistema de produção de erva-mate**. 1º ed. Brasília. v. 11
- KADIRI, O.; GBADAMOSI, S. O.; AKANBI, C. T. Extraction kinetics, modelling and optimization of phenolic antioxidants from sweet potato peel vis-a-vis RSM, ANN-GA and application in functional noodles. **Journal of Food Measurement and Characterization**, [s. l.], v. 13, n. 4, p. 3267–3284, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11694-019-00249-7>>
- LIMA, Á. S.; SOARES, C. M. F.; PALTRAM, R.; HALBWIRTH, H.; BICA, K. Extraction and consecutive purification of anthocyanins from grape pomace using ionic liquid solutions. **Fluid Phase Equilibria**, [s. l.], v. 451, p. 68–78, 2017.
- PAGLIOSA, C. M.; VIEIRA, M. A.; PODESTÁ, R.; MARASCHIN, M.; ZENI, A. L. B.; AMANTE, E. R.; AMBONI, R. D. de M. C. Methylxanthines, phenolic composition, and antioxidant activity of bark from residues from mate tree harvesting (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.). **Food Chemistry**, [s. l.], v. 122, n. 1, p. 173–178, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.040>>
- PILATTI-RICCIO, D.; FERNANDO, D.; DILLENBURG, A.; ANTONIO, M.; CRISTINA, H.; ZANELLA, V. Impact of the use of saccharides in the encapsulation of *Ilex paraguariensis* extract. **Food Research International**, [s. l.], v. 125, n. June, p. 108600, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108600>>
- PRASAD, K. N.; HASSAN, F. A.; YANG, B.; KONG, K. W.; RAMANAN, R. N.; AZLAN, A.; ISMAIL, A. Response surface optimisation for the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacities of underutilised *Mangifera pajang* Kosterm. peels. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 128, n. 4, p. 1121–1127, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.105>>
- RIBEIRO, B. D.; COELHO, M. A. Z.; REBELO, L. P. N.; MARRUCHO, I. M. Ionic liquids as additives for extraction of saponins and polyphenols from mate (*Ilex paraguariensis*) and tea (*Camellia sinensis*). **Industrial and Engineering Chemistry Research**, [s. l.], v. 52, n. 34, p. 12146–12153, 2013.
- TURKMEN, N.; SARI, F.; VELIOGLU, Y. S. Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 99, n. 4, p. 835–841, 2006.