



X Congresso Brasileiro de Engenharia Química Iniciação Científica

“Influência da pesquisa em Engenharia Química no desenvolvimento tecnológico e industrial brasileiro”

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Universidade Severino Sombra
Vassouras – RJ – Brasil

SECAGEM DA CASCA DA MEXIRICA POR IRRADIAÇÃO INFRAVERMELHA E COMPARAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS DESTA *IN NATURA* E APÓS A SECAGEM

GARDUSI¹, F.; MENDES¹, L. G.; NOGUEIRA¹, G. D. R.; SILVA², D. I. S.; BARROZO³, M. A. S.

¹Aluno(a) da FEQUI/UFU ²Doutorando da FEQUI/UFU ³Professor da FEQUI/UFU
Faculdade de Engenharia Química - Universidade Federal de Uberlândia
Endereço – UFRRJ, Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1K, Campus Santa Mônica, Uberlândia -
MG, CEP 38408-100,
email: masbarrozo@ufu.br

RESUMO - A casca da mexerica (*Citrus reticulata blanco*) contém uma grande quantidade de compostos bioativos, em especial quando comparada com o suco da mesma, fenômeno muito comum entre as frutas. Devido a sua grande aceitabilidade no mercado e seus elevados teores de vitaminas, minerais e fibras, o presente trabalho procurou analisar a variação dos teores de ácido ascórbico, ácido cítrico, fenólicos totais e flavonoides totais na casca da mexerica *in natura* e quando submetida à secagem por irradiação infravermelha. Esse processo visa reduzir o volume e seu peso do material, o que facilita seu transporte, reduz os gastos e viabiliza o armazenamento por maiores períodos sem que ele seja deteriorado ou afetado pela ação de micro-organismos. Os testes de secagem foram realizados nas temperaturas: 60, 70, 80 e 90 °C. Pôde-se concluir que o modelo de Overhults é o que melhor descreve a cinética de secagem, apresentando um coeficiente de determinação médio de 0,9993 e a temperatura é uma variável importante para o tempo de secagem. O teor de ácido ascórbico elevou-se com o aumento da temperatura de operação. Excetuando o conteúdo de flavonoides totais, para a temperatura de 90°C todos os compostos apresentaram as maiores médias.

Palavras chave: resíduos, antioxidantes, cinética de secagem

INTRODUÇÃO

Com bastante aceitação no mercado de frutas *in natura*, a mexerica pokan (*Citrus reticulata blanco*) é a mais cultivada no Brasil (Silva *et. al.*, 2012). A mexerica é rica em vitaminas B1 e B2, as quais auxiliam na prevenção de doenças dos nervos, olhos, pele, cabelos, fígado e boca. Ainda contém grande

quantidade de fibras e sais minerais (CEASA-ES, 2013).

Entretanto, com o consumo *in natura* e, principalmente, o processamento da fruta há a geração de resíduos, subprodutos provenientes do esmagamento dos frutos para a extração do suco. Muitas vezes estes resíduos não são descartados adequadamente e geram inconvenientes para a indústria e a população

em geral. Visto isto, é essencial para o setor industrial agregar valor econômico, tecnológico e científico a estes resíduos. Uma possível solução seria a incorporação de farinhas de resíduos desidratados a novos alimentos, auxiliando assim também no combate a desnutrição (Abud e Narin, 2009).

A secagem auxilia na redução de volume e conservação microbiológica. Especificamente, a secagem por infravermelho, método que conta com o aquecimento por irradiação dentro do comprimento de onda de 0,75 até 100 μm , ainda apresenta a vantagem de utilizar um equipamento simples, de fácil manuseio e gasto energético, significativamente, menor que métodos convencionais de secagem (Sandu, 1986).

Uma alimentação rica em frutas e hortaliças se mostrou eficiente na redução de doenças crônicas (Melo *et. al.*, 2008). Isso se deve ao fato de estes alimentos serem ricos em compostos antioxidantes, os quais têm capacidade de neutralizar radicais livres (Rice-Evans *et. al.*, 1996; Sousa *et. al.*, 2007).

O excesso de radicais livres é capaz de causar alterações no DNA, envelhecimento precoce, doenças cardiovasculares, degenerativas e neurológicas. O combate a este excesso é realizado pelos compostos antioxidantes, com destaque para os fenólicos e flavonoides totais, oriundos de produtos naturais (Souza de Sá *et. al.*, 2012).

A acidez é um importante parâmetro na avaliação da conservação de produtos alimentícios. Os ácidos orgânicos presentes influenciam na cor, textura e odores dos alimentos. Além de controlar o crescimento do número de micro-organismos (Souza *et. al.*, 2010). O ácido orgânico 2-hidroxi-1,2,3-propanotricarboxílico, comumente conhecido como ácido cítrico é o ácido mais representado na acidez total titulável.

O ácido ascórbico é um componente da vitamina C e se degrada facilmente, sendo estável apenas em meio ácido, com ausência de luz, calor e oxigênio. Ele age como um potente antioxidante inativando radicais livres e aumentando a resistência imunológica. Além de prevenir doenças como o escorbuto (Odin, 1997). A Agência Nacional de Vigilância

Sanitária (Anvisa, 2011) recomenda a ingestão diária de 45 mg de vitamina C para um adulto.

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a cinética de secagem da casca da mexerica pokan em função da temperatura de operação e a influência desta nos teores de compostos bioativos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

As mexericas da qualidade pokan utilizadas neste trabalho foram obtidas em um mercado da cidade de Uberlândia-MG. Logo após, as cascas foram separadas da polpa e trituradas. O material foi armazenado congelado em sacos individuais de peso aproximado de 200 g e embrulhado em papel alumínio até o momento da realização dos experimentos, como mostrado na Figura 1.



Figura 1 – Saco individuais de casca de mexerica triturada e congelada.

Equipamento e condições de secagem

O estudo da secagem da casca da mexerica pokan foi feito em um determinador de umidade infravermelho. A Figura 2 apresenta o aparato utilizado.

A variável independente estudada foi a temperatura (60, 70, 80 e 90°C) e o

experimento realizado até a secagem completa do material.

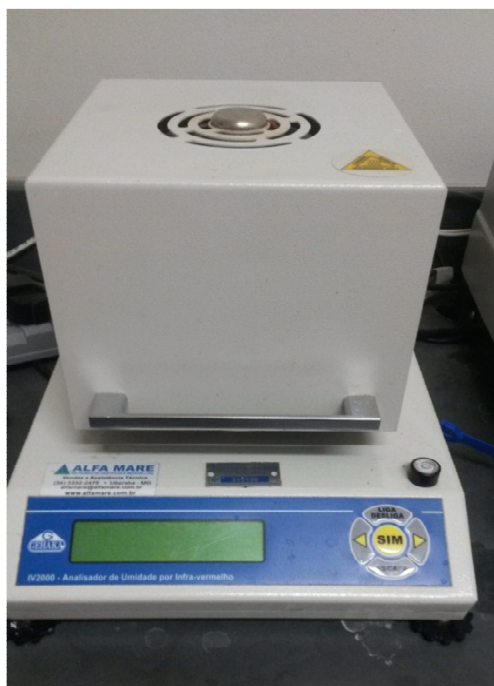


Figura 2 – Determinador de umidade.

Análises físico-químicas

Teor de acidez total titulável e ácido ascórbico: A acidez titulável total das amostras foi realizada de acordo com os métodos da *Association of Official Analytical Chemists*. O conteúdo de ácido ascórbico, por sua vez, foi determinado por titulometria, método que se baseia na redução do 2,6-diclorofenol-indofenol pelo ácido ascórbico, e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico em 100 g de amostra (AOAC, 1995).

Teor de fenólicos totais e flavonoides totais: O teor de fenólicos totais foi determinado pelo método espectrofotométrico desenvolvido por Folin–Ciocalteu (Singleton e Rossi, 1965). Preparou-se uma curva padrão com ácido gálico em concentração variando de 0,2 a 2,0 mg/mL, e os resultados foram expressos em g equivalente de ácido gálico em 100 g de amostra. O solvente utilizado para a extração dos flavonoides foi o metanol. O conteúdo de flavonoides totais foi determinado pelo método colorimétrico segundo Zhishen *et al.*, (1999). A rotina foi utilizada como padrão para a obtenção da curva de calibração. Os resultados foram expressos em mg equivalente de rutina em 100 g de amostra.

Tratamento estatístico

A Tabela 1 apresenta os modelos cinéticos utilizados neste trabalho.

Tabela 1 – Modelos de cinética de secagem.

Equação	Referência
$MR = \exp(-kt)$	Lewis (1921)
$MR = A \exp(-kt)$	Brooker <i>et al.</i> (1974)
$MR = A (\exp(-kt) + 1/9 \exp(-9kt))$	Henderson & Henderson (1968)
$MR = \exp(-kt)^n$	Page (1949)
$MR = \exp(-kt)^n$	Overhults <i>et al.</i> (1973)

A seleção do modelo que melhor prediz a cinética de secagem foi feita considerando a significância dos parâmetros, a magnitude do coeficiente de determinação (R^2) e a distribuição dos resíduos.

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em média \pm desvio padrão. O teste estatístico aplicado para o efeito da temperatura foi o Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O adimensional de umidade (MR) foi obtido em função do tempo. A umidade de equilíbrio calculado através do método dinâmico (Arnosti *et al.*, 1999). O adimensional de umidade foi calculado de acordo com a Equação 1:

$$MR = \frac{M - M_{eq}}{M_0 - M_{eq}} \quad (1)$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Cinética de secagem

Na Figura 3 são apresentadas as curvas do adimensional de umidade em função do tempo, em segundos, para a secagem nas diferentes temperaturas juntamente com a predição da equação de Overhults. Observa-se que o tempo de secagem é, claramente, dependente da temperatura. Para maiores temperaturas, menor tempo necessário para atingir a umidade de equilíbrio.

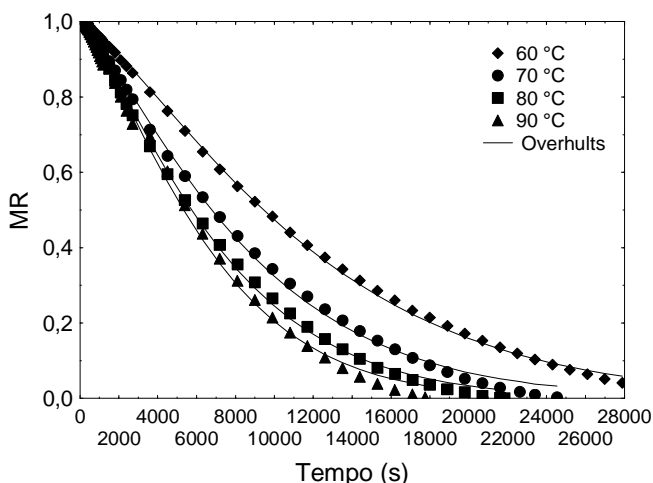


Figura 3 – Cinética de secagem da casca de mexerica para as temperaturas e o modelo de Overhults.

Estatisticamente, o modelo que melhor descreveu a cinética de secagem da casca da mexerica pokan foi o modelo de Overhults, com um coeficiente de determinação médio de 0,9993. Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros deste modelo para cada temperatura de secagem, assim como o coeficiente de determinação.

Tabela 2 – Parâmetros para o Modelo de Overhults e o coeficiente de determinação para cada experimento.

Experimento	R ²	k (s ⁻¹)	n
60	0,9993	0,000080	1,301820
70	0,9991	0,000110	1,253399
80	0,9994	0,000131	1,273612
90	0,9993	0,000161	1,268088

Duzzioni *et. al.* (2013) apresentaram este mesmo modelo como o que melhor prediz a cinética de secagem de resíduos de acerola.

Análises físico-químicas

O tempo de secagem e a temperatura de operação podem afetar a estabilidade de compostos bioativos. Neste estudo, foi avaliada a influência da temperatura nos teores de acidez total titulável, ácido ascórbico, fenólicos e flavonoides totais. Todos os resultados foram expressos em base seca.

Nas Figuras 4, 5, 6 e 7 são apresentadas comparações entre as médias de tais compostos antes (*in natura*) e após a secagem nas diferentes temperaturas. Letras

diferentes sobre as colunas significam que as médias foram estatisticamente diferentes pelo método de Tukey ($p \leq 0,05$).

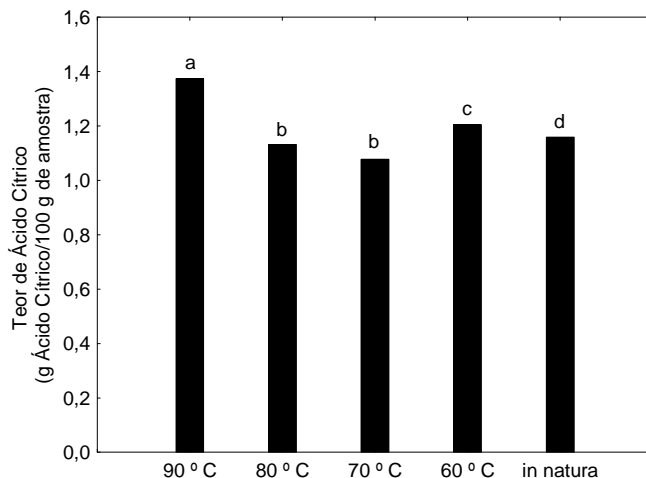


Figura 4 – Comparação do teor de acidez total titulável da casca de mexerica *in natura* e após a secagem.

O ácido cítrico é o ácido mais comumente adicionado em bebidas, especialmente aqueles à base de suco, para o controle do pH, estabilização da cor; porém reivindicações foram realizadas indicando que o ácido cítrico não fornece um gosto agradável quando adicionado em bebidas (Lanton, 2004). Observa-se que nas condições de secagem em que a temperatura foi igual a 70 e 80 °C o teor de ácido cítrico (Figura 4) foi inferior ao valor obtido para o resíduo *in natura*

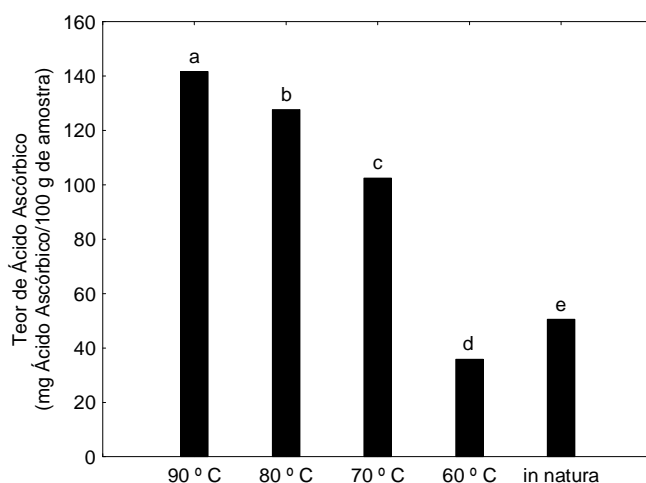


Figura 5 - Comparação do teor de ácido ascórbico da casca de mexerica *in natura* e após a secagem.

O teor de ácido ascórbico (Figura 5) aumentou com o aumento da temperatura de secagem para a casca da mexerica. No material

úmido foi obtido $50,56 \pm 1,89$ (*in natura*) enquanto que para o material seco a $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ foi encontrado $141,7 \pm 5,0$ mg de ácido ascórbico/100 g de amostra. O aumento do teor de ácido ascórbico após a secagem foi explicado por Dorta *et al.* (2012) pela inativação de enzimas que degradam alguns compostos bioativos. O aumento no teor de vitamina C com o aumento da temperatura de secagem foi encontrado para outros tipos de frutas e resíduos reportados na literatura (Duzzioni *et al.*, 2012; Ozgur *et al.*, 2011).

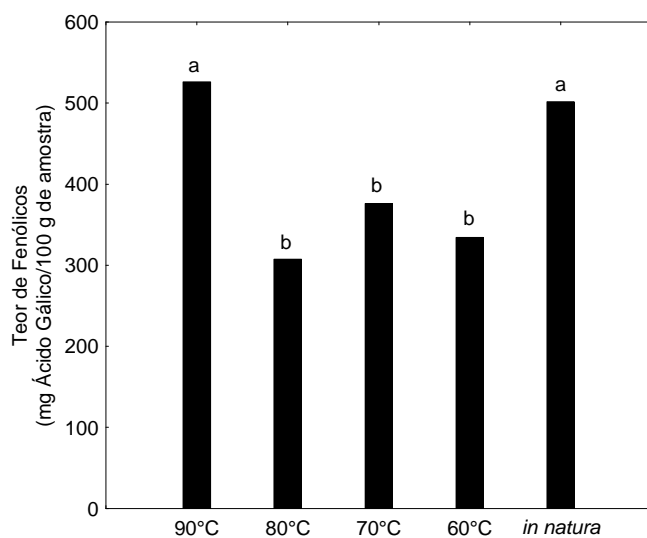


Figura 6 - Comparação do teor de fenólicos totais da casca de mexerica *in natura* e após a secagem.

O teor de fenólicos totais (Figura 6) obtido teve o seu máximo na temperatura de $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($526,14 \pm 20,15$ mg de ácido gálico/100 g de amostra) que foi estatisticamente igual ao teor de fenólicos totais obtido para o material *in natura* ($501,61 \pm 32,72$ mg de ácido gálico/100 g de amostra). Logo, a desidratação não influenciou significativamente no teor de fenólicos, porém a casca de mexerica seca teria um tempo de vida útil maior após a secagem para a utilização desta em farinhas.

O maior teor de flavonoides totais (Figura 7) para a casca da mexerica foi após a secagem a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($4,60 \pm 0,34$ mg de rutina/100 g de amostra) enquanto que na casca de mexerica *in natura* foi encontrado um teor igual a $3,07 \pm 0,29$ mg de rutina/100 g de amostra. Silva *et al.* (2013) estudaram o

resíduo de abacaxi e observaram um aumento no teor de flavonoides após a secagem.

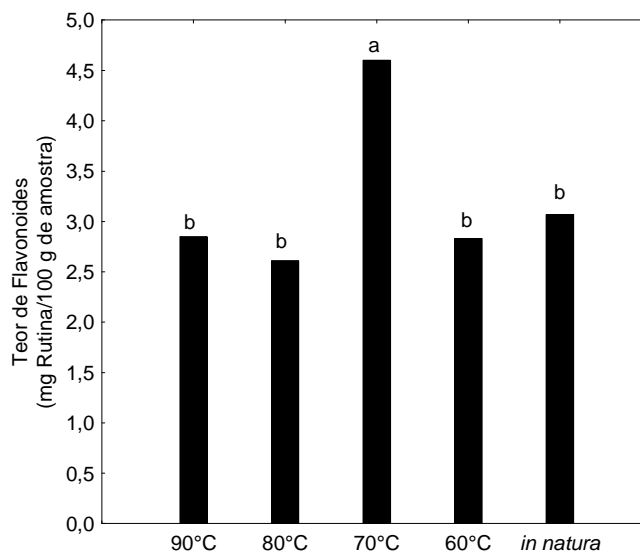


Figura 7 - Comparação do teor de flavonoides totais da casca de mexerica *in natura* e após a secagem.

CONCLUSÕES

O tempo de secagem é altamente dependente da temperatura de operação e esta é capaz de influenciar nos teores de compostos bioativos, sendo os flavonoides totais os menos sensíveis para a secagem da casca de mexerica. Para a temperatura de $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, exceto o teor de flavonoides totais, todos os compostos apresentaram suas médias mais elevadas. Com o aumento da temperatura o teor de ácido ascórbico obtido também foi elevado.

Para o material estudado, o modelo de Overhults descreve bem a cinética de secagem nos períodos de taxa decrescente.

A secagem por infravermelho é um método eficaz na desidratação da casca e conservação da mesma, auxiliando assim no aproveitamento deste resíduo e ainda no combate à desnutrição.

NOMECLATURA

- MR – adimensional de umidade;
- M – umidade em um dado tempo;
- M_{eq} – umidade de equilíbrio;
- M_0 – umidade inicial.

REFERÊNCIAS

- ABUD, A. K. de S.; NARAIN, N. (2009), Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de frutas em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. *Brazilian Journal of food technology*, v. 12, n. 4, p. 257-265.
- ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Regulamento técnico sobre ingestão diária recomendada (IDR) para proteína, vitaminas e minerais, 2004. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/home>>. Acesso em: 23 de julho de 2011.
- AOAC INTERNATIONAL, (1995). *Official methods of analysis of AOAC International*. 2 vols. 16th edition. Arlington, VA, USA, Association of Analytical Communities.
- ARNOSTI JR., S., FREIRE, J.T., SARTORI, D. J. M. & BARROZO, M. A. S. (1999). *Equilibrium moisture content of Brachiaria brizantha*. *Seed Science and Technology*, 27 (1), 273-282.
- BROOKER, D. B., BAKKER-ARKEMA, F. W. & HALL, C. W. (1974). *Drying Cereal Grains*. Westport, CT, USA.
- CEASA-ES, disponível em: <<http://www.ceasa.es.gov.br/?p=2533>> acesso em setembro de 2013.
- DUZZIONI, A. G., LENTON, V. M., SILVA, D. I. S. & BARROZO, M. A. S. (2013). *Effect of drying kinetics on main bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (Malpighia emarginata D.C.) residue*. *International Journal of Food Science & Technology*, 1-7.
- HENDERSON, J. M. & HENDERSON, S. M. (1968). *A computational procedure for deep-bed drying analysis*. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 13, 87-95.
- LANTON, B. (2004), *Beyond citric acid*. *South African Food Review*, vol. 31 n.4, p.13.
- LEWIS, W. K. (1921). *The rate of drying of solid materials*. *Indian Chemical Engineer*, 13, 427.
- ODIN, A.P., (1997). *Vitamins as antimutagens: advantages and some possible mechanisms of antimutagenic action*. *Mutation Research, Amsterdam*, v.386, n.1, p.39-67.
- OVERHULTS, D. G., WHITE, G. M., HAMILTON, H. E., & ROSS, I. J. (1973). *Drying soybeans with heated air*, *Transactions of the ASAE*, 16 (1), 112-113.
- OZGUR, M., OZCAN, T., AKPINAR-BAYIZIT, A. & YILMAZ-ERSAN, L. *Functional compounds and antioxidant properties of dried green and red peppers*. *African Journal of Agricultural Research*, 6, 5638-5644, 2011.
- PAGE, G. E. (1949). *Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin-layer*. *Purdue University, West Lafayette, IN, USA*.
- RICE-EVANS, C.A.; MILLER, N.J.; PAGANGA, G. (1996). *Structure antioxidant activity relationship of flavonoids and phenolic acid*. *Free Rad. Bio. Med.*, v.20, n.7, 933-956.
- SANDU C.. (1986) *Infrared radiative drying in food engineering: a process analysis*. *Biotechnology Progress* 2(3): 109-119.
- SILVA, D. F. P.; SIQUEIRA, D. L.; OLIVEIRA, S.P.; LINS, L. C. R.; SALOMÃO, L. C. C., (2012). *Desempenho de filmes comestíveis em comparação ao filme de policloreto de vinila na qualidade pós-colheita de mexericas 'Poncã'*, *Cienc. Rural* vol.42 no.10, Santa Maria.
- SILVA, D. I. S.; NOGUEIRA, G. D. R.; DUZZIONI, A. G. *Changes of antioxidant constituents in pineapple (Ananas comosus) residue during process*. *Industrial Crops and Products SD*. p. 557-562, 2013.
- SINGLETON, V. L.; ROSSI, J.A. Jr., (1965) *Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents*. *Amer. J. Enol. Viticult.* v.16, p. 144-158.
- SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JR, G. M.; AYRES, M. C.; COSTA, C. L. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S., CHAVES, M. H. (2007). *Fenóis totais e atividade*

antioxidante de cinco plantas medicinais. *Quim. Nova*, v. 30, n. 2, 351-355.

SOUSA DE SÁ, P. G.; GUIMARÃES, A. L.; OLIVEIRA, A. P.; FONTANA, A. P.; DAMASCENO, P. K. F.; BRANCO, C. R. C.; BRANCO, A.; ALMEIDA, J. R. G. S. (2012), Fenóis totais, flavonoides totais e atividade antioxidante de *Selaginella convoluta* (Arn.) Spring (Selaginellaceae). *Rev Ciênc Farm Básica Apl.*, 2012;33(4):561-566.

SOUZA, L. M.; CORREIA, K. C.; SANTOS, A. M. G. ; BARRETO, L. P.; NETO, E. B., (2010). Comparação de metodologias

de análise de pH e acidez titulável. *Anais JEPEX UFRPE*, Recife – PE.

ZHISHEN, J., MENGCHENG, T. and JIANMING, W. (1999). *The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chemistry* 64:555–559.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à FAPEMIG pelo apoio financeiro.