



## ANÁLISE DA TORRA DE FOLHAS DE CAFÉ PARA USO EM BEBIDAS QUENTES

R. J. CAVALALRO<sup>1,2</sup>, J. R. D. FINZER<sup>1</sup>, E. U. BUCEK<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Química

<sup>2</sup> Instituto Federal Sudeste de Minas – Santos Dumont

**RESUMO** – O processamento das folhas vegetais para elaboração de bebidas quentes se faz necessário a inativação enzimática através de torrador rotativo, seguido do processo de secagem pelo fornecimento de calor e consequente eliminação da umidade das folhas, em forma de vapor. O trabalho teve por objetivo, inicial, fazer o estudo da torra das folhas do café visando a obtenção de uma bebida na categoria de chá. As folhas de cafeeiro foram coletadas em fazenda produtora, no município de Araxá-MG. O estudo da torra foi realizado em torrador rotativo, na temperatura de 60°C em diferentes tempos (60 – 180 s). A umidade das folhas frescas é de 71%, no início dos trabalhos e após a torra tiveram perdas de 26,5 – 52,5%, o coeficiente de difusão efetivo, variou de  $0,3722 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$  –  $2,0979 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ , ao longo do tempo dos experimentos realizados. A torração 60°C por 180s gerou matéria prima que mais atende os parâmetros para elaboração de uma bebida quente.

### 1. INTRODUÇÃO

A procura por produtos alternativos e aromáticos tem sido crescente a cada dia, tanto no Brasil como no mundo (Martinazzo et al., 2010). E é evidente a busca por modelos de sustentabilidade dos negócios, de inovação para agregar valor ao produto, de custos menores, de melhor aproveitamento dos materiais, entre outras medidas para melhoria dos processos e mesmo da qualidade dos produtos e serviços. Valduga (2002), na introdução de seu trabalho, chama a atenção sobre o avanço da Agricultura Natural, que começa a tomar corpo, no Brasil, e faz menção a que o sistema agrícola deve ser economicamente viável e socialmente justo. As filosofias de vida que pessoas têm adotado, voltadas ao consumo sustentável e às boas práticas, têm impulsionado a indústria, na busca por novas possibilidades de produção, com produtos que atendam essa nova demanda. A produção de café, no Brasil, segundo ABIC (2018), no ano de 2016, foi de 49.640 milhões de sacas de café e respondeu por 33% das exportações mundiais e o Estado de Minas Gerais contribuiu com 28.937 milhões de sacas, desse total.

Com a crescente busca por uma alimentação saudável e mais natural, brasileiros têm mudado alguns hábitos de consumo, inclusive de bebidas quentes. Segundo o sítio da APEX (2018), as vendas



de chá, no Brasil, estão acontecendo de forma crescente: entre os anos de 2010 e 2012, houve um crescimento de 30% desse mercado, e o consumo mundial, em 2016, foi da ordem de 331 bilhões de litros. Já existem, no Brasil, alguns produtores que utilizam a folha do cafeeiro para bebidas quentes, no entanto, não se tem informações de critério, ou de algum estudo realizado, do processo produtivo e em que condições estão sendo processadas essas folhas, para atingir a padronização do produto. Um outro fabricante no Canadá, produz as folhas secas em forma de sachês, para uso em chá (FINZER et al., 2018). Um estudo, com relação a produção de folha seca de café, é necessário e o uso de tecnologias para o processamento dessas folhas, que garantam qualidade aceitável de armazenamento e posteriormente comercialização e consumo.

O processamento de folhas vegetais para elaboração de bebidas, como a erva mate, utiliza-se do sapeco, que é um pré-tratamento da erva, (Bendlin, 2003), que é caracterizado pela queima da folha diretamente no fogo, por alguns segundos, com a finalidade de promover a inativação das enzimas, seguido da etapa de secagem, pelo fornecimento de calor e conseqüente eliminação da umidade das folhas, em forma de vapor. O presente trabalho tem por objetivo fazer um estudo da torra das folhas de café para uso em bebidas quentes, na temperatura de 60°C em diferentes tempos de torra (60 – 180s), e constitui no estudo de processamento das folhas após colheita dos ramos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### Matéria Prima

As folhas de café completas (com pecíolo) da espécie arábica, utilizadas neste estudo, foram obtidas em fazenda produtora no município de Araxá-MG, provenientes de indivíduos com idade média de 25 anos, colhidas seguindo a metodologia de amostragem foliar conforme (Trani et al., 1983; Scivittaro e Oliveira, 2014). Coletadas no período da manhã e acondicionadas em caixa térmica com gelo artificial até o laboratório de processos químicos da UNIUBE – Universidade de Uberaba, na cidade de Uberaba-MG, onde os experimentos foram conduzidos. A espessura das folhas foi determinada através da medição com paquímetro analógico, com precisão de 0,02 mm.

### Torra das Folhas

A torra das folhas foi realizada em um torrador rotativo, modelo TP1 do fabricante CARMOMAQ, aquecido com GLP, com câmara de torra é de 3.290,40 cm<sup>3</sup>. O processo de torra foi realizado a 60°C, em diferentes tempos, com lotes de 10 folhas de massa 9,5 – 10,0 g. A determinação da massa das folhas antes e após a torra, foi realizada por gravimetria em balança analítica, com precisão de 0,001g. A medição da rotação da câmara do torrador foi realizada através de tacômetro digital modelo DT-2234C do fabricante Digital Meter. Após pré-aquecimento do torrador, até atingir a temperatura, as folhas foram inseridas em lotes de 10 folhas para cada tempo, na câmara do torrador rotativo. Foi iniciado a contagem do tempo de torração no momento de inserção do lote de folhas na câmara de torração. Ao final do tempo determinado de torração, as folhas foram retiradas, mantidas a temperatura ambiente e medida a massa. O tempo foi determinado através de cronômetro digital.

---



## Modelagem Matemática

A determinação da razão de umidade  $Y$  de uma folha foi definida como sendo a razão de uma quantidade de massa de água sobre a massa total, base úmida, de uma folhas fresca quando está sujeita a uma determinada temperatura e umidade do ar específicos (Jin Park et al., 2002; Akpinar e Bicer, 2006) , Equação (1).

$$Y = \frac{X_T - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} \quad (1)$$

O conceito de secagem de camadas finas com a finalidade de caracterizar o comportamento da secagem de materiais sólidos, inicialmente foi sugerido por (Lewis, 1921), que derivou o modelo semi-teórico para materiais porosos, que é semelhante à lei de resfriamento de Newton, então o seguinte modelo, Equação (2), deduzido.

$$Y = \frac{X_T - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} = \exp(-kt) \quad (2)$$

onde  $Y$  é a razão de umidade,  $k$  é a constante de secagem do sólido,  $t$  é o tempo de secagem,  $X_T$  é umidade média em um tempo  $t$ ,  $X_{eq}$  é a umidade de equilíbrio do sólido e  $X_0$  umidade inicial. O modelo de Lewis foi modificado por Page em seu trabalho que adicionou uma constante empírica adimensional  $n$ , usando para estudar a secagem de milho, Equação (3), conforme (Singh et al., 2015). O valor de  $n$  varia conforme a umidade relativa do ar de secagem, obedecendo o seguinte critério: umidade relativa de 35, 50 e 70 por cento; os valores para  $n$  são 0,60, 0,65 e 0,83 respectivamente (Page, 1949).

$$Y = \frac{X_T - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} = \exp(-kt^n) \quad (3)$$

O teor de água das folhas foi determinado pela secagem em estufa de circulação de ar forçada a 105°C, com intervalo mínimo de 24 h, em três repetições (Brasil, 2010).

## Determinação da Difusividade

O coeficiente de difusão efetivo, referente a torra das folhas de café na condição estudada, foi obtido por meio da Equação (4), que é a solução analítica da segunda lei de Fick, considerando a forma geométrica da folha como uma placa plana, desconsiderando a contração volumétrica da mesma (Doymaz, 2013).



$$\frac{X_T - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} = \frac{8}{\pi^2} \left( e^{-a_1 \beta} + \frac{1}{9} e^{-9a_1 \beta} + \frac{1}{25} e^{-25a_1 \beta} + \dots \right) \quad (4)$$

Truncando o primeiro termo da Equação 3, substituindo as variáveis  $a_1$  por  $(\pi/2)^2$ ,  $\beta$  por  $(D_v t/L^2)$  e simplificando, temos a Equação 5, para tempos longos de secagem .

$$\frac{X_T - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 D_v t}{4L^2}\right) \quad (5)$$

onde  $D_v$  é a difusividade efetiva ( $m^2 \cdot s^{-1}$ ),  $t$  é o tempo (s) de secagem e  $L$  é a metade da espessura das folhas (m). Ainda, a partir da Equação (5), podemos plotar um gráfico em função tempo de torra através da Equação (6) que é o coeficiente angular da reta K:

$$K = \frac{\pi^2 D_v t}{4L^2} \quad (6)$$

### Determinação da Energia de Ativação

Aplicando o valor da inclinação da reta K podemos determinar a difusividade efetiva da umidade, conforme (Doymaz, 2013). A difusividade efetiva pode ser relacionada à temperatura pela Equação (7) (Falade e Solademi, 2010):

$$D_v = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{R(T + 273,15)}\right) \quad (7)$$

onde  $D_0$  é o fator pré-exponencial da equação de Arrhenius ( $m^2 \cdot s^{-1}$ ),  $E_a$  é a energia de ativação para a difusão ( $kJ \cdot mol^{-1}$ ),  $R$  é a constante de gás ideal ( $kJ \cdot mol^{-1} \cdot K$ ) e  $T$  é a temperatura em ( $^{\circ}C$ ). Equação (6) pode ser rearranjada para a Equação (8):

$$\ln(D_v) = \ln(D_0) - \left(\frac{E_a}{R(T + 273,15)}\right) \quad (8)$$



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para definir os parâmetros de uma torra ideal, para a folha de café, primeiramente foi realizado experimento prévio para atestar a quantidade ideal que permita a homogeneização das folhas dentro da câmara de torra, foram utilizadas folhas pequenas (10 cm de comprimento) e folhas médias (15 cm de comprimento). As folhas frescas utilizadas na torração apresentaram espessura que varia de 0,16 – 0,30 mm, essa variação se dá em função do ponto medido pelo paquímetro podendo abranger áreas com nervuras terciárias, quaternárias, ou ausência de nervuras e teor de umidade de 71%. A quantidade que apresentou melhor comportamento dentro da câmara de torra foi a de 10 folhas, com movimentos de rolagem livres e sem empacotamento. Na quantidade de 15 folhas ocorreu algum empacotamento e sobreposição de folhas, e na de 20 folhas, durante o giro o torrador ocorreu movimentação em blocos (empacotamento). Descartamos a torra com 15 e 20 folhas, pois nesses casos, a volume foliar dificulta a torra, a transferência de calor, a perda de umidade de forma homogênea. A rotação da câmara do torrador foi mantida constante em 36,7 RPM durante todo o experimento.

Após os resultados obtidos no experimento prévio, a massa das folhas de café antes e após a torra a 60°C, nos diferentes tempos, está compreendida entre: 9,4 – 10,0 g antes da torra (folhas frescas) e 4,5 – 7,5 g após a torra, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Massa de folhas de café, antes e após a torra a 60°C.

Tempo (s)	Antes da Torra (g)	Após a Torra (g)	Perda de água (%)	Xw (kg H <sub>2</sub> O / kg sol. seca)
60	9,873	7,225	26,82%	0,732
75	9,406	6,836	27,32%	0,727
90	9,827	6,705	31,77%	0,682
105	9,967	6,090	38,90%	0,611
120	9,980	5,805	41,83%	0,582
180	9,827	4,709	52,08%	0,479

No processo de torração a perda de água variou de 26,5 – 52,5% ao longo do tempo dos experimentos realizados. Sendo que nos tempos de 60 – 75s a perde de água são próximas (26,82 – 27,32%), assim como nos tempos de processamento 105 – 120s (38,90 – 41,83%). Na Figura 1 podemos melhor visualizar o comportamento da perda de umidade ao longo do tempo, analisando através do cálculo da massa de água em base seca.

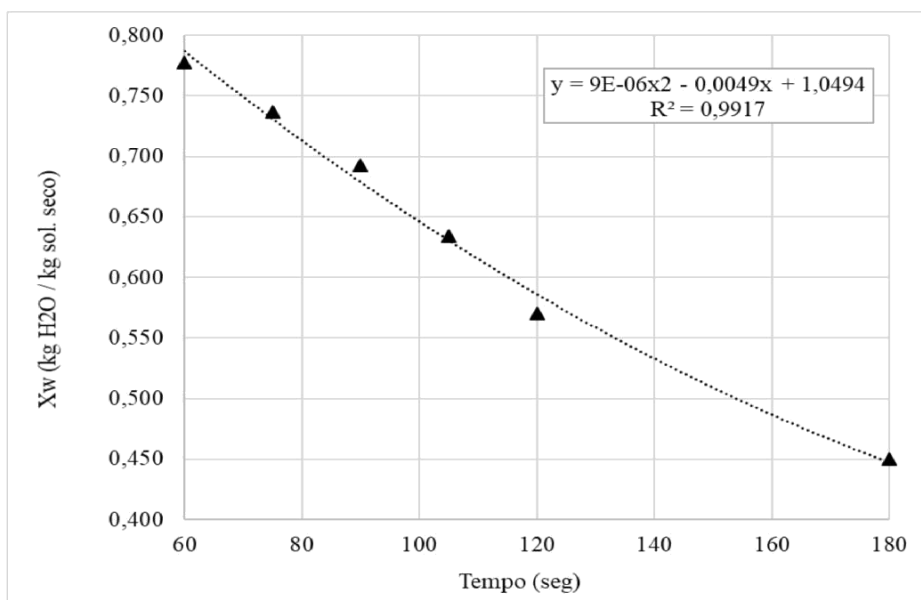


Figura 1 – Curva de torra das folhas – Xw (kg H<sub>2</sub>O/kg de folha seca) x Tempo

Analisando a curva de torra das folhas, perda de umidade em função do tempo (Figura 2), a mesma tem tendência a linearização. Isso mostra que, quanto maior o tempo de exposição das folhas, no torrador, aquecido a 60°C maior será a perda de umidade, como esperado, podemos assim dizer que a perda de umidade é diretamente proporcional ao tempo de exposição na torração de 60°C.

Na Figura 2 são apresentados os aspectos das folhas de café em quatro momentos antes e após a torração, nos diferentes tempos.

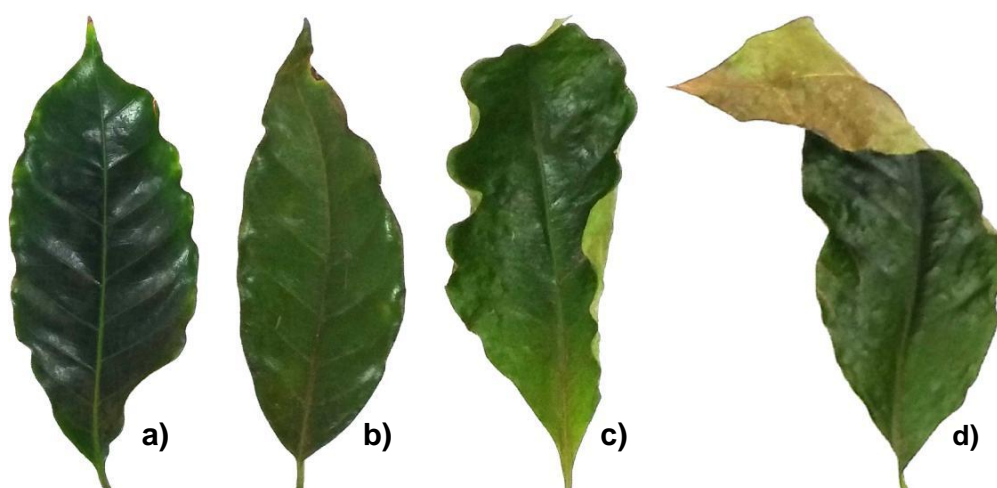


Figura 2 – Imagens de folhas de café: a) folha fresca; b) torra 60s; c) torra 105s; d) torra 180s  
Fonte: (Autor, 2018)



As folhas apresentam aparência esverdeadas e brilhantes, exceto no tempo 180s que apresenta alguma opacidade e início de coloração acastanhada (chamuscado), sendo que as folhas com maior tempo de exposição, na câmara de torração, apresentam contração, caracterizando maior de perda da umidade, como esperado. Em se pensando o uso das folhas para elaboração de bebidas quentes, o aspecto esverdeado, a crocância, o aroma e o sabor agradáveis são parâmetros fundamentais na seleção da matéria prima. Diante desses parâmetros o experimento torração 60°C por 180s gerou matéria prima que mais atende os parâmetros acima descritos. Nessas condições a difusividade da folha de café, na torração, foi de  $2,0979 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$

#### **4. CONCLUSÃO**

A torração 60°C por 180s gerou matéria prima que mais atende os parâmetros de cor, crocância, aroma e odor aceitáveis para elaboração de uma bebida quente. Se faz necessário a quantificação de enzimas inativadas nas condições da torração testada, sendo a enzimas um dos fatores responsáveis pelo sabor desagradável.

O trabalho deve ser prosseguido, com a torra das folhas em diferentes temperaturas e tempos para investigação e definição dos melhores parâmetros para obtenção da matéria prima, para elaboração de bebidas quentes.

No levantamento bibliográfico realizado, mostrou poucos trabalhos realizados com a torração da folha de café, sugerindo que esse é um tempo a ser explorado cientificamente.

#### **6. REFERÊNCIAS**

AKPINAR, E.; BICER, Y. Mathematical Modeling and Experimental Study on Thin Layer Drying of Strawberry. *International Journal of Food Engineering*, v. 2, n. 1, Article 5, p. 1-16, 2006.

BENDLIN, R. C. S. Secagem convectiva de erva-mate (*Ilex paraguariensis*). (Dissertação de Mestrado) Departamento de Engenharia Química e de Alimentos, UFSC, Florianópolis, 2003. 77p.

BRASIL. Farmacopeia Brasileira. 5a ed., Brasília: ANVISA, 2010. 546.

DOYMAZ, İ. Experimental study on drying of pear slices in a convective dryer. *International Journal of Food Science & Technology*, v. 48, n. 9, p. 1909-1915, 2013.

FALADE, K. O.; SOLADEMI, O. J. Modelling of air drying of fresh and blanched sweet potato slices. *International Journal of Food Science & Technology*, v. 45, n. 2, p. 278-288, 2010.



**FERREIRA, M. M.; CUNHA, R. N. Modelagem para descrição da cinética de secagem de folhas de pariri (*Arrabidaea chica* (Humb. & Bonpl) B. Verlot) por infravermelho e secador de bandejas. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 1, p. 3269-3274, 2017.**

**FINZER, J. R. D.; VALDUGA, A. T.; FERREIRA, M. M. P. Beverages of coffee tree leaves. J Anal Pharm Res. v. 7, n. 4, p. 383–384, 2018.**

**FINZER, J. R. D.; VALDUGA, A. T.; PARCKERT, E. D. T.; FERREIRA, M. M. P., Processing Leaves for the Preparation of Beverages. Food and Public Health, v. 3 n. 6, p. 257-266, 2013.**

**IAC. Cultivares IAC de café. Boletim Técnico-Informativo do Instituto Agrônomo de Campinas-O Agrônomo, São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, sem ano. 4p. Disponível em <<http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/cafe.php>>. Acessado em 08/07/2018.**

**JIN PARK, K.; VOHNIKOVA, Z.; PEDRO REIS BROD, F. Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (*Mentha crispal.*). Journal of Food Engineering, v. 51, n. 3, p. 193-199, 2002.**

**LEWIS, W. K. The Rate of Drying of Solid Materials. Journal of Industrial & Engineering Chemistry, v. 13, n. 5, p. 427-432, 1921.**

**MARTINAZZO, A. P. et al. Modelagem matemática e parâmetros qualitativos da secagem de folhas de capim-limão [*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf]. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 12, n. 4, p. 488-498, 2010.**

**PAGE, G. E. Factors influencing the maximum rate of air drying shelled corn in thin-layers. (M.S. Thesis) Purdue University, West Lafayette, Indiana, 1949. 44p.**

**PANCHARIYA, P. C.; POPOVIC, D.; SHARMA, A. L. Thin-layer modelling of black tea drying process, Journal of Food Engineering, v. 52, p. 349- 357, 2002.**

**SCIVITTARO, W. B.; OLIVEIRA, R. P. Procedimentos para Coleta de Amostras de Tecido Foliar e de Frutos. Pelotas, RGS: EMBRAPA Clima Temperado, 2014. 2p.**

**SINGH, F.; KATIYAR, V. K.; SINGH, B. P. Analytical study of turgor pressure in apple and potato tissues. Postharvest Biology and Technology, v. 89, n. C, p. 44-48, 2014.**

**SINGH, F.; KATIYAR, V. K.; SINGH, B. Mathematical modeling to study influence of porosity on apple and potato during dehydration. Journal of Food Science and Technology, v. 52, n. 9, p. 5442-5455, 2015.**

**TRANI, P. E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O. C. Análise foliar: amostragem e interpretação. Campinas: Fundação Cargil. 1983. 18 p.**

---





**VALDUGA, A. T. Uso Sustentado e Processamento de Ilex paraguarienes St. Hil (Erva Mate). (Tese de Doutorado) Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e recursos Naturais, UFSCAR, São Carlos, 2002. 207p.**

## **7. AGRADECIMENTOS**

**OS AUTORES AGRADECEM À FAPEMIG PELO APOIO PRESTADO.**

---

**Uberaba, 31 de Novembro e 01 de Dezembro de 2018**