



USO DA TÉCNICA FOTOACÚSTICA PARA CARACTERIZAR GRÃOS DE CAFÉS QUANTO A QUALIDADE E CONSERVAÇÃO - UMA METODOLOGIA

D. R. Martins¹, W. L. B. Melo²

(1) Departamento de Engenharia Física, Rodovia Washington Luiz, km 235, 13565-905

(2) Embrapa Instrumentação, Rua XV de Novembro, 1452, 13560-970, São Carlos, SP, washington.melo@embrapa.br

Resumo: Neste trabalho, a técnica fotoacústica (PA) é usada para distinguir diferentes condições dos grãos de cafés: preto, verde, preto-verde, ardido, quebrado, com defeitos e perfeitos. Através do método de ajuste de curvas da equação de propagação térmica aos sinais experimentais PA são obtidas as diferentes condições dos cafés. Os parâmetros são: amplitude (A), fator de difusão térmica (B) e expoente da frequência de modulação do decaimento hiperbólico (C). Para diferentes cafés, estes parâmetros têm valores significativamente diferentes, permitindo a distinção entre amostra.

Palavras-chave: cafés, fotoacústica, qualidade, grãos.

USE PHOTOACOUSTIC TECHNIQUE TO CHARACTERIZE COFFEE GRAINS AS THE QUALITY AND CONSERVATION - A METHODOLOGY

Abstract: In this paper the photoacoustic technique is used to distinguish different coffee grains: black, green, black-green, sour, broken, defective and perfect. According to the values of the adjustable parameters of the heat propagation equation from the curve fit method applied to the experimental PA signals are determined the different conditions of the coffees. These parameters are: amplitude (A); thermal diffusion factor (B) and exponent of the modulation frequency of light (C) due to hyperbolic decay. For different coffees, these groups of parameters have significantly different values, allowing the distinction among samples.

Keywords: coffees, photoacoustic, quality, grains.

1. Introdução

A fotoacústica (PA) teve sua origem com a descoberta do *efeito fotoacústico* por A. G. Bell em 1881. A partir da década de 70, após os trabalhos de Rosencwaig e Gersho (1976), esta técnica se tornou, definitivamente, uma técnica espectroscópica aplicada a sólidos. Em geral *efeito fotoacústico* surge quando um feixe de luz, periodicamente modulado, incide sobre uma amostra dentro de uma câmara fechada e cheia de gás. Esta luz é absorvida pela amostra que se aquece causando um fluxo de calor periódico dela para o gás, variação de pressão interna da câmara. Diversos pesquisadores têm desenvolvido teorias e modelos físicos para explicar e quantificar os fenômenos fototérmicos em diversos meios (BÉLANGER et al. 1993; LEITE, et al. 1987; McDONALD, et al. 1989; MELO, 1992; MELO, 1995; MEYER, et al. 1990; RAI, 1988) entre outros. O sinal PA depende da absorção óptica, da difusividade térmica, da dimensão da amostra, além da frequência de modulação da luz e da geometria da câmara PA.

Os cafés em grãos podem ser colhidos de diversas maneiras e isto define a qualidade da bebida. As condições de colheita vão se encontrar grãos deste verdes, pretos, preto-verde, ardido, quebrados, brocados, perfeitos, entre outros. Neste trabalho, usou-se a técnica PA para distinguir diferentes grãos de cafés crus conforme suas condições de conservação e qualidade.

2. Materiais e Métodos

Figura 1 mostra um esboço do sistema fotoacústico, composto uma lâmpada halogênica, um modulador mecânico ou *chopper*, obturador, câmara fotoacústica, amplificador Lock-in e computador. O programa de aquisição de dados controlou o sistema e a frequência do *chopper*, de 3 a 87Hz.

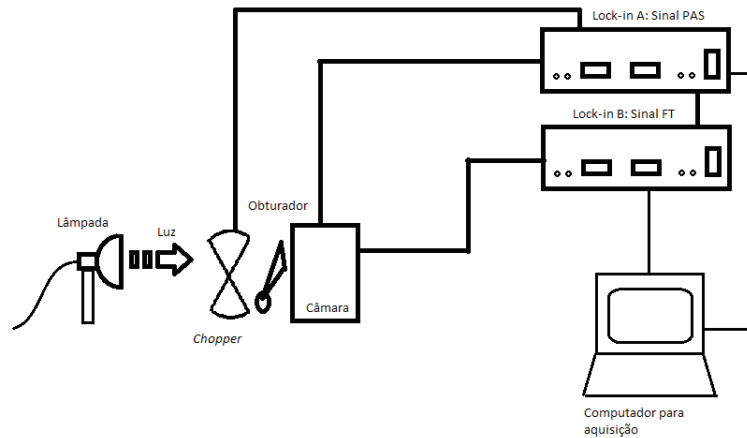


Figura 1. Esboço de um espectrômetro fotoacústico.

A Cooperativa Cooxupé/Guaxupé/MG forneceu as amostras dos cafês em grãos, as quais foram designadas por: verde, preto, preto-verde, ardido, quebrados, com defeitos e perfeitos. Em cada medição, a amostra era pesada e colocada na câmara PA preenchendo o volume do suporte de amostra. Dos diversos tipos de grãos, obteve-se as curvas do sinal PA versus frequência de modulação (ver Figura 2A). Usou-se a equação (Eq. 1) do efeito fototérmico para ajustar os pontos experimentais (CARSLAW, H. S. et al. 1959, ROSENCWAIG, A. et al. 1976). A Figura 2B demonstra o comportamento dos pontos experimentais para um dos tipos cafês e a linha contínua é o melhor ajuste obtido com a Eq. 1.

$$S(f) = \frac{A}{f^C} e^{-\sqrt{\frac{f}{B}}} \quad (\text{Eq. 1})$$

sendo $S(f)$, o sinal fotoacústico, f , a frequência de modulação da luz dada em Hz, A, B e C os parâmetros de ajuste, amplitude, fator de difusão térmica e coeficiente de decaimento hiperbólico para a frequência de modulação, respectivamente.

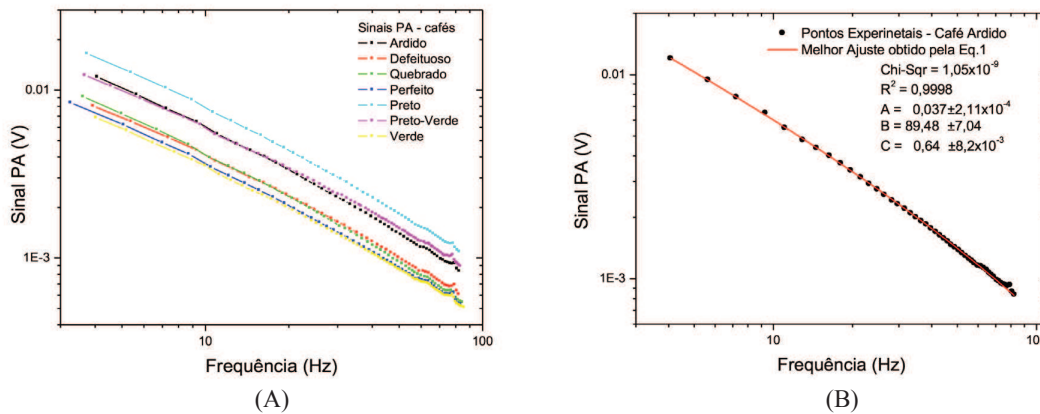


Figura 2. (A) Curvas do sinal PA obtidas dos diversos tipos de café designados na legenda interna desta figura. (B) Pontos experimentais dos sinais PA para a amostra de Café Ardido. Curva contínua é o melhor ajuste obtido com a Eq.1. Valores dos parâmetros de ajuste estão na legenda interna à figura.

3. Resultados e Discussão

A Tabela 1 resume os resultados dos ajustes das curvas de sinal PA versus frequência da modulação da luz dos diferentes grãos de cafês analisados.

Tabela 1. Parâmetros de ajustes das curvas de fotoacústica obtidos para os diferentes tipos de café por meio da Eq. 1.

Tipo de café	A	A-Erro	B	B-Erro	C	C-Erro	Amplitude Corrigida
Ardido	0,0384	±0,0018	87,02	±4,08	0,646	±0,004	0,358
Preto	0,0501	±0,0044	67,36	±7,03	0,607	±0,011	0,411
Preto-Verde	0,0380	±0,0008	73,19	±7,99	0,589	±0,016	0,325
Verde	0,0236	±0,0021	113,65	±13,38	0,639	±0,008	0,252
Perfeito1	0,0216	±0,0008	85,27	±11,95	0,606	±0,019	0,2
Perfeito2	0,0197	±0,0004	84,76	±5,33	0,620	±0,006	0,181
Quebrado	0,0250	±0,0009	67,74	±4,63	0,619	±0,009	0,206
Defeito	0,0240	±0,0017	88,10	±9,44	0,609	±0,012	0,225

Observa-se que a amplitude (A) para o café preto foi a mais alta, pois absorve mais luz e converte em calor, proporcionalmente. Os cafés ardido e preto-verde apresentaram amplitudes PA menor que o café preto, porém mais altas do que os outros cafés. Nota-se que o valor de (A) para café preto-verde é, aproximadamente, o valor médio dos valores dos cafés preto e verde. Analisando o parâmetro (B) de todos os cafés, pode-se observar que o fator de difusão térmica é maior nos cafés mais claros, como o verde e o café perfeito. O que indica terem maior condutividade térmica nessas amostras. A última coluna da Tabela 1 contém a amplitude corrigida que consiste no produto do parâmetro A e a raiz quadrada do parâmetro B. Nota-se que os cafés ardido, preto e preto-verde têm as maiores amplitudes em relação aos demais grãos. Isto evidencia a contribuição da coloração típica destes grãos de baixa qualidade. Os cafés perfeitos tiveram valores praticamente próximos, como também o café quebrado.

A Figura 3 apresenta a variação relativa das amplitudes corrigidas de todas amostras de grãos de café comparativamente a amplitude corrigida para o grão preto. Isto equivale a uma normalização relativa por uma referência preta.

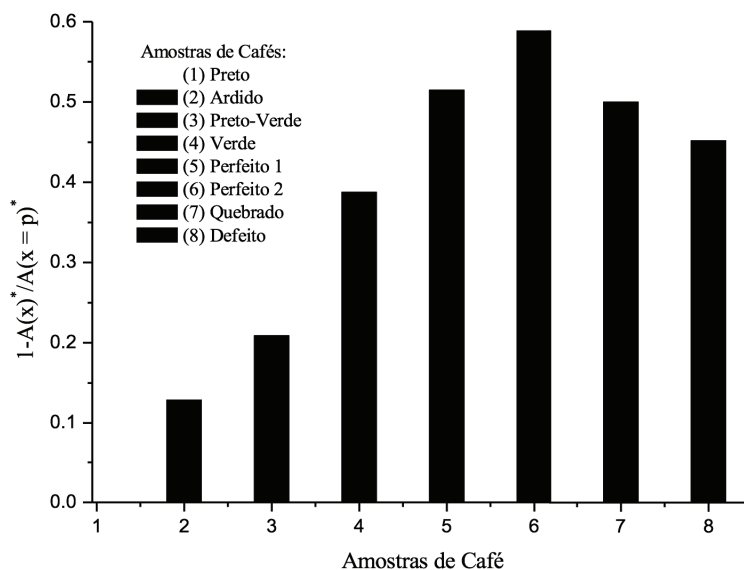


Figura 3. Variações das Amplitudes corrigidas em relação àquela para o café de grãos pretos. A legenda interna à figura relaciona numericamente as amostras de café. Os números na abscissa correspondem às amostras relacionadas.

Desta forma, evidencia-se as diferentes qualidades de cafés com relação ao café preto. Observa-se que os cafés perfeitos fornecem os maiores valores relativos e que ardido, preto-verde e verde foram os que deram os menores valores. As amostras de cafés quebrado (amostra 7) e com defeitos (amostra 8) deram intensidade próximas às dos cafés perfeitos, então, acredita-se que esses grãos quebrados apresentavam condições de fornecer bebidas com uma certa qualidade. Significa que mesmo quebrados não se trata de cafés de baixa qualidade. Os defeitos nos cafés são decorrentes de furos provocados por insetos (brocas), falha na polinização, danos por temperatura e pela variação do clima. Assim, uma mistura de fatores pode colaborar para a má formação do grão. O valor da variação

da amplitude corrigida obtida para este café (amostra 8) foi mais alta que a do verde (amostra 4), isto indica que a amostra 8 seja uma composição de diversos grãos e com características que variam desde o verde ao perfeito.

4. Conclusão

Demonstrou-se o uso da técnica fotoacústica na detecção da qualidade de oito diferentes amostras de grãos de café. Observou-se que os sinais PA das amostras dependeram significativamente do coeficiente de absorção óptica e do fator de difusividade térmica para a distinção entre elas. A variação relativa na amplitude corrigida forneceu informações mais precisas sobre as condições de integridade e conservação dos grãos. Portanto, a técnica PA possibilita distinguir diferentes qualidades dos grãos que estão envolvidos na qualidade da bebida café.

Agradecimento

Os autores agradecem a Cooxupé por ter cedido as amostras de cafés e a Embrapa pelo apoio institucional.

Referências

- BÉLANGER, R.; PAQUETTE, A; N'SOUKPOÉ-KOSSI, C. N.; LEBLANC, R. M. , New portable photoacoustic and fluorescence photometer for field measurement of photosynthesis, *Review Sci. Instrum.* 64(5), p1175-1181, 1993.
- CARSLAW, H. S.; JAEGER, J. C. *Heat in Solids*. 2. ed. [S.l.]: Oxford University Press, 1959.
- LEITE, N. F., CELLA, N.; VARGAS, H. – Photoacoustic measurement of thermal diffusivity of polymer foils, *J. Appl. Phys.* 61(8) p3025-3027, 1987.
- MCDONALD, W. F. GOETTLER, H. E MAREK, W. U. , A novel approach to photoacoustic FT-IR spectroscopy: Rheo-photoacoustic measurements, *Appl. Spectroscopy*, 43(8) p1387-1393, 1989
- MELO, W. L. B.; FARIA, R. M., Photoacoustic procedure for measuring thermal parameters of transparent solids, *Appl. Phys. Lett.* 67(26), p3893-3894, 1995.
- MELO, W. L. B. – Contribuições às técnicas de espectroscopias fototérmicas e aplicações a materiais poliméricos, IFQSC/USP, 110p 1992.
- MEYER, P. L.; SIGRIST, M. W., Atmospheric pollution monitoring using CO₂ laser photoacoustic spectroscopy and other techniques – *Rev. Sci. Instrum.* 61(7) p1179-1807, 1990.
- RAI, V. N., Photoacoustic spectral characteristics of Rh6G and RHB dye solutions in mixtures and on Al₂O₃ surfaces, *Applied Optics*, 27(13), p2776-2779, 1988.
- ROSENCWAIG, A; GERSHO, A; Theory of the photoacoustics effect with solids, *J. Appl. Phys.*, 47, p64-69, 1976.