

## CARACTERIZAÇÃO DA PELE HUMANA POR ESPECTROSCOPIA FOTOACÚSTICA

**Paula Cristina Bueno Rompe<sup>1</sup>, Edson Corrêa da Silva<sup>2</sup>, Daniel Acosta Avalos<sup>3</sup>,  
Paulo Roxo Barja<sup>3</sup>**

1 – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D), Universidade do Vale do Paraíba – R. Eng. João Fonseca dos Santos, 123, ap. 121 – Vila Adyana. 12243-620 – São José dos Campos – SP – Brasil.

paula\_rompe@yahoo.com.br

2 – Instituto de Física Gleb Wataghin (IFGW), UNICAMP – Cidade Universitária Zeferino Vaz, 13083-970 – Campinas – SP – Brasil. ecorrea@ifi.unicamp.br

3 – Laboratório de Fotoacústica Aplicada a Sistemas Biológicos (FASBio), Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D), Universidade do Vale do Paraíba – Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova. 12244-000 – São José dos Campos – SP – Brasil. barja@univap.br

**Resumo:** A técnica fotoacústica é baseada na absorção de luz modulada por uma amostra e na conversão desta energia luminosa em calor, gerando ondas térmicas que se propagam pelo meio. De acordo com o modelo de Rosencwaig-Gersho, cada onda produz oscilações de pressão detectadas como som em um microfone. Esta técnica permite a caracterização espectroscópica de sistemas multicamadas: como o comprimento de difusão térmica varia com a frequência de modulação da luz, pode-se obter o perfil de profundidade da amostra analisando o sinal fotoacústico em função da frequência. Neste estudo, a espectroscopia fotoacústica foi utilizada para caracterizar diferentes amostras de pele humana. As medidas foram realizadas a 70Hz e 17Hz, utilizando uma lâmpada de Xenônio de 1000W como fonte luminosa, para comprimentos de onda entre 240nm e 700nm. As amostras de pele eram de cerca de 0,5cm de diâmetro. Foi possível obter o espectro de absorção fotoacústico da epiderme (estrato córneo) e da derme, dependendo da face da amostra que recebia a luz. Para medidas realizadas à frequência de 17 Hz, o espectro obtido mostra a absorção das duas camadas, derme e epiderme, pois neste caso, o comprimento de difusão térmica é maior que a espessura da epiderme. A espectroscopia fotoacústica também foi utilizada para monitorar a cinética de desidratação da pele, analisando o espectro fotoacústico em função do tempo, com as amostras sendo previamente colocadas em estufa por diferentes períodos. As medidas mostraram que o espectro fotoacústico muda de acordo com a umidade da pele. Estudos futuros incluem um monitoramento detalhado da hidratação da pele.

**Palavras-chave:** espectroscopia fotoacústica, pele humana, caracterização.

**Área do Conhecimento:** III – Engenharias

### INTRODUÇÃO

A pele humana é constituída por duas camadas principais: a *epiderme* e a *derme*, apresentando várias funções como a de proteção contra agentes agressores do ambiente (químicos, físicos e biológicos), regulação da temperatura corpórea, percepção de sensações (devido à presença de receptores sensoriais), além de apresentar cerca de 20% do total de água existente no organismo humano. Sua espessura não é regular, podendo variar de acordo com a região do corpo. Na região

do abdômem humano, por exemplo, a epiderme apresenta uma espessura de cerca de 80µm, podendo atingir mais de 1mm nas regiões palmares e plantares [1,2].

A espectroscopia fotoacústica se baseia na produção de ondas acústicas em uma câmara fechada contendo ar em contato com o material analisado. A amostra é exposta a uma luz monocromática com uma determinada frequência de modulação. A absorção de luz modulada gera ondas acústicas, produzindo oscilações de pressão responsáveis pelo sinal fotoacústico. A técnica

fotoacústica permite que se selecione a espessura da amostra a ser estudada, conforme a frequência de modulação incidente. Nos últimos anos, esta técnica tem sido bastante aplicada em diversas áreas da ciência, particularmente no estudo de sistemas biológicos [3,4,5,6]. Assim, a pele humana pode ser caracterizada através da espectroscopia fotoacústica por se tratar de um sistema multicamadas, obtendo-se diferentes espectros em diferentes espessuras da amostra. A espectroscopia fotoacústica, portanto, permite caracterizar amostras de pele de diferentes regiões do corpo.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a pele humana através da espectroscopia fotoacústica, variando a frequência de modulação da luz para assim obter espectros de diferentes profundidades da amostra, bem como observar a cinética da desidratação da pele no decorrer do tempo, com amostras previamente colocadas em estufa.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras de pele humana fornecidas pelo Laboratório de Cultura de Células de Pele e Epiderme Reconstruída da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), provenientes de correção estética cirúrgica de abdômen humano conservadas em soro fisiológico a 0,9%. Na montagem fotoacústica foi utilizada uma lâmpada de Xenônio de 1000W, um monocromador (Oriel, modelo 77250), um modulador mecânico (EG&G, modelo 167), uma célula fotoacústica fechada com microfone de condensador B&K, um amplificador síncrono (*lock-in*, Stanford Research Systems – SRS, modelo SR530) e um microcomputador para a aquisição dos dados (Figura 1). As amostras foram cortadas com bisturi, obtendo-se amostras de cerca de 0,5 cm de diâmetro e submetidas a tempos diferentes na estufa (0, 2 e 20 minutos) a 50°C. Imediatamente após o tempo estabelecido, cada amostra foi devidamente posicionadas na célula fotoacústica para obtenção do espectro fotoacústico. Para a espectroscopia, foi estabelecida uma frequência de modulação da luz de 70 Hz, e comprimentos de onda de 240 nm a 700 nm. Os espectros foram obtidos e armazenados através de um programa de computador desenvolvido no Laboratório de Fototérmica do IFGW / UNICAMP e posteriormente visualizados no programa *Origin* 6.0.

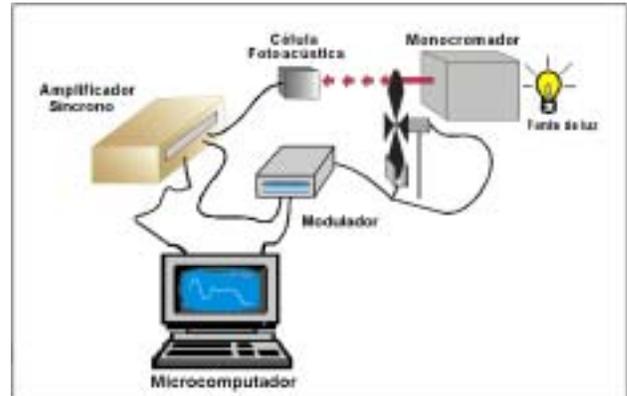


Figura 1 – Esquema da montagem fotoacústica

## RESULTADOS

A varredura em comprimento de onda realizada abrangueu a faixa de 240nm a 400nm, pois foi observado que nesta faixa de comprimentos de onda a pele tem sua maior absorção, correspondente a região espectral do UVA e UVB. A figura 2 mostra a amplitude do sinal fotoacústico correspondente a amostras de epiderme e derme isoladas e epiderme e derme em conjunto. Para a amostra de epiderme isolada, observou-se maior absorção de luz na faixa de 240nm a 280nm. O conjunto epiderme e derme foi o que apresentou maior amplitude de sinal para todos os comprimentos de onda, com picos entre 270nm e 300nm. Para derme isolada, a amplitude do sinal foi obtida através do espectro da diferença, onde para isto, subtrai-se do espectro do conjunto epiderme + derme o espectro da epiderme isolada.

A figura 3 corresponde às medidas realizadas com as amostras desidratadas em estufa. A curva da epiderme após 2 minutos na estufa mostra uma queda na amplitude do sinal PA na região entre 240nm e 290nm em comparação com a curva da epiderme úmida; após 300nm, a amplitude aumenta novamente. As amostras que foram desidratadas em estufa por 20 minutos apresentaram espectro de absorção bastante diferente em relação às medidas anteriores, com o desaparecimento de picos de absorção. Observa-se que, nas amostras de pele desidratadas, a diminuição da quantidade de água presente na amostra gera uma redução no espaço entre as moléculas, o que pode afetar o sinal fotoacústico obtido.

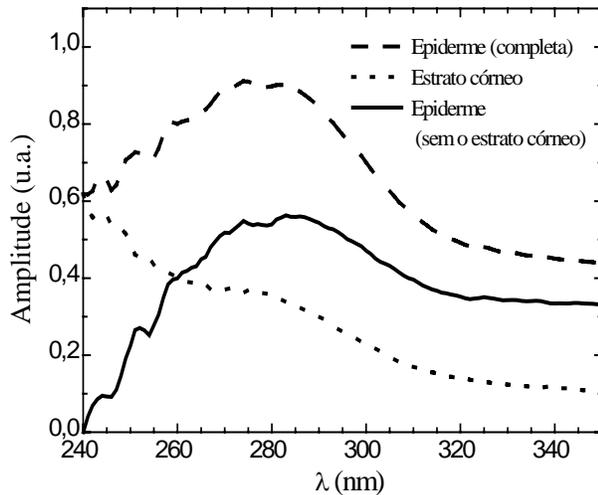


Figura 2 – Espectros de amostras de pele com diferentes espessuras: estrato córneo isolado (medida realizada a 70Hz), epiderme (incluindo estrato córneo, medida realizada a 17Hz) e epiderme sem o estrato córneo (espectro da diferença).

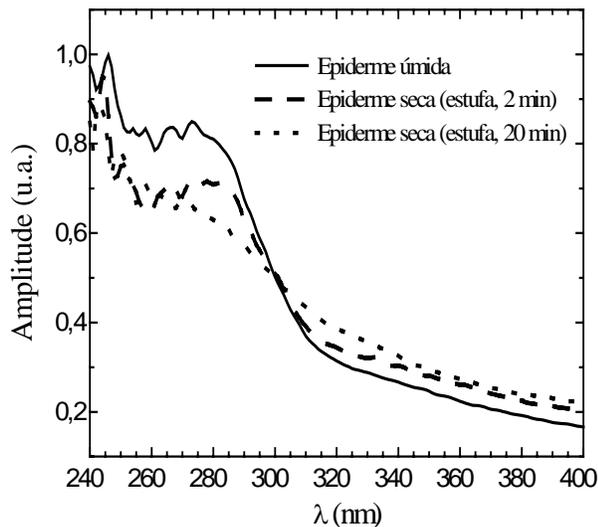


Figura 3 – Espectros das amostras de epiderme úmida e colocadas em estufa por 2 min e 20 min, para uma frequência de modulação de 70Hz.

Apesar dos sistemas biológicos, como a pele humana, serem muito complexos, a técnica fotoacústica tem sido utilizada com sucesso para caracterizá-los [1], pois através da variação da frequência de modulação da luz utilizada, pode-se obter o sinal fotoacústico de diferentes profundidades da amostra. A 70 Hz, por exemplo, tem-se aproximadamente 15µm de profundidade, o que corresponderia, para amostras de pele humana, ao estrato córneo. E para 17 Hz, aproximadamente 32µm de profundidade, ou seja, camadas mais profundas da epiderme [3].

Sabe-se que a água desempenha um importante papel químico, quando presente na pele, por suas propriedades solventes. Nas camadas mais profundas da epiderme sua concentração é de cerca de 60%, participando das reações bioquímicas. Já no estrato córneo, a concentração de água chega a ser por volta de 15%, auxiliando a manter a rigidez, elasticidade e juventude da pele [1]. Segundo Gutierrez-Juárez et al. [4], a espectroscopia fotoacústica é sensível à presença de água na amostra; sendo assim, os espectros variam de acordo com o grau de hidratação da amostra devido a alterações no comprimento de difusão térmica da amostra, que é menor em amostras hidratadas. No presente estudo, constatou-se que existe diferença nos espectros obtidos em amostras com diferentes graus de hidratação (Figura 3). De acordo com Bernego et al (1998) [3], Rosencwaig e Pines (1977) publicaram um espectro fotoacústico na região do UV e mostraram a importância da hidratação na superfície da amostra, enquanto Campbel et al (1979) analisaram a relação existente entre a efusividade térmica e o conteúdo de água presente na epiderme. Ambos constataram a influência da concentração de água presente na amostra no sinal fotoacústico obtido.

## CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Através dos resultados observados, pode-se concluir que a espectroscopia fotoacústica pode ser utilizada para monitorar a cinética de desidratação da pele, através da análise do espectro fotoacústico em função do tempo. As medidas mostraram que o espectro fotoacústico muda de acordo com a umidade da pele. Estudos futuros incluem um monitoramento detalhado da hidratação da pele de diferentes regiões do corpo humano.

## DISCUSSÃO

## REFERÊNCIAS

1. Morganti, P; Ruocco, E; Wolf, R; Ruocco, V. *Percutaneous absorption and delivery systems. Clinics in Dermatology*. 2001.v.19. p.489-501.
2. Junqueira, L. C; Carneiro, J. ***Histologia Básica***. 1995. 8ª ed. p.301-303.
3. Bernego, J.C; Gasquez, C; Falson-Rieg, F. *Photoacoustics as a tool for cutaneous permeation studies. High Temperatures-High Pressures*. 1998. v.30. p. 619-624.
4. Gutiérrez-Juárez, G; Vargas-Luna, M; Córdova, T; Varela, J.B; Bernal-Alvarado, J.J; Sosa, M.. *In vivo measurement of the human skin absorption of topically applied substances by photoacoustic technique. Physiological Measurement*. 2002. n. 23. p. 1-12.
5. Puccetti, G; Lahjomri, F; Leblanc, RM. *Pulsed photoacoustic spectroscopy applied to the diffusion of sunscreen chromophores in human skin: the weakly absorbent regime. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. v.39. p.110-120. 1997.
6. Vinha, C. A; Haas, U. *Qualitative and semiquantitative analysis of dried fruits and seasoning products of paprika using photoacoustic spectroscopy. Journal of Agricultural and Food Chemistry*.1997. v.45. n.4. p.1273.