

# CLASSIFICAÇÃO FOTOACÚSTICA *IN VIVO* DO NÍVEL DE PIGMENTAÇÃO DA PELE

Jociely P. Mota<sup>1</sup>, Paulo Roxo Barja<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Fotoacústica Aplicada a Sistemas Biológicos (FASBio), Instituto de Pesquisa & Desenvolvimento (IP&D), UNIVAP, Urbanova, São José dos Campos/SP  
jocielymota@yahoo.com.br, barja@univap.br

**Resumo** – O presente estudo teve por objetivo classificar os tipos de pele quanto ao nível de pigmentação, utilizando para este fim medidas fotoacústicas realizadas *in vivo*. A amostra foi constituída por 57 voluntários do sexo feminino, submetidos à avaliação e classificados quanto ao tipo de pele, adotando-se a classificação clínica usual de Fitzpatrick. O sinal fotoacústico foi relacionado às classificações propostas por Fitzpatrick (1976) e Baumann (2006). Os dados obtidos indicam correspondência entre o nível de sinal fotoacústico e o nível de pigmentação da pele, permitindo, conforme proposto por Baumann, a separação nos grupos pigmentado (P) e não-pigmentado (NP), que apresentam diferente composição em termos dos fototipos definidos por Fitzpatrick.

**Palavras-chave:** Dermatologia, Fotoacústica, Fototipos, Pele, Pigmentação.

**Área do Conhecimento:** Ciências da Saúde

## Introdução

A pele humana é constituída por uma porção epitelial de origem ectodérmica, a epiderme, e uma porção conjuntiva de origem mesodérmica, a derme. Abaixo e em continuidade com a derme está a hipoderme, que lhe proporciona suporte e união com os órgãos subjacentes. Situados no interior da epiderme, os melanócitos são as células responsáveis pela produção de melanina, que atua como importante filtro endógeno contra a radiação ultravioleta (MURPHY; MIHM, 2000).

Entre as diversas funções apresentadas pela pele, destacam-se as funções de barreira, órgão sensorial e regulador térmico, além da atuação no sistema imunológico (VALENTE, 1998).

A coloração da pele depende da quantidade de pigmentos presentes, principalmente as melaninas; os carotenóides da hipoderme também contribuem para determinar a coloração cutânea (VIGLIOGLIA, 1991). Além disso, muitos outros fatores afetam a cor da pele, como a condição do estrato córneo, a presença de hormônios e os hábitos pessoais (fumo e exposição ao sol, entre outros).

A melanina é um polímero protéico (GONCHOROSKI; CORRÊA, 2005). A reação inicial para sua formação envolve a hidroxilação de L-tirosina em 3,4-diidroxifenilalanina (DOPA), com liberação de uma molécula de água, catalisada pela tirosinase, ocorrendo dentro dos melanócitos (OLIVEIRA; ROCHA; GUILLO, 2004). De acordo com Viglioglia (1991), formam-se neste processo dois tipos de melanina: as *eumelaninas* (pigmentos pardos, insolúveis) e as *feomelaninas* (pigmentos pardos avermelhados, solúveis em meio alcalino).

A 3,4-diidroxifenilalanina (DOPA) é convertida em dopaquinona por desidrogenação. A conversão subsequente da dopaquinona em eumelanina depende de uma série de reações de oxidação e ciclização que originam o indol-5,6-quinona, precursor mais próximo da eumelanina. Já a formação das feomelaninas ocorre por um desvio da via metabólica precedente, interagindo com a cisteína.

A melanina produzida migra através do sistema cutâneo; deste modo, a pigmentação da pele depende não apenas da presença e natureza química da melanina, como também de sua migração, que pode ser influenciada por fatores externos, como a exposição à radiação ultravioleta. Enquanto o ultravioleta A (UVA) promove a oxidação dos precursores incolores da melanina, com pigmentação direta e imediata sem eritema, o UVB gera pigmentação indireta pelo aumento do número de melanócitos ativos e estimulação da tirosinase, provocando eritema actínico (ICOLETTI et al., 2002).

A produção aumentada de melanina em resposta à estimulação é uma reação defensiva da pele contra o efeito agressor da radiação solar. Após irradiação, os melanossomas se reagrupam em torno do núcleo para proteger o material genético da célula, promovendo coloração cutânea e capilar e atuando como filtro solar, por difração e reflexão da radiação incidente.

*Fototipos de pele:* Em 1976, Fitzpatrick classificou a pele humana em fototipos que variam do tipo I (pele mais branca) ao tipo VI (pele negra) (FITZPATRICK; MOSHER, 1983; GUIRRO; GUIRRO, 2004). Fitzpatrick e Mosher (1983) classificam a cor natural da pele como

constitutiva (controlada por fatores genéticos que fornecem características específicas aos melanossomas através dos genes de pigmentação) ou facultativa (conforme o nível de exposição ao sol, influências hormonais e grau de envelhecimento). A cor da pele varia segundo a raça e, no indivíduo, conforme a região do corpo, sendo influenciável pelas condições do meio.

**Radiação Solar:** A radiação solar inclui as regiões visível, ultravioleta (UV) e infravermelho (IV) do espectro eletromagnético, divididas conforme o comprimento de onda. A luz visível apresenta comprimento de onda entre 400 e 700nm e atravessa a camada córnea da pele. Radiação IV corresponde a comprimentos de onda acima de 700nm e é parcialmente barrada pelas nuvens, enquanto a radiação UV compreende comprimentos de onda abaixo de 400nm, podendo gerar eritema e bronzeamento da pele. O espectro UV é dividido em: i) UVA (400 a 320nm, capaz de atravessar a camada de ozônio); ii) UVB (320 a 290nm, retido pelo vidro e parcialmente bloqueado pela camada de ozônio; ao atingir a pele, 70% detém-se na camada córnea); e iii) UVC (290 a 100nm), bactericida, retido na camada de ozônio e pelo vidro (MOTA; BARJA, 2006). A radiação UVB produz eritema de grau variado, conforme a energia recebida, o tempo de exposição e a sensibilidade da pele. O eritema difere de acordo com o comprimento de onda a que se expôs e a resposta eritêmica e pigmentar individual, sendo que a divisão nos seis fototipos de Fitzpatrick ocorre a partir desta resposta individual.

**Técnica Fotoacústica:** O efeito fotoacústico foi descoberto por Graham Bell (BELL, 1880). Percebendo que a incidência de luz modulada em uma superfície sólida em forma de diafragma produzia som, Bell mostrou que a intensidade do sinal acústico dependia do nível de absorção da luz pelo material no qual incidia.

A técnica fotoacústica permite estudar materiais biológicos e suas propriedades ópticas pela análise do sinal gerado pela absorção de luz modulada incidente sobre uma amostra. O sinal fotoacústico produzido depende da radiação absorvida pela amostra e dispensa preparação prévia, permitindo o estudo de amostras altamente espalhadoras como tecidos biológicos (ROSENCWAIG, 1980).

O uso da fotoacústica na área de dermatologia iniciou-se no final da década de 1970 (BERNENGO, 1998), e um tema de interesse é a análise da cinética de penetração de produtos topicamente aplicados à pele (ROSSI; BARJA, 2006).

O presente estudo teve por objetivo realizar uma classificação dos tipos de pele em termos do nível de pigmentação, avaliado através de medidas fotoacústicas *in vivo*, sendo os

resultados relacionados às classificações propostas por Fitzpatrick e Baumann (2006).

## Materiais e Métodos

A pesquisa foi realizada com 57 voluntários do sexo feminino, com idade entre 18 e 32 anos. Inicialmente, os voluntários foram submetidos à avaliação clínica e aplicação de um questionário para classificação quanto ao tipo de pele, em termos dos fototipos de I a VI propostos por Fitzpatrick. Em seguida, foram realizadas as medições fotoacústicas *in vivo*.

Na montagem fotoacústica utilizada, a luz emitida por uma lâmpada halógena de tungstênio (Xelux, 24V-250W) foi modulada mecanicamente com o auxílio de um modulador modelo SR540 (Stanford Research Systems). Este era conectado, assim como o microfone da célula fotoacústica aberta de duas faces (construída na UNIVAP), a um amplificador síncrono (Stanford Research Systems, modelo SR530), que assim coletava informações sobre a frequência de referência e o sinal fotoacústico. O amplificador síncrono coletava a amplitude e a fase do sinal do microfone simultaneamente, sendo conectado a um microcomputador para aquisição dos dados (através do programa "Sin530").

O protocolo de higienização prévia às medidas consistiu na limpeza da região a ser medida com algodão embebido em álcool 70%. Em seguida, foi medido o nível de sinal fotoacústico de cada voluntário para as seguintes regiões: a) parte interna do antebraço direito; b) parte externa do antebraço direito; c) parte interna, antebraço esquerdo e d) parte externa, antebraço esquerdo.

Para as medições, o voluntário era posicionado ao lado da montagem, com o antebraço vedando a célula fotoacústica. A luz incidia na pele após atravessar a face oposta da célula fotoacústica, fechada com uma janela de vidro. Para cada medição, foram feitas 200 leituras, à taxa de duas leituras por segundo. Posteriormente, foi feita a classificação dos voluntários, comparando-se os resultados obtidos com as classificações propostas por Fitzpatrick e Baumann.

## Resultados

A análise clínica (inspeção visual e avaliação dos questionários) permitiu identificar na amostra quatro diferentes fototipos de pele, de acordo com a classificação proposta por Fitzpatrick. Os resultados aparecem na tabela 1, que mostra predominância do tipo III, com aproximadamente 40% dos voluntários, seguido do tipo IV. O tipo V foi o menos freqüente, com apenas cinco voluntários.

Tabela 1 – Classificação da amostra a partir da proposta de Fitzpatrick

Fototipo	Frequência absoluta	Frequência relativa (%)
II	14	24,6
III	22	38,6
IV	16	28,1
V	5	8,7
<b>Total</b>	<b>57</b>	<b>100,0</b>

Quanto às medidas fotoacústicas, a análise estatística efetuada (teste *t* pareado,  $p > 0,1$ ) mostra equivalência entre o sinal fotoacústico do braço esquerdo e do braço direito de um mesmo voluntário. No entanto, o mesmo teste permite observar diferença altamente significativa entre a parte interna e a parte externa do mesmo antebraço ( $p < 0,005$ ). Assim, enquanto os dados para a parte externa são razoavelmente homogêneos para diferentes voluntários, as medidas efetuadas na parte interna dos antebraços apresentam boa correlação com os fototipos de pele propostos por Fitzpatrick, conforme relatado em estudo anterior (MOTA; BARJA, 2006). A partir desta constatação, utilizou-se a amplitude do sinal fotoacústico para dividir a amostra em dois grandes grupos (“pigmentado”, com sinal fotoacústico de maior amplitude, e “não-pigmentado”, amplitude menor), seguindo a classificação proposta por Baumann (2006) para o nível de pigmentação da pele.

As tabelas 2 e 3 apresentam respectivamente a composição dos grupos pigmentado e não-pigmentado, em termos da classificação usual em fototipos realizada a partir da avaliação clínica efetuada. Finalmente, a tabela 4 apresenta a divisão dos voluntários de cada fototipo em cada um dos dois grandes grupos, pigmentado e não-pigmentado.

Tabela 2 – Composição do grupo pigmentado (P) em termos dos fototipos propostos por Fitzpatrick

Fototipo	Frequência absoluta	Frequência relativa (%)
II	1	3,6
III	12	42,8
IV	11	39,3
V	4	14,3
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>100,0</b>

Tabela 3 – Composição do grupo não-pigmentado (NP) em termos dos fototipos propostos por Fitzpatrick

Fototipo	Frequência absoluta	Frequência relativa (%)
II	13	44,9
III	10	34,5
IV	5	17,2
V	1	3,4
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>100,0</b>

Tabela 4 – Divisão percentual do total de voluntários de cada fototipo nos grupos pigmentado (P) e não-pigmentado (NP).

Fototipo	Grupo NP (%)	Grupo P (%)
II	92,9	7,1
III	45,5	54,5
IV	31,2	68,8
V	20	80

## Discussão

Ainda hoje, não há uma concordância universal quanto à melhor técnica ou formas de análise que permitam classificar adequadamente os diferentes tipos de pele. A proposta de Fitzpatrick para classificação da pele humana em fototipos que variam do I (pele mais branca) ao VI (pele negra) baseia-se numa análise empírica, fundamentada na observação visual. Na técnica fotoacústica, o sinal produzido é proporcional ao nível de absorção da radiação pela pele, que pode ser diretamente relacionado ao grau de pigmentação cutânea.

Uma análise criteriosa dos dados obtidos nas medidas fotoacústicas efetuadas mostrou ser possível dividir a amostra em dois grandes grupos (P e NP). Esta classificação corrobora a proposta recente de Baumann (2006). Segundo este autor, o tipo de pele está relacionado à quantidade de melanina produzida, sendo possível a divisão da população em “não-pigmentados” (pessoas com baixa produção de melanina) e “pigmentados” (quando a produção de melanina é significativa). Esta classificação privilegia os fatores ditos facultativos aos constitutivos. Assim, pessoas de uma mesma origem familiar, porém com hábitos diferentes (principalmente quanto ao nível cotidiano de exposição solar), podem aparecer em grupos diferentes.

A observação das tabelas 2 e 3 mostra que o grupo P é composto por voluntários de fototipos III a V (a mediana corresponde ao fototipo IV); o único voluntário do fototipo II neste grupo declarou exposição diária de 30 minutos ao sol.

Por outro lado, o grupo NP é composto por voluntários dos fototipos II e III, incluindo também alguns voluntários do fototipo IV e um caso isolado de fototipo V (voluntário que declarou não se expor ao sol). O fototipo II é o mais comum neste grupo, enquanto a mediana corresponde ao fototipo III. Dois dos voluntários do fototipo IV neste grupo declararam-se fumantes. É interessante observar que fumantes tendem a apresentar pele mais pálida, pois a nicotina destrói fibras de colágeno, além de reduzir o nível de umidade da pele.

A tabela 4 mostra que o fototipo II é fortemente relacionado ao grupo NP, enquanto os fototipos IV e V concentram-se no grupo P. Voluntários de fototipo III são encontrados em ambos os grupos, mostrando a variabilidade de elementos identificados com o mesmo fototipo. Este tipo de dubiedade é evitado quando a classificação é realizada através das medidas fotoacústicas (dados quantitativos), utilizando-se o critério proposto por Baumann (classificação de cada indivíduo em "pigmentado" ou "não-pigmentado").

## Conclusão

Em dermatologia, busca-se definir os tipos de pele de modo preciso, para que a indústria de cosméticos e fármacos proporcione tratamentos mais adequados a cada tipo de pele. Os resultados obtidos no presente estudo indicam que é possível utilizar as medidas fotoacústicas para separar os voluntários analisados em dois grupos, conforme o nível de pigmentação apresentado, como proposto por Baumann (2006). A classificação em relação à pigmentação, utilizando a técnica fotoacústica, configura-se como uma forma objetiva e adequada para caracterizar os tipos de pele.

O presente trabalho insere-se no contexto de uma ampla pesquisa sobre caracterização de pele humana em andamento no FASBio/UNIVAP. Como perspectiva, busca-se agora avaliar o nível de oleosidade da pele humana utilizando a célula fotoacústica aberta desenvolvida na UNIVAP (PAIVA; BARJA, 2006), bem como através de medidas de refletância e transmitância.

## Agradecimentos

P.R.B. agradece à Fapesp pelo apoio concedido (Projeto JP 04/02193-1).

## Referências

- BAUMANN, L. **The Skin Type Solution**. New York: Beauty & Grooming Bantam Hardcover, 2006.
- BERNENGO, J. C. et al. Photoacoustics as a tool for cutaneous permeation studies. **High Temp.-High Press.**, v.30, p.619-624, 1998.
- FITZPATRICK, T. B.; MOSHER, D. B. Pigmentação cutânea e distúrbios do metabolismo da melanina. In: ISSELBACHER, Kurt J. et al. **Medicina interna**. 9ªed. Guanabara Koogan, p.276-284, 1983.
- GONCHOROSKI, D. D.; CÔRREA, G. M. Tratamento de hiperpigmentação pós-inflamatória com diferentes formulações clareadoras. **Infarma**, v.17, n.3/4, p.84-88, 2005.
- GUIRRO, E.; GUIRRO, R. **Fisioterapia dermatofuncional**. 3ªed. São Paulo: Manole, 2004.
- MOTA, J. P.; BARJA, P. R. Classificação de fototipos de pele: análise fotoacústica *versus* análise clínica. *Revista Univap*, v.13, n.24 (Ed.Especial - VI EPG), p.2561-2564, 2006.
- MURPHY, G. F.; MIHM J. R., Martin C. A pele. In: COTRAN, Ramzi S.; KUMAR, Vinay; COLLINS, Tucker. **Robbins: patologia estrutural e funcional**. 6ªed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.1047-1086, 2000.
- OLIVEIRA, L. J.; ROCHA, I. M.; GUILLO, L. A. Ensaio radiométrico de tirosinase. **Rev. Bras. Farm.**, v.85, n.1, p. 5-6, 2004.
- PAIVA, R.F.; BARJA, P.R. Células fotoacústicas para medidas em materiais biológicos: projetos e aplicações. Anais do I Environmental and Health World Congress (EHWC/2006), Santos, p.332-335, jul/2006.
- ROSSI, R. C. P.; BARJA, P. R. Estudo fotoacústico das propriedades de penetração de Arnica montana de uso tópico na pele humana. Anais do I Environmental and Health World Congress (EHWC/2006), Santos, p.328-331, jul/2006.
- VALENTE, N. Y. S. Estrutura e funções da pele. In: SITTART, José Alexandre de Souza; PIRES, Mario Cezar. **Dermatologia para o clínico**. São Paulo: Lemos-Editorial, p. 1-5.,1998.
- VIGLIOGLIA, P. A. Biologia cutânea da pele normal. In: VIGLIOGLIA, P. A.; RUBIN, J. **Cosmiatria II**. 2ªed. Buenos Aires: AP Americana, p.22-37, 1991.