

**UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA
INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO**

CLÁUDIA REJANE LIMA DE MACEDO COSTA

**PROPOSTA DE CARACTERIZAÇÃO FOTOACÚSTICA
DO NÍVEL DE OLEOSIDADE DA PELE**

São José dos Campos, SP
2006

Cláudia Rejane Lima de Macedo Costa

Proposta de Caracterização Fotoacústica do Nível de Oleosidade da Pele

Dissertação apresentada no Programa de Pós-graduação em Bioengenharia, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roxo Barja

Co-orientadora: Prof^a. Dra. Maira Magini

São José dos Campos, SP
2006

C871p

Costa, Cláudia Rejane Lima de Macedo

Proposta de caracterização fotoacústica do nível de oleosidade da pele/ Cláudia Rejane Lima de Macedo Costa.. São José dos Campos: UniVap, 2006.

1 Disco laser. Color.

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, 2006.

1. Pele 2. Fotoacústica I. Barja, Paulo Roxo, Orientador. II. Magini, Maira, Co-orientador. III. Título

CDU: 612.79

Autorizo, exclusividade para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, por processo fotocopiador ou transmissão eletrônica.

Aluna: *Cláudia Rejane Lima de Macedo Costa.*

Data: São José dos Campos, 07 de Dezembro de 2006

**“PROPOSTA DE CARACTERIZAÇÃO FOTOACÚSTICA DO NÍVEL DE OLEOSIDADE DA
PELE”**

Claudia Rejane L. Macedo Costa

Banca Examinadora:

Prof.^a. Dra. **MAIRA REGINA RODRIGUES MAGINI** (UNIVAP)

Maira RR Magini

Prof. Dr. **PAULO ROXO BARJA** (UNIVAP)

Paulo Roxo Barja

Prof. Dr. **PÉRICLES ALMEIDA DELFINO DUARTE** (UNIOESTE)

Pérlis. W.

Prof. Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco

Diretor do IP&D – UniVap

Dedicatória

Aos meus pais, Enedino e Juvenide

Aos meus irmãos, Elder, Erisson e Simaya

A minha tia Glória e tio Wilson

Ao meu esposo Luciano

À minha pequenina filha Júlia, o grande amor da minha vida

Ao prof. Paulo Roxo Barja

Agradecimentos

A Deus, por estar presente na minha vida.

À minha mãe, o que seria da minha vida sem ti. Obrigada mamãe por tudo que faz por mim.

Ao meu pai e meus irmãos, pelo carinho, amor, apoio, força, agradeço a Deus por minha família, eu amo muito vocês.

Ao Luciano, meu esposo, pelo carinho, compreensão e colaboração. Lu, eu te amo.

À Júlia, minha filha, de nove meses, por ter me acompanhado ao mestrado desde sua vida intra-uterina e pelos momentos em que não pude está presente.

A titia Glória, pelas orações, sempre esteve ao meu lado.

Ao tio Wilson, pelo carinho, apoio, nos momentos que eu mais preciso você está sempre presente para me orientar e ajudar, você é muito importante para mim.

A vovó Rosalina, não está mais entre nós, saudades.

À minha querida Terezinha, Tetê, por cuidar de mim e da Júlia.

Ao Prof. Dr. Paulo Roxo Barja, meu orientador, meu mestre, exemplo de dedicação, que me acompanhou nesta jornada. Não tenho palavras para agradecer-te.

A Isabel, pequenina Bebel, e a Adriana, eu sei que várias vezes o prof. Barja as deixou para me orientar, obrigada Adri pela sua compreensão e a você, Bebel, um beijo carinhoso.

Ao Prof. Dr. Péricles Duarte, que gentilmente aceitou participar da minha banca, você é uma pessoa que eu admiro muito.

A prof^a. Maira Magini, pela colaboração.

As minhas amigas Débora Vieira e Jociely Mota, companheiras de viagem, hotel, mestrado, alegrias, tristezas, cansaços, sonhos, esta conquista é de vocês também. Valeu por tudo.

Como eu poderei esquecer a família Parrilha Mota, mesmo sem me conhecer me acolheu, me apoiou, torceu por mim como se eu fosse filha e irmã, saibam que também são meus pais e minhas irmãs. Obrigada pelo carinho e exemplo.

A turma de B.H. (Cristiane, Júlia, Paulo e Cristiano), e ao Marcelo Moreno, um abraço carinhoso.

Ao Rafael Furtado, obrigada pelo apoio, carinho e auxílio no laboratório de fotoacústica. Valeu Rafa.

As voluntárias, sem vocês não existiria esta pesquisa, obrigada pela colaboração.

A Rúbia, bibliotecária, que gentilmente ajudou na pesquisa dos artigos, quantas vezes foi mais tarde para casa por causa de mim, um forte abraço.

A Valéria, Ivone e prof. Roosevelt, pelo carinho, colaboração e atenção.

A amiga Erica Osaku, pela amizade e colaboração.

A Keila Okuda, Maria do Carmo Jorge e Alexandre Loth, obrigada pelo apoio, solidariedade.

A Lucia, Marcos, pastor Gilson e Aline, pelas orações e amizade sincera.

Aos vizinhos, Sandra, Luiz, Tauana, Luiz Henrique, vovó Iva, Mafalda, eu sei que vocês torceram por mim.

Nesta dissertação tem um pedacinho de cada um de vocês,

MUITO OBRIGADA !!!

(Uma coisa que aprendi
com o Leão do “Mágico de Oz”):

Coragem

Não é ausência de medo

Coragem

É enfrentar o medo

(isso porque
enfrentar o medo

já é vencê-lo)

Paulo Roxo Barja,

7/12/2006

PROPOSTA DE CARACTERIZAÇÃO FOTOACÚSTICA DO NÍVEL DE OLEOSIDADE DA PELE

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo propor um método experimental direto com base na análise fotoacústica para avaliação comparativa do nível de oleosidade da pele. A técnica fotoacústica consiste em um método para a caracterização de vários tipos de materiais, oferecendo, em muitos casos, vantagens sobre técnicas tradicionais, por possibilitar a análise de tecidos biológicos intactos e poder analisar amostras altamente espalhadoras, como a pele humana. Na pesquisa, foram utilizados dois cosméticos, um óleo e um talco corporal, clinicamente testados e comercialmente disponíveis. O estudo foi realizado numa amostra de dezenove voluntários, nove de pele seca e dez de pele oleosa. Foram realizadas quatro séries de medidas a partir de um protocolo de higienização prévia às medidas (limpeza da região do antebraço a ser medida com algodão embebido em álcool 70%): 1) medida inicial na pele do antebraço após protocolo de assepsia; 2) medida no mesmo antebraço do item anterior, após aplicação de talco corporal; 3) medida no antebraço oposto após protocolo de assepsia; 4) medida no mesmo antebraço do item anterior, após aplicação de óleo corporal. Os resultados das medidas em antebraço limpo não mostraram diferença estatisticamente significativa entre pele seca e pele oleosa, possivelmente devido ao protocolo de limpeza utilizado. No entanto, para ambos os tipos de pele, a técnica fotoacústica foi capaz de mostrar diferenças na pele humana *in vivo* após aplicação de diferentes produtos (óleo ou talco), mostrando aumento significativo da amplitude do sinal fotoacústico após aplicação de talco e redução significativa após aplicação de óleo.

Palavras-chave: técnica fotoacústica, pele humana, oleosidade da pele, efusividade térmica

PROPOSITION OF PHOTOACOUSTIC CHARACTERIZATION OF THE SKIN OILINESS LEVEL

ABSTRACT

The present paper has aimed to propose a direct experimental method based in the photoacoustic analysis to evaluate comparatively the skin oiliness level. Photoacoustic technique is a method employed in the characterization of different materials, offering, in many cases, meaningful advantages over traditional techniques, allowing the analysis of intact biological tissues and highly light-scattering samples, as the human skin. In the research, two cosmetics were used, an oil and a body talcum powder, both clinically tested and commercially available. The study was performed through measurements in nineteen volunteers, being nine of them with dry skin and ten of them with oily skin. Four series of measurements were carried out after previous hygienization of the samples (cleaning in the forearm region to be measured with cotton soaked in 70% alcohol): 1) the first one, in the forearm skin after asepsis protocol; 2) measurement in the same forearm skin as the previous item, after application of body talcum powder; 3) measurement in the opposite forearm after asepsis protocol; and 4) measurement in the same forearm skin as 3), after application of body oil. Measurement results in clean forearm did not show statistically significant differences between dry and oily skin, possibly due to the asepsis protocol employed. On the other side, for both skin types, the photoacoustic technique was able to show differences in human skin after application of different products (oil or talcum powder), showing significant elevation of the photoacoustic signal amplitude after talcum powder application and significant reduction after oil application.

Keywords : photoacoustic technique, human skin, skin oiliness, thermal effusivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação das camadas da pele.....	5
Figura 2 - Representação das camadas da epiderme	6
Figura 3 - Representação das camadas da derme	8
Figura 4 - Representação de um fragmento da pele - ressaltando a glândula sebácea	9
Figura 5 - Representação do efeito fotoacústico dentro de uma câmara fechada.....	23
Figura 6 - Mecanismo de geração do sinal fotoacústico.....	25
Figura 7 - Montagem fotoacústica utilizada	28
Figura 8 - Posicionamento do antebraço do voluntário na célula fotoacústica	31

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Classificação dos tipos de pele proposta por Fitzpatrick	7
Quadro 2 - Tipos e características de pele segundo Baumann	16
Tabela 1 - Sinal fotoacústico dos voluntários com a pele limpa	33
Tabela 2 - Sinal fotoacústico dos voluntários após aplicação de óleo e talco	35
Tabela 3 - Análise estatística comparativa entre os tipos de pele após aplicação de óleo e talco.	36

LISTA DE SIGLAS

μm : micrômetro

mm: milímetro

pH: potencial de hidrogênio

cm^2 : centímetro quadrado

e : efusividade térmica

k : condutividade térmica

ρ : densidade

c : calor específico em pressão constante

Hz: Hertz

mV: miliVolts

LISTA DE ABREVIATURAS

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IP&D: Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento

UNIVAP: Universidade do Vale do Paraíba

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. A PELE HUMANA.....	17
<u>3.1</u> Tipos de Pele	10
<u>3.1.1</u> A Avaliação dos Tipos de Pele Segundo Baumann.....	14
4. A FOTOACÚSTICA.....	21
<u>4.1</u> Contexto Histórico e Aplicações	21
<u>4.2</u> Base Teórica	23
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
<u>5.1</u> Materiais	27
<u>5.2</u> Voluntários	28
<u>5.3</u> Métodos	29
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
7. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXO A	42
ANEXO B.....	43

1. INTRODUÇÃO

A pele apresenta múltiplas funções essenciais para a sobrevivência do ser humano, como: proteção, termorregulação, resposta imunológica, barreira para perda de água, secreção de resíduos e sensação.

A pele humana é constituída por duas camadas principais: a epiderme e a derme. É na derme que se encontram as estruturas anexas da pele; pêlos, glândulas - sebáceas e sudoríparas - e unhas, embora elas sejam derivadas da epiderme. Destas estruturas, as glândulas sebáceas e sudoríparas têm influência decisiva na aparência e na saúde da pele humana. As glândulas sebáceas produzem o sebo que é uma secreção de caráter oleoso e glândulas sudoríparas produzem o suor que é uma secreção de caráter aquoso. Estas secreções (sebo e suor) são lançadas sobre a pele formando a emulsão epicutânea, também chamada de manto hidrolipídico. As variações na composição ou na quantidade de emulsão epicutânea determinam o tipo de pele. A emulsão epicutânea também é responsável pela proteção da pele, envolvendo partículas ou substâncias agressivas que atingem a pele, evitando ou minimizando a desidratação ou ressecamento excessivo da pele, evitando ou dificultando a proliferação de microorganismos agressivos. Para isto, mantém o pH da pele levemente ácido (4,6 – 5,8) mantendo a flora natural da pele e mantendo a estrutura da queratina em conformação apropriada. A definição dos tipos de pele tem como parâmetro, em grande medida, os efeitos destas glândulas na aparência da pele.

No início do século XX, Rubinstein concebeu quatro tipos de pele; 1) normal, 2) seca, 3) oleosa e 4) mista (*apud* CORAZZA, 2006). Estas classificações têm orientado tanto mulheres quanto homens na escolha de cremes e tratamentos para melhorar a aparência da pele e evitar os sinais da idade. Por esta razão, estudos que tentem identificar as características da pele são

extremamente importantes. Mais recentemente, Baumann chegou a dezesseis tipos ao cruzar os tipos de pele - normal, seca, oleosa e mista - e condições da pele - jovem, madura, sensível ou resistente.

O objetivo deste trabalho é identificar o nível de oleosidade da pele através da técnica fotoacústica, que se baseia na produção de ondas acústicas numa câmara (célula) fechada contendo ar em contato com o material analisado, exposto à luz (direta ou indireta) modulada numa determinada frequência. Esta técnica permite que se selecione a espessura de pele a ser estudada, conforme a frequência de modulação incidente. Assim, a fotoacústica permite caracterizar amostras de pele de diferentes regiões do corpo.

Para a parte experimental deste trabalho, foi selecionada uma amostra de dezenove voluntários com idade entre 20 e 30 anos, do sexo feminino e com o fototipo de pele entre II e V, adotando-se a classificação clínica usual proposta por Fitzpatrick. Dos participantes, dez apresentaram peles oleosas e nove peles secas. Todos os voluntários que participaram do estudo leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, sendo excluídos aqueles que não atendiam aos critérios explicitados para a pesquisa.

Quanto à estrutura da dissertação, inicialmente discute-se a pele humana, sendo em seguida apresentada a técnica fotoacústica como método de análise; a seguir, descreve-se a metodologia utilizada na parte experimental, apresentando e discutindo os dados obtidos e, finalmente, apontando conclusões e perspectivas para a seqüência da pesquisa.

2. OBJETIVO

O presente estudo teve por objetivo avaliar a utilização da técnica fotoacústica como método experimental direto para análise comparativa do nível de oleosidade da pele, ao natural ou após aplicação de diferentes produtos (talco e óleo).

3. A PELE HUMANA

A pele humana recobre o corpo humano, atingindo cerca de 16% do peso corporal; contém aproximadamente 20% do total de água existente no organismo humano e recebe cerca de 1/3 de toda a circulação sanguínea do corpo. A pele é elástica e áspera, e em condições normais, é auto-regeneradora. A sua estrutura varia consideravelmente de uma área do corpo para outra, incluindo mudanças na espessura dos seus componentes e nas estruturas anexas. Sua espessura não é regular, podendo variar de acordo com a região do corpo. Na região do abdômem humano, por exemplo, a espessura é de cerca de 80 μ m, podendo atingir mais de 1mm nas regiões palmares e plantares.

Segundo Bennett e Plum (1997), a pele tende a sofrer alterações durante a vida de um indivíduo. A pele de um lactente, por exemplo, apresenta uma camada de gordura muito mais espessa e uma camada de queratina protetora muito mais fina. O indivíduo, à medida que envelhece, perde uma boa parte da gordura subjacente, a derme e a epiderme tornam-se mais finas, as fibras elásticas da derme fragmentam-se e a pele torna-se mais enrugada. O fluxo sanguíneo da pele também diminui com a idade e, por essa razão, a pele lesada cicatriza mais lentamente nos indivíduos idosos. A pele mais envelhecida também produz uma menor quantidade do óleo protetor e, conseqüentemente, resseca com maior facilidade. Além disso, a pele também sofre alterações porque é freqüentemente danificada por estímulos externos como, radiação, luz solar, toxinas, irritantes alérgenos e agentes infecciosos (AUSIELLO; GOLDMAN, 2005).

A pele apresenta múltiplas funções essenciais para a sobrevivência do ser humano, tais como; proteção, termorregulação, resposta imunológica, barreira para perda de água, secreção de resíduos e sensação. A regulação térmica ocorre por meio de suor que mantém a temperatura

normal do corpo. A absorção deve-se às partículas de gordura da epiderme absorverem substâncias gordurosas sem permitir que a água penetre. A excreção de sebo das glândulas sebáceas ajuda a manter a pele saudável. A eliminação ocorre por meio de transpiração das glândulas sudoríparas. A proteção contra infecções e contra a radiação solar. A sensação decorrente das terminações nervosas da pele ajuda a detectar o calor, o frio, o prazer, a pressão e a dor (BENNETT ; PLUM, 1997; JACOB *et al.*, 1990; ROSS *et al.*, 1993).

Segundo Morganti *et al.* (2001), a pele é constituída por uma porção epitelial de origem ectodérmica, a epiderme, e uma porção conjuntiva de origem mesodérmica, a derme. Em continuidade com a derme está a hipoderme, embora tenha a mesma origem da derme, não faz parte da pele, apenas lhe serve de suporte e união com os órgãos subjacentes (FIGURA 1).

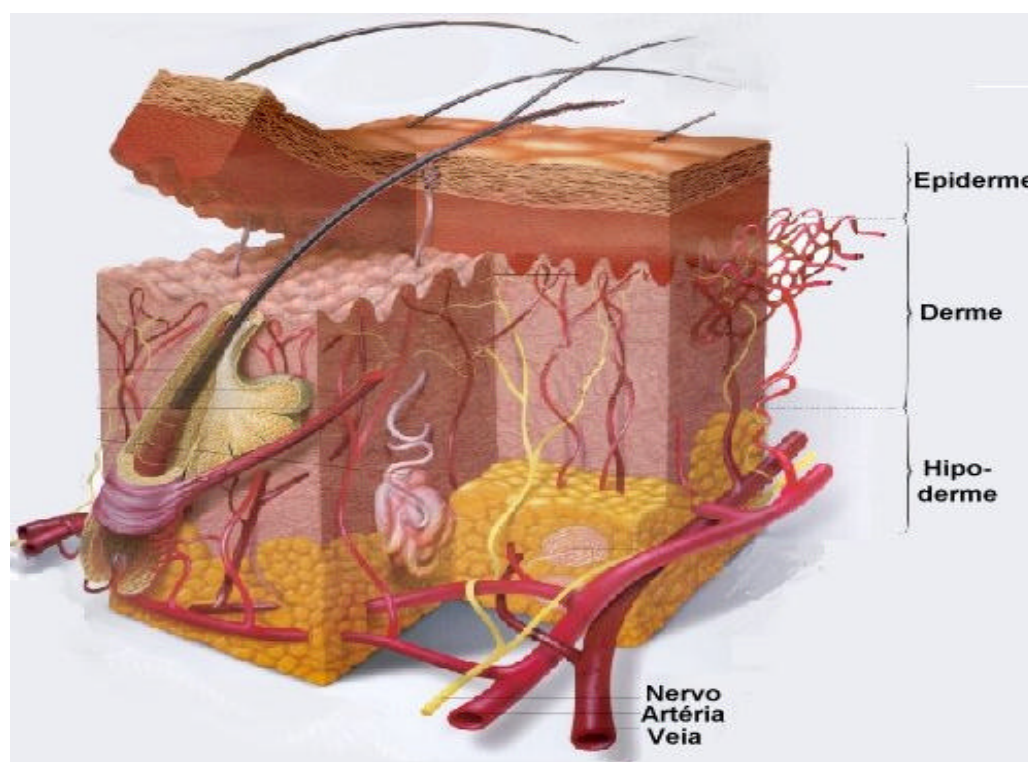


Figura 1 - Representação das Camadas da Pele
Fonte: adaptado do site www.saudeparavoce.com.br

A epiderme é constituída por um epitélio estratificado pavimentoso queratinizado e apresenta três tipos de células; os melanócitos, as células de Langerhans e de Merkel. A sua espessura varia de acordo com a região do corpo, chegando a 1,5 mm nas plantas dos pés (AUSIELLO ; GOLDMAN, 2005). Na epiderme existem as seguintes camadas; estrato córneo, estrato lúcido (camada clara), estrato granuloso (camada granulosa), estrato espinhoso e o estrato germinativo (FIGURA 2).

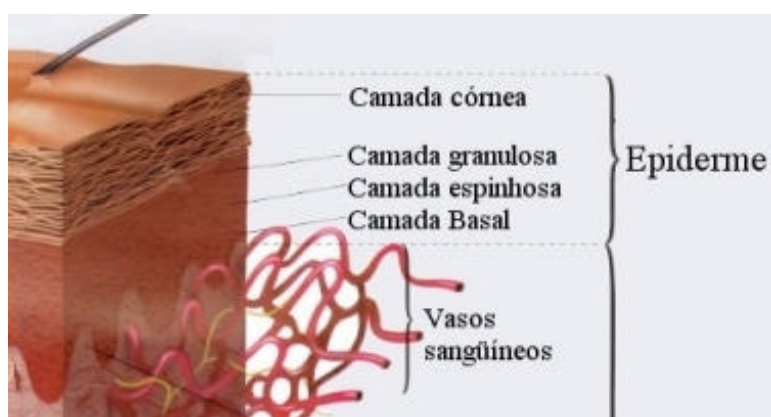


Figura 2 - Representação das Camadas da Epiderme

Fonte: adaptado do site: www.saudeparavoce.com.br

O estrato córneo (camada córnea) forma a camada mais externa da epiderme; consiste em células mortas completamente preenchidas com uma proteína chamada ceratina, servindo como barreira física às ondas luminosas e térmicas, a microorganismos e à maioria dos agentes químicos. O estrato lúcido (camada clara), que se dispõe imediatamente abaixo do estrato córneo, só é visualizado em pele espessa. O estrato granuloso (camada granulosa), formado de duas a cinco camadas de células achatadas, representa a transição para camadas subjacentes. O estrato espinhoso consiste de várias fileiras de células “espinhosas” de forma poliédrica. O estrato germinativo, a camada mais profunda e mais importante da pele, contém células capazes de

sofrer divisão mitótica. Quando novas células são formadas, elas sofrem modificações morfológicas e nucleares à medida que se movem para a camada mais superficial. Simultaneamente, estas células dão origem a todas as outras camadas da epiderme (RIVITTI; SAMPAIO, 1998).

No estrato germinativo situam-se os melanócitos, células que formam a melanina, pigmento que dá cor à pele. A melanina é capaz de conjugar-se com a proteína para formar um composto resistente e rígido, tornando a pele mais pigmentada resistente a irritações externas. A variação no conteúdo da melanina é o principal fator responsável pelas diferenças de cor entre as raças. A pele intensamente pigmentada não contém necessariamente um grande número de melanócitos, mas sim melanócitos mais ativos. A cor rósea da pele origina-se dos vasos existentes na derme enquanto que a presença de caroteno é em parte responsável pela cor amarelada da pele (GRAY, 1977; MORGANTI *et al.*, 2001).

Assim, segundo Fitzpatrick (2000), a cor da pele pode ser classificada em seis tipos; variando do tipo I - pele mais branca - até pele tipo VI - negra -, de acordo com o fototipo, etnia e reação à exposição solar.

Quadro 1 - Classificação dos tipos de pele proposta por Fitzpatrick

Grupo	Eritema	Pigmentação	Sensibilidade
I Branca	Sempre se queima	Nunca se bronzeia	Muito sensível
II Branca	Sempre se queima	Às vezes se bronzeia	Sensível
III Morena clara	Queima moderadamente	Bronzeia moderadamente	Normal
IV Morena moderada	Queima pouco	Sempre se bronzeia	Normal
V Morena escura	Queima raramente	Sempre se bronzeia	Pouco sensível
VI Negra	Nunca se queima	Totalmente pigmentada	Insensível

Fonte: Ke de e Sabatovich (2004)

A derme é um tecido conjuntivo de espessura variável, atingindo o máximo de 3 mm nas plantas dos pés, sobre o qual se apóia a epiderme. O limite da derme com a epiderme é formado por saliências, as papilas dérmicas (camada papilar), que correspondem a reentrâncias (cavos) na epiderme. A camada papilar tem limites pouco nítidos, continua-se com uma camada mais profunda e mais espessa, chamada de camada reticular (FIGURA 3). A derme é um tecido conjuntivo denso, rico em fibras elásticas e com poucas células. Imersos neste tecido estão vasos sanguíneos, linfáticos e estruturas nervosas (GRAY, 1977; ROSS *et al.*, 1993).

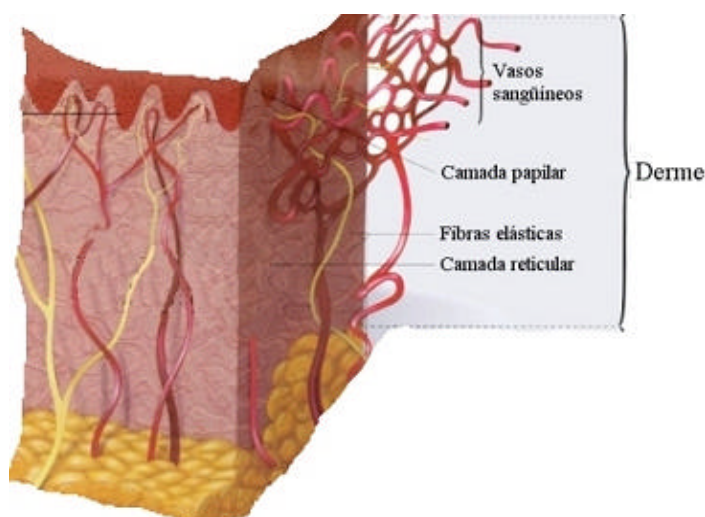


Figura 3 - Representação das Camadas da Derme

Fonte: adaptado do site: www.saudeparavoce.com.br

Abaixo da derme existe a hipoderme, que não é parte da pele, mas dá suporte a esta. Na hipoderme há também tecido adiposo, cujas células armazenam a gordura subcutânea (panículo adiposo). Esta é formada por um tecido conjuntivo frouxo que serve para unir (ainda que de maneira pouco firme) a derme aos outros órgãos do corpo, permitindo que a pele tenha certo grau de deslizamento, dependendo da região do corpo (BENNETT; PLUM, 1997).

Das estruturas anexas da pele (pêlos, glândulas - sebáceas e sudoríparas - e unhas) as glândulas - sebáceas e sudoríparas têm influência decisiva na aparência da pele humana. Estas estruturas são derivadas da epiderme, embora sejam encontradas imersas na derme (AUSIELLO; GOLDMAN, 2005).

Segundo Jacob *et al.* (1990) e Morganti *et al.* (2001), as glândulas sebáceas situam-se na derme, com exceção das regiões palmoplantares. Estas variam em tamanho e número; no rosto e no couro cabeludo são grandes e numerosas (400 a 900 por cm^2) e no tronco são pequenas e menos abundantes. Estas glândulas produzem o sebo, substância oleosa que é a principal responsável pela lubrificação da superfície da pele. O sebo é uma mistura complexa de lipídios que contêm triglicerídeos, ácidos graxos livres, colesterol e seus ésteres, atua como lubrificante natural do pêlo, evitando que fiquem quebradiços e é normalmente eliminado pelos folículos pilossebáceos, formados de um pêlo e uma glândula sebácea (FIGURA 4). Os distúrbios das glândulas sebáceas incluem a acne, a acne rosácea, a dermatite perioral e os cistos sebáceos.

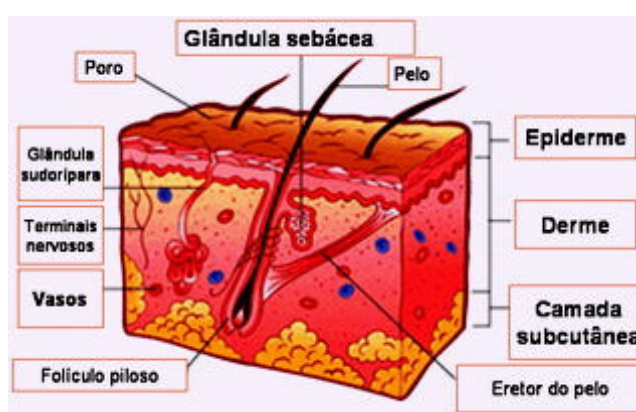


Figura 4 - Representação de um Fragmento da Pele - ressaltando a glândula sebácea

Fonte: adaptado do site: www.marcoBUENO.net

As glândulas sudoríparas consistem em microtubos enrolados que se abrem à superfície da pele através de um poro, e, têm por finalidade recolher líquidos dos capilares sanguíneos e das células vizinhas para eliminar na superfície da pele. Estas glândulas são responsáveis pela produção de uma secreção líquida (incolor e inodora) mais conhecida como suor, constituída de 99% de água e 1% de sais e de uréia. Há dois tipos de glândulas sudoríparas, as écrinas e as apócrinas. As glândulas écrinas são mais numerosas e se encontram por todo o corpo humano. Estas auxiliam na manutenção da temperatura corpórea ao produzir de maneira contínua o suor. Já as apócrinas, se encontram principalmente nas axilas, regiões genitais e ao redor dos mamilos. Estas glândulas nutrem a flora microbiana local através da liberação de secreção (suor). Secreção esta que pode exalar odor quando sofrer decomposição por bactérias. As glândulas apócrinas respondem a estímulos emocionais e não ao calor como as glândulas sudoríparas (GUIRRO; GUIRRO, 2004).

3.1 Tipos de Pele

As glândulas sudoríparas e as glândulas sebáceas têm influência decisiva na aparência e saúde da pele. As glândulas sebáceas produzem o sebo que é uma secreção de caráter oleoso e glândulas sudoríparas produzem o suor que é uma secreção de caráter aquoso. Estas secreções (sebo e suor) são lançadas sobre a pele formando a emulsão epicutânea, também chamada de manto hidrolipídico. As variações na composição ou na quantidade de emulsão epicutânea determinam o tipo de pele. A emulsão epicutânea também é responsável pela proteção da pele, envolvendo partículas ou substâncias agressivas que atingem a pele, evitando ou minimizando a desidratação ou ressecamento excessivo da pele, evitando ou dificultando a proliferação de microorganismos agressivos. Para isto mantém o pH da pele levemente ácido (4,6 – 5,8)

mantendo a flora natural da pele e mantendo a estrutura da queratina em conformação apropriada (AGACHE *et al.*, 1994).

Para classificação detalhada dos tipos de pele, é importante levar em conta parâmetros como o grau de pigmentação e vascularização, aspectos histológicos, nível de hidratação, secreções, pH cutâneo, exame visual e exame à palpação (CORAZZA, 2006). A análise de todos estes parâmetros é essencial para caracterização do tipo de pele e escolha do tratamento cosmético mais adequado.

Segundo Helena Rubinstein (*apud* Corazza 2006), existem quatro tipos de pele, normal, seca, oleosa e mista. A pele normal apresenta aspecto de lisa, sedosa, equilibrada em seu manto hidrolipídico e mantém umidade natural. Este tipo de pele, em geral, encontra-se na infância. É um tipo de pele difícil de encontrar na idade adulta, pois acaba por ser um estado “ideal”, dado que o estresse e o meio ambiente a que estamos sujeitos originam modificações na pele que a torna diferente (PEYREFITTE *et al.*, 1998).

Segundo Cunha (2004), a pele normal apresenta-se sempre fresca e com os poros fechados, sem cravos, espinhas ou lesões. Não descama nem produz oleosidade excessiva. Histologicamente, na hipoderme, o tecido conjuntivo adiposo, deve possuir um número apropriado de adipócitos separados por células de tecido conjuntivo. Ao nível da derme, os fibroblastos asseguram a produção regular da matriz intercelular (fibras colagénicas, de elastina e proteoglicanos) que são responsáveis pela boa elasticidade e hidratação da pele. Na epiderme o processo de queratinização conduz a uma camada córnea homogênea, fina e protetora.

Quanto à vascularização da pele normal, os vasos do plexo subpapilar e das papilas dérmicas possuem uma elasticidade apropriada, de modo a não se deformarem quando há variações de calibre por efeito de vasoconstrição e vasodilatação. A coloração da pele deve,

portanto, manter uma coloração rosada, sem variações apreciáveis. A pigmentação da pele deve ser uniforme, isto é, a existência de melanóforos é regular, assegurando uma coloração homogênea à pele. O exame visual mostrará uma pele de coloração uniforme, sem rugas e à palpação a pele será aveludada, flexível, elástica e de espessura normal (ARNOLD *et al.*, 1994).

Segundo Agache *et al.* (1994), a pele seca existe quando há insuficiência de secreção sebácea. Às vezes, a pele torna-se seca em virtude de mudanças qualitativas da secreção gordurosa, com concentração alterada de lipídios hidrófilos, nestes casos, ao invés de ser lisa e lustrosa, a pele torna-se opaca, áspera e com fina descamação, comum em ruivos e em indivíduos nórdicos.

A pele seca ou ressecada apresenta finas linhas de expressão ao redor dos olhos, boca, e sinais de desidratação no rosto. A pele seca é manchada, ressecada e repuxada, sendo sensível ao sol, vento e poluição. A presença da emulsão hidrolipídica (água e óleo) é insuficiente. Este tipo de pele caracteriza-se por um decréscimo da fase lipídica na película hidrolipídica em virtude de haver hipossecreção sebácea, diminuição na quantidade de água na camada córnea devido à alteração da película hidrolipídica, menor teor de lípidos intracelulares, e à diminuição da síntese dos compostos que constituem o fator de hidratação natural (CUNHA, 2004).

Segundo Arnold *et al.* (1994), a pele seca apresenta aspecto opaco e acinzentado, resultante da contração dos capilares com acúmulo de células mortas que dificulta que a secreção sebácea chegue, normalmente, à superfície da pele para lubrificar e nutrir a epiderme. Nestas circunstâncias há sensação de repuxamento após contato com a água, com tendência ao aparecimento de pequenas rugas e fácil descamação, podendo mostrar vênulas salientes ao nível das bochechas da face.

A pele seca é áspera, desidratada, é mais fina e por qualquer motivo descama, com grande tendência à descamação, devido à ausência de umidade, tem espessura fina, opaca, com pouca elasticidade e envelhece prematuramente. Este tipo de pele não costuma apresentar borbulhas, espinhas nem o brilho antiestético. As mudanças de temperatura e da umidade são os piores inimigos da pele seca, por isso deve-se ter cuidado com o sol e com o frio intenso (PEYREFITTE *et al.*, 1998).

A pele oleosa elimina quantidades mínimas, porém constantes de gorduras epidérmicas que irão formar, juntamente com o suor, uma película que cobre e protege a camada córnea, contribuindo para sua coesão, lubrificação e proteção. Quando as glândulas sebáceas produzem mais sebo que o necessário, a pele torna-se gordurosa ou oleosa. No exame clínico, apresenta-se uma pele brilhante, espessa, poros dilatados principalmente nas regiões central da face, nariz, bochechas e queixo. Tendem a formar cravos, geralmente é uma pele irritável. Apresenta excesso de secreção sebácea (óleo) nas bochechas e na testa, e o agravamento deste tipo de pele é a pele seborréica e acnéica freqüente (CUNHA, 2004).

O aparecimento de pele oleosa pode estar relacionado com problemas hormonais verificados na puberdade, nos ciclos menstruais, no uso de contraceptivos ou na gravidez. Frequentemente, nos jovens, as peles oleosas apresentam a acne juvenil polimorfa. Na pele oleosa distinguem-se duas formas de seborréia, a seborréia fluente e não fluente. A seborréia fluente ocorre quando o sebo escorre pela superfície da epiderme enquanto que a seborréia não fluente, quando o sebo se acumula no canal excretor obstruído por uma hiperqueratinização (ARNOLD *et al.*, 1994).

Segundo Agache *et al.* (1994), o exame visual da pele oleosa com seborréia fluente mostra uma pele de aspecto luzídio, com poros foliculares dilatados, e à palpação é gordurosa e

espessa. O exame visual da pele oleosa com seborréia não fluente mostra uma pele de tez lívida, presença de comedões e de microquistos, e à palpação é rugosa e espessa, pois é bastante queratinizada. A falta da secreção sebácea origina na epiderme zonas desidratadas.

A pele mista apresenta regiões secas nas laterais e levemente oleosas na região T (testa, nariz e queixo), a região da bochecha é mais seca, com espinhas e manchas ocasionais. É um tipo de pele muito comum nos habitantes dos países de clima mediterrânico. Os tratamentos cosméticos devem levar em consideração esta realidade, tratando as duas áreas separadamente, de acordo com as suas características próprias (PEYREFITTE *et al.*, 1998).

A aparência da pele mista é uma testa brilhante devido à maior concentração de glândulas sebáceas e à produção excessiva de óleos nesta área e demais regiões da face normal ou seca. Os poros na zona T são dilatados, às vezes ocluídos por cravos e na região das bochechas os poros são pouco visíveis. A textura da pele mista na zona T é espessa, nas laterais do rosto apresenta-se fina, áspera ou normal (CUNHA, 2004).

3.1.1 A Avaliação dos Tipos de Pele Segundo Baumann

A classificação da pele em quatro tipos, normal, seca, oleosa e mista, desenvolvida por Helena Rubinstein, tem orientado mulheres e homens na escolha de cremes e tratamentos para melhorar a aparência da pele e evitar os sinais da idade (CORAZZA, 2006). Recentemente, essa classificação foi ampliada pela médica americana Leslie Baumann, chefe do Centro de Dermatologia Cosmética da Universidade de Miami, depois de estudar 1400 pacientes durante oito anos, catalogou a pele humana em dezesseis categorias. Estas categorias foram baseadas em um questionário com sessenta e quatro itens que é preenchido de acordo com as respostas dos próprios pacientes (MONTEIRO, 2006; CARELLI, 2006).

Baumann chegou a dezesseis tipos de pele ao cruzar os tipos definidos por Rubinstein (pele normal, seca, oleosa e mista) com as condições da pele (jovem, madura, sensível ou resistente). Estes dezesseis tipos são:

- 1) oleosa, sensível, não pigmentada e propensa a rugas;
- 2) oleosa, sensível, não pigmentada e firme;
- 3) oleosa, sensível, pigmentada e propensa a rugas;
- 4) oleosa, sensível, pigmentada e firme;
- 5) oleosa, resistente, pigmentada e propensa a rugas;
- 6) oleosa, resistente, pigmentada e firme;
- 7) oleosa, resistente, não pigmentada e propensa a rugas;
- 8) oleosa, resistente, não pigmentada e firme;
- 9) seca, sensível, pigmentada e propensa a rugas;
- 10) seca, sensível, pigmentada e firme;
- 11) seca, sensível, não pigmentada e propensa a rugas;
- 12) seca, sensível, não pigmentada e firme;
- 13) seca, resistente, pigmentada e propensa a rugas;
- 14) seca, resistente, pigmentada e firme;
- 15) seca, resistente, não pigmentada e propensa a rugas; e
- 16) seca, resistente, não pigmentada e firme.

Características mais detalhadas de cada um destes tipos de pele são apresentadas no Quadro2.

Quadro 2 - Tipos e Características de Pele Segundo Baumann

Tipos de pele	Características dos tipos de pele
1) oleosa, sensível, não pigmentada e propensa a rugas	É avermelhada com poros abertos, queima em lugar de bronzear; propensão a rugas precoces.
2) oleosa, sensível, não pigmentada e firme	Ruboriza fácil, veias aparentes no rosto, manchas vermelhas que descascam, sobretudo em torno do nariz; rugas após os 40 anos.
3) oleosa, sensível, pigmentada e propensa a rugas	Bronzeia fácil, depois surgem manchas marrons ou esbranquiçadas, acne e dermatites; as primeiras rugas surgem por volta dos 20 anos.
4) oleosa, sensível, pigmentada e firme	Alta incidência de acne, geralmente acompanhada de inflamações, propensão a alergias e, nas pessoas claras, sardas e manchas de sol
5) oleosa, resistente, pigmentada e propensa a rugas	Aparência lustrosa, com poros largos e rara ocorrência de acne.
6) oleosa, resistente, pigmentada e firme	Face brilhante, poucas rugas e acnes, mais comum em negros; em pele clara, maior incidência de sardas e manchas.
7) oleosa, resistente, não pigmentada e propensa a rugas	Brilho moderado na face, poucas acnes e rugas precoces.
8) oleosa, resistente, não pigmentada e firme	Manchas, vermelhidão ou ressecamento são raros; dificilmente se bronzeia.
9) seca, sensível, pigmentada e propensa a rugas.	Uma das peles mais problemáticas, muito fina e seca, apresenta irritações, vermelhidão e descama com frequência, arranhões e cortes resultam em cicatrizes.
10) seca, sensível, pigmentada e firme	Sujeita a eczemas, dermatites e descamações, manchas ásperas e grossas no rosto e no pescoço, ressecamento nas mãos, pálpebras escuras.
11) seca, sensível, não pigmentada e propensa a rugas	Ressecada, avermelhada, áspera e sem brilho, acne moderada, vasos aparentes na face e rugas precoces.
12) seca, sensível, não pigmentada e firme	Seca, com descamações, vermelhidão e coceiras, muito alérgica e com espinhas ocasionais.
13) seca, resistente, pigmentada e propensa a rugas	Sem acne, alergias, irritações ou rugas até os 40 anos, fácil de bronzear.
14) seca, resistente, pigmentada e firme	Seca, com descamações no rosto e no pescoço, áspera nos joelhos e cotovelos, sardas ou manchas de sol
15) seca, resistente, não pigmentada e propensa a rugas	Pele bem clara, típica do norte da Europa, delicada e sem sardas ou manchas.
16) seca, resistente, não pigmentada e firme	Pele típica de loiros ou morenos claros, não bronzeia.

Fonte: Baumann *apud* Carelli, 2006.

Os quatro parâmetros da pele do “Sistema Baumann” são:

- a) hidratação da pele (seca ou oleosa);
- b) sensibilidade da pele (sensível ou resistente);
- c) pigmentação da Pele (pigmentada ou não-pigmentada); e
- d) consistência da pele (enrugada ou firme).

a) Hidratação da Pele: Seca (S) x Oleosa (O)

Há vários fatores envolvidos no desenvolvimento da xerose, isto é, da “pele seca”. A pele seca caracteriza-se por uma coloração branco-acinzentada, uma textura áspera e um número de sulcos e rugas significativo. Produtos tópicos desenvolvidos para tratamento da pele seca concentram-se no reparo de três constituintes básicos do estrato córneo: ceramidas, colesterol e ácidos graxos. Hidratantes reparadores de barreira são especialmente apropriados para o tipo de pele seca e sensível (tipo SS). O tipo de pele (SS) que frequentemente sofre de eritema (vermelhidão) e prurido (coceira) é passível de apresentar falhas de barreira na camada córnea e essas pessoas são mais susceptíveis ao desenvolvimento de eczemas. Pessoas com o tipo de pele oleosa e resistente (OR) raramente sofrem de acne. No entanto, estresse ou flutuações hormonais podem induzir acne nesses pacientes.

b) Sensibilidade da Pele: Sensível (S) x Resistente (R)

A pele sensível pode ser descrita como pele hiperreativa, caracterizada por uma fraqueza da camada córnea, deixando a pele mais vulnerável a fatores exógenos (isto é, influências do meio ambiente como frio, calor, variação de temperatura e vento, poluição, uso excessivo de

agentes tópicos). A pele sensível (S) é mais propensa a reações adversas. Essas reações, por sua vez, são caracterizadas por uma falha na barreira córnea e uma tendência a experimentar resposta neurosensorial exagerada aos produtos tópicos aplicados. A pele resistente (R) caracteriza-se por ter uma camada córnea que dá resistência à pele, promovendo uma camada protetora eficaz contra alérgenos e substâncias irritantes. Esta pele raramente está associada a eritema (exceto eritema solar) ou acne (menos a induzida por estresse ou alterações hormonais).

c) Pigmentação da Pele: Pigmentada (P) x Não pigmentada (N)

Esse parâmetro não considera a etnia; mensura a tendência para o desenvolvimento de manchas escuras indesejadas na face ou tronco. Por exemplo, uma pessoa branca com sardas e cabelo vermelho, assim como uma pessoa negra com melasma pode ser classificada como tipo P (pigmentada). O tipo P de pele está mais freqüentemente correlacionado com o tipo E (enrugada) nas pessoas de pele clara por causa da ligação entre exposição solar com rugas e melanoses solares. Muitos indivíduos de pele escura têm pele tipo PF (pigmenta e firme), com pequena propensão ao enrugamento. É importante notar que nem todos os pacientes de pele escura sofrem de problemas de pigmentação. Muitos exibem um tom de pele regular e não têm manchas hiperpigmentadas. Os pacientes que não apresentam manchas e exibem coloração de pele uniforme são classificados como tipo de pele N (não pigmentada).

d) Consistência da Pele: Enrugada (E) x Firme (F)

Embora existam produtos e procedimentos que podem melhorar a aparência das manchas, além de comportamentos que podem evitar o desenvolvimento dessas alterações, o parâmetro de pele E/F (enrugada ou firme) é o único dentre os quatro parâmetros que pode ter um controle

por parte do indivíduo. Especificamente em referência ao parâmetro P/N (pigmentada ou não pigmentada), um indivíduo não pode mudar o aspecto genético do envelhecimento da pele, mas pode alterar o estilo de vida para reduzir o envelhecimento extrínseco. A exposição solar rotineira é citada como a responsável por 80% do envelhecimento facial. As rugas resultam do dano que ocorre nas camadas dérmicas da pele. Vários estudos demonstraram que os retinóides (produtos com atividade semelhante a da vitamina A) são eficazes na melhora das rugas. O uso consistente de antioxidantes tem provável efeito na prevenção de fatores que contribuem para o envelhecimento extrínseco. O envelhecimento da pele pode ser reduzido através de várias modificações. Especialmente evitando a exposição solar, tabagismo, e poluição irão beneficiar todos os tipos de pele, assim como tendo uma dieta rica em frutas e vegetais, tomando suplementos antioxidantes e usando filtro solar.

Enquanto alguns dos pacientes se enquadram em um tipo de pele de cada parâmetro (seca ou oleosa, sensível ou resistente, pigmentada ou não pigmentada, enrugada ou firme) outros podem ser classificados como intermediários (ou seja, apresentam características intermediárias entre seca e oleosa, sensível e resistente, pigmentada e não pigmentada, enrugada e firme). Baumann propõe um sistema dinâmico, que permita mudar a classificação de um paciente caso ele mude de um meio ambiente para um outro com condições que possam provocar alterações na pele. Por exemplo, uma pele classificada como “pele seca intermediária” pode não ter nenhum sintoma de pele seca até que o clima esteja frio e seco; um tipo classificado como “resistente intermediária” pode não ter nenhum quadro de acne ou de erupções se não for submetida a nenhuma situação de estresse, a ponto da pele reagir de um modo mais sensível (CARELLI, 2006).

A ação do sol, ar condicionado, vento, poeira e poluição destroem a resistência natural da pele, causando a formação de manchas e alterando o relevo cutâneo, com o aparecimento de linhas e rugas. Com o passar dos anos o organismo desacelera a velocidade de renovação das células, havendo também diminuição na produção de substâncias lubrificantes naturais, propiciando o aparecimento de manchas, linhas e sinais de expressão. Além disso, a qualidade da alimentação e os hábitos de cuidado com o corpo físico também alteram a pele, transformando sua condição. Desta forma temos quatro condições básicas da pele: jovem, madura, sensível ou resistente. Cruzando os tipos de pele (normal, seca, oleosa e mista) e condições da pele (jovem, madura, sensível ou resistente), chega-se aos dezesseis tipos de pele proposto pela doutora Leslie Baumann.

4. FOTOACÚSTICA

4.1 Contexto Histórico e Aplicações

A técnica fotoacústica é uma técnica baseada no efeito do mesmo nome, descoberto por Alexander Graham Bell em 1880, ao perceber que a incidência de luz modulada em uma superfície sólida em forma de diafragma conectado a um tubo produzia som. Estudando o efeito, Bell percebeu que a intensidade do sinal fotoacústico era influenciada pelo nível de absorção da luz pela amostra (BARJA, 1996).

Este efeito foi considerado apenas como uma curiosidade durante quase um século tendo apenas uma limitada utilização na década de 30 na detecção de poluentes em gases. A partir de 1945 surgiram os microfones propiciando condições mais adequadas ao estudo deste fenômeno. A partir da década de 1970, com o desenvolvimento de um modelo teórico para explicar a geração do sinal fotoacústico em sólidos (ROSENCWAIG e GERSHO, 1976), esta técnica ganhou um grande impulso, sendo hoje considerada como uma das principais técnicas de análise e caracterização de materiais (BARJA *et al.*, 2005). Isto porque a técnica fotoacústica é um método não destrutivo que fornece informações tanto qualitativas quanto quantitativas sobre o material analisado, podendo ser empregada na caracterização de materiais opacos e sistemas biológicos complexos, como a pele (ROSENCWAIG, 1980).

A técnica fotoacústica aplica-se ao estudo de materiais amorfos, opacos, pouco absorvedores, géis, sólidos, líquidos e gases, permitindo a análise de amostras tanto opticamente opacas quanto transparentes. A luz espalhada pela amostra, que constitui um problema nas demais técnicas de espectroscopia óptica, não interfere nas medidas fotoacústicas, pois apenas a luz absorvida pela amostra é responsável pelo sinal (PERONDI; MIRANDA, 1987).

A técnica fotoacústica tem sido utilizada com sucesso no estudo de materiais biológicos como membranas, amostras ósseas ou estruturas de tecidos que são insolúveis, dificultando a obtenção de dados por técnicas convencionais. A técnica fotoacústica possibilita a análise destes tecidos biológicos intactos, constituindo uma importante ferramenta de pesquisa e diagnóstico (ANJOS *et al.*, 2003). Atualmente, destacam-se aplicações no campo da medicina, onde a técnica permite obter dados ópticos em amostras cujo estudo convencional não é possível devido ao nível do espalhamento de luz (BARJA *et al.*, 2003).

O uso da técnica fotoacústica na dermatologia teve início em 1977 com Rosencwaig e Pines (ANJOS *et al.*, 2004). Pesquisas envolvendo fotoacústica e aplicações de cosméticos apareceram a partir de 1978, dando atenção especial à análise do fator de proteção ultravioleta dos protetores solares (BERNENGO *et al.*, 1998). A técnica fotoacústica também permite caracterizar amostras de pele de diferentes regiões do corpo (ANJOS *et al.*, 2003; BARJA *et al.*, 2003).

As técnicas fototérmicas, incluindo a técnica fotoacústica, também têm sido utilizadas com sucesso na análise da penetração de medicamentos aplicados topicamente (Senhenn *et al.*, 1988; Plamann *et al.*, 1992, utilizando “efeito miragem”; Takamoto *et al.*, 1994, *apud* GUTIÉRREZ-JUÁREZ *et al.*, 2002) e caracterização óptica-térmica da pele humana (BINDRA *et al.*, 1994; GIESE *et al.*, 1994; PUC CETTI *et al.*, 1997, *apud* GUTIÉRREZ-JUÁREZ *et al.*, 2002).

4.2 Base Teórica

A técnica fotoacústica baseia-se na absorção direta ou indireta de luz modulada por uma amostra, com a consequente modulação da temperatura no interior de uma célula fotoacústica. Este processo gera ondas acústicas que podem ser captadas por um microfone posicionado no interior da célula fotoacústica. O efeito fotoacústico ocorre quando a luz modulada aquece um material de forma periódica (FIGURA 5). Este aquecimento periódico propaga-se até a camada de ar em contato com o material absorvedor, gerando uma onda de pressão (onda acústica) que é captada pelo microfone que fica no interior da célula fotoacústica (BARJA, 2000).

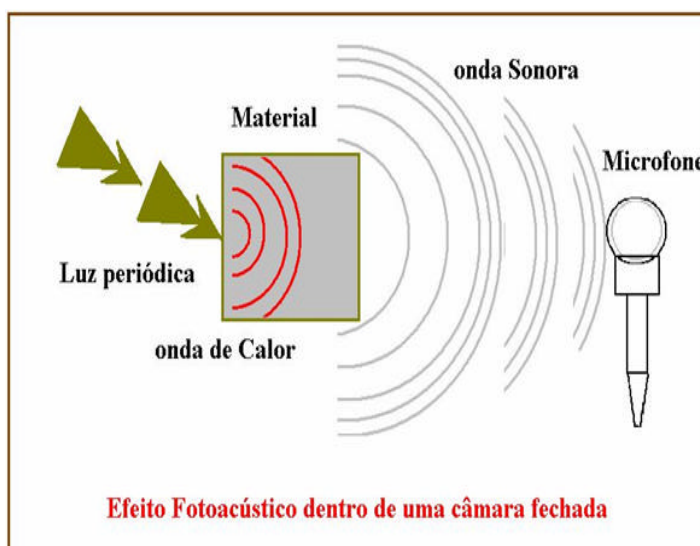


Figura 5 - Representação do Efeito Fotoacústico dentro de uma Câmara Fechada

Fonte: adaptado do site: www.dfi.uem.br

A técnica fotoacústica pode ser empregada no estudo de propriedades ópticas (como absorção e transmissão de radiação) e térmicas (efusividade e difusividade) de uma amostra. A difusividade e a efusividade térmica são parâmetros que indicam como o calor se propaga na amostra, apresentando valores característicos para cada material. O sinal fotoacústico depende das propriedades térmicas (no caso de incidência indireta), coeficiente de absorção óptica da

amostra, propriedades de conversão de luz para calor, e também do meio em que a amostra se encontra (ROSENCWAIG, 1980; GUTIÉRREZ-JUÁREZ *et al*, 2000).

A técnica fotoacústica permite estudar o perfil de profundidade de uma amostra, o que é importante quando se deseja caracterizar amostras multicamadas como a pele humana. Deste modo, pode-se selecionar a espessura de pele a ser estudada, conforme a frequência de modulação incidente.

Para a produção do sinal fotoacústico em uma amostra sólida, coexistem três mecanismos básicos (FIGURA 6): difusão térmica (a), expansão térmica (b) e flexão termoelástica (c). Em alguns casos, observa-se também um componente relacionado à evolução de gases (d).

No primeiro processo (difusão térmica), existe um fluxo térmico desde a amostra até o gás circundante, provocando neste uma variação da temperatura com a mesma frequência de modulação da luz incidente. No entanto, apenas uma fina camada de gás, nas vizinhanças da amostra, responde termicamente às flutuações de temperatura da amostra. Esta camada irá sofrer um processo cíclico de expansão/ contração, funcionando como um pistão vibratório sobre o resto da coluna de gás, gerando assim o sinal fotoacústico. Este sinal é detectado por um microfone alojado em uma câmara conectada à célula fotoacústica. Esta explanação para o fenômeno é devida a Rosencwaig e Gersho (1976) e muitas vezes é referida como *modelo do pistão simples* (ROSENCWAIG, 1980).

No segundo processo (expansão térmica), a vibração mecânica devida à expansão e contração da própria amostra se soma à vibração daquela fina camada de gás, atuando sobre o resto da coluna de gás como um pistão. Este modelo, proposto por McDonald e Wetsel é também conhecido como *modelo do pistão composto* (MCDONALD; WETSEL, 1978).

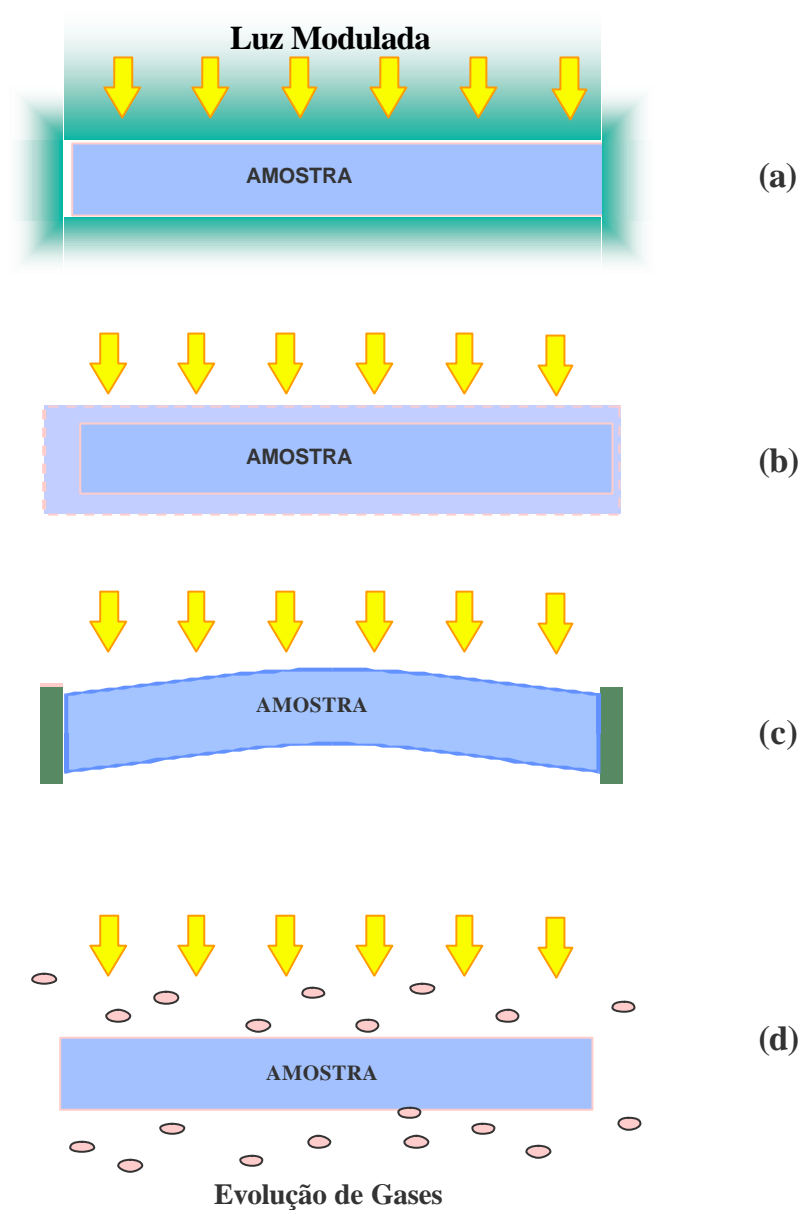


Figura6 - Mecanismo de Geração do Sinal Fotoacústico

Fonte: Laboratório de Fotoacústica Aplicada a Sistemas Biológicos - UNIVAP

O terceiro mecanismo de geração do sinal é o da flexão termoelástica. Este fenômeno surge quando temos uma amostra presa em suas extremidades. A luz incidente sobre a amostra gera um gradiente de temperatura dentro dela, perpendicular à sua face de maior dimensão.

Devido a este gradiente, a expansão térmica será dependente da profundidade, flexionando a amostra. Esta flexão periódica faz com que a superfície da amostra produza o sinal fotoacústico. Este mecanismo foi proposto por Rousset, Lepoutre e Bertrand (ROUSSET *et al*, 1983).

A determinação fotoacústica das propriedades físicas e térmicas dos materiais pode incluir a velocidade do som, elasticidade, temperatura, difusividade e efusividade térmica, entre outras (ROSENCWAIG,1980;VARGAS,1988). Um dos parâmetros importantes na determinação da amplitude do sinal fotoacústico é a efusividade térmica, que mede a impedância da amostra, ou seja, sua habilidade em trocar calor com o meio (BALDERAS-LÓPES *et al.*, 1995) Este parâmetro pode ser medido através das técnicas fotoacústicas porque o sinal fotoacústico numa célula fechada depende da efusividade térmica do material (MIRANDA ; VARGAS, 2003).

A efusividade térmica e de uma amostra é definida pela equação

$$e = \sqrt{kr c} , \quad (4.2.1)$$

onde k é condutividade térmica, r é a densidade e c é o calor específico em pressão constante.

Balderas-Lopes *et al* (1999) usou uma célula fotoacústica convencional para medir a efusividade térmica de todo tipo de amostras líquidas sem expor as amostras à radiação direta. Neste estudo, a célula fotoacústica utilizada foi uma célula que contém duas faces, com microfone interno. Uma das faces é fechada com uma lâmina de vidro e a outra com uma folha de alumínio, onde a região sob estudo (antebraço) foi posicionada.

Nos estudos de Anjos (2004) e Rompe (2004), associou-se a mudança na amplitude do sinal fotoacústico a alterações na efusividade térmica do sistema pele + produto aplicado. A partir disto, o presente trabalho teve por objetivo propor um método experimental direto para avaliação comparativa do nível de oleosidade da pele através da amplitude do sinal fotoacústico.

5. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNIVAP, sob protocolo de nº. L176/2005/CEP (ANEXO A).

Os materiais e métodos que foram utilizados para as medidas propostas são descritos a seguir.

5.1 Materiais

A montagem fotoacústica convencional utilizada (FIGURA 7), consta dos seguintes equipamentos, lâmpada halógena de tungstênio (XELUX, 24V, 250W) com ventilador acoplado; conjunto óptico com lentes; modulador mecânico (Stanford Research Systems, modelo SR540); amplificador síncrono (lock-in, Stanford Research Systems, modelo SR530); célula fotoacústica fabricada em latão (construída na Oficina Mecânica da UNIVAP); lâmina de alumínio (espessura aproximada de 60 μ m); microfone comercial de eletreto e microcomputador para aquisição dos dados.

No presente estudo, a amostra sob análise (pele humana *in vivo*) foi colocada em contato com a lâmina de alumínio que vedava a célula fotoacústica e recebia a incidência do feixe de luz.



Figura 7 - Montagem fotoacústica utilizada

Local: Laboratório de Fotoacústica Aplicada a Sistemas Biológicos, UNIVAP, São José dos Campos (SP).

Na pesquisa foram utilizados dois cosméticos, um óleo e um talco corporal clinicamente testados e comercialmente disponíveis. O óleo corporal é composto por óleo mineral puro, vitamina E (Tocoferol) e fragrância. Sua fórmula emoliente é indicada para hidratar e amaciar a pele. Já o talco corporal é indicado para absorver a umidade da pele e é feito do mineral silicato de magnésio pulverizado.

5.2 Voluntários

Participaram da pesquisa 19 voluntários com idade entre 20 e 30 anos, do sexo feminino e com o fototipo de pele entre II a V, adotando-se a classificação clínica usual proposta por Fitzpatrick (FITZPATRICK; MOSHER, 2000), conforme quadro 1; os participantes selecionados apresentavam pele oleosa (dez voluntários) ou seca (nove voluntários). Para saber o tipo de pele

dos voluntários foi feita uma pergunta (Qual o seu tipo de pele? Normal, seca, oleosa ou mista?). Todos os voluntários que participaram deste estudo leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, sendo excluídos aqueles que não atendiam aos critérios explicitados para a pesquisa.

5.3 Métodos

a) Teste inicial da montagem fotoacústica

Antes das medidas em pele humana, observava-se o nível de sinal fotoacústico de uma lâmina de alumínio (espessura aproximada de 60 μm) que vedava a célula fotoacústica. Isto era feito através de uma varredura temporal de 100 pontos (à taxa de 2 pontos por segundo), com uma frequência de 17 Hz; a escala de sensibilidade do amplificador era escolhida de acordo com o nível de sinal. Estas medidas iniciais eram realizadas para avaliar a eficiência da vedação da célula fotoacústica com o uso da folha de alumínio, bem como maximizar o nível de sinal através do ajuste da montagem óptica.

b) Protocolo de higienização prévia às medidas

Foi realizado um protocolo de higienização prévia às medidas consistindo na limpeza da região do antebraço a ser medida com algodão embebido em álcool 70%. Em seguida, foram realizadas quatro séries de medidas:

- a) PELE - antebraço após protocolo de limpeza com álcool 70%;
- b) PELE + TALCO CORPORAL - mesmo antebraço, após aplicação de talco;
- c) PELE - antebraço oposto, após protocolo de limpeza com álcool 70%;
- d) PELE + ÓLEO CORPORAL - mesmo antebraço, após aplicação de óleo.

c) Protocolo de uso do talco e do óleo na pele dos voluntários

Para delimitar a área do antebraço onde seria aplicado o produto (óleo/talco), foi confeccionado um molde quadrado de cartolina de 9cm² revestido por plástico autocolante. O talco era anteriormente pesado em uma balança de precisão (Balança AdventurerTM, OHAUS), sendo utilizada a quantidade de 0,35g, suficiente para espalhar na área determinada. O óleo foi dosado através de uma seringa milimetrada de 10ml, aplicando-se 0,1ml do produto, suficiente para espalhamento na área determinada. Tanto o talco quanto o óleo foram friccionados na pele do antebraço por 10 segundos, evitando que o produto fosse totalmente absorvido pela pele do voluntário.

d) Detecção do sinal fotoacústico

A luz branca oriunda da lâmpada de tungstênio passa por uma das lentes até chegar modulador mecânico em seguida a luz já modulada passa pela segunda lente que direciona o feixe de luz até uma das faces da célula fotoacústica. Esta face possui uma janela de vidro por onde a luz modulada atravessa a célula e incide sobre a lâmina de alumínio situada na face oposta da célula fotoacústica. O antebraço do voluntário foi colocado sobre a lâmina de alumínio (FIGURA 8) e o sinal fotoacústico produzido é coletado por um microfone de eletreto situado no interior da célula fotoacústica. O sinal fotoacústico é processado pelo amplificador síncrono conectado ao modulador mecânico que informa a frequência de modulação utilizada e ao computador que arquiva os dados que foram gerados.

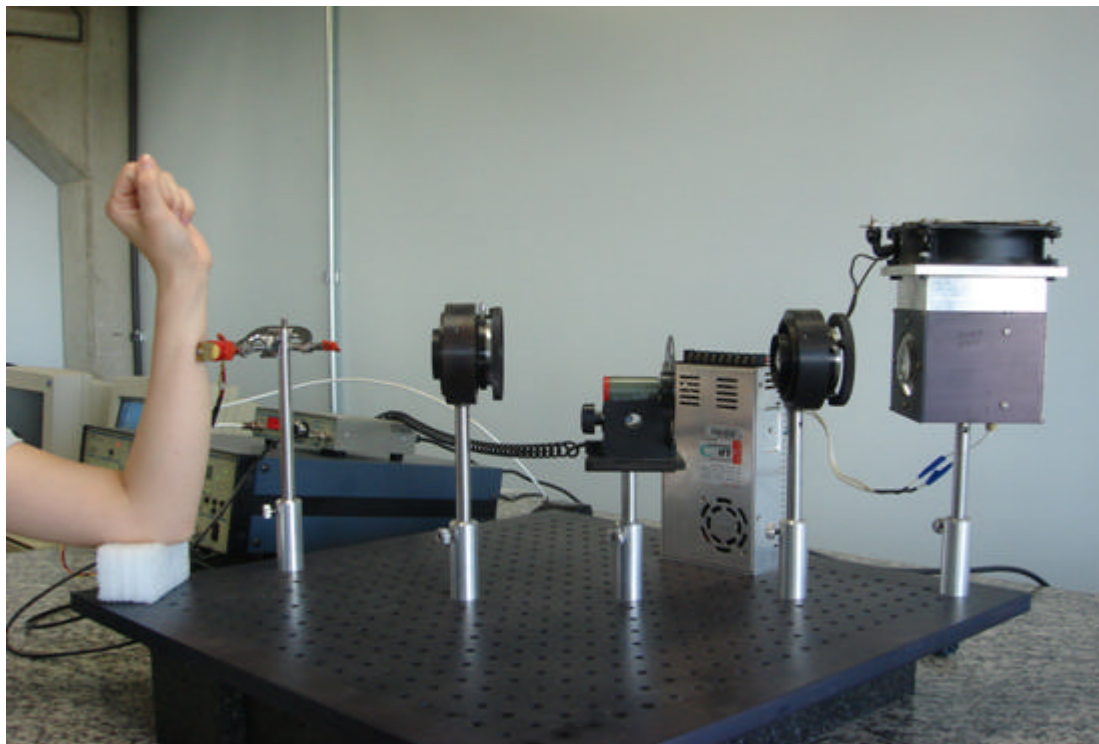


Figura 8 - Posicionamento do antebraço do voluntário na célula fotoacústica

Local: Laboratório de Fotoacústica do IP&D da UNIVAP, São José dos Campos - SP.

e) Coleta do Sinal Fotoacústico

Para a realização das medidas, o antebraço limpo com álcool 70% foi posicionado contra a face externa da folha de alumínio que vedava a célula fotoacústica. Esta lâmina de alumínio era acoplada à célula com o auxílio de graxa de silicone, para vedar a célula fotoacústica, evitando vazamento do sinal. Por ser um material opticamente opaco, a folha de alumínio bloqueia a passagem direta da luz até a pele; no entanto, o calor é transmitido até a amostra, pois a folha de alumínio utilizada é termicamente fina para a frequência de modulação empregada nas medidas (GUTIÉRREZ-JUÁREZ *et al.*, 2002). Nestas condições, o sinal fotoacústico depende das propriedades térmicas (efusividade e difusividade térmicas) do material sob análise (sistema pele humana + produto aplicado).

As medidas *in vivo* foram divididas em quatro fases. Após o ajuste da montagem (sinal do alumínio), o voluntário sob avaliação inicialmente posicionava o antebraço limpo contra a folha de alumínio que vedava a célula fotoacústica; em seguida, posicionava-se o mesmo antebraço na montagem, após aplicação de talco; na etapa seguinte, posicionava-se o antebraço oposto limpo; por fim, na última etapa a medida era realizada no antebraço oposto, após aplicação de óleo. Após as medidas com talco, a célula fotoacústica era delicadamente limpa com um pincel fino nº2, para eliminar partículas que pudessem interferir nas medidas subseqüentes.

As medidas do sinal fotoacústico foram realizadas em função do tempo, utilizando o programa “Sin530r” desenvolvido no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Foram feitas varreduras temporais de 100 pontos (à taxa de 2 pontos por segundo), com uma frequência de 17Hz, com o amplificador síncrono ajustado para a sensibilidade de 20mV. O sinal (amplitude e fase) era coletado pelo amplificador síncrono e enviado ao microcomputador para arquivo e posterior análise dos dados. A análise estatística foi efetuada através do programa INSTAT® (GraphPad). As medições e a análise dos dados foram realizadas no Laboratório de Fotoacústica Aplicada a Sistemas Biológicos, do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D) da UNIVAP.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1, a seguir, mostra os resultados obtidos para as medidas fotoacústicas realizadas sem aplicação de talco ou óleo nos 19 voluntários, divididos em dois grupos: pele seca (S) e pele oleosa (O).

Tabela 1 - Sinal fotoacústico (mV) dos voluntários com a pele limpa (S: pele seca; O: pele oleosa)

Grupo	S (mV)	O (mV)
Média	24.9	25.8
Desvio Padrão	3.6	5.9
Máximo	30.0	38.0
Mínimo	19.0	15.0

$p > 0,1$ (Mann Whitney)

Constatada a diferença no desvio padrão dos grupos, realizou-se o teste comparativo Mann-Whitney (não-pareado, não-paramétrico), que não apontou diferença significativa entre os grupos. Observando a Tabela 1, no entanto, pode-se perceber a tendência da pele oleosa apresentar sinal mais alto que a pele seca. Apresentamos a seguir argumentos para explicar o fato da diferença encontrada não ser estatisticamente significativa.

Consideramos o número de voluntários (dezenove) suficiente à primeira vista para a observação de diferença entre os grupos. No entanto, este número não se mostrou suficiente devido à alta dispersão dos dados, especialmente para as medidas de pele oleosa (ver Tabela 1). Isto provavelmente ocorreu porque, segundo Gutiérrez-Juárez *et al* (2002), as medidas *in vivo* podem ser afetadas por diversos fatores como: o grau de hidratação da pele, movimento involuntário, transpiração excessiva e aspereza da pele.

Dentre estes fatores, experimentalmente foi possível observar que os movimentos involuntários têm maiores implicações para a pesquisa, pois, ao contrário dos outros, são de difícil controle por parte do pesquisador e, em muitos casos, nem mesmo o voluntário se dá conta de que executou um movimento involuntário, podendo este não ser registrado pelo pesquisador. Este fator pode ter prejudicado a observação de diferença estatisticamente significativa entre os tipos de pele; deste modo, a análise dos dados coletados aponta para a necessidade de ampliar o número de medidas neste tipo de estudo.

Em seguida, consideremos uma questão ainda mais importante, relacionada ao protocolo de higienização prévia às medidas. Os resultados obtidos levam-nos a crer que o protocolo de assepsia prévia da pele tenha levado a uma homogeneização temporária dos tipos de pele (seca e oleosa). Isso pode ser explicado pelo fato de que o álcool 70% retira momentaneamente a oleosidade da pele, ressecando sua superfície devido à remoção dos lipídeos (Murray *et al*, 2000). De acordo com Gutiérrez – Juárez *et al.* (2000), um intervalo de tempo de dez minutos entre a limpeza e a realização das medidas pode ser suficiente para a pele retornar às suas condições fisiológicas habituais, o que poderá ser confirmado em experimentos futuros.

A seguir, a Tabela 2 mostra os resultados obtidos para as medidas fotoacústicas realizadas após aplicação de talco ou óleo nos voluntários, divididos em quatro grupos: pele seca após aplicação de óleo (SO); pele seca após aplicação de talco (ST); pele oleosa após aplicação de óleo (OO); pele oleosa após aplicação de talco (OT). Os valores apresentados são valores relativos, obtidos normalizando-se os dados de cada voluntário pelo respectivo sinal antes da aplicação de cada produto. Assim, a Tabela 2 informa o efeito da aplicação de óleo ou talco em cada um dos tipos de pele analisados.

Tabela 2 - Sinal fotoacústico dos voluntários após aplicação de óleo e talco (valores relativos, obtidos normalizando-se os dados de cada voluntário pelo respectivo sinal antes da aplicação de cada produto; para pele oleosa, N=10; para pele seca, N=9)

Grupo	SO	ST	OO	OT
Média ± Erro Padrão	0.93 ± 0.04	1.19 ± 0.07	0.87 ± 0.03	1.13 ± 0.04
Mediana	0.93	1.18	0.85	1.15
Máximo	1.10	1.57	1.29	1.39
Mínimo	0.77	0.91	0.70	0.92

Em cada grupo, foi efetuado o teste t de Student pareado para avaliar se o valor encontrado era diferente do valor 1.0 (correspondente à pele sem aplicação de produto). Isto foi confirmado para todos os quatro grupos, com $p = 0,0095$ (SO); $p = 0,0006$ (ST); $p = 0,0007$ (OO); e $p = 0,0012$ (OT). Estes dados indicam alta significância estatística ($p < 0,001$) tanto para pele oleosa quanto para pele seca após aplicação dos produtos.

A Tabela 3 a seguir, mostra os resultados da análise estatística comparativa efetuada sobre os dados de Tabela 2, efetuando-se o teste Kruskal-Wallis (ANOVA não paramétrico). Na análise global, encontramos-se $P < 0.0001$ (alto nível de significância).

Tabela 3 - Análise estatística comparativa entre os tipos de pele após aplicação de óleo e talco.

Comparação	P
SO x ST	P<0.001
SO x OO	P>0.05 (ns)
SO x OT	P<0.01
ST x OO	P<0.001
ST x OT	P>0.05 (ns)
OO x OT	P<0.001

Os resultados obtidos na tabela 3 estão relacionados às propriedades térmicas do material analisado (sistema pele + produto), em particular a efusividade térmica, como citado anteriormente. Segundo Gutiérrez-Juárez *et al.* (2000), Rompe (2004) e Anjos (2004), na configuração experimental utilizada, há uma relação inversa entre efusividade e sinal fotoacústico. Assim, quanto menor a efusividade, maior o sinal fotoacústico.

Na tabela 3, a comparação efetuada mostra alto nível de significância quando se compara o efeito dos diferentes produtos aplicados. Assim, para ambos os tipos de pele, a amplitude do sinal fotoacústico mudou de acordo com a substância aplicada, o que atribuímos à diferença entre os valores de efusividade dos produtos (óleo e talco) aplicados na pele. De acordo com Gutiérrez-Juárez *et al.* (2000), o valor de efusividade do óleo é de aproximadamente $0.07\text{Ws}^{1/2}\text{cm}^{-2}\text{K}^{-1}$. A partir deste valor e dos resultados encontrados na Tabela 2, concluímos que o valor de efusividade do óleo é significativamente maior do que o valor de efusividade do talco.

Também na tabela 3, pode-se observar que nas comparações SO x OO e ST x OT (diferentes tipos de pele com aplicação do mesmo produto), não há significância estatística, indicando que a aplicação de um dado produto resulta em efeito semelhante para diferentes tipos de pele.

Segundo Rompe *et al.* (2005), medidas realizadas pelo Grupo de Fotoacústica Aplicada a Sistemas Biológicos da UNIVAP comprovaram a influência do grau de hidratação da pele na amplitude do sinal PA através de um estudo de monitoração da cinética de desidratação da pele, analisando o sinal fotoacústico em função do tempo, onde identificaram mudanças no sinal fotoacústico de acordo com a umidade da pele. No entanto, o estudo de Rompe utilizou medidas de espectroscopia fotoacústica (ou seja, varredura em função do comprimento de onda da luz incidente).

7. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

Devido ao protocolo de higienização prévia às medidas, que uniformizou os tipos de pele, bem como à alta dispersão nos dados de pele oleosa, não foi possível verificar significância estatística na comparação entre os níveis de oleosidade da pele. Os resultados encontrados sugerem que estudos adicionais sejam efetuados utilizando um maior número de voluntários; além disso, recomenda-se que após o protocolo de assepsia da pele seja feito um intervalo de 10 minutos antes da realização das medidas.

Por outro lado, pudemos observar que a amplitude do sinal fotoacústico muda de acordo com a substância aplicada à pele, devido às diferenças na efusividade do sistema pele + produto aplicado. Deste modo, a técnica fotoacústica foi eficaz para mostrar diferenças na pele humana *in vivo* após aplicação de diferentes produtos.

Esta pesquisa abre perspectivas para a realização de estudos comparativos entre os níveis de oleosidade da pele utilizando a técnica fotoacústica. Estudos complementares a este trabalho já estão sendo realizados no Laboratório de Fotoacústica da UNIVAP, tais como, análise dos fototipos de pele através da técnica fotoacústica e análise da nimesulida (fármaco) associada ao ultra-som através da fotoacústica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGACHE, P. *et al.*, **Manual de cosmetologia e dermatologia**. 2ed. São Paulo: Andrei, 1994.p.202-303.
- ANJOS, F.H; ROMPE, P.C.B; MANSANARES, A.M; SILVA, E.C; BARJA, P.R; AVALOS, D.A. Análise Fotoacústica do Efeito do Protetor Solar na Pele Humana. In: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UNIVAP. 3., 2003, São José dos Campos, SP. **Anais de Trabalhos Completos....** São José dos Campos: UNIVAP, 2003.
- ANJOS, F. H. **Análise fotoacústica da concentração relativa de piroxicam administrado por sonoforese na pele humana in vivo**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, SP, 2004.
- ARNOLD, H. L; ODOM, R. B; JAMES, W. D. **Doenças da pele de Andrews – Dermatologia Clínica**, 8 ed, São Paulo: Manole,1994. p. 1-14.
- AUSIELLO, D; GOLDMAN, L. **Cecil – Tratado de medicina interna**, 22ed. Rio de Janeiro:Elsevier, 2005.p.2858-2927, v.2.
- BALDEIRAS- LOPES, J. A. *et al.* Photoacoustic Measurements of transparent liquid samples: Thermal effusivity. **Measurements in Science and technology**, v. 6, p. 1163-1168, 1995.
- BALDEIRAS- LOPES, J. A. *et al.*, Measurements of thermal effusivity of liquids using a conventional photoacoustic cell, **Rev. Sci. Instrum.**, v.70, n 4, p.84-94, 1999.
- BARJA, P.R. **Estudo da Indução Fotossintética Através da Técnica Fotoacústica: Efeitos de Saturação e Fotoinibição**. 1996. 71 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física Gleb Wataglin, Universidade Estadual de Campinas, 1996.
- BARJA, P.R. How Can Physicists Study Photosynthesis? History and Applications of the Photoacoustic Technique. **Revista Physicae 1**, p.1, 2000.
- BARJA, P.R; MANSANARES, A.M; SILVA E.C; ALVES P.L.C.A. Photoacoustics as a tool for the diagnosis of radicular stress: Measurements in eucalyptus seedlings. **Rev. Sci. Instrum.**, v.74, n.1, p.709-711, 2003.
- BARJA, P.R; ACOSTA-AVALOS, D; ROMPE, P.C.B; ANJOS, F.H; MARCIANO, F.R; SILVA, M.D. In vivo evaluation of drug delivery after ultrasound application: a new use for the photoacoustic technique. **J. Phys. IV**, v.125, p.789-792, 2005.
- BEIN, B. K.; PELZL, J. Analysis of surfaces exposed to plasmas by nondestructive photoacoustic and photothermal techniques. **Plasma Diagnostics** v.6, p.211-326, 1976 .
- BENNETT, J. C; PLUM, F. **Cecil - Tratado de medicina interna**, 20ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1997.p.2411-2453.v.2.

BERNENGO, J. C; GASQUEZ, C; FALSON-RIEG, F. Photoacoustics as a tool for cutaneous permeation studies. **High Temperatures-High Pressures** v.30, p.619-624, 1998.

CARELLI, G. Questões de pele. **Revista Veja** edição1963, ano 39, n.26, 5 de julho, p.96-102, 2006.

CORAZZA, S. **Pele: Não estava tudo errado**. Disponível em <http://www.belezainteligente.com.br/> Acesso em 20 Set. 2006.

CUNHA, A. P. **Plantas e Produtos Vegetais em Cosmetologia e Dermatologia**. Lisboa, Portugal: DinaLivro, 2004. p.4- 100.

DIFFEY, B.L.; OAKLEY. The onset of ultravioleta erythema. **J. Dermatol.** v.116, p.183-187,1987.

FITZPATRICK, T. B; MOSHER, D. B. Pigmentação cutânea e distúrbio do metabolismo da melanina. In: ISSELBACHER, Kurt J. **Medicina interna**. 9ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. p.276-284.

GRAY H. **Anatomia**. 3ed. Rio de Janeiro:Guanabara Koogan, 1998. p.5-15.

GUIRRO, E; GUIRRO, R. Noções de Citologia e Histologia. In: -**Fisioterapia Dermato-Funcional. Fundamentos, Recursos, Patologias**. 4ed. São Paulo: Manole, 2004. p.223-227.

GUTIÉRREZ-JUÁREZ, G; VARGAS-LUNA, M; CÓRDOVA, T; VARELA, J.B; BERNAL-ALVARADO, J.J; SOSA, M. Skin absorption studied by photoacoustic techniques. **Medical Physics**, p.206-212, 2000.

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** v. 23, p. 521-531, 2002.

JACOB, S. W., FRANCONI, C. A., LOSSOW, W. J. **Anatomia e Fisiologia Humana**. 5ed, Rio de Janeiro: Guanabara, 1990. p. 23-45.

KEDE, M.P.V; SABATOVICH. O. **Dermatologia Estética**, São Paulo: Atheneu, 2004.p. 85-105.

KOBAYASHI, G. S; PFALLER, M. A. **Microbiologia Médica**, 3ed, Rio de Janeiro:Guanabara, p.10-12, 2000.

LOW, J; REED, A; RIBEIRO, L. B. **Eletroterapia Explicada, princípios e prática** 3ed, São Paulo: Manole, 2001. p. 33- 48.

MARQUEZINI, M. V; CELLA, N; MANZANARES, A. M; VARGAS, H. E; MIRANDA, L. C. M. Open Photoacoustic Cell Spectroscopy. **Meas. Sci. Technol** v.2, p.396-401, 1991.

MCDONALD, F. A; WETSEL G.C. Generalized theory of the photoacoustic effect. **J. Appl. Phys.** v.49, p.2313, 1978.

MONTEIRO, E. **Como classificar sua pele?** Disponível em <www.dermatologia.com.br> Acesso em 20 set. 2006.

MORGANTI, P; RUOCCO, E; WOLF, R; RUOCCO, V. Percutaneous absorption and delivery systems. **Clinics in Dermatology** v.19, p.489-501, 2001.

MURRAY, P. R; ROSENTHAL, K. S; KOBAYASHI, G. S; PFALLER, M. A; **Microbiologia Médica**, 3 ed, Rio de Janeiro:Guanabara, 2000. p. 90-100.

PERONDI, L. F; MIRANDA, L. C.M. Minimal- Volume photoacoustic cell measurement of thermal diffusivity: effect of the thermoelastic sample bending. **J. Appl. Phys.** v.62, p. 2955-2959, 1987.

PEYREFITTE, G; MARTINI, M-D; CHIVOT, M. **Cosmetologia, biologia geral e biologia da pele**. São Paulo: Andrei, 1998.p.326-478.

RIVITTI E. A; SAMPAIO S. A.P. **Dermatologia**. São Paulo: Artes Médicas, 1998. p. 3-35.

ROMPE, P. C. B. **Estudo Fotoacústico das propriedades de Penetração do Diclofenaco Dietilamônio de Uso Tópico Aplicado na Pele Humana *in vivo***. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, SP, 2004.

ROMPE, P. C. B; ANJOS, F. H; MANSANARES, A. M; SILVA, E. C; ACOSTA-AVALOS, D; BARJA, P. R. Characterization of human skin through photoacoustic spectroscopy. **J. Phys. IV France**, v. 125, p.785-787, 2005.

ROSS, M. H; REITH, E. J; ROMRELL, L. J. **Histologia - Texto e atlas**, 2ed. 1993. p. 347- 364.

ROSENCWAIG, A. Studies in Biology. In: **Photoacoustics and Photoacoustic Spectroscopy**. New York: John Wiley & Sons, 1980. p.219-231.

ROSENCWAIG, A. Studies in: **General Theory of the Photoacoustic Effect in Condensed Media: The Gas- Microphone Signal**. New York: John Wiley & Sons, 1980. p.93-99.

SILVA, M. I. B. **Representação de um fragmento da pele** disponível em <www.marcobueno.net> Acesso em 08 nov.. 2006.

VARGAS, H; MIRANDA, L.C.M. Photoacoustic and Related Photothermal techniques. **Physics Report**. v. 161, p.43-101, 1988.

VARGAS, H; MIRANDA, L.C.M. Photothermal techniques applied to thermophysical properties measurements (plenary). **Review of Scientific Instruments** v.74, p.794-799, 2003.

VILELA, A. L. M. **Representação das camadas da pele** disponível em <www.saudeparavoce.com.br> Acesso em 10 ago. 2006.

ANEXO A



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVAP

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo n.º L176/2005/CEP, sobre "*Proposta de caracterização fotoacústica do nível de oleosidade da pele*", sob a responsabilidade do Prof. Dr. Paulo Roxo Barja, está de acordo com os Princípios Éticos, seguindo as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos, conforme Resolução n.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e foi **aprovado** por esta Comissão de Ética em Pesquisa.

Informamos que o pesquisador responsável por este Protocolo de Pesquisa deverá apresentar a este Comitê de Ética um relatório das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação.

São José dos Campos, 28 de outubro de 2005

PROF. DR. LANDULFO SILVEIRA JUNIOR
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa da Univap

ANEXO B

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE**CONSENTIMENTO FORMAL DE PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO INTITULADO****PROPOSTA DE CARACTERIZAÇÃO FOTOACÚSTICA DO NÍVEL DE OLEOSIDADE DA PELE**

Eu, _____, portador do RG _____, voluntariamente concordo em participar de um estudo científico nos termos do projeto proposto pelo Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento - IP&D, da Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP.

A pesquisa tem por finalidade estabelecer parâmetros que permitam propor um método experimental direto através das medidas fotoacústicas “*in vivo*” para avaliação comparativa do nível de oleosidade da pele de cada voluntário. As medidas serão efetuadas no antebraço, que será posicionado de modo a vedar a célula fotoacústica aberta, não causando dor e/ou desconforto durante o procedimento.

As informações obtidas serão mantidas em sigilo, podendo ser utilizadas apenas para fins estatísticos e/ou científicos, sempre resguardando minha privacidade.

Acredito ter sido suficientemente esclarecido a respeito do projeto que me foi apresentado. Estão claros para mim os propósitos do mesmo, os procedimentos a serem realizados, as garantias de informações confidenciais e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas.

Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidade ou prejuízo.

Declaro que obtive de forma apropriada, livre e voluntária as informações e, deste modo, assino o presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para a participação neste estudo.

São José dos Campos, ____ de _____ de 2006.

Participante

Prof. Dr. Paulo Roxo Barja
Orientador

Cláudia R. L. Macedo Costa
Pesquisadora