

# ESTUDO DE TRANSMITÂNCIA E REFLETÂNCIA EM SUBSTRATO UTILIZADO PARA AVALIAR PRODUTOS DE USO TÓPICO NA PELE HUMANA

**Rafael Furtado de Paiva<sup>1</sup>, Ana Caroline de Souza<sup>2</sup>, Paulo Roxo Barja<sup>3</sup>, Antonio Balbin Villaverde<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>UNIVAP/Laboratório de Fotoacústica Aplicada a Sistemas Biológicos (FASBio), Instituto de Pesquisa & Desenvolvimento (IP&D), Av. Shishima Hifumi 2911, 12244-000, São José dos Campos, SP, Brasil, rfurtado@univap.br

<sup>2</sup>UNIVAP/Faculdade de Ciências da Saúde, Av. Shishima Hifumi 2911, 12244-000, São José dos Campos, SP, Brasil, anacaroline.souza@gmail.com

<sup>3</sup>UNIVAP/Laboratório de Fotoacústica Aplicada a Sistemas Biológicos (FASBio), Instituto de Pesquisa & Desenvolvimento (IP&D), Av. Shishima Hifumi 2911, 12244-000, São José dos Campos, SP, Brasil, barja@univap.br

<sup>4</sup>UNIVAP/Laboratório de Instrumentação Biomédica, Instituto de Pesquisa & Desenvolvimento, Av. Shishima Hifumi 2911, 12244-000, São José dos Campos, SP, Brasil

**Resumo-** Neste trabalho, foram realizadas medidas de transmitância e refletância na VitroSkin®, substrato com propriedades de superfície similares às da pele humana, desenvolvido para testes na indústria farmacêutica, utilizando como detetor um LDR (Light Dependent Resistor, componente eletrônico cuja resistência elétrica diminui quando sobre ele incide energia luminosa). Variando-se o ângulo de posicionamento do detetor, tais medidas permitem caracterizar o substrato em termos dos níveis de espalhamento da luz após atingir a amostra. As curvas de transmitância e refletância em função do ângulo foram ajustadas através das equações de Gauss e Lorentz.

**Palavras-chave:** Resistência dependente de luz (LDR), Transmitância, Refletância, VitroSkin®

**Área do Conhecimento:** Engenharia Biomédica

## Introdução

A resistência dependente de luz (LDR), também chamada de célula foto-condutiva ou ainda de foto-resistor, é um componente eletrônico cuja resistência elétrica diminui quando sobre ele incide energia luminosa. Isto possibilita a utilização deste componente para desenvolver um sensor que é ativado (ou desativado) quando sobre ele incidir energia luminosa (GTA/UFRJ, 2001). A resistência do LDR varia de forma inversamente proporcional à quantidade de luz incidente sobre ele. Deste modo, ao receber incidência de um feixe de luz, o LDR oferece uma resistência muito baixa. Quando este feixe é interrompido, sua resistência aumenta.

VitroSkin® é um substrato que imita as propriedades de superfície da pele humana e atualmente é utilizado por diversas empresas em todo mundo, principalmente em testes farmacêuticos. Este material é constituído de proteínas otimizadas e componentes lipídicos. Foi desenvolvido para apresentar características físicas e químicas similares à pele humana como: topografia na região das costas, pH, tensão superficial crítica e força iônica. Esse material tem sido extensivamente utilizado para avaliações *in*

*vitro* da cinética de penetração de produtos de uso tópico (ROSSI; BARJA, 2006). No entanto, apesar de seu uso bastante difundido, ainda hoje não se encontra na literatura científica trabalhos específicos sobre a caracterização deste substrato.

Como a VitroSkin® é frequentemente utilizada em pesquisas envolvendo a caracterização de protetores solares (OLIVEIRA; BARJA, 2006), entre outros produtos, torna-se importante avaliar a resposta do substrato à incidência de luz, o que pode ser feito através de medidas de transmitância e refletância.

O estudo da transmitância óptica consiste em determinar a fração de energia luminosa que atravessa uma amostra. A transmitância de uma determinada amostra em geral é uma função do comprimento de onda da radiação incidente. Por sua vez, estudar a absorvância da amostra corresponde a determinar a fração de energia luminosa por ela absorvida. Além da transmissão e da absorção, uma amostra pode produzir a reflexão parcial da radiação incidente (refletância). A reflexão gerada por uma superfície lisa é chamada "especular", contrapondo-se à reflexão "difusa", observada quando a superfície refletora é irregular. Na reflexão difusa, a radiação é refletida

em direções aleatórias (TIPLER, 2000). No caso de amostras biológicas como a pele, observa-se reflexão difusa, devido à irregularidade da superfície.

O presente trabalho teve por objetivos: i) estudar a transmitância e a refletância da pele artificial VitroSkin®, utilizando uma LDR como detector; e ii) verificar a eficiência das duas equações empregadas para o ajuste das curvas de transmitância e refletância (equações de Gauss e Lorentz).

## Metodologia

### Materiais

- 1 LDR
- 2 resistências (100Ω cada, 5%)
- Tubo de caneta
- Suporte para pilha
- Fios
- 1 Fonte de 3V
- Laser He-Ne (UNIPHASE mod. 1201-1, 633nm, 2mW)
- Modulador Mecânico (SR540)
- Amplificador Síncrono (SR530)
- VitroSkin® (Pele sintética)

### Medidas de Transmitância e Refletância

Para estudar a transmitância e a refletância da pele artificial VitroSkin®, foi construído um detector de luz, utilizando um LDR com dimensões de 3,5 x 4,5 mm, fixo na ponta do tubo de uma caneta sem carga (SANTOS, 2004). Os fios condutores foram soldados à extremidade do componente, sendo conectados a um amplificador síncrono no qual foi efetuada a leitura dos dados. Nas medições, empregou-se como fonte de luz um laser He-Ne (UNIPHASE mod. 1201-1) com potência de 2mW, modulado à frequência de 35 Hz pelo modulador mecânico SR540.

O goniômetro foi desenvolvido empregando um transferidor de papel com 360°, alinhado com o eixo longitudinal de uma tábua que servia como base principal. Foi desenvolvido um braço cursor perfurado no centro, sendo de um lado fixado o sensor de LDR, enquanto na outra extremidade foi projetado um ponteiro que sinalizava o ângulo de medida em relação ao feixe incidente. Este ponteiro era movimentado de 3° em 3°, para a realização das leituras dos dados em função da posição do detector, seguindo metodologia similar à empregada por Santos (2004).

Nas medidas, o feixe laser passava pelo modulador mecânico e, em seguida, incidia na amostra de VitroSkin®. A incidência era normal (perpendicular ao plano da amostra).

A radiação era parcialmente refletida (de forma difusa) e parcialmente transmitida, sendo a reflexão e transmissão captadas, alternadamente, pelo resistor dependente de luz, conforme seu posicionamento. O sinal era então enviado ao amplificador síncrono para leitura dos dados. Os dados gerados foram analisados através do software Microcal Origin®, sendo realizado o ajuste através das equações de Gauss e Lorentz, apresentadas a seguir.

Equação de Gauss:

$$y = y_0 + \frac{A}{w\sqrt{\pi/2}} e^{-2\frac{(x-x_c)^2}{w^2}}$$

Equação de Lorentz:

$$y = y_0 + \frac{2A}{\pi} \frac{w}{4(x-x_c)^2 + w^2}$$

Nas equações acima,  $y_0$  representa a linha de base,  $x_c$  o centro da curva (posição de intensidade luminosa máxima) e  $w$  sua largura, sendo  $A$  proporcional à altura do pico.

Um modo de se avaliar a qualidade do ajuste é calcular o chamado *coeficiente de determinação*  $R^2$  (quadrado do coeficiente de correlação de Pearson,  $r$ ). Os valores de  $R^2$  podem variar entre 0 e 1; quanto mais próximo de 1, melhor o ajuste da curva aos dados experimentais (PAGANO; GAUVREAU, 2004).

A análise estatística dos valores de  $w$ ,  $x_c$ , da relação  $A/y_0$  e de  $R^2$  foi efetuada utilizando-se o programa InStat® (GraphPad).

## Resultados

A tabela 1 mostra os valores médios obtidos para a largura  $w$  da curva nos ajustes das curvas de transmitância e refletância, para as duas expressões de ajuste.

Tabela 1 - largura  $w$  da curva (valor médio  $\pm$  desvio padrão).

	Refletância	Transmitância
Gauss	15 $\pm$ 1	6,9 $\pm$ 0,1
Lorentz	16 $\pm$ 2	7,3 $\pm$ 0,2

Para  $x_c$  foi calculado o valor médio dos ajustes obtidos para transmitância e refletância, utilizando-se cada uma das equações de ajuste (Gauss e Lorentz). Depois foi aplicado o teste  $t$  para comparação entre o valor obtido para  $x_c$  e o valor hipotético esperado, zero ( $x_c = 0$ ). Para ambos os tipos de medida (T e R) e ambos os ajustes efetuados, obteve-se  $p > 0,05$ , confirmando que as curvas de sinal estavam de fato centradas no valor  $x_c = 0$ .

A seguir, a tabela 2 mostra os valores médios encontrados para o coeficiente de determinação,  $R^2$ .

Tabela 2 - Coeficiente de determinação  $R^2$  (valor médio  $\pm$  desvio padrão).

	Refletância	Transmitância
Gauss	0,981 $\pm$ 0,007	0,986 $\pm$ 0,003
Lorentz	0,993 $\pm$ 0,004	0,9982 $\pm$ 0,0004

A tabela 3 mostra os valores médios encontrados para a razão  $A/y_0$ .

Tabela 3 - Razão  $A/y_0$  (valor médio  $\pm$  desvio padrão).

	Refletância	Transmitância
Gauss	(1,7 $\pm$ 0,4).10 <sup>2</sup>	(2,7 $\pm$ 0,18). 10 <sup>2</sup>
Lorentz	(15 $\pm$ 8).10 <sup>2</sup>	(4,2 $\pm$ 0,34).10 <sup>2</sup>

## Discussão

Como pode ser observado na tabela 1, a largura de curva maior para refletância mostra que a luz é mais espalhada na reflexão que na transmissão. Isto comprova a ocorrência de reflexão difusa nas amostras de substrato avaliadas, reproduzindo o comportamento esperado para a pele humana. Pode-se explicar a ocorrência de reflexão difusa na amostra devido ao fato de que o lado da amostra que imita a superfície externa da pele humana é áspero (irregular), enquanto o outro lado é liso.

Quanto ao centro da curva, encontra-se  $x_c$  próximo a zero para todos os ajustes, como esperado (tanto a transmitância quanto a refletância são maiores na direção de incidência do feixe). Esta observação permite comprovar que a incidência do feixe laser realmente era perpendicular ao plano da amostra, tal como planejado.

A qualidade dos ajustes efetuados pode ser comprovada pelos dados de  $R^2$  apresentados na tabela 2. A análise estatística comparativa dos valores de  $R^2$  obtidos para cada tipo de curva e cada forma de ajuste (teste  $t$  pareado) permite verificar que a equação de Lorentz forneceu os melhores ajustes, tanto para transmitância ( $p=0,0012$ ) quanto para refletância ( $p=0,0028$ ).

Em todas as medidas efetuadas, observa-se  $A/y_0$  superior a 100, chegando a atingir  $1,5 \cdot 10^3$  para refletância (para o ajuste realizado segundo a equação de Lorentz). Isto atesta a qualidade dos ajustes (linha de base próxima a zero) e também indica que o sistema experimental permitiu uma medição adequada. Neste sentido, foi vantajoso optar pela realização de medidas moduladas, pois deste modo minimiza-se a influência de fontes de luz externas sobre o experimento.

## Conclusão e perspectivas

O experimento realizado demonstrou que a LDR foi um detetor eficiente para a determinação tanto da refletância quanto da transmitância, sendo observado nível de transmitância superior ao nível de refletância (difusa) para as amostras de VitroSkin®. A opção pela realização de medidas moduladas também foi acertada, por minimizar a influência de fontes externas de luz.

Em relação às equações de ajuste empregadas (Gauss e Lorentz), ambas permitiram ajustar bastante bem as curvas de transmitância e refletância ( $R^2 \geq 0,98$ ), com uma eficiência maior para a equação de Lorentz.

As medidas efetuadas demonstram a ocorrência de reflexão difusa no substrato analisado, como esperado para um material que deve simular as propriedades da pele humana. Para confirmar as diferenças entre as duas faces do substrato, um teste a ser feito é repetir as medidas com a amostra posicionada de modo inverso, ou seja, com a face mais lisa voltada para o feixe de luz incidente.

## Agradecimentos

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

## Referências

- GTA/UFRJ – Light Dependent Resistor, 2001. Disponível em: [http://www.gta.ufrj.br/grad/01\\_1/contador555/ldr.htm](http://www.gta.ufrj.br/grad/01_1/contador555/ldr.htm). Data de Acesso: 10 de maio de 2007.

- OLIVEIRA, S. L.; BARJA, P. R. Previsão do Fator de Proteção Solar de Formulações Cosméticas –

Proposta de Otimização de Protocolo Empregando a Técnica Fotoacústica. VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação da Universidade do Vale do Paraíba, **VI EPG**, São José dos Campos, p.2241-2244, out/2006

- PAGANO, M.; GAUVREAU, K. **Bioestatística**, 4ª edição. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

- ROSSI, R. C. P.; BARJA, P. R. Estudo Fotoacústico das Propriedades de Penetração de Arnica Montana de Uso Tópico na Pele Humana. / *Environmental and Health World Congress*, Santos/SP, jul/2006, **I EHWC - Proceedings**, p.328-331, 2006.

- SANTOS, FRANCISCO DE ASSIS. Estudo da Reflexão de Luz Laser em superfície de dentes; **Dissertação de Mestrado em Bioengenharia**, SJC: Univap, 2004.

- TIPLER, P. A. Propriedades da Luz. In: **Física**, volume 2, 4ª edição. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2000.