

# Transmissividade das ondas ultrassônicas em diferentes géis hidrofílicos

## Transmissivity of the ultrasonic waves in different hydrophilic gels

Marlus Chorilli<sup>1,2</sup>, Gabriel Negretti Guirado<sup>1</sup>, Maria Sílvia Mariani Pires-de-Campos<sup>1</sup>, Maria Cristina de Almeida Prado Ribeiro<sup>1</sup>, Maria Imaculada de Lima Montebello<sup>1</sup>, Gislaine Ricci Leonardi<sup>1</sup> & Maria Luiza Ozores Polacow<sup>1</sup>

**RESUMO** – Relatos da literatura apontam para o fato de o gel ser a forma farmacêutica mais eficiente como meio de acoplamento para transmissão das ondas ultrassônicas. Todavia, várias são as matérias-primas que podem ser empregadas na obtenção de um gel. O objetivo deste trabalho foi verificar a transmissividade do ultra-som (US) em diferentes géis hidrofílicos. Polímeros do ácido carboxivinílico (Carbopol 940<sup>®</sup> - C940 e Carbopol Ultrez<sup>®</sup> - CULT) e de hidroxietilcelulose (HEC) foram utilizados nas concentrações de 0,5, 1, 1,5 e 2%. Os parâmetros utilizados para o US foram frequências de 1 e 3MHz e intensidades de 0,2 e 0,6W/cm<sup>2</sup>. A medida da transmissividade foi feita em porcentagem de transmissão relativa à água e para a análise estatística aplicou-se ANOVA seguida pelo teste de Tukey. Os resultados obtidos mostraram que: o aumento da transmissividade está diretamente relacionado com a intensidade de US; o polímero usado na preparação do gel e a intensidade interferem na transmissividade do US; na concentração de 0,5%, todos os polímeros permitiram a mesma transmissividade do US, porém, nas demais concentrações estudadas, o gel de HEC apresentou transmissividade superior ao de C940 e ao de CULT.

**PALAVRAS-CHAVE** – Transmissividade; ultra-som; géis hidrofílicos.

**SUMMARY** – Literature reviews points to the fact that the pharmaceutical gel form is more efficient as link to ultrasonic waves transmission. However, several are the raw materials that can be used to get a gel. The objective of this research was to verify the ultrasound (US) transmissivity in different hydrophilic gels. Polymers of the carboxyvinilic acid (Carbopol 940<sup>®</sup> - C940 and Carbopol Ultrez<sup>®</sup> - CULT) and hydroxyethyl-cellulose (HEC) were used in 0.5, 1, 1.5 and 2% concentrations. The parameters used for the US were 1 and 3MHz frequencies at 0.2 and 0.6W/cm<sup>2</sup> intensities. The transmissivity measure was made in percentage of relative transmission to the water; for analysis, the ANOVA statistics followed by the Tukey test. The results showed that the transmissivity increase is directly related with the US intensity; the polymer used in the gel preparation and the intensity interferes in the US transmissivity; in 0.5% concentration, all the polymers allowed the same US transmissivity, but in the others concentrations the HEC gel presented greater transmissivity to the C940 and CULT.

**KEYWORDS** – Transmissivity; ultrasound; hydrophilic gels.

### INTRODUÇÃO

É cada vez mais crescente o estudo do ultra-som terapêutico, o qual é definido como uma onda mecânica longitudinal não audível, com frequência acima de 20kHz, onde a energia é transmitida pelas vibrações das moléculas do meio através do qual a onda está se propagando. O meio irradiado oscila ritmicamente com a frequência do gerador ultra-sônico ao comprimir e expandir a matéria (Guirro *et al.*, 1996; Hooppe, 1992). Ele se caracteriza por apresentar frequência de 1,0 a 3,0MHz e intensidade, na maioria dos equipamentos, variando entre 0,1 a 3,0W/cm<sup>2</sup> (Guirro *et al.*, 1996).

O ultra-som tem sido largamente utilizado no tratamento de alterações músculo-esqueléticas, reumáticas, neurológicas, estéticas, entre outras, devido aos seus efeitos biofísicos e fisiológicos (Hoogland, 1989). Também, tem sido freqüentemente empregado para favorecer fisicamente a permeação cutânea de fármacos, num processo chamado de fonoforese ou sonoforese

(Byl, 1995; Mitragotri, 2000; Morimoto *et al.*, 1994). Tais processos são realizados por meio da cavitação, a qual provoca uma desordem na bicamada lipídica do estrato córneo, deixando-a fluida (Mitragotri *et al.*, 1996) ou pelo aumento do coeficiente de difusão devido à alteração estrutural dos poros da pele (Tang *et al.*, 2001; Benson & McElnay, 1994; Guirro *et al.*, 1996).

Trabalhos de Mitragotri *et al.* (1996) e Hippus *et al.* (1998) afirmam que o nível de permeação promovido pelo ultra-som é diretamente proporcional ao tempo de sua aplicação.

O som desloca-se por meio de ondas, o que requer um material para sua transmissão. A velocidade de transmissão do som está relacionada com a composição do material e com as características do meio que transmite a onda sonora. Baseado no fato de que todos os tecidos do corpo humano, exceto o ósseo, têm comportamento semelhante a líquidos, a água a 50°C pode ser utilizada como simulador do tecido mole do corpo humano. Assim, para transmitir a energia ultrassônica é necessário um meio líquido, semi-sólido ou sólido para

Recebido em 21/01/2007

<sup>1</sup>Curso de Farmácia - Faculdade de Ciências da Saúde - Universidade Metodista de Piracicaba  
<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - UNESP

assegurar a transferência da energia da fonte para o paciente (Guirro *et al.*, 1996; Griffim *et al.*, 1970).

A propagação da energia ultrassônica nos tecidos biológicos depende das características de absorção dos tecidos e reflexão da energia ultrassônica nas interfaces teciduais de diferentes impedâncias acústicas. Quando as impedâncias acústicas de dois meios são similares quase toda a intensidade incidente é transmitida, utilizando-se uma formulação viável como meio de acoplamento (Guirro & Guirro, 1996).

À medida que a onda ultrassônica atravessa um meio homogêneo, como um tecido, há um decréscimo de sua intensidade com a distância. Esse decréscimo é chamado de atenuação, a qual é causada principalmente pelo espalhamento, divergência da onda sonora e por sua absorção, a qual é convertida em calor (Guirro *et al.*, 1996).

Para Guirro *et al.* (1996), a atenuação da energia do ultra-som está relacionada com os diferentes tecidos, uma vez que apresentam diferentes densidades e com a frequência da onda. Além disso, Cameron & Monroe (1992) observaram que determinadas formas farmacêuticas atenuavam mais as ondas ultrassônicas do que outras quando vinculadas a corticosteróide, sugerindo assim que a forma farmacêutica pode estar relacionada com a atenuação das ondas do ultra-som.

No caso de formas farmacêuticas líquidas, a atenuação deve-se principalmente à viscosidade e aos mecanismos que envolvem absorção e relaxamento molecular, enquanto o espalhamento da energia se deve à presença de não homogeneidade no líquido, como pequenas bolhas (Cameron & Monroe, 1992).

Portanto, o estudo de componentes de uma formulação usada como meio de acoplamento para o ultra-som que possibilitem a menor atenuação possível das ondas é importante, sendo que poucas formas farmacêuticas apresentam tais características. Alguns estudos, como os de Benson & Mcelnay (1994; 1988) sugerem que os géis são a forma farmacêutica mais eficiente para a terapia ultrassônica.

Os géis hidrofílicos são preparações semi-sólidas compostas de partículas coloidais dispersas, de fácil espalhamento, não gordurosas e indicadas para veicular ativo hidrossolúvel e lipossomas (Maia Campos, 1994). Com o avanço tecnológico nas indústrias farmacêuticas e cosméticas, têm-se cada vez mais diferentes matérias-primas disponíveis para formulação de bases de géis. Dentre as bases mais utilizadas na elaboração de um gel, têm-se o ácido carboxivinílico (Carbopol 940® (C940) e Carbopol Ultrez® (CULT)) e a hidroxi-etilcelulose (Natrosol®).

Os Carbopóis® são polímeros carboxivinílicos do ácido acrílico e apresentam característica aniônica, sendo fornecidos na forma ácida e neutralizados durante a preparação com uma substância alcalina, gerando géis com maior viscosidade no pH próximo ou igual ao neutro, enquanto que o gel de Natrosol® apresenta característica não iônica, não necessitando da presença de substância alcalina na formulação, ou seja, a hidroxi-etilcelulose (HEC) intumescce com a água originando um gel compatível com a maior parte dos fármacos usados topicamente (Maia Campos, 1994).

Os carbômeros têm a vantagem de serem empregados em concentração reduzida. Géis com 0,5% de C940, no valor de pH maior ou igual a 6,5, são de consistência firme; porém, têm a desvantagem de serem incom-

patíveis com substâncias de natureza catiônica. O gel de CULT dispersa com maior facilidade na água do que o gel de C940, apresentando essa vantagem na sua preparação (Leonardi, 2004).

O sensorial promovido pelos diferentes polímeros também são variáveis, sendo que alguns géis apresentam toque mais seco e, portanto, são preferidos pelos usuários. Porém, dependendo da substância ativa que se deseja veicular no gel, nem sempre é possível usar aquele de melhor sensorial. E, quando se fala em fonoforese, muitas vezes, os profissionais de saúde apresentam dúvidas na escolha do gel que permitirá maior transmissividade das ondas ultrassônicas.

A escolha deve ser direcionada para a base do gel e para a concentração do polímero hidrofílico que apresenta menor atenuação das ondas ultrassônicas mediante a intensidade e frequência utilizada para a patologia em questão, considerando também que quanto mais alta a frequência, maior a atenuação do feixe quando este passa pelos tecidos moles (Guirro *et al.*, 1996).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a transmissividade relativa à água para géis de ácido carboxivinílico (C940 e CULT) e HEC, em diferentes concentrações dos polímeros (0,5%, 1%, 1,5% e 2%), frente às frequências de 1 e 3MHz e as intensidades de 0,2 e 0,6W/cm<sup>2</sup>.

## MATERIAL & MÉTODOS

Para medir a transmissividade das bases dos géis, utilizou-se uma balança de ultra-som para medir a potência acústica total transmitida através das formulações. A balança consiste num cilindro recoberto por borracha com uma membrana ao fundo, tendo abaixo um cone e uma mola montada com centro móvel que permite a deflexão e amplificação da onda. Desta forma, ao incidir sua energia, o ultra-som aciona a mola e o cone e a medida é feita por meio do núcleo móvel que está dentro do cone (Guirro *et al.*, 2001).

O meio de transmissão da onda que sai do transdutor do aparelho ultra-sônico até a superfície da membrana da balança pode ser água, gel ou formulações tópicas, e da membrana ao cone é um gel (Guirro *et al.*, 1996).

Neste experimento foi utilizada a balança de ultra-som OHMI CS Instruments. O aparelho de US utilizado foi o Sonomaster Dual da KW Indústria Nacional de Tecnologia Eletrônica, que possui as seguintes especificações: frequência: 1 a 3MHz; intensidade: 0,1 a 3W/cm<sup>2</sup>; área de radiação efetiva (ERA): 4cm<sup>2</sup>; exatidão: +/-10%. Para verificar a calibração do aparelho de US, foi feita sua aferição na balança acima descrita, utilizando como meio de transmissão, água destilada e desgaseificada, onde foram verificadas nas frequências de 1 e 3MHz, as potências acústicas de 0,8W e 2,4W, o que corresponde às intensidades de 0,2W/cm<sup>2</sup> e 0,6W/cm<sup>2</sup>, respectivamente, com modo de emissão contínua.

Aferido o aparelho, adotou-se a metodologia proposta por Guirro *et al.* (2001) para verificação da transmissividade dos géis hidrofílicos.

A técnica consiste em encaixar um anel de acrílico no transdutor do ultra-som e acrescentar três gramas de gel no interior deste anel, cobrindo-o com filme de PVC para que o gel não se dissolva na água da balança, tendo-se o cuidado de evitar a formação de bolhas

**TABELA I**  
Composição dos géis com diferentes concentrações de polímeros

Componentes	Gel de HEC				Gel de C940				Gel de CULT			
	G 1	G 2	G 3	G 4	G 5	G 6	G 7	G 8	G 9	G 10	G 11	G 12
HEC	0,5%	1%	1,5%	2%								
C940					0,5%	1%	1,5%	2%				
CULT									0,5%	1%	1,5%	2%
Propilenoglicol	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Fenoxietanol e Parabenos	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
H <sub>2</sub> O destilada qsp	80g	80g	80g	80g	80g	80g	80g	80g	80g	80g	80g	80g
NaOH 10% qs pH					6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5

as quais podem atenuar as ondas ultrassônicas. Um elástico é utilizado para prender o filme de PVC ao anel. Esse protocolo foi seguido por 5 vezes para cada gel estudado. Foram três diferentes polímeros que deram origem a tres diferentes géis e cada polímero foi empregado em 4 diferentes concentrações (0,5%, 1%, 1,5% e 2%) (Tabela I). A transmissividade foi calculada pelo registro em % de transmissão relativa para aquelas transmitidas através da água destilada e desgasificada.

Para cada uma das concentrações de polímeros aplicadas no estudo, foram feitas as análises de variância (ANOVA) com teste F, segundo o esquema fatorial, com três fatores: base (HEC, C940 e CULT), frequência (1 e 3MHz) e intensidade (0,2 e 0,6W/cm<sup>2</sup>). Aplicou-se o

teste de Tukey para comparar as médias dos efeitos que se mostraram significativos ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1, 2, 3 e 4 e Tabela II revelam os resultados obtidos no estudo da transmissividade do US para os diferentes géis.

Para cada concentração dos polímeros, realizou-se a análise de variância (ANOVA) com teste F (Tabela III). Para concentração do polímero 0,5%, os resultados parecem evidenciar que o efeito de transmissividade difere ( $p < 0,05$ ) quanto aos fatores frequência, intensidade e as interações base x frequência e base x intensidade. Para a concentração do polímero 1,0%, os

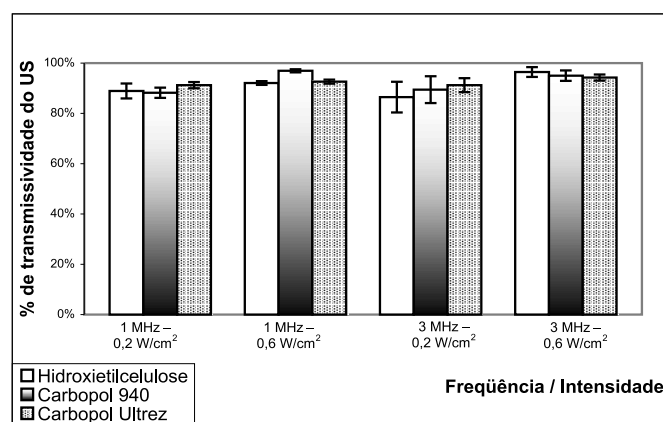


FIG. 1 - Transmissividade relativa do US para bases de géis hidrofílicos na concentração de 0,5% segundo as diferentes intensidades e frequências.

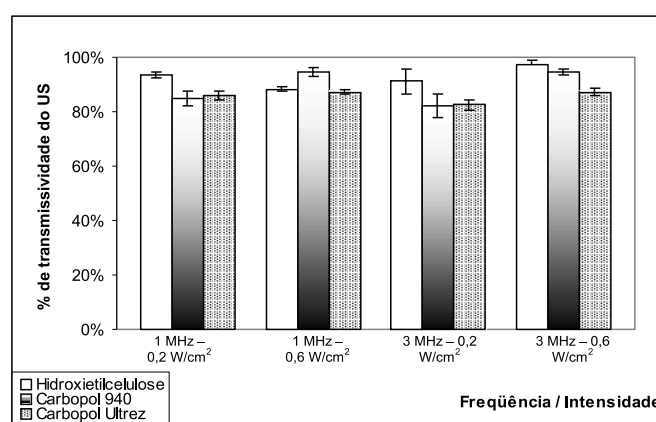


FIG. 2 - Transmissividade relativa do US para bases de géis hidrofílicos na concentração de 1% segundo as diferentes intensidades e frequências.

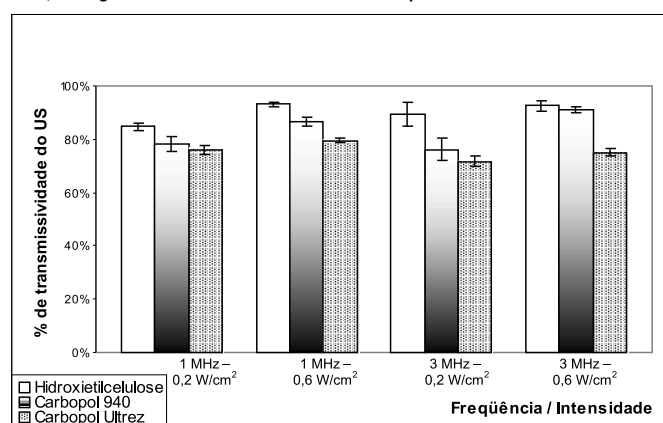


FIG. 3 - Transmissividade relativa do US para bases de géis hidrofílicos na concentração de 1,5% segundo as diferentes intensidades e frequências.

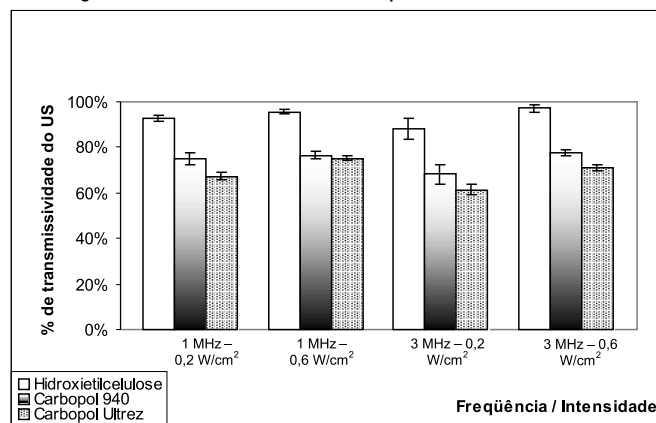


FIG. 4 - Transmissividade relativa do US para bases de géis hidrofílicos na concentração de 2% segundo as diferentes intensidades e frequências.

**TABELA II**  
% de transmissividade relativa do US para as diferentes concentrações de polímeros segundo as bases, as frequências e as intensidades

Bases	1 MHz								3 MHz							
	0,2 W/cm <sup>2</sup>				0,6 W/cm <sup>2</sup>				0,2 W/cm <sup>2</sup>				0,6 W/cm <sup>2</sup>			
	0,5%	1%	1,5%	2%	0,5%	1%	1,5%	2%	0,5%	1%	1,5%	2%	0,5%	1%	1,5%	2%
HEC	88,92 ±2,96	93,54 ±1,29	84,67 ±6,61	92,67 ±7,23	92,09 ±0,74	88,37 ±0,74	93,13 ±1,56	95,69 ±1,34	86,47 ±6,10	91,18 ±4,65	89,41 ±5,73	88,24 ±5,5	96,45 ±1,95	97,26 ±1,86	92,58 ±3,25	97,10 ±1,67
C940	88,21 ±2,04	84,90 ±2,74	78,37 ±2,33	75,10 ±6,67	96,94 ±0,62	94,51 ±1,51	86,67 ±1,76	76,47 ±1,53	89,44 ±5,34	82,22 ±4,21	76,11 ±4,65	68,33 ±3,16	95,00 ±2,08	94,53 ±1,23	90,94 ±1,62	77,81 ±2,63
CULT	91,23 ±1,24	85,96 ±1,76	75,79 ±1,47	67,37 ±2,00	92,63 ±0,79	87,25 ±0,76	79,42 ±0,76	75,32 ±1,12	91,22 ±2,78	82,44 ±2,04	71,71 ±2,18	61,46 ±2,04	94,25 ±1,2	87,13 ±1,3	75,13 ±0,81	70,88 ±0,71

**TABELA III**  
Prob F - ANOVA para as concentrações das bases de gel

Causas da variação	G.L.	Concentrações			
		0,5%	1,0%	1,5%	2,0%
		PROB.>F	PROB.>F	PROB.>F	PROB.>F
BASE	2	0.99475	0.00001	0.00001	0.00001
FREQ	1	0.01872	0.68978	0.67743	0.00210
INT	1	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
BAS*FRE	2	0.01954	0.00383	0.00919	0.28189
BAS*INT	2	0.00514	0.00001	0.00142	0.32770
FRE*INT	1	0.97661	0.00017	0.83591	0.00896
BAS*FRE*INT	2	0.20583	0.05634	0.02326	0.35405
RESIDUO	48	—	—	—	—

resultados evidenciam que a transmissividade difere ( $p < 0,05$ ) quanto aos fatores base, intensidade e as interações base x frequência, base x intensidade e frequência x intensidade. Para concentração do polímero 1,5% os resultados indicam que a transmissividade difere ( $p < 0,05$ ) quanto aos fatores base, intensidade e as interações base x frequência, base x intensidade e base x frequência x intensidade. Para concentração do polímero 2%, o estudo permite verificar que há diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) quanto aos fatores base, frequência, intensidade e a interação frequência x intensidade.

Aplicou-se o teste de Tukey para comparar as médias dos efeitos que se mostraram significativos ( $p < 0,05$ ). Pela **Tabela IV**, observam-se diferenças nas bases de gel para as concentrações de 1, 1,5 e 2% do polímero. Assim, pode-se observar que na concentração de 0,5% de polímero, todos os géis permitiram a mesma transmissividade. Porém, nas demais concentrações estudadas, o gel de HEC apresentou transmissividade superior aos outros géis avaliados.

Observam-se diferenças significativas entre as frequências de 1 e 3MHz para 0,5% e 2% do polímero (**Tabela V**). Já os resultados da **Tabela VI** revelam que para todas as concentrações dos polímeros há diferenças estatisticamente significativas em relação às intensidades (0,2 e 0,6W/cm<sup>2</sup>), verificando uma redução na transmissividade com o aumento da concentração do polímero.

Pela **Tabela VII**, observa-se que a base de HEC na frequência de 1MHz difere estatisticamente da frequência

**TABELA IV**  
Teste de Tukey para as bases nas diferentes concentrações

Bases	Concentrações de polímeros			
	0,5%	1%	1,5%	2%
HEC	92,4 <sup>a</sup>	92,6 <sup>a</sup>	89,9 <sup>a</sup>	93,4 <sup>a</sup>
C940	92,4 <sup>a</sup>	89,0 <sup>b</sup>	83,0 <sup>b</sup>	74,4 <sup>b</sup>
CULT	92,3 <sup>a</sup>	86,2 <sup>c</sup>	75,5 <sup>c</sup>	68,8 <sup>c</sup>

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 5% na coluna ( $p < 0,05$ ).

**TABELA V**  
Teste de Tukey para as frequências do US nas diferentes concentrações utilizadas

Frequência	Concentração de polímeros			
	0,5%	1%	1,5%	2%
1 MHz	91,7 <sup>a</sup>	89,4 <sup>a</sup>	83,0 <sup>a</sup>	80,4 <sup>a</sup>
3 MHz	93,1 <sup>b</sup>	89,1 <sup>a</sup>	82,6 <sup>a</sup>	77,3 <sup>b</sup>

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 5% na coluna ( $p < 0,05$ ).

**TABELA VI**  
Teste de Tukey para as intensidades do US nas diferentes concentrações utilizadas

Intensidade	Concentração de polímeros			
	0,5%	1%	1,5%	2%
0,2 W/cm <sup>2</sup>	90,2 <sup>a</sup>	87,0 <sup>a</sup>	79,3 <sup>a</sup>	75,5 <sup>a</sup>
0,6 W/cm <sup>2</sup>	94,6 <sup>b</sup>	91,5 <sup>b</sup>	86,3 <sup>b</sup>	82,2 <sup>b</sup>

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 5% na coluna ( $p < 0,05$ ).

**TABELA VII**  
Teste de Tukey - concentração de 0,5% da base x frequência

Bases	Frequências	
	1 MHz	3 MHz
HEC	90,5 <sup>a*</sup>	94,3 <sup>a*</sup>
C940	92,5 <sup>a</sup>	92,2 <sup>a</sup>
CULT	91,9 <sup>a</sup>	92,8 <sup>a</sup>

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 5% na coluna ( $p < 0,05$ ). \* indica diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

de 3MHz. Logo, o aumento da frequência permitiu maior transmissividade para HEC. Para os demais géis, este mesmo resultado não foi observado. Pela **Tabela VIII** observa-se que para todas as bases na concentração de

TABELA VIII

Teste de Tukey - concentração de 0,5% da base x intensidade

Bases	Intensidades	
	0,2 W/cm <sup>2</sup>	0,6 W/cm <sup>2</sup>
HEC	90,5a*	94,3ab*
C940	88,8a**	95,9a**
CULT	91,2a***	93,4b***

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 5% na coluna ( $p < 0,05$ ). \*, \*\* e \*\*\* indica diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

TABELA IX

Teste de Tukey - concentração de 1% da base x frequência

Bases	Frequências	
	1 MHz	3 MHz
HEC	90,9a*	94,2a*
C940	89,7ab	88,4b
CULT	87,6b**	84,8c**

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 5% na coluna ( $p < 0,05$ ). \* e \*\* indica diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

TABELA X

Teste de Tukey - concentração de 1% da base x intensidade

Bases	Intensidades	
	0,2 W/cm <sup>2</sup>	0,6 W/cm <sup>2</sup>
HEC	92,4 <sup>a</sup>	92,8 <sup>a</sup>
C940	83,6b*	94,5a*
CULT	85,2b	87,2b

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 5% na coluna ( $p < 0,05$ ). \* indica diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

0,5%, há diferenças estatisticamente significativas entre as intensidades de 0,2 e 0,6W/cm<sup>2</sup>. Na intensidade de 0,2W/cm<sup>2</sup>, não há diferenças estatisticamente significativas entre as bases utilizadas. Já na intensidade de 0,6W/cm<sup>2</sup>, CULT mostrou-se diferente estatisticamente do C940. Logo, pode-se dizer que o aumento da intensidade permitiu aumento da transmissividade.

Na frequência de 1MHz, HEC difere estatisticamente de CULT ( $p < 0,05$ ). Na frequência de 3MHz, todas as bases diferem estatisticamente entre si. As bases de HEC e CULT, na frequência de 1MHz, diferem da frequência de 3MHz. Já C940, na frequência de 1MHz não difere estatisticamente de 3MHz (Tabela IX).

Na intensidade de 0,2W/cm<sup>2</sup>, HEC difere estatisticamente de C940 e CULT ( $p < 0,05$ ). Na intensidade de 0,6W/cm<sup>2</sup>, CULT difere de HEC e C940. Também C940, na intensidade de 0,2W/cm<sup>2</sup> difere da intensidade de 0,6W/cm<sup>2</sup>. Logo, na intensidade de 0,2W/cm<sup>2</sup>, o gel de HEC permitiu maior transmissividade. Porém, quando se aumentou a intensidade, C940 também mostrou ótima transmissividade (Tabela X).

As bases de gel diferem entre si tanto nas frequências de 1 e 3MHz. A base de CULT na frequência de 1MHz difere da mesma base na frequência de 3MHz (Tabela XI). Na intensidade de 0,2W/cm<sup>2</sup>, a base de HEC difere de C940 e de CULT. Já na intensidade de 0,6W/cm<sup>2</sup>, todas as bases diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ). Pela Tabela XII, nota-se que todas as bases, com 0,2W/cm<sup>2</sup>, diferem significativamente das mesmas quando estas estão na intensidade de 0,6W/cm<sup>2</sup>.

TABELA XI

Teste de Tukey - concentração de 1,5% da base x frequência

Bases	Frequências	
	1 MHz	3 MHz
HEC	88,9 <sup>a</sup>	90,9 <sup>a</sup>
C940	82,5b	83,5b
CULT	77,6c*	73,4c*

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 5% na coluna ( $p < 0,05$ ). \* indica diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

TABELA XII

Teste de Tukey - concentração de 1,5% da base x intensidade

Bases	Intensidades	
	0,2 W/cm <sup>2</sup>	0,6 W/cm <sup>2</sup>
HEC	87,0a*	92,8 <sup>a</sup> *
C940	77,2b**	88,8b**
CULT	73,7b***	77,3c***

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 5% na coluna ( $p < 0,05$ ). \*, \*\* e \*\*\* indica diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

TABELA XIII

Teste de Tukey - frequência x intensidade, com 2% do polímero

Frequências	Intensidades	
	0,2 W/cm <sup>2</sup>	0,6 W/cm <sup>2</sup>
1 MHz	78,4a*	82,5a*
3 MHz	72,7b**	81,9a**

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 5% na coluna ( $p < 0,05$ ). \* e \*\* indica diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

Na intensidade de 0,2W/cm<sup>2</sup>, as frequências de 1 e 3MHz diferem estatisticamente entre si. Já para 0,6W/cm<sup>2</sup>, as frequências de 1 e 3MHz não diferem. Tanto na frequência de 1MHz quanto na de 3MHz, a intensidade de 0,2W/cm<sup>2</sup> difere estatisticamente da intensidade de 0,6W/cm<sup>2</sup> (Tabela XIII).

Diante dos resultados pode-se dizer que o gel de HEC foi o melhor condutor das ondas ultrassônicas. Isso, provavelmente, devido ao fato de que após a sua homogeneização desaparecem todas as bolhas decorrentes da sua manipulação, diminuindo, portanto, um dos fatores que levam à atenuação das ondas (Cameron & Monroe, 1992).

Analisando o fator frequência, observou-se que na maioria das vezes, frequências menores produziram maior transmissão, corroborando pesquisa de Mitra-gotri *et al.* (2000), que verificou que frequências menores produzem maiores coeficientes de transmissão do US sobre fármacos.

## CONCLUSÃO

- O polímero usado na preparação do gel, bem como, a intensidade e a frequência do aparelho, interferem na transmissividade das ondas ultrassônicas;

- Na concentração de 0,5% do polímero, todos os géis permitiram a mesma transmissividade das ondas ultrassônicas; porém, nas demais concentrações estudadas (1, 1,5 e 2%), o gel de HEC apresentou transmissividade superior ao gel de C940 e CULT, sendo

esse último, o gel que permitiu a pior transmissividade;

- O aumento da frequência permitiu aumento da transmissividade somente para o gel com 0,5% de HEC. Para os géis preparados com 1, 1,5 e 2% do polímero, o aumento da frequência não resultou em aumento da transmissividade. Logo, o aumento da frequência nem sempre implica em aumento da transmissividade;

- O aumento da intensidade permitiu aumento da transmissividade para todos os géis estudados.

## REFERÊNCIAS

1. Benson, H.A.E.; McElnay, J.C. Topical non-steroidal anti-inflammatory products as ultrasound couplants: their potential in phonophoresis. *Physiotherapy* 1994 80(2): 74-6.
2. Benson, H.A.E.; McElnay, J.C. Transmission of ultrasound energy through topical pharmaceutical products. *Physiotherapy* 1988 (74): 11-3.
3. Byl, N. The use of ultrasound as an enhancer for transcutaneous drug delivery: Phonophoresis. *Physical Therapy* 1995 75(6): 539-53.
4. Cameron, M.H.; Monroe, L. Relative transmission of ultrasound by media customarily used for phonophoresis. *Physical Therapy* 1992 72(2): 142-48.
5. Guirro, R.J.; Cancellieri, A.S.; Sant'Anna, I. Avaliação dos meios intermediários utilizados na aplicação do ultra-som terapêutico. *Revista Brasileira de Fisioterapia* 2001 5(2): 1-4.
6. Guirro, R.J.; Guirro, E.C.; Breitschwerdt, C.; Elias, D.; Ferrari, M.; Ratto, R. As variáveis físicas do ultra-som terapêutico: uma revisão. *Revista de Ciência & Tecnologia* 1996; 31-41.
7. Guirro, E.C.; Guirro, R.J. *Fisioterapia em Estética; Fundamentos, Recursos e Patologias*. 2.ed. São Paulo: Manole; 1996.
8. Griffim, J.E.; Achternach, J.L.; Bowmaker, K.L. Results of frequency differences in ultrasonic therapy. *Physical Therapy* 1970 50(4): 481-94.
9. Hippus, M.; Smolenski, U.; Uhlemann, C.; Schreiber, U.; Hoffmann, A. *In vitro* investigations of drug release and penetration enhancing effect of ultrasound on transmembrane transport of flufenamic acid. *Exp Toxic Pathol* 1998 (50): 4-6.
10. Hoogland, R. *Ultrasound Therapy*. 2<sup>nd</sup> ed. Delft (The Netherlands): BV Enraf-Nonius, 1989.
11. Hoppe, H. *Physiotherapie*. Luebeck: Maerz, 1992.
12. Leonardi, G.R. *Cosmetologia aplicada*. São Paulo: Medfarma, 2004.
13. Maia Campos, P.M.B.G. Bases Dermocosméticas. *Revista de Cosmiatria & Medicina Estética* 1994: 32-35.
14. Mitragotri, S. Sinergistic effect of enhancers for transdermal drug delivery. *Pharmaceutical Research* 2000 17(11): 1354-59.
15. Mitragotri, S.; Blankschtein, D.; Langer, R. Transdermal drug delivery using low-frequency sonophoresis. *Pharmaceutical Research* 1996 13(3): 411-20.
16. Morimoto, Y; Sugibayashi, K.; Natsume, H. The transdermal drug delivery system and transcutaneous absorption. *Acta Derm. Venereol.* 1994 (185): 15-17.
17. Tang, H.; Mitragotri, S.; Blankschtein, D.; Langer, R. Theoretical description of transdermal transport of hydrophilic permeants: application to low-frequency sonophoresis. *J. Pharm. Sci.* 2001 90(5): 545-68.

---

### Endereço para correspondência

Prof. Ms. Marlus Chorilli  
Faculdade de Ciências da Saúde – Curso de Farmácia – Universidade Metodista de Piracicaba  
Rodovia do Açúcar km 156 – Campus Taquaral – 13400-901 - Caixa Postal 68 – Piracicaba – SP  
E-mail: mlchoril@unimep.br