

**Universidade Federal de Juiz de Fora**

**Faculdade de Fisioterapia**

Suellen Karla Silva Pereira

**VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA SONOFORESE NA OTIMIZAÇÃO DA  
DIMINUIÇÃO DA SENSIBILIDADE CUTÂNEA COM A LIDOCAÍNA TÓPICA  
EM INDIVÍDUOS NORMAIS**

Juiz de Fora

2014

**Universidade Federal de Juiz de Fora**

**Faculdade de Fisioterapia**

Suellen Karla Silva Pereira

**VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA SONOFORESE NA OTIMIZAÇÃO DA  
DIMINUIÇÃO DA SENSIBILIDADE CUTÂNEA COM A LIDOCAÍNA TÓPICA  
EM INDIVÍDUOS NORMAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Fisioterapia da  
Universidade Federal de Juiz de Fora, como  
requisito parcial para a obtenção do título de  
bacharel em Fisioterapia.

**Orientadora:**  
**Prof<sup>ª</sup>. MsC. Cyntia Pace Schmitz Corrêa**

Juiz de Fora

2014

Pereira, Suellen Karla Silva.

VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA SONOFORESE NA OTIMIZAÇÃO DA  
DIMINUIÇÃO DA SENSIBILIDADE CUTÂNEA COM A LIDOCAÍNA TÓPICA EM  
INDIVÍDUOS NORMAIS / Suellen Karla Silva Pereira. -- 2014.

45 p. : il.

Orientadora: Cyntia Pace Schmitz Corrêa

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade  
Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Fisioterapia, 2014.

1. Fisioterapia. 2. Sonoforese. 3. Lidocaína. 4. Ultrassom  
Contínuo. 5. Ultrassom Pulsado. I. Corrêa, Cyntia Pace  
Schmitz, orient. II. Título.

SUELLEN KARLA SILVA PEREIRA

**Verificação da Eficiência da Sonoforese na Otimização da Diminuição da  
Sensibilidade Cutânea com a  
Lidocaína Tópica em Indivíduos Normais**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Fisioterapia  
da Universidade Federal de Juiz de Fora,  
como requisito para a obtenção da  
aprovação na disciplina Trabalho de  
Conclusão de Curso II e obtenção do  
título de bacharel em Fisioterapia.

Trabalho apresentado e aprovado em 27 de Janeiro de 2014.



Profª MsC Luciana de Cássia Cardoso - SUPREMA



Prof MsC Eduardo de Castro Assis - UFJF



Profª MsC. Cyntia Pace Schmitz Corrêa (Orientadora) - UFJF

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus, por ter respondido às minhas orações e se feito presente em todos os momentos, por ter me ajudado, amparado, me feito acreditar que eu podia, por ter me dado a calma, a inspiração e a paciência necessárias para concluir este trabalho, por ter colocado pessoas tão especiais e solícitas no meu caminho. Neste trabalho “solo”, Ele foi minha dupla.

Agradeço à minha orientadora, Cyntia, por ter me guiado nesse trabalho, que não foi fácil, mas que com sua ajuda foi se tornando mais claro, prazeroso e significativo. Obrigada pela paciência, pela confiança, pelos conhecimentos compartilhados, por ter me ajudado nos momentos mais tranquilos e especialmente quando o “bicho pegou”, o tempo se tornou cada vez mais curto e as responsabilidades cada vez maiores, por ter me ajudado a descobrir o prazer na pesquisa e na descoberta. Muito Obrigada!

À banca examinadora, Eduardo e Luciana, por compartilharem comigo seu conhecimento, com críticas e sugestões que me ajudaram a crescer.

Aos voluntários da minha pesquisa, pelo desejo sincero de ajudar, pela paciência e pela confiança.

Aos meus colaboradores, Marcela, Sarah e Ralf, por de tão boa vontade terem sido minhas duplas no momento em que eu mais precisava de ajuda. Muito obrigada!

À minha “coorientadora informal”, Marcela, não tenho palavras para te agradecer, por ter me ajudado durante toda a minha graduação com monitorias “sem fim”, e no fim, como fisioterapeuta, ter assumido mais uma vez esse papel; por ter

sido tão solícita, tão prestativa, quando o dever não te exigia isso. Você foi uma grande luz para mim. Sempre vou torcer por você. Muito obrigada!

Às minhas tradutoras, Paulinha, cunhadiiiiiinha!, e Desirée, por serem tão prestativas e terem me ajudado de tão boa vontade nessa reta final.

Aos professores, pelo livre acesso ao conhecimento, por me inspirarem e por me fazerem descobrir o amor pela fisioterapia. Você sempre serão meus exemplos.

Pedro e Valter, com vocês eu descobri o “x” da questão. Mesmo sendo educadores físicos, vocês me mostraram o prazer do raciocínio clínico e desde então a chama da paixão pela fisioterapia se acendeu em mim e nunca mais se apagou. Obrigada por sua dedicação e por serem tão bons.

Aos meus queridos pais, José Carlos e Sandra, que sempre me amaram, me apoiaram, que sonharam comigo, tiveram paciência, e especialmente pelos olhares que diziam que eu era capaz. Na Terra, fui enviada para ter o prazer de conviver com meus melhores amigos, e sou muito feliz por poder ter isso para sempre. Vocês são meus maiores exemplos. Quando eu crescer, quero ser igual a vocês. Amo vocês!

Aos meus queridos irmãos, Gregory e Renan, somos unidos pela eternidade, e não poderia querer irmãos-amigos melhores para compartilhar comigo esta vida e o para sempre. Vocês alegraram meus dias de um jeito que só vocês poderiam fazer, me apoiaram, me inspiraram, sonharam comigo meu presente e meu futuro. Minha clínica, meus pacientes, vocês planejaram tudo, não é? Vocês são demais! Amo vocês!

Aos meus avós, Delourdes, Benjamin (in memorian), Sebastião, Neuza (in memorian) e Nice, de perto ou de longe, conhecendo pessoalmente ou através de histórias, pelo exemplo, por acreditarem em mim, torcerem, orarem, e por estarem

sempre ali a todo o momento em que precisei. Você são “maravilhósons”. São heróis pra mim.

Aos meus tios e primos, pelos bons momentos e pela união que trazem para a nossa família.

Ao Rudolfo, que começou essa trajetória comigo, terminou a alguns quilômetros de distância, mas que em breve estará de volta. Por ter sido mais do que um amigo, um irmão, por ter sido um dos meus maiores incentivadores, um dos meus melhores consoladores, minha melhor dupla de estudos, meu melhor “cliente”, pelos momentos felizes, pelo cuidado, companheirismo, pelo amor sincero.

Aos meus amigos de longa data e àqueles um pouco menos velhinhos, mas que causam a impressão de sempre termos nos conhecido, vocês coloriram meus dias, me transmitiram confiança, me proporcionaram momentos de leveza necessários e agradáveis, foram meus voluntários de pesquisa, me apoiaram e torceram por mim. Amo vocês!

Aos meus amigos de faculdade, que viveram comigo todos os momentos de desespero, medo, indecisões, mas que souberam transformar tudo em oportunidades de crescimento, em alegria, esperança, no sonho de um futuro brilhante. Obrigada pelos estudos em grupo, pelas parcerias nas aulas práticas, pelas noites mal dormidas e pelas não dormidas, pelos planejamentos, pelo companheirismo, pelas comilanças. Começamos juntos ao acaso, terminamos unidos por opção. Devo a vocês boa parte do meu conhecimento, das minhas notas, em com certeza, boa parte deste sucesso.

A todos vocês que fizeram desta trajetória mais leve e significativa, e que hoje a transformam comigo em conquista, o meu MUITO OBRIGADA!

“E assim vemos que os mandamentos de Deus devem ser cumpridos. E se os filhos dos homens guardam os mandamentos de Deus, Ele alimenta-os e fortalece-os e dá-lhes meios pelos quais poderão cumprir as coisas que lhes ordenou...”

*1º Néfi 17:3*



## RESUMO

O ultrassom (US) é um recurso largamente utilizado na prática clínica fisioterapêutica e vem ganhando cada vez mais espaço. Quando associado a medicamentos tópicos pode proporcionar o aumento da permeabilidade das drogas. Este trabalho teve como objetivo verificar se o US potencializa o efeito da lidocaína em gel em comparação com a aplicação somente tópica desta medicação em regiões dos antebraços de um mesmo indivíduo e se existem diferenças no resultado da anestesia entre os modos de aplicação do US, contínuo ou pulsado, em regiões dos antebraços de um mesmo indivíduo. Tratou-se de um estudo randomizado, duplo-cego em 23 indivíduos de ambos os sexos, de 18 a 30 anos. Cada indivíduo recebeu 3 aplicações em 3 regiões distintas do antebraço, de lidocaína gel a 4% + US ajustado em três parâmetros distintos: US contínuo a 1 MHz e 1 W/cm<sup>2</sup>; US pulsado 1:10, a 1 MHz e 1 W/cm<sup>2</sup> e US desligado. O tempo de aplicação foi de 10 minutos em cada local. A sensibilidade foi testada antes e depois com o teste de estesiometria. Nossa amostra apresentou um percentual de 65,2 indivíduos do sexo feminino e 34,8 do sexo masculino, com uma média de idade de 23,35 anos. Nos três grupos observou-se a alteração da sensibilidade, sendo que nos grupos sonados houve uma alteração maior da sensibilidade (desligado = 1.22 dP .422; contínuo = 1.78 dP .344; pulsado = 2.00 dP .674;  $p \leq 0,05$ ). Nosso estudo concluiu que a sonoforese foi efetiva na otimização da diminuição da sensibilidade com a lidocaína tópica, sendo mais evidenciada no uso do US pulsado.

**Palavras-chave:** Fisioterapia, Sonoforese, Lidocaína Tópica.

## ABSTRACT

Ultrasound (US) is a resource widely used in physical therapy clinical practice, and it has been gaining more and more space. In association with topical medicament, it can enhance drug permeability. The purpose of this study was to verify whether US increases the effect of lidocaine gel in comparison to the exclusive topical application of that medicament in areas of an individual's forearm. The present work also intends to evaluate whether there are differences in anesthesia result between the continuous and pulsed US application modes in areas of an individual's forearm.

This was a randomized, double-blind study with 23 individuals of both sexes, between 18 and 30 years of age. Each individual received, in 3 different areas of the forearm, 3 applications of 4% lidocaine gel + US adjusted according to 3 different parameters: 1MHz/1W/cm<sup>2</sup> continuous US; 1:10 pulsed US to 1 MHz /1 W/cm<sup>2</sup>, and turned off US. The application time was 10 minutes in each area. Sensibility was tested before and after application with an esthesiometry test. Our sample was comprised of a percentage of 65.2 female individuals, and 34,8 male individuals, average age of 23,35. In the three groups there was a change in sensibility (turned off = 1.22 dP .422; continuous = 1.78 dP .344; pulsed = 2.00 dP .674;  $p \leq 0,05$ ). This study concluded that, with topical lidocaine, sonophoresis was effective for optimizing sensibility decrease, being more evident with pulsed US.

**Keywords:** Ultrasound, Sonophoresis, Topical Lidocaine

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Materiais utilizados.....	27
Figura 2 – Área de teste.....	28
Figura 3 – Área de teste demarcada.....	29
Figura 4 – Aplicação da lidocaína e da sonoforese.....	30

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Materiais e equipamentos.....	27
QUADRO 2 – Sexo dos voluntários.....	32
QUADRO 3 – Média de idade dos voluntários.....	32
QUADRO 4 – Teste de Shapiro-Wilks.....	33
QUADRO 5 – Análise descritiva dos grupos pré e pós sonados no modo pulsado e contínuo.....	33
QUADRO 6 – Teste t-Student para todos os grupos.....	34
QUADRO 7 – Teste T-Student entre os grupos pós lidocaína e US pulsado x US contínuo.....	35

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>cm</b>	Centímetros
<b>HU/UFJF - Dom Bosco</b>	Hospital Universitário da Universidade Federal de Juiz de Fora - unidade Dom Bosco
<b>Hz</b>	Hertz
<b>KHz</b>	KiloHertz
<b>MHz</b>	MegaHertz
<b>ml</b>	Mililitros
<b>US</b>	Ultrassom
<b>USC</b>	Ultrassom Contínuo
<b>USD</b>	Ultrassom Desligado
<b>USP</b>	Ultrassom Pulsado
<b>W/cm<sup>2</sup></b>	Watts/centímetro <sup>2</sup>

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	24
2.1 Objetivo Geral	24
2.2 Objetivo Específico	24
3. METODOLOGIA	25
3.1 Sujeitos	25
3.2 Critérios de Inclusão	25
3.3 Critérios de Exclusão	25
3.4 Local	26
3.5 Materiais e Métodos	26
3.6 Procedimentos	28
4. ANÁLISE ESTATÍSTICA	30
5. RESULTADOS	32
6. DISCUSSÃO	36
7. CONCLUSÃO	41
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
APÊNDICE 1 – Formulário de verificação da elegibilidade	45
APÊNDICE 2 – Formulário da Pesquisa	47

# 1. INTRODUÇÃO

Durante toda a nossa graduação e até mesmo na vida profissional, diversos tem sido os questionamentos a respeito da efetividade dos recursos físicos em diversas terapêuticas. Diversas literaturas tem buscado solucionar dúvidas e criar condições para que possamos aplicar os recursos terapêuticos na prática da fisioterapia com mais confiança, buscando sempre oferecer a melhor conduta para o paciente.

Dentro desta perspectiva, buscamos com este trabalho conhecer um pouco mais sobre o recurso termoterápico e mecânico conhecido como ultrassom (US), além de sua aplicação clínica na possibilidade de melhorar a permeabilidade na pele de uma droga anestésica (neste caso, a Lidocaína tópica). Tal proposta visa fundamentar o uso deste recurso como transmissor desta substância anestésica na pele e facilitar a conduta terapêutica de diversos recursos algícos e sofridos para os indivíduos, como no caso do uso de agulhas para injeção e alguns tratamentos estéticos.

O início do uso do US terapêutico se deu há mais de 70 anos<sup>1</sup> e hoje é um recurso largamente utilizado na prática clínica fisioterapêutica<sup>1,2,3</sup>, tanto no Brasil quanto em diversos países, incluindo Canadá, Austrália, Dinamarca, Finlândia, Nova Zelândia, Suíça, Reino Unido e Estados Unidos<sup>1</sup>. Seu baixo custo e bons resultados na prática clínica impulsionam vários profissionais a adquirirem este equipamento. Nos últimos anos a atenção direcionada a este recurso ficou evidenciada pelo aumento de patentes registradas e pelo lançamento de novos dispositivos comerciais<sup>3</sup>.

Apesar de seu tempo de uso, difusão entre os profissionais e dos trabalhos científicos publicados, sua eficácia ainda conta com base científica deficiente<sup>1,2,4</sup>. Grande parte disto se deve a falhas nas metodologias e no detalhamento dos estudos<sup>1</sup>, sendo os ensaios clínicos randomizados o tipo de estudo mais indicado para o alcance de resultados confiáveis para este tipo de comprovação científica<sup>1,5</sup>.

A produção das ondas ultrassônicas ocorre devido ao efeito piezoelétrico. Num material piezoelétrico, como o quartzo, o chumbo, o titanato de bário ou outro material policristalino<sup>6,7</sup>, pode ocorrer o fenômeno da piezoeletricidade, caracterizado pela geração de cargas elétricas em sua superfície, secundárias à aplicação de uma pressão mecânica. As ondas ultrassônicas são geradas quando uma corrente elétrica alternada é aplicada sobre um material piezoelétrico, fazendo com que um material vibre, gerando ondas mecânicas ultrassônicas de alta frequência<sup>7</sup>. Em resumo, a energia elétrica gerada e emitida por um gerador deforma um material piezoelétrico num transdutor e então é convertida em energia mecânica<sup>2,3,6,7,8</sup>.

As ondas mecânicas, como o US, são de compressão longitudinal e se propagam em meios deformáveis e elásticos, como tecidos biológicos, pela criação alternada de regiões de compressão e rarefação molecular e aumento e diminuição da pressão do meio<sup>3,6,7,8,9,10</sup>. A onda surge quando uma região de um meio elástico é perturbada e é transmitida pela interação entre as partículas vizinhas. As partículas da região perturbada adquirem energia cinética, começam a vibrar e transferem parte da energia para as vizinhas, que também começam a vibrar e transferem parte da energia para as suas partículas vizinhas, e assim sucessivamente. Isso ocorre até que a energia se dissipe completamente e a vibração cesse<sup>2,6,7,10</sup>. Quanto mais próximas as partículas, maior a velocidade de propagação das ondas e elas deixam



de existir no vácuo<sup>6,7,10</sup>. Sendo assim, a velocidade de propagação das ondas aumenta dos meios gasosos para os líquidos e destes para os sólidos<sup>10</sup>. Nos tecidos moles do corpo humano, esta velocidade é de aproximadamente 1.500 m/s<sup>6,10</sup>.

Os efeitos gerados pela aplicação do US variam de acordo com a frequência, intensidade, modo (contínuo ou pulsado), região anatômica onde será aplicado no paciente, impedância do meio e natureza da substância utilizada entre o cabeçote do aparelho e a superfície corporal<sup>9</sup>, sendo possível controlar alguns destes parâmetros a fim de que se obtenha o efeito desejado<sup>7,10</sup>.

A frequência da onda é igual ao número de vezes que uma partícula realiza um ciclo oscilatório por unidade de tempo<sup>6,10</sup>, ou seja, é o número de pressões-rarefação por segundo<sup>6,7</sup>, e varia de 20.000 a 20.000.000 de ciclos por segundo, sendo que 1 ciclo por segundo corresponde a 1 Hertz (Hz). Na prática terapêutica são utilizadas as frequências compreendidas entre 0,7 Megahertz (MHz) a 3 MHz, sendo que no Brasil as mais utilizadas são de 1 e 3 MHz<sup>7,8,9,10</sup>. A intensidade corresponde à energia total/segundo fornecida pela onda ultrassônica. Esta é distribuída em toda a superfície do transdutor, e expressa em W/cm<sup>2</sup><sup>6,7,10,11</sup>. A maioria dos aparelhos terapêuticos emitem o máximo de 2 a 3 W/cm<sup>2</sup><sup>11</sup>. O comprimento da onda corresponde à distância fixa existente entre regiões de compressão ou rarefação adjacentes<sup>10,11</sup>. A distância máxima percorrida por uma partícula enquanto vibra, corresponde à amplitude da onda, e é expressa em milímetros ou micrômetros<sup>7,10</sup>. O tempo gasto pela partícula para a realização de um ciclo completo corresponde ao período da onda<sup>10</sup>.

As ondas de alta frequência e menor amplitude são rapidamente absorvidas nas camadas mais superficiais da pele, enquanto que as de menor frequência e maior amplitude alcançam tecidos biológicos mais profundos. Sendo assim, quando se espera efeitos profundos, utiliza-se o US de baixa frequência (no Brasil, 1MHz)<sup>9,11,12</sup>. Quanto maior a intensidade, maior a penetração, porém esta taxa não continua a aumentar de forma linear em conjunto com a intensidade<sup>3</sup>. A intensidade de saída da onda não é igual à intensidade que chega ao tecido. As características do tecido e as reflexões sofridas ao longo do caminho fazem com que quanto maior a profundidade, menor seja a intensidade de chegada do feixe ultrassônico<sup>3,9</sup>.

Quanto ao modo de propagação da onda, os aparelhos de US podem ser regulados para propagá-las de modo contínuo ou pulsado. No modo contínuo, a energia é depositada com intensidade constante durante todo o tratamento, sem interrupções. No modo pulsado, a propagação da energia é interrompida, de modo que em uma parte do ciclo ocorra propagação de ondas e na outra não<sup>7,10</sup>.

O US pode gerar efeitos térmicos e mecânicos de acordo com o modo utilizado. O modo contínuo gera efeitos térmicos e o pulsado gera efeitos mecânicos, que são de cavitação, transmissão acústica, microstreaming, aumento do tamanho dos poros da pele, aumento do número de poros e do espaço intercelular<sup>3,8,13</sup>. Dentre os efeitos clínicos do US, podemos citar ações analgésica, antiinflamatória, de regeneração de tecidos moles, de aumento da extensibilidade de tecidos, de relaxamento muscular, de vasodilatação e de potencialização da penetração de drogas<sup>3</sup>.

Para entendermos a potencialização de penetração de drogas através do US, é importante que possamos nos remeter ao maior órgão do corpo humano: a pele.

A pele é uma importante via para a administração de drogas e esta prática vem sendo investigada por várias décadas<sup>3,14</sup>. Como dito anteriormente, ela constitui o maior órgão do corpo, interage intimamente com o ambiente e é formada pela epiderme, derme e tecidos subcutâneos<sup>6</sup>. O estrato córneo é a camada mais externa da epiderme<sup>6,14,15</sup>. O acesso do ambiente externo aos tecidos internos é limitado por ele e, portando, as moléculas de baixo e alto peso molecular encontram nele sua principal barreira para penetração<sup>6,13,14,15,16,17,18,19</sup>. Sendo assim, várias técnicas para facilitar o processo de penetração de drogas são estudadas, sendo a sonoforese uma delas<sup>3,10,15,18,20</sup>. Nesta técnica, atualmente amplamente conhecida e utilizada na prática clínica, há a utilização do US para otimizar a absorção de fármacos de alto e baixo peso molecular através da pele intacta. O medicamento é aplicado de forma tópica, na camada externa da pele, o estrato córneo, e “massageado” com o uso do US<sup>3,6,7,9,10,13,17,18,20,21,22</sup>.

A eficácia da sonoforese na liberação transdérmica de drogas é comprovada há mais de 40 anos e diversos estudos foram e continuam sendo realizados na tentativa de se estipular seus parâmetros adequados e ótimos<sup>3,7,21</sup>. Por seu baixo custo e eficácia, especialmente com as drogas de baixa taxa de absorção cutânea, é uma tecnologia atrativa, competitiva e promissora<sup>3,21</sup>.

Os sistemas de entrega de drogas visam proporcionar de forma rápida a quantidade e concentração adequada da droga à região alvo<sup>20</sup>. Existem diversas

vantagens na administração transdérmica de drogas<sup>15,17,20</sup>. Algumas das principais vantagens biológicas da sonoforese consistem na possibilidade do uso de uma droga com meia-vida biológica curta, aplicação direta na região alvo, obtenção rápida da concentração adequada de fármacos<sup>17</sup>, controle da velocidade de liberação dos fármacos, evita o efeito hepático de primeira passagem, evitando a sobrecarga do fígado e a inativação parcial do fármaco sofrida durante esse processo<sup>6,15,17,18</sup>, manutenção dos níveis plasmáticos<sup>17,18</sup>, ausência de efeitos gastrointestinais com menor variação da dose<sup>17</sup> e menor chance de adquirir infecções<sup>3,13,21</sup>. Além destas, gera outras vantagens sociais e comerciais com uma melhor adesão do paciente ao tratamento<sup>6,15,17</sup>, especialmente por ser uma alternativa confortável para os pacientes com dificuldade para engolir comprimidos<sup>17</sup>, por evitar injeções, além de auxiliar aqueles que necessitam de dosagens diárias de drogas, como os diabéticos<sup>15</sup>. Entretanto alterações na estabilidade do fármaco podem ocorrer em contato com o US, levando a degradação molecular, perda da eficácia e outras reações químicas desconhecidas pelo terapeuta<sup>3,8,13,16</sup>.

Para a realização da sonoforese, assim como de outras terapias utilizando o US, é necessário que se exclua o ar existente entre o transdutor e a pele para que as ondas ultrassônicas sejam transmitidas<sup>10</sup>. Para este fim, as formulações em gel são as mais indicadas. Entretanto, água, pomadas, cremes e óleos também tem sido utilizadas e são úteis na transmissão das ondas<sup>3,10</sup>.

São utilizados três tipos de frequência na sonoforese: alta (3-15 MHz), terapêutica (1-3 MHz) e baixa (< 1 MHz)<sup>3</sup>. As frequências altas e terapêuticas são

utilizadas desde 1950, porém nas últimas duas décadas tem-se dado atenção às pesquisas fazendo uso da sonoforese com baixas frequências (20-100 KHz) nas quais se tem obtido resultados positivos<sup>8</sup>. Alguns estudos demonstraram que o efeito positivo sobre a permeabilidade da membrana é maior com o uso de US de baixa frequência<sup>3,16</sup>. Entretanto, as frequências altas e terapêuticas continuam a ser estudadas<sup>3</sup> e são as mais utilizadas no Brasil<sup>7,8,9,10</sup>.

Os efeitos térmicos do US (aqueles gerados principalmente no modo contínuo) incluem aumento da atividade metabólica, fluxo sanguíneo e analgesia dos nervos<sup>4</sup>. Quando é feito uso do US pulsado, os efeitos térmicos são diminuídos<sup>7</sup>, obtendo-se mais efeitos mecânicos<sup>3,8,13</sup>. O principal efeito responsável pelo aumento da permeabilidade da pele, independentemente dos parâmetros utilizados, é um efeito não térmico, a cavitação, porém ela ocorre em estruturas diferentes da pele de acordo com a frequência utilizada<sup>3,8,16,22</sup>.

As ondas ultrassônicas causam uma desorganização do estrato córneo que facilita a passagem de fármacos através do efeito de cavitação, onde bolhas microscópicas de gás são criadas por diferença de pressão<sup>3,4,6,7,10,13,18,20,22</sup>. De acordo com a atividade da bolha, a cavitação é caracterizada como estável ou transiente, também dita inercial, porém ambos os tipos aumentam a permeabilidade membranar. Na cavitação estável, as bolhas crescem, sustentam-se e pulsam durante vários ciclos acústicos sem colapso. Já na cavitação transiente ou inercial, as bolhas crescem violentamente e colapsam em menos de um ciclo e isso se estende ao longo de vários ciclos acústicos. Caso este crescimento violento ocorra perto da superfície da pele, há a formação de um microjato com grande liberação de

energia<sup>6,7,10,16,20,22</sup>. De acordo com a revisão de Polat e col. (2011), na sonoforese com frequências entre 20-100 KHz, o principal local onde se tem o efeito da cavitação foi acima da membrana da pele, provavelmente como microjatos que incidem sobre a superfície da pele. Já na fonoforese com frequências maiores ou iguais a 0,7 MHz o principal local onde se tem esse efeito é dentro da pele, quer em apêndices cutâneos ou em locais próximos a queratinócitos do estrato córneo. Esta diferença faz com que drogas com propriedades moleculares diferentes sejam mais adequadas a cada tipo de frequência utilizada. Frequências mais altas são mais eficazes quando associadas a drogas de baixo peso molecular ao passo que frequências mais baixas são mais eficazes quando associadas a drogas com alto peso molecular<sup>8</sup>. Em altas frequências o efeito da cavitação é mais difícil de ser gerado<sup>3</sup>.

Por proporcionar efeitos físicos e mecânicos a sonoforese pode ser aplicada em diversos tipos de células e em conjunto com uma grande possibilidade de fármacos como anestésicos, antiinflamatórios, corticosteróides entre outros<sup>16,21</sup>. Algumas das drogas utilizadas disponíveis na literatura são, lidocaína gel ou solução aquosa de lidocaína, insulina, heparina, ibuprofeno, mistura eutética de anestésicos locais (EMLA), gel de triamcinolona glucocorticóide sintético, acetona, géis carbopol, cafeína gel, pomada de indometacina, diclofenaco, testosterona, voltaren emugel, dexametasona e ácido acético<sup>3,9,12,23</sup>.

A entrega de drogas hidrofílicas com a sonoforese é mais eficaz que a entrega de drogas lipofílicas. Esta relação é justamente o oposto da preferência de absorção da pele sem o uso de recursos. Os medicamentos têm sido fabricados

com diversas formulações como soluções, géis, pomadas, cremes, lipossomas, micropartículas lipídicas sólidas, microesferas, matrizes e bandagens oclusivas para se adaptarem melhor como interface entre a pele e o cabeçote do US<sup>3,23</sup>.

Um dos fármacos utilizados na sonoforese é a lidocaína, um anestésico tópico superficial<sup>2,13,24</sup> que bloqueia a entrada de sódio nas células nervosas e impedem a propagação do impulso nervoso de forma reversível<sup>2,24</sup>.

A lidocaína foi sintetizada em 1943 pelo farmacêutico sueco Nills Löfgren e foi o primeiro anestésico local a ser comercializado<sup>25</sup>. Usado para se obter analgesia, alívio da coceira e do ardor, e durante a prática de pequenas cirurgias<sup>13</sup>, sua ação pode começar dentro de 5 minutos, dependendo do local onde for aplicado<sup>24</sup>. Para a obtenção de efeitos em estruturas mais profundas faz-se necessário o uso de injeções ou administração sistemática<sup>13</sup>. Por ser uma substância do tipo amida, a ocorrência de alergias à lidocaína é praticamente inexistente, sendo esta uma das principais vantagens clínicas de sua aplicação em comparação com os anestésicos do tipo éster. As principais reações alérgicas relatadas com o uso da lidocaína é na sua forma de aplicação injetável, gerando reações alérgicas do tipo I (hipersensibilidade imediata) e tipo IV (dermatite de contato). Não se sabe a real incidência de reações anafilática à lidocaína, mas há relatos de casos de reações alérgicas confirmada pelo aumento dos níveis de IgE<sup>26,27</sup>. Através da sonoforese é possível alcançar estruturas mais profundas sem que haja lesões e desconfortos<sup>3,10,15,18,20,23</sup>.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral:**

Verificar se o US potencializa o efeito da lidocaína em gel em comparação com a aplicação somente tópica desta medicação em regiões dos antebraços de um mesmo indivíduo.

### **2.2. Objetivo Específico:**

Verificar se existem diferenças no resultado da anestesia entre os modo de aplicação do US, contínuo ou pulsado, em regiões dos antebraços de um mesmo indivíduo.



### **3. METODOLOGIA**

Tratou-se de um estudo randomizado, duplo-cego.

#### **3.1. Sujeitos**

Estudou-se uma amostra de 23 indivíduos.

#### **3.2. Critérios de Inclusão**

Adultos jovens, de ambos os sexos, com idade entre 18 e 30 anos.

#### **3.3. Critérios de Exclusão**

Foram excluídos do estudo, indivíduos que apresentaram as seguintes características, que poderiam interferir no resultado do estudo, e/ou quando o experimento pudesse representar risco a sua integridade física: contra-indicações conhecidas ao ultrassom<sup>13,21</sup>, que consistem em neoplasias e lesões pré-cancerosas no membro superior, área de pele desvitalizada (por exemplo, após a radioterapia recente), condição local aguda de pele na área dos membros superiores, alterações vasculares (por exemplo, êmbolos) e aterosclerose grave na área do membro superior, infecção aguda na zona do membro superior, tuberculose ativa na área do membro superior e hemofílicos não abrangidos pela reposição de fator<sup>13</sup>. Também compunham o critério de exclusão, alergia a lidocaína ou outros anestésicos locais, histórico de neuropatia que afete a sensibilidade dos membros superiores, histórico de lesão do membro superior nos últimos 6 meses, histórico de cirurgia do membro superior no ano anterior, histórico de patologia no local sonado, dor causada por lesão na extremidade superior, feridas abertas no local de teste, infecção aguda em

membros superiores, pele ressecada com sinais de rachadura no local sonado, uso de medicação que interfira na sensibilidade de membros superiores, participação simultânea em outro estudo que interfira na sensibilidade do local sonado, indivíduos que tenham ingerido álcool ou feito uso de drogas nas 24 horas anteriores ao teste.

### **3.4. Local**

A coleta dos dados foi realizada no ambulatório de fisioterapia do Hospital Universitário da Universidade Federal de Juiz de Fora, unidade Dom Bosco (HU/UFJF - Dom Bosco).

### **3.5. Materiais e Métodos**

Os materiais e equipamentos necessários para o desenvolvimento da pesquisa estão listados no quadro abaixo, assim como suas quantidades, justificativas e fornecimento. Foram utilizados o US da marca Fysiomed, modelo Sonic 15 e o estesiômetro de Semmes-weisntein, da marca SORRI (FIGURA 1).

QUADRO 1 – Materiais e equipamentos

	MATERIAL	JUSTIFICATIVA	QUANTIDADE	FORNECIMENTO
MATERIAL DE CONSUMO	Papel ofício	Impressão de relatórios e fichas de avaliação	1 pacote de 500 folhas	Pesquisadores
	Cartucho para impressora jato de tinta	Impressão de relatórios e outros documentos necessários para a realização do projeto	1 unidade	Pesquisadores
	Lidocaína gel 4%	Aplicação terapêutica no grupo de estudo	500 gramas	Pesquisadores
	Álcool 70%	Limpeza da região anatômica de aplicação terapêutica	1 litro	Pesquisadores
	Algodão	Limpeza da região anatômica de aplicação terapêutica	4 caixas de 50 gramas	Pesquisadores
	Lápis dermatográfico	Marcação da região anatômica para aplicação terapêutica	1 unidade	Pesquisadores
MATERIAL PERMANENTE	Estesiômetro	Mensuração da sensibilidade tátil	1 unidade	HU/UFJF
	Ultrassom 1 MHz	Aplicação terapêutica	1 unidade	HU/UFJF

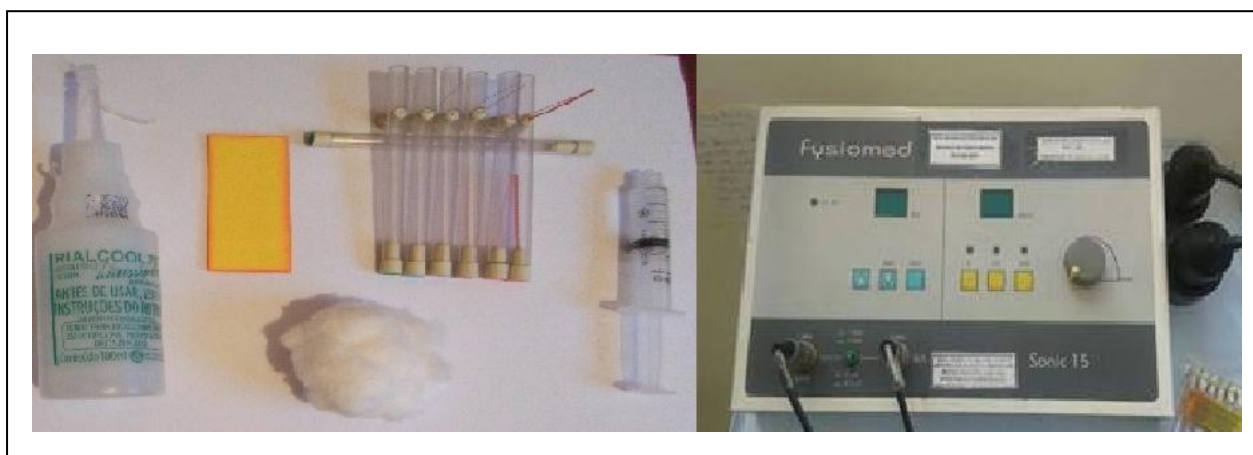


FIGURA 1 – Materiais e equipamentos utilizados.

### 3.6. Procedimentos

A frequência do US utilizada foi de 1MHz<sup>13,8,9,12,13,21</sup>, a dosagem de 1,0 W/cm<sup>2</sup><sup>3,13,16</sup> e o tempo de aplicação foi de 10 minutos<sup>1</sup>. O US pulsado foi ajustado a 1:10. Foi utilizado 3 ml de Cloridrato de Lidocaína gel a 4%<sup>23</sup>, medidos com uma seringa. A medicação foi manipulada pela Phytovida Farmácia de Manipulação.

O estudo foi dividido em 3 etapas:

1ª Etapa: Um avaliador independente preencheu o Formulário de Verificação de Elegibilidade do Voluntário (APÊNDICE 1) de acordo com informações fornecidas pelo sujeito. Assegurada a elegibilidade, o avaliador limpou todas as áreas de aplicação previamente com álcool 70% e algodão, sendo que, quando necessário, foi realizado o corte dos pêlos do local com tesoura. Após a limpeza da região, o avaliador desenhou três retângulos nos antebraços direito e esquerdo do voluntário, a partir de um molde pré-definido com 3 cm de largura e 7 cm de comprimento, nas regiões correspondentes aos dermatômos C5 e T1 (FIGURAS 2 e 3) com o uso do molde e de lápis dermatográfico, enumerando-os de 1 a 3, sendo que a borda lateral do antebraço direito correspondeu ao número 1, a borda medial do mesmo antebraço ao número 2 e a borda lateral do antebraço esquerdo ao 3. Logo após, a sensibilidade cutânea foi testada através do teste de estesiometria e os resultados anotados em formulário próprio (APÊNDICE 2). A estesiometria é um teste que utiliza monofilamentos de nylon com diferentes espessuras para, dentre outras indicações, avaliação da sensibilidade cutânea (FIGURA 1).

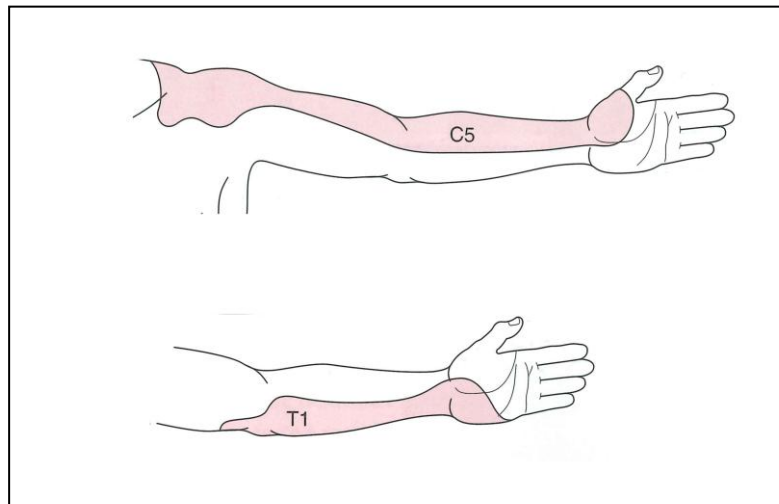


FIGURA 2. Área de teste.

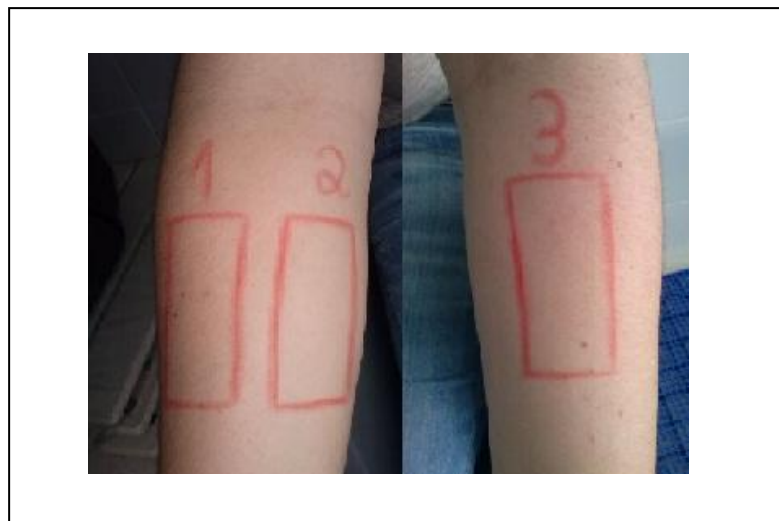


FIGURA 3. Área de teste demarcada.

2ª Etapa: Um segundo avaliador sorteou os parâmetros que foram utilizados em cada região e ajustou o aparelho, de modo que os outros pesquisadores não tomaram conhecimento dos parâmetros utilizados. As três regiões receberam aplicações aleatórias de: Grupo US Pulsado (USP): USP + lidocaína gel; Grupo US Contínuo (USC): USC + lidocaína gel; Grupo US desligado (USD): USD + lidocaína gel.

3ª Etapa: Um terceiro pesquisador, o aplicador, fez a medição de 3 ml de lidocaína gel, aplicou de forma tópica nas regiões delimitadas, começando pela de número 1, e logo em seguida aplicou o US por 10 minutos com os parâmetros previamente ajustados (FIGURA 4). Decorrido este tempo, limpou a região com uso de algodão e o teste de sensibilidade foi feito imediatamente pelo primeiro avaliador. O procedimento foi repetido para as demais regiões.



FIGURA 4. Aplicação da lidocaína e da sonoforese.

#### 4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os dados foram analisados no programa estatístico SPSS® versão 13.0.

Primeiramente foram realizadas as análises descritivas da amostra.

Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilks para a análise da normalidade da amostra, padrão para amostras com menos de 50 elementos e logo após, o teste paramétrico t-Student para amostras simples para verificação da significância entre os grupos ( $p < 0,05$ ).

## 5. RESULTADOS

Foram analisados os dados de 23 participantes de ambos os sexos.

Dos 23 voluntários, 34,8% eram do sexo masculino e 65,2% eram do sexo feminino (QUADRO 2). A média de idade foi de 23,35 anos (QUADRO 3).

QUADRO 2 – Sexo dos voluntários

SEXO					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1	8	34,8	34,8	34,8
	2	15	65,2	65,2	100,0
	Total	23	100,0	100,0	

QUADRO 3 – Média de idade dos voluntários

Statistics		
IDADE		
N	Valid	23
	Missing	0
Mean		23,35
Std. Deviation		1,991
Skewness		,265
Std. Error of Skewness		,481

Para a análise da normalidade da amostra, foi utilizado o teste de Shapiro-Wilks, padrão para amostras com menos de 50 elementos. Nos três grupos analisados, US desligado, US contínuo e US pulsado, as amostras pré e pós sonoforese se mostraram normais. Tais resultados são apresentados no QUADRO 4.



#### QUADRO 4 – Teste de Shapiro Wilk

	Shapiro-Wilks		
	Statistic	df	Sig.
USDESLPRÉ	,512	23	,000
USDESLPÓS	,804	23	,000
USCONTPRÉ	,402	23	,000
USCONTPÓS	,760	23	,000
USPULSPRÉ	,582	23	,000
USPULSPÓS	,802	23	,000

Na análise descritiva das frequências de alterações da sensibilidade ocorridas nos três grupos, percebemos que tanto o grupo que recebeu só a lidocaína tópica (US Desligado), quanto nos grupos sonados (US CONTÍNUO e US PULSADO) houve uma alteração da sensibilidade (QUADRO 5). Porém, no grupo sonado com o US PULSADO foi observado uma maior alteração.

#### QUADRO 5 – Análise descritiva das alterações de sensibilidade

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
USDESL 1*	12	52,2	52,2	52,2
USDESL 2**	11	47,8	47,8	100,0
USCONT 1*	14	60,9	60,9	60,9
USCONT 2**	9	39,1	39,1	100,0
USPULS 1*	15	65,2	65,2	65,2
USPULS 2**	8	34,8	34,8	100,0

\*O nº 1 indica os sujeitos qe tiveram alteração da sensibilidade no pós-teste.

\*\*O nº 2 indica os sujeitos que NÃO tiveram alteração da sensibilidade no pós-teste.

Como a amostra foi normal, foi aplicado o teste paramétrico t-Student para amostras simples para verificação da significância entre os grupos ( $p < 0,05$ ). Os resultados demonstraram significância estatística nos 3 grupos pré e pós teste, e são apresentados no QUADRO 6.

QUADRO 6 – Teste t-Student para todos os grupos

**One-Sample Test**

	Test Value = 0					
	T	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
USDESPRÉ	13,844	22	,000	1.217	1.04	1.40
USCONTPRÉ	15,744	22	,000	1.130	.98	1.28
USPULSPRÉ	13,296	22	,000	1.304	1.10	1.51
USDESPOS	12,912	22	,000	1.820	1.52	2.12
USCONTPOS	14,255	22	,000	1.733	1.47	1.99
USPULSPOS	13,871	22	,000	1.950	1.66	2.24

Quando analisado a significância dos dados referentes à sonoforese com o ultrassom contínuo ou pulsado, percebemos que todos os dados pós teste tiveram significância estatística (QUADRO 7). Como o grupo sonado com o US PULSADO obteve uma maior frequência de alteração na sensibilidade, podemos inferir que o grupo que recebeu a aplicação do US PULSADO teve um melhor resultado.

QUADRO 7 – Teste t-Student para os grupos pós-teste do US PULS e US CONT

**One-Sample Test**

	Test Value = 0.05					
	T	DF	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
USPULSPOS	13,871	22	,000	1.950	1.66	2.24
USCONTPOS	13,855	22	,000	1.733	1.47	1.99

Além dos dados apresentados acima, pudemos concluir que 28,6% dos voluntários tiveram alteração de sensibilidade tanto com o US desligado, quanto com o US pulsado, quanto com o US contínuo. Somente um voluntário não obteve alteração de sensibilidade em nenhuma das formas de aplicação do ultrassom e 38% dos participantes apresentaram alterações tanto na aplicação do US contínuo quanto na aplicação do US pulsado.

## 6. DISCUSSÃO

Vários recursos termoterápicos e mecânicos vem sendo utilizados na prática fisioterapêutica, sendo um deles o ultrassom. Uma vez que existe a possibilidade de sua aplicação clínica para melhorar a permeabilidade na pele de drogas anestésicas, o objetivo principal do presente estudo foi verificar se o ultrassom potencializa o efeito da lidocaína em gel em comparação com a aplicação somente tópica desta medicação em regiões dos antebraços de um mesmo indivíduo.

Os dados da literatura em relação aos efeitos da sonoforese com a lidocaína são escassos, o que dificultou a estruturação da discussão e o estabelecimento de algumas comparações com os achados deste estudo.

Os resultados deste trabalho mostraram haver uma correlação positiva entre o uso do ultrassom associado com a penetração do fármaco lidocaína tópica. Podemos perceber que os grupos sonados, tanto no modo contínuo quanto no modo pulsado apresentaram diferenças significativas maiores quando comparados com o grupo não sonado (US desligado). Este resultado se contrapõe ao estudo de MUNIZ & col (2009), que não encontrou diferenças significativas em seu estudo que comparou a aplicação do ultrassom pulsado em frequências diferentes mas com a mesma intensidade e a penetração do diclofenaco de sódio.

KIM & col (2007), realizaram um estudo que verificou a influência da sonoforese na analgesia provocada pela aplicação tópica de 5g de Cloridrato de Lidocaína Gel a 1%, no pulso direito, região correspondente ao nervo mediano. Eles utilizaram aplicação tópica de gel sem Cloridrato de Lidocaína em conjunto com aplicação do US pulsado com 0,5 MHz de frequência e 2,0 W/cm<sup>2</sup> de intensidade; aplicação tópica do Cloridrato de Lidocaína Gel em conjunto com US desligado;

aplicação tópica de cloridrato de Lidocaína Gel em conjunto com US pulsado com 1,0 MHz de frequência e 2,0 W/cm<sup>2</sup> de intensidade e aplicação tópica do Cloridrato de Lidocaína Gel em conjunto com US pulsado com 0,5 MHz de frequência e 2,0 W/cm<sup>2</sup> de intensidade. Foi avaliada a sensibilidade dolorosa, o limiar térmico de dor e alterações na condução nervosa do nervo mediano. Após análise estatística, foi observado que o limiar doloroso de pressão e térmico aumentaram de forma significativamente estatística nos Grupos Fonoforese 1MHz e 0,5 MHz em comparação com os outros grupos, mas não houve diferença estatisticamente significativa entre eles próprios. Em relação à anestesia de condução, o grupo Fonoforese 0,5 MHz apresentou uma mudança significativa no limiar de dor e amplitude da ação do nervo sensorial potencial em comparação com os outros grupos.

O estudo mais significativo encontrado para comparação com o presente trabalho foi o de EBRAHIMI & col (2012). Tais autores realizaram um estudo afim de verificar o efeito da fonoforese associado a lidocaína no bloqueio sensorial. A técnica foi aplicada na superfície ventral do antebraço direito, em 93 voluntários saudáveis, de ambos os sexos, com 18 a 25 anos de idade foram divididos aleatoriamente em 3 grupos com 31 indivíduos cada: US pulsado (ultra-som pulsado, com 1MHz de frequência e 1W/cm<sup>2</sup> de intensidade + lidocaína gel); US contínuo (ultra-som, com 1MHz de frequência e 1W/cm<sup>2</sup> de intensidade + lidocaína gel) e controle (US desligado + lidocaína gel). Os testes para avaliação dos resultados foram a medição de discriminação de dois pontos, toque e limiar máximo de dor antes e após a intervenção em cada grupo. A análise estatística mostrou que houve aumentos significativos na discriminação de dois pontos, e nos limiares de toque e máximo de

dor após a intervenção em todos os grupos. O Grupo US pulsado provocou maior efeito anestésico quando comparado aos outros grupos, tal como nosso trabalho.

Quanto à avaliação da sensibilidade tátil pós aplicação de US, encontramos uma diminuição na sensibilidade em todos os grupos (lidocaína associada à aplicação do US desligado ou ligado no modo contínuo ou pulsado). Estes achados também vão ao encontro dos de EBRAHIMI & col (2012). Apesar dos métodos de avaliação pré e pós-aplicação diferirem dos utilizados neste estudo (estesiometria versus discriminação de dois pontos, limiar de toque e máximo de dor), a finalidade dos testes se equipara, encontrando resultados favoráveis em relação à analgesia.

DONOVAN & col (2011) também compararam o efeito anestésico produzido pela aplicação da sonoforese associada à Cloridrato de Lidocaína gel, com variação do tempo de aplicação de 5 e 10 minutos. A região de teste foi o antebraço e frequência utilizada foi de 1MHz. Vinte e dois indivíduos saudáveis, com idade média de 23 anos, receberam 4 tipos de aplicação em 4 dias distintos, com intervalo de 48 horas entre as aplicações. A aplicação consistiu de (1) aplicação tópica de lidocaína, associado a US contínuo com 1,5 W/cm<sup>2</sup> de intensidade, por 5 minutos; (2) aplicação tópica de lidocaína, associado a US pulsado a 50%, com 1,5 W/cm<sup>2</sup> de intensidade, por 10 minutos; (3) aplicação tópica de lidocaína associada a US desligado, por 10 minutos; (4) aplicação de gel sem lidocaína e US desligado, por 10 minutos. A sensibilidade foi testada pré e com 0, 20, 40 e 60 minutos pós-intervenção com o uso de Monofilamentos Semmes-Weinstein. Os resultados demonstraram não haver diferenças entre os tempos pós aplicação. Mas foram encontradas diferenças estatísticas entre os grupos de aplicação testados imediatamente após as aplicações.

Esses resultados poderiam validar ainda mais a comparação de nossos resultados com os de EBRAHIMI & col, porém sem o conhecimento da frequência utilizada isso não é possível. Seria interessante a realização de novos estudos com o objetivo de comparação da eficácia de acordo com o tempo de aplicação da sonoforese que fornecessem mais detalhes sobre os parâmetros utilizados.

KOEKE (2003), comparou o efeito da aplicação tópica de hidrocortisona a 10%, com a associação da droga ao US no processo de reparação tecidual do tendão de aquiles de ratos. Os resultados indicaram que o tratamento com a sonoforese foi mais eficaz quando comparado aos outros. Além disso, o US pulsado induziu a penetração transcutânea da Hidrocortisona gel. A aplicação tópica isolada de Hidrocortisona gel não influenciou as fases iniciais da reparação tecidual dos tendões dos ratos, ao passo que o uso do US isolado e da sonoforese influenciaram de forma positiva, acelerando o processo de reparo. Apesar de o estudo ter sido feito com ratos, com objetivo de reparação tecidual, e dos parâmetros do US, tempo de aplicação e medicação terem sido diferentes quando comparados ao nosso estudo, a eficácia da sonoforese foi testada e comprovada, assim como foi comprovado que US pulsado obteve melhores resultados na permeação da droga. Esses resultados concordam com os obtidos em nosso estudo.

No nosso estudo foi estabelecido um medicamento (lidocaína) aplicado em dois dermatômos do antebraço (C5 e T1) em razão de critérios metodológicos. Porém, acredita-se que os resultados poderão clarear o entendimento do efeito da sonoforese associada a outros medicamentos e em outras regiões do corpo, norteando a compreensão dos profissionais da saúde que a utilizam como recurso terapêutico, e a realização de novos estudos neste tema.

Neste estudo observamos alguns problemas, como a qualidade do equipamento utilizado e o número reduzido da amostra.



## **7. CONCLUSÃO**

Nosso estudo concluiu que a sonoforese foi efetiva na otimização da penetração da lidocaína tópica, sendo mais evidenciada no uso do ultrassom pulsado. Apesar disso, observou-se também uma otimização da penetração com o ultrassom desligado, o que demonstra a boa absorção tópica deste fármaco.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - Robertson VJ, Baker KG. A Review of Therapeutic Ultrasound: Effectiveness Studies. *Phys Ther* 2001;81:1339-1350.
- 2 - Khanna A, Nelmes RTC, Gougoulis N, Maffulliand N, Gray J. The Effects of LIPUS on Soft-Tissue Healing: a review of literature. *British Medical Bulletin* 2009;89.
- 3 - Rao R, Nanda S. Sonophoresis: Recent Advancements and Future Trens. *J Pharmacy Pharmacol* 2009;61:689-705.
- 4 - Baker KG, Robertson VJ, Duck FA: A Review of Terapeutic Ultrasound: Biophysical Effects. *Phys Ther* 2001;81:1351-1358.
- 5 - Altman DG. Melhores Relatórios de Ensaios Clínicos Randomizados: A Declaração Consorte. *BMJ* 1996;313:570-571.
- 6 - Chávez JJE, Martínez DB, González MAV, Cruz IMR, Delgado CLD. The Use of Sonophoresis in the Administration of Drugs Throughout the Skin. *J Pharm Pharmaceut Sci* 2009;12(1):88-115.
- 7 - Koeke PU. Estudo comparativo da eficácia da fonoforese, do ultra-som terapêutico e da aplicação tópica de hidrocortisona no tratamento do tendão de rato em processo de reparo tecidual. São Paulo. Tese [Mestrado em Bioengenharia] – Universidade de São Paulo; 2003.
- 8 - Polat BE, Hart D, Langer R, Blankschtein D. Ultrasound-Mediated Transdermal Drug Delivery: Mechanisms, Scope, and Emerging Trends. *J Control Release* 2011;152(3):330–348.
- 9 - Muniz J, Wagner C, DO Nascimento JLM, Borges LMG, Mergulhão CFC, De Sousa LMG. Estudo Comparativo da Veiculação do Diclofenaco Sódico pela Fonoforese de Alta e Baixa Frequência em Ratos. *Revista Paraense de Medicina* 2009;23:17-24.
- 10 - Alfredo PP. Estudo experimental dos efeitos da sonoforese com Arnica montana sobre o processo de regeneração do músculo esquelético em ratos Wistar. São Paulo. Tese [Mestrado em Ciências da Reabilitação] - Universidade de São Paulo; 2008.
- 11 - Robertson V, Ward A, Low J, Reed A. Eletroterapia explicada: princípios e práticas. 4. ed. Rio de Janeiro: Ed. Elsevier; 2009.
- 12 - Kim TY, Jung DI, Kim YI, Yang JH, Shin SC. Anesthetic Effects of Lidocaine Hydrochloride Gel using Low Frequency Ultrasound of 0.5 MHz. *J Pharm Pharmaceut Sci* 2007;10(1):1-8.

- 13 - Ebrahimi S, Abbasnia K, Motealleh A, Kooroshfard N, Kamali F, Ghaffarinezhad F. Effect of lidocaine phonophoresis on sensory blockade: pulsed or continuous mode of therapeutic ultrasound?. *Physiotherapy* 2012;98:57–63.
- 14 - Campos PMBGM, Mercúrio DG. Farmacologia e a pele. *RBM Edição Especial Dermatologia* 09 Dez;66.
- 15 - Kushner J, Blankschtein D, Langer R. Experimental Demonstration of the Existence of Highly Permeable Localized Transport Regions in Low-Frequency Sonophoresis. *J Pharm Sci* 2004;93(11):2733-2745.
- 16 - Sundaram J, Mellein BR, Mitragotri S. An Experimental and Theoretical Analysis of Ultrasound-Induced Permeabilization of Cell Membranes. *Biophysical Journal* 2003;84:3087-3101.
- 17 - Tanner T, Marks R. Review Delivering drugs by the transdermal route: review and comment. *Skin Research and Technology* 2008;14:249–260.
- 18 - Ayamashita N, Tachibana K, Ogawa K, Tsujita N, Tomita A. Scanning Electron Microscopic Evaluation Of The Skin Surface After Ultrasound Exposure. *The Anatomical Record* 1997;247:455-461.
- 19 - Martins MRFM, Veiga F. Promotores de permeação para a liberação transdérmica de fármacos: uma nova aplicação para as ciclodextrinas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas* 2002;38(1):33-54.
- 20 - D JIR, Ambure S, Shi ZD, Yuan Y, Sun W, Xu Tao. Physically facilitating drug-delivery systems. *Ther Deliv* 2012;3(1):125–139.
- 21 - Donovan L, Selkow NM, Rupp K, Saliba E, Saliba S. The anesthetic of lidocaine after varying times of phonophoresis. *Am J Phys Med Rehabil* 2011;90:1056-1063.
- 22 - Ueda H, Mutoh M, Seki T, Kobayashi D, Morimoto Y. Acoustic Cavitation as an Enhancing Mechanism of Low-Frequency Sonophoresis for Transdermal Drug Delivery. *Biol Pharm Bull* 2009;32(5)916—920.
- 23 - Annaswamy TM, Morchower AH. Effect of lidocaine iontophoresis on pain during needle electromyography. *Am J Phys Med Rehabil* 2011;90:961-968.
- 24 - Lidocaína geléia 2%. [Bula]. Buenos Aires. AstraZeneca S.A.
- 25 - Neto JL. Avaliação das propriedades físico-químicas, de absorção percutânea e de biocompatibilidade de gel anestésico termossensível. Dissertação [Mestrado em Odontologia] - Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2006.
- 26 - Araújo LMT, Amaral JLG. Alergia à lidocaína: Relato de caso. *Rev Bras Anesthesiol* 2004;54(5):672-676.
- 27 - Vasconcelos RJH et al. Alterações sistêmicas decorrentes do uso da lidocaína e prilocaína na prática odontológica. *Rev Cir Traumat Maxilo-Facial* 2002;2(1):13-19.

28 - Machado APMA, Costa J, Cortes MJ, Izidoro CM, Barrucand L, Verçosa N. Uso da lidocaína tópica a 4% para terapia ocupacional em pacientes com síndrome dolorosa complexa regional. Relato de casos. Revista Dor 2012;13(3):291-4.

## APÊNDICE 1

### VERIFICAÇÃO DE ELEGIBILIDADE DOS VOLUNTÁRIOS

Verificação da eficiência da sonoforese na otimização da diminuição da sensibilidade cutânea com a lidocaína tópica em indivíduos normais

Nome: \_\_\_\_\_

O avaliador deve marcar o questionário abaixo de acordo com as informações fornecidas pelo voluntário e seu conhecimento clínico.

O voluntário apresenta:

1. Neoplasias ou lesões pré-cancerosas nos membro superior?  
SIM ( )                      NÃO ( )
2. Pele dos membros superiores desvitalizada (por exemplo após radioterapia recente)?  
SIM ( )                      NÃO ( )
3. Condições agudas de pele dos membros superiores?  
SIM ( )                      NÃO ( )
4. Alterações vasculares nos membros superiores?  
SIM ( )                      NÃO ( )
5. Aterosclerose grave nos membros superiores?  
SIM ( )                      NÃO ( )
6. Tuberculose ativa nos membros superiores?  
SIM ( )                      NÃO ( )
7. Hemofilia sem realização de reposição de fator?  
SIM ( )                      NÃO ( )
8. Alergia a lidocaína ou outros anestésicos locais? Quais?  
SIM ( ) \_\_\_\_\_ NÃO ( )
9. Histórico de neuropatia que afete a sensibilidade dos membros superiores?  
SIM ( )                      NÃO ( )
10. Histórico de lesão dos membros superiores nos últimos 6 meses?  
SIM ( )                      NÃO ( )
11. Histórico de cirurgia membros superiores no ano anterior?  
SIM ( )                      NÃO ( )

12. Histórico de doença nos membros superiores?  
SIM ( )                      NÃO ( )
13. Dor causada por lesão nos membros superiores?  
SIM ( )                      NÃO ( )
14. Feridas abertas nos antebraços?  
SIM ( )                      NÃO ( )
15. Infecção aguda em membros superiores?  
SIM ( )                      NÃO ( )
16. Pele dos antebraços ressecada com sinais de rachadura?  
SIM ( )                      NÃO ( )
17. Uso de medicação que interfira sobre a sensibilidade dos membros superiores?  
SIM ( )                      NÃO ( )
18. Participação simultânea em outro estudo que interfira na sensibilidade dos membros superiores?  
SIM ( )                      NÃO ( )
19. Fez uso de bebida alcoólica nas últimas 24 horas?  
SIM ( )                      NÃO ( )
20. Fez uso de drogas nas últimas 24 horas?  
SIM ( )                      NÃO ( )

## APÊNDICE 2

### FORMULÁRIO DA PESQUISA

Verificação da eficiência da sonoforese na otimização da diminuição da sensibilidade cutânea com a lidocaína tópica em indivíduos normais

Nome do participante:

Sexo: M ( ) F ( )

Idade: \_\_\_\_ anos

PRÉ-TESTE			
Estesiometria	Região 1	Região 2	Região 3
Verde			
Azul			
Violeta			
Vermelho Escuro			
Laranja			
Vermelho Magenta			
Preto			

PÓS-TESTE			
Estesiometria	Região 1	Região 2	Região 3
Verde			
Azul			
Violeta			
Vermelho Escuro			
Laranja			
Vermelho Magenta			
Preto			

Legenda:

Região 1: área de C5 em membro superior direito.

Região 2: área de T1 em membro superior direito.

Região 3: área de T1 em membro superior esquerdo.