

## A EFICÁCIA DO ULTRASSOM TERAPÊUTICO PULSADO NA CONSOLIDAÇÃO DE FRATURAS<sup>1</sup>

THE EFFECTIVENESS OF THERAPEUTIC ULTRASOUND PULSED IN FRACTURES CONSOLIDATION

Cecília Dimitrievna de Albuquerque WARIS<sup>2</sup>, Camila Kézia Silva e SILVA<sup>3</sup>, Iasmin Nazareth Silva MATNI<sup>4</sup> e Erielson dos Santos BOSSINI<sup>5</sup>

**Objetivo:** revisão da literatura sobre a eficácia do ultrassom terapêutico, modo pulsado, como recurso para auxiliar na consolidação de fraturas. **Método:** revisão bibliográfica com levantamento em bancos de dados do SCIELO, LÍLACS e Biblioteca da Universidade da Amazônia, no período de 1999 a 2011. **Considerações finais:** observou-se que poucas referências bibliográficas utilizaram o UST, modo contínuo, no tratamento de consolidação óssea. Porém, os efeitos benéficos são significativos em UST modo pulsado, sobretudo em baixa intensidade, o que minimiza o risco de lesões teciduais e a formação de cavitações. Diante de questionamentos ainda existentes quanto ao tempo, à dosimetria e ao modo de aplicação do US, sugere-se que mais pesquisas sejam realizadas, pois as mesmas apresentam grande variação na literatura.

**DESCRITORES:** ultrassom terapêutico, consolidação, fraturas

### INTRODUÇÃO

Fratura é uma palavra usada para conceituar qualquer tipo de lesão mecânica produzida em um tecido ósseo que pode vir de uma pequena trinca sem deslocamento, perfuração até o rompimento completo e o esmagamento de todo tecido ósseo. A consolidação normal de uma fratura é um processo biológico denominado osteointegração devido à osteogênese, que significa formação de um novo tecido<sup>1</sup>.

O reparo ósseo é um processo regenerativo altamente complexo que inclui a interação de uma série de eventos biológicos, como a síntese ativa de genes e a ação de um grande número de células e proteínas, que determinarão a restauração da integridade do tecido ósseo. Diversas técnicas terapêuticas são empregadas na prática clínica na tentativa de promover aceleração e/ou melhora do processo de reparação óssea<sup>2</sup>.

Dentre os tratamentos não invasivos, a energia ultrassônica é um dos procedimentos físicos adjuvantes mais utilizados em fisioterapia e medicina regenerativa para o tratamento de diversas doenças osteomioarticulares<sup>3</sup>. Historicamente, locais de fratura tem sido considerado uma contra indicação absoluta para a terapia com uso de ultrassom terapêutico. Isto é principalmente devido a estudos realizados em animais mostrando que o tratamento de ultrassom atrasa ou até mesmo danifica a cicatrização óssea, apesar de alguns resultados contraditórios por outros grupos. No entanto, trabalhos mais recentes tem mostrado que o efeito da ultrassom terapêutico na cicatrização óssea é ditada pela intensidade utilizada<sup>4</sup>.

### OBJETIVO

Pesquisar na literatura, a eficácia do ultrassom terapêutico de alta e baixa intensidade e o respectivo modo

<sup>1</sup> Trabalho realizado na Universidade da Amazônia – UNAMA.

<sup>2</sup> Fisioterapeuta, Especialista em Fisioterapia Traumatologia-ortopedia, UNAMA, Belém, Pará, Brasil.

<sup>3</sup> Fisioterapeuta, Residente de Estratégia em Saúde da Família, UEPA, Belém, Pará, Brasil.

<sup>4</sup> Fisioterapeuta, Graduada pela Universidade da Amazônia - UNAMA. Mestranda em Ética Biomédica pela Universidade Católica da Argentina.

<sup>5</sup> Fisioterapeuta, Especialista em Fisioterapia Hospitalar e Ambulatorial área aplicada a Traumatologia-ortopedia, UNIFESP/EPM, São Paulo, SP, Brasil

adequado no tratamento de consolidação de fraturas.

## MÉTODO

Estudo bibliográfico no período de 1999 a 2011, nos seguintes bancos de dados: SCIELO (Scientific Electronic Library) e LILACS (Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde) e Biblioteca da Universidade da Amazônia.

## TECIDO ÓSSEO

O tecido ósseo é o constituinte principal do esqueleto, formado por 206 ossos que variam na forma, tamanho e posição, servindo como suporte para os tecidos moles e protegendo órgãos vitais. É um tipo especializado de tecido conjuntivo formado por células e material extracelular calcificado, a matriz óssea<sup>1,5</sup>.

Dentre os tipos celulares que compõem o tecido ósseo encontram-se: células osteoprogenitoras, que ao serem estimuladas se transformam em osteoblastos; os osteoblastos, responsáveis pela síntese da matriz orgânica (colágeno tipo I, proteoglicanas e glicoproteínas), secreção de colágeno e substância fundamental que constitui o osso inicial não mineralizado conhecido também como “osso imaturo”; os osteócitos que são células responsáveis pela nutrição óssea localizadas nas lacunas das trabéculas ósseas e os osteoclastos, células responsáveis pela reabsorção de tecido ósseo<sup>6</sup>.

O osso é caracterizado por sua rigidez e resistência a pressão. Tal dureza resulta entre a interação do componente orgânico e o componente mineral da matriz, já que o osso é um grande depósito, sobretudo de íons cálcio e fosfato<sup>6</sup>.

## O OSSO E A PIEZOELETRICIDADE

O colágeno confere ao osso humano, características piezoelétricas, caracterizadas por uma polarização elétrica produzida por certos materiais, como algumas moléculas e cristais quando submetidos a uma deformação mecânica<sup>7</sup>.

O campo elétrico no meio mecânico do osso em reparo ou remodelamento pode agir como um estímulo de crescimento. Logo o reparo ou remodelamento ósseo pode ser modulado utilizando-se sinais mecânicos (ultrassom) ou eletromagnéticos (campo eletromagnético pulsado e radiação laser)<sup>8</sup>.

## PROCESSOS DE CICATRIZAÇÃO ÓSSEA

Todos os processos fisiológicos envolvidos na consolidação óssea dependem de suprimento sanguíneo adequado. Os ossos longos apresentam suprimento aferente da artéria nutriente principal, artérias metafisárias proximal e distal e artérias periostais que penetram no osso em áreas de forte ligação facial. A direção do fluxo sanguíneo por meio da diáfise é centrífuga, direcionando-se do canal celular para o periosteio<sup>9</sup>.

Assim sendo, a evolução do processo cicatricial envolve uma série de eventos que representam uma tentativa de restabelecer a estrutura anatômica e a função normal da região afetada. Neste fenômeno, vários fatores sistêmicos e locais estão envolvidos e o desequilíbrio ou ausência de elementos, principalmente a formação de colágeno, podem comprometer o resultado final da regeneração<sup>10</sup>.

O processo de cicatrização óssea propriamente dito, ocorre em quatro etapas: inflamação, formação do calo mole, formação do calo duro e remodelação do osso.

Após a lesão, ocorre a fase inflamatória que envolve dano aos vasos sanguíneos, tecido periosteal, unidades do *osteon*, e perfurando canais. Os vasos sanguíneos danificados conduzem à formação de um hematoma, com a finalidade de ocluir a circulação sanguínea ao local de ferimento. Tal oclusão da circulação sanguínea conduz à necrose do osso e subsequentemente, a liberação de citocinas inflamatórias para dar início a angiogênese e ativação de osteoclastos e macrófagos para remoção de tecido morto.

Em consequência da angiogênese que promove o suprimento de fibroblastos ao local do ferimento, ocorre a formação de um calo mole ou fibrocartilaginosa. Os fibroblastos segregam o colágeno para conectar temporariamente as extremidades quebradas do osso, e as células osteogênicas se diferenciam em condroblastos.

A cura da fratura continua com a evolução do calo macio em um calo duro, ósseo. Este processo é iniciado pela diferenciação de células osteogênicas em osteoblastos no tecido revascularizado do osso. Os osteoblastos iniciam a ossificação intramembranosa, substituindo o calo mole com uma rede de trabéculas de osso que liga o osso em desenvolvimento a fragmentos de osso necrosado.

Isto é realizado através da liberação da matriz orgânica obtida do osso e sais de cálcio de dentro dos osteoblastos. A fase final é a de remodelação óssea onde os osteoclastos continuam a remover tecido ósseo necrótico para acomodar o osso recém-formado. Simultanea-

mente, os osteoblastos substituem o osso trabecular por osso compacto através de ossificação endocondral. A única marca deixada do reparo ósseo é uma área espessa na superfície do osso sem a presença de cicatriz fibrótica<sup>11</sup>.

Dentre os recursos disponíveis para o tratamento de lesões, a utilização de terapias alternativas não invasivas na cicatrização tecidual têm se mostrado de fundamental importância para o estímulo da preservação das funções fisiológicas, da estrutura celular e para a melhora na qualidade do tecido neoformado<sup>12</sup>.

## ULTRASSOM TERAPÊUTICO

O ultrassom terapêutico (US) consiste em oscilações cinéticas ou mecânicas produzidas por um transdutor vibratório que se aplica sobre a pele com fins terapêuticos, atravessando e penetrando o organismo em diferentes profundidades<sup>13</sup>.

As ondas ultrasônicas são produzidas por vibrações em um material piezoelétrico, tais como zirconato titanato de chumbo<sup>15</sup>. A proporção de ondas sonoras absorvidas por um tecido específico está diretamente relacionada à densidade do tecido, onde o tecido ósseo possui característica mais densa<sup>11</sup>.

Este recurso é utilizado para acelerar a consolidação de fraturas recentes, mesmo com a presença de fixação interna metálica<sup>14</sup> e para o tratamento de pseudo-artroses estabelecidas<sup>15</sup>, tratamento de integração de enxertos de pele, cicatrização tendinosa, onde induz mudanças fisiológicas como ativação de fibroblastos, colágeno e diminuição de células inflamatórias por aceleração do metabolismo celular<sup>16</sup>.

O campo elétrico no meio mecânico do osso em reparo ou remodelamento pode agir como um estímulo de crescimento. Assim, este autor cita que o primeiro mensageiro afetando a atividade celular é o campo elétrico, sugerindo que o reparo ou remodelamento ósseo possa ser modulado utilizando-se sinais mecânicos<sup>8</sup>.

Basicamente os efeitos do ultrassom são divididos em efeito mecânico e térmico onde este efeito depende da modalidade escolhida. O modo contínuo produz efeito térmico pelo forte atrito intermolecular ou por agitação do meio eletrolítico dos líquidos intersticiais. Assim sendo possui contra indicações de termoterapia como áreas isquêmicas ou com alteração de sensibilidade, processos inflamatórios agudos e traumatismos recentes<sup>13</sup>.

Este efeito térmico é indesejado no processo de consolidação inicial da fratura, pois há a fase inicial de regeneração óssea (fase inflamatória) onde os vasos san-

guíneos ainda estão lesados, provocando extravasamento de líquido e conseqüentemente o edema. O uso de calor induz a vasodilatação, aumento da demanda metabólica e estimulação da formação do edema provocando efeitos deletérios sobre o tecido<sup>17</sup>.

Em contrapartida, o ultrassom pulsado de baixa intensidade, em particular, serve como um potencial não invasivo<sup>17</sup>. As ondas de ultrassom pulsado administrado por induzir estresse micromecânico para o local da fratura, culminando com a estimulação de várias moléculas e as respostas celulares envolvidas na consolidação de fraturas<sup>18</sup>. Os efeitos osteogênicos e angiogênicos são observados após a administração de ultrassom pulsado por possuírem natureza mecânica. Os parâmetros operacionais utilizados para alcançar esses benefícios incluem 30mW/cm<sup>2</sup> de intensidade, frequência de 1,5 MHz repetido em 1 kHz, e uma largura de pulso de 200µs administrados em 20 minutos cada dia<sup>18</sup>.

## DISCUSSÃO

Segundo os estudos abordados nesta revisão, há um mecanismo proposto sugerindo que o ultrassom pulsado induz estresse micro mecânico nos tecidos ósseos: o deslocamento das extremidades fraturadas<sup>19</sup>.

O mecanismo envolve o movimento causado em ambas às extremidades de um osso fraturado pelas ondas pulsadas de ultrassom pulsado. Um corpo de pesquisas sugere que este movimento ocorra em uma manométrica escala (deslocamentos de 0,15-0,55nm) para estimular vias moleculares e celulares envolvidos na cura<sup>20</sup>.

Em deslocamento de micro movimentos (0,5 - 2 mm) nas fronteiras dos tecidos moles e duros (calos moles e duros, respectivamente) o ultrassom pulsado produzirá mais estímulos para a mecânica dos mecanorreceptores integrina envolvidos na sinalização<sup>18</sup>.

O ultrassom pulsado de baixa intensidade pode acelerar o tempo de regeneração óssea, surgindo como uma modalidade segura e eficaz para melhorar a cura de fratura, considerado um método de tratamento não cirúrgico muito promissor para auxiliar no reparo do tecido ósseo<sup>21</sup>. Sua ação mecânica pode aumentar o metabolismo ósseo local como resposta a aplicação, este por sua vez aumenta a taxa de formação óssea<sup>18</sup>.

No entanto, o US contínuo de alta intensidade (1,0 W/cm<sup>2</sup>) foi deletério em cura de fraturas nos estudos com animais, enquanto o US pulsado com intensidade de 3,0 mW/cm<sup>2</sup>, pode acelerar a cura de fratura<sup>22</sup>.

Estudo alcançou resultados que demonstram a

eficácia do UST pulsado em uma frequência de 3 Mhz, potência de 1 W/cm<sup>2</sup>, e tempo de 10 minutos, em pacientes com fratura por estresse da tibia. Foi detectado que a média do número de dias de incapacidade foi de 25.46 dias no grupo de tratamento de ultrassom, em comparação com 39.92 no grupo do placebo<sup>23</sup>.

Em contrapartida, não houve redução significativa no tempo de cura em fraturas de tibia com haste intramedular fresada e estaticamente bloqueada, onde foi utilizado o US de baixa intensidade por 20 minutos diariamente em um grupo de forma ativa e em outro grupo placebo<sup>23,24</sup>.

Uma análise com o uso de US pulsado (20 minutos, diariamente) em fraturas maleolares com fixação bioabsorvível, em um estudo controlado por placebo. Os resultados obtidos foram de que apesar da ligeira tendência para formação de calos no grupo US, não houve estatisticamente, efeito significativo do US de baixa intensidade pulsado nessas fraturas<sup>24</sup>.

A utilização do US com frequência de 1,5 MHz (20 minutos e largura de pulso de 200 ms) em um tratamento diário em atletas com fratura por estresse em tibia, até ser obtida a recuperação radiográfica. Os resultados obtidos foram de que a terapêutica não encurtou o período de consolidação óssea, mas proporcionou alívio da dor no foco da fratura, resultando em retorno precoce a atividade esportiva. É importante ressaltar que a ausência de dor não tem correlação de que a fratura esteja consolidada, para acompanhamento da mesma é necessário a realização de exames radiológicos<sup>25</sup>.

Resultados satisfatórios em relação à aceleração da consolidação de fraturas foram observados num estudo randomizado clínico prospectivo que utilizou o US pulsado com intensidade de 1.5 MHz para estimular a cicatrização de fraturas recentes de escafoide. Foram constatados bons resultados no grupo em que foi utilizado o US obtendo a cura em 43,2 +/- 10,9 dias versus 62 +/- 19,2 dias no grupo controle (p <0,01). Logo o ultrassom de baixa intensidade é bem sucedido em acelerar a cura de fraturas de escafoide<sup>26</sup>.

Uma investigação clínica e radiográfica dos efeitos do US pulsado com intensidade de 30 mW/cm<sup>2</sup> como tratamento adjuvante na consolidação óssea de rádio, ulna, fêmur, tibia e fíbula, percebeu uma evolução favorável à formação de calo ósseo, sugerindo que esse método de tratamento pode auxiliar no reparo de fraturas de ossos longos<sup>17</sup>. Essa energia acústica atua como ondas de grande pressão, promovendo forças micromecânicas no osso e em tecidos adjacentes. A fisiologia e a conso-

lidação óssea podem ser influenciadas pela ação de tais forças, promovendo a remodelação haversiana, que ocorre na direção e proporção das forças mecânicas aplicadas, incluindo a estimulação da atividade vascular<sup>17</sup>.

O US pulsado em células (ST2) com origem no estroma da medula óssea, após 20 minutos da fratura, demonstraram que as células responderam ao estímulo com níveis elevados de RNAs mensageiros de IGF, osteoclastos e RNAs mensageiros de proteínas ósseas. Os resultados sugerem que ondas sonoras pulsáteis de baixa intensidade aceleram o processo cicatricial de ossos fraturados, induzindo reação anabólica direta de células osteogênicas<sup>15</sup>.

O Ultrassom contínuo pode aumentar o fluxo sanguíneo por algum tempo após o tratamento; no entanto, esses dados ainda são controversos, pois podem alterar organelas celulares e membranas de maneira reversível ou irreversível, dependendo de sua magnitude<sup>28</sup>.

A intensidade da radiação ultrassônica é fator essencial para o sucesso de qualquer terapia, bem como o seu tempo de aplicação. A quantidade de energia total depositada sobre um determinado tecido biológico é o produto da intensidade com o tempo de aplicação<sup>29</sup>.

Não existem dados científicos ou clínicos quantitativos que indiquem a utilização de níveis de US acima de 1W/cm<sup>2</sup> para promover um efeito significativo em tecidos lesionados. Utilizam-se valores de intensidade de 0,5 W/cm<sup>2</sup> ou inferiores para que sejam atingidas as maiores velocidades de cicatrização em tecidos como pele, tendões e ossos, em qualquer espécie<sup>27</sup>.

De modo geral, independente do modo ou intensidade do US, considera-se que a ação terapêutica é resultante dos efeitos térmicos (diatermia) e atérmicos (mecânicos ou biológicos) utilizados no tecido a ser tratado<sup>30</sup>.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que poucas referências utilizaram o UST modo contínuo no tratamento de consolidação óssea pós-fraturas, por isso o fato de citarmos pouco este modo do US.

Vários experimentos demonstram que o UST é uma forma não invasiva de tratamento na reparação de lesões teciduais, sendo o método pulsátil a modalidade mais escolhida pelos pesquisadores relacionados nesta revisão. Os efeitos benéficos são significativos, sobretudo em baixa intensidade, o que minimiza o risco de lesões teciduais e a formação de cavitações, as quais podem

ocorrer com intensidades elevadas associadas ao uso da terapia contínua. O modo de aplicação de ondas pulsadas é um meio apropriado de tratamento ultrassônico para auxiliar no pós-operatório, com a finalidade de diminuir o tempo de recuperação do paciente.

Diante de questionamentos ainda existentes quanto ao tempo, à dosimetria e ao modo de aplicação do US, sugere-se mais pesquisas sobre o tempo e modo de estimulação ultrassônica, pois as mesmas apresentam grande variação na literatura consultada.

## SUMMARY

### THE EFFECTIVENESS OF THERAPEUTIC ULTRASOUND IN FRACTURES CONSOLIDATION

Cecília Dimitrievna de Albuquerque WARIS, Camila Kézia Silva e SILVA, Iasmin Nazareth Silva MATNI e Erielson dos Santos BOSSINI

**Objective:** to determine, based on the literature, the effectiveness of therapeutic ultrasound for high and low and its proper way to treat fracture healing. **Methods:** a systematic review of scientific articles published in the period 1999 to 2011 related to the subject indexed in databases Scielo and Lilacs. **Final thoughts:** there are few literatures UST used continuously in the treatment of bone healing. The beneficial effects are significant, especially at low intensity, which minimizes the risk of tissue lesions and cavitations. Faced with questions still exist as to time, the dosimetry and the mode of application of the U.S., it is suggested more research, because they vary greatly in the literature.

**KEY WORDS:** ultrasound, consolidation, fracture.

## REFERÊNCIAS

1. Agne, JE Eletrotermoterapia Teoria e Prática. Santa Maria: Orium, 2005.
2. Amancio, ACG *et al.* Estimulação ultra-sônica da integração de enxertos de pele total: estudo experimental em coelhos. Acta Ortopedica Brasileira, v.14, n.5, 2006.
3. Barreto, AA Efeito do Ultra-som Terapêutico sobre o Crescimento Ósseo das Epífises, Distal do Fêmur e Proximal da Tíbia em *Rattus novgicus*. 2009. Dissertação de doutorado em Cirurgia – Faculdade de Medicina de Botucatu da Universidade Estadual “Julio de Mesquita Filho”.
4. Busse, Jason W *et al.* The effect of low-intensity pulsed ultrasound therapy on time to fracture healing: a meta-analysis. Canadian Medical Association or its licensors, v.166, n.4, fev. 2002; Disponível em: < <http://www.cmaj.ca/content/166/4/437.short>>. Acesso em: 18/10/2011.
5. Busse, Jason W *et al.* Low intensity pulsed ultrasonography for fractures: systematic review of randomised controlled trials. British medical journal, out 2009. Disponível em: < <http://www.bmj.com/content/338/bmj.b351.full>>. Acesso em: 10/11/2011.
6. Calixtro, SP Estudo do Efeito de Campo Elétrico Pulsado no reparo ósseo em Tíbia de Ratos. São Carlos, 2007. Dissertação de Mestrado de interunidades em Bioengenharia. Escola de Engenharia de São Carlos.
7. Coelho, MCOC *et al.* Biopolímero produzido a partir da cana-de-açúcar para cicatrização.
8. Dângelo, JG; Fattini, CA. Anatomia básica dos sistemas orgânicos. São Paulo: Atheneu, 2002.
9. Emami, A. *et al.* No effect of low-intensity ultrasound on healing time of intramedullary fixed tibial fractures. J Orthop Trauma. v.13, n.4, Maio 1999. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10342350>>. Acesso em: 10/11/2011.

10. Esquisatto, MAM *et al.* Efeitos de diferentes intensidades de microcorrente no reparo ósseo em ratos Wistar. Revista Brasileira Ortopedia, v.41, n.8, agosto 2006; Disponível em: [http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:dUg7jbNF1MsJ:scholar.google.com/+Efeitos+de+diferentes+intensidades+de+microcorrente+no+reparo+%C3%B3sseo+em+ratos+Wistar&hl=pt-BR&as\\_sdt=0,5](http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:dUg7jbNF1MsJ:scholar.google.com/+Efeitos+de+diferentes+intensidades+de+microcorrente+no+reparo+%C3%B3sseo+em+ratos+Wistar&hl=pt-BR&as_sdt=0,5). Acesso em: 14/10/2011.
11. Fernandes, MAL *et al.* Efeito do ultrassom terapêutico em tendinite experimental de eqüinos: estudo clínico, ultrasonográfico e histopatológico de dois protocolos. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.55, n.1, p.27-34, 2003.
12. Haach, LCA; Rollo, JMDA; Ultra-Som Pulsado de Baixa Intensidade na Prevenção da Perda de Massa Óssea Pós-Menopausica, Cadernos de Resumo do 5º Enconbio, Universidade de São Paulo. (programa de pós-graduação interunidades em bioengenharia) 2005.
13. Handolin, L *et al.* No Long-Term Effects Of Ultrasound Therapy On Bioabsorbable Screw-Fixed Lateral Malleolar Fracture. Scandinavian Journal of Surgery, 2005. Disponível em: < <http://www.fimnet.fi/sjs/articles/SJS32005-239.pdf>>. Acesso em: 10/11/2011.
14. Hulse, DA e Jonhson, AL Tratamento de fraturas específicas. In: FOSSUM, T. W. Cirurgia de pequenos animais. São Paulo: Roca, 2002.
15. Landa, LVD Estudo comparativo entre a terapia com laser de baixa potencia e terapia ultra-sônica na promoção da osteogênese em rádio de coelho. 2005, 50 F. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia)-Universidade Vale do Paraíba, Paraíba, 2005.
16. Mayr, E *et al.* Does low intensity, pulsed ultrasound speed healing of scaphoid fractures? Handchir Mikrochir Plast Chir. v.32, n.2, Mar. 2000. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10857066#>. Acesso em: 10/11/2011.
17. Meira, PS *et al* Avaliação Histológica Histomorfométrica do Reparo Ósseo em tíbias Osteotomizadas de Ratos (*Rattus novogicus albinus*), submetidas a Tratamento com Ultra-som, frente a presença e ausência de carga. Vet. E Zootec. 2010, dez; 17(4); 528-540.
18. Naruse, H *et al.* Anabolic response of mouse bone-marrow derived stromal cell clone to low-intensity pulsed ultrasound. Biochemical and Biophysical Research Communications, v.268, 2000.
19. Olsson, DC *et al.* Ultrassom terapêutico na cicatrização tecidual. Ciência Rural, v.38, n.4, jul. 2008, Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n4/a51v38n4.pdf>>. Acesso em: 10/11/2011.
20. Olsson, DC *et al.* Pulsed and continuous ultrasound stimulation in rats healing celiotomy. Ciencia Rural, v.36, n.3, 2006.
21. Oliveira, P Comparação dos efeitos do laser de baixa potencia e do ultrassom de baixa intensidade no reparo ósseo em tibia de ratos. Rev Bras Fisioter, São Carlos, v. 15, n. 3, p. 200-5, maio/jun. 2011.
22. Saini, NS *et al.* A preliminary study on the effect of ultrasound therapy on the healing of surgically severed Achilles tendons in five dogs. Journal of Veterinary Medicine, v.49, p.321- 328, 2002.
23. Silva, CMM Avaliação da ação do alendronato sódio sobre a reparação óssea na ausência dos hormônios ovarianos. 103f 2000. Dissertação (Mestrado em Biopatologia Bucal)-Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. 2000.
24. Silveira, SD O ultrassom terapêutico no processo cicatricial de tendões flexores digitais superficiais em cães. 2003. 74f. Dissertação (Mestrado em Cirurgia Experimental) – Universidade Federal de Santa Maria.
25. Stevens, A & Lown, J. Sistema Muscular Esquelético. In:\_\_\_\_\_. Histologia Humana. São Paulo: Manole, 2000.
26. Sousa, VL de *et al.* Ultra-som pulsado de baixa intensidade em fraturas diafisárias: aplicação clínica em cães. *Cienc. Rural*, 2008, vol.38, n.4, pp. 1030-1037. ISSN 0103-8478. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000400019>.
27. Souza, VL Efeitos do ultra-som de baixa intensidade sobre a consolidação óssea em fraturas de ossos longos (rádio, ulna, fêmur, tibia e fibula) em cães (*Canis familiaris*). 127f. 2003. Dissertação (Mestrado em Cirurgia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de São Paulo.
28. Starkey, C Recursos terapêuticos em fisioterapia. 2.ed. São Paulo: Manole, 2001. 404p.

29. Uchiyama, Y *et al.* Effects of Low-Intensity Pulsed Ultrasound Treatment for Delayed and Non-union Stress Fractures of the Anterior Mid-Tibia in Five Athletes. Tokai J Exp Clin Med, v. 32, n. 4, jul. 2007. Disponível em:< <http://mj.med.u-tokai.ac.jp/pdf/320404.pdf>>. Acesso em: 10/11/2011.
30. Yadav, LCYK *et al.* Role of Ultrasound Therapy in the Healing of Tibial Stress Fractures. Medical Journal Armed Forces Indian, V. 64, N. 3, Out. 2007. Disponível em:< [http://www.mjafi.net/article/S0377-1237\(08\)80101-3/abstract](http://www.mjafi.net/article/S0377-1237(08)80101-3/abstract)>. Acesso em: 10/11/2011.

**Endereço para correspondência**

Cecília Dimitrievna de Albuquerque Waris

End: Conjunto Medici II, rua Algodoal, nº 175.

CEP: 66620-100

Telefone: (91) 8163-9669

E-mail: [ceciliawaris@yahoo.com.br](mailto:ceciliawaris@yahoo.com.br)

Recebido em 08.05.2012 – Aprovado em 25.09.2013