

TRATAMENTO DE CALO ÓSSEO A PARTIR DE ESTIMULAÇÃO ELETRÔNICA E MECÂNICA: ESTUDO DE CASOS

Cintia de Souza Ferreira Costa, Marcello Cláudio de Gouvêa Duarte.

¹Faculdade de Tecnologia de FATEC Ribeirão Preto (FATEC)

Ribeirão Preto, SP – Brasil

cintia210814@gmail.com, marcello.duarte@fatec.sp.gov.br

Resumo. *Fraturas ósseas têm um impacto muito grande na qualidade de vida do indivíduo, no mercado de trabalho e nos custos do sistema de saúde, tanto pública quanto privada. No Brasil os gastos com hospitalização para tratamento de fraturas apenas à osteoporose representaram R\$ 234 milhões de reais e os custos cirúrgicos R\$ 162,6 milhões de reais. Concebendo o aumento do público idoso, os custos relacionados à reparação de fraturas devem aumentar futuramente, o que torna esse tema social e economicamente relevante. Este trabalho tem o objetivo de apresentar resultados de pesquisa comparativa envolvendo as principais técnicas de consolidação óssea invasivas e não invasivas, particularmente métodos de transdução mecânica, como o ultrassom, e transdução eletrônica, como corrente elétrica e ondas eletromagnéticas. As análises comparativas referem-se a dois parâmetros específicos das variadas técnicas e equipamentos: eficácia da técnica e tempo de estimulação.*

Abstract. *Bone fractures have a huge impact on an individual's quality of life, the job market and the costs of the healthcare system, both public and private. In Brazil, hospitalization costs for the treatment of fractures due to osteoporosis alone represented R\$ 234 million reais and surgical costs R\$ 162.6 million reais. Considering the increase in the elderly population, the costs related to repairing fractures are expected to increase in the future, which makes this topic socially and economically relevant. This work aims to present comparative research results involving the main non-invasive bone consolidation techniques, particularly mechanical transduction methods, such as ultrasound, and electronic transduction, such as electric current and electromagnetic waves. Comparative analyzes refer to two specific parameters of the various techniques and equipment: effectiveness of the technique and stimulation time.*

1. Introdução

A incapacitação, mesmo que temporária, de indivíduos em função de fraturas ósseas possui um impacto significativo na sociedade. O caso se agrava quando esta incapacitação é permanente. Nos Estados Unidos, a maior economia do mundo, ocorrem anualmente 15,3 milhões de fraturas, incluindo 2 milhões em ossos longos, como a tíbia e a fibula, e 345.000 no osso escafóide das mãos. Essas fraturas correspondem a 53% das altas hospitalares. Em 5 a 10% dessas fraturas, ocorre atraso no reparo ósseo (retardo de consolidação) ou não-união óssea (pseudoartrose). O tratamento de fraturas nos EUA representa aproximadamente 50% dos US\$ 56 bilhões gastos com saúde (ALVES; REIFF,

2012). Já no Brasil os gastos com hospitalização para tratamento de fraturas associados apenas à osteoporose representaram R\$ 234 milhões de reais e os custos cirúrgicos R\$ 162,6 milhões de reais. Concebendo o aumento do público idoso, os custos relacionados à reparação de fraturas devem aumentar futuramente, o que torna esse tema social e economicamente relevante (ESPINDOLA, 2023). Para garantir um reparo adequado, as fraturas ósseas necessitam de estabilidade, que é proporcionada por diversos dispositivos, como placas, hastes intramedulares, pinos e fixadores externos (ALVES; REIFF, 2012).

Lesões normalmente ocorrem no contexto da atividade humana e são frequentemente causadas por situações traumáticas. Além das situações traumáticas, os defeitos ósseos, como os associados a problemas de pseudoartrose ou infecção, podem carecer de intervenção médico-cirúrgica para facilitar a sua correção. Esses tratamentos são de responsabilidade da especialidade médica ortopédica para realizar os procedimentos cirúrgicos necessários e garantir segurança e eficácia básicas. Sempre que considerado necessário, os cirurgiões ortopédicos utilizam dispositivos de suporte mecânico, incluindo sistemas de fixação, para garantir a estabilização esquelética necessária para promover a capacidade regenerativa do osso, essencial para a consolidação com o objetivo de restaurar a atividade normal (PAULINO, 2020).

Em casos graves que necessitam de tratamento cirúrgico, geralmente são necessários sistemas de fixação interna ou externa. Os sistemas de fixação externa, são utilizados há muito tempo e evoluíram desde os anos 40 após a Segunda Guerra Mundial. À medida que as características especiais das placas de fixação e dos parafusos associados foram sendo desenvolvidas, os sistemas de fixação interna também foram significativamente desenvolvidos (PAULINO, 2020). A figura 1 apresenta imagens de técnicas mecânicas de tratamento de fraturas: osteossíntese externa (fig. 1A) e osteossíntese interna (fig. 1B).

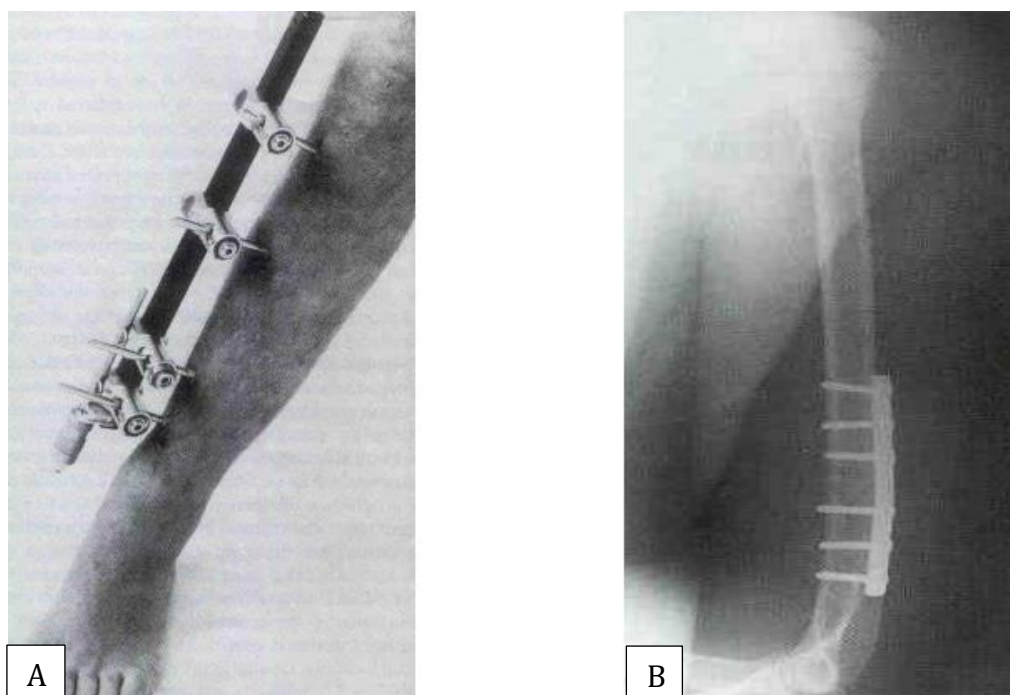


Figura 1. Imagem A: osteossíntese externa; Imagem B: osteossíntese interna
Fonte: (Alves, 2002)

Outros fatores que promovem a formação óssea, também se destacam a utilização de biomateriais devido às suas propriedades que promovem a formação óssea e a sua compatibilidade com o corpo, juntamente com a facilidade de fabricação, graças aos avanços na engenharia de tecidos. A hidroxiapatita e o colágeno são apenas dois exemplos dos diversos materiais que têm recebido atenção especial em várias pesquisas na busca por implantes sintéticos ideais que promovam a formação óssea, que sejam biocompatíveis e tenham resistência biomecânica durante o processo de tratamento de defeitos ósseos ou na regeneração de fraturas (SHIRANE *et al*, 2010). A consolidação óssea pode ser estimulada também por métodos biológicos invasivos, sendo elas o enxerto ósseo, hormônios e fatores de crescimento (PAOLILLO *et al*, 2014), como ilustrado na figura 2.



Figura 2. Método de estimulação osteocondutiva em fraturas ósseas: por meio da aplicação local de enxertos ósseos combinados com fármacos.

Fonte: (Duarte, 1983)

Segundo revisão bibliográfica realizada por Carvalho *et al.* (2002) diversos estudos demonstraram que há alternativas para estimulação osteogênica, que não envolvem o uso de métodos farmacológicos.

Yasuda em 1953 demonstrou a existência de uma nova formação óssea na vizinhança do cátodo (eletrodo negativo), quando micro corrente foi aplicada por três semanas em fêmur de coelho (BRIGHTON, 1981).

A piezoelectricidade do osso foi descoberta por Fukada e Yasuda (1957) os quais demonstraram que o osso, como os materiais piezoelétricos, quando submetido a esforços mecânicos que produzam uma deformação, desenvolverá campos elétricos em sua superfície, o que promoverá a estimulação das células ósseas. A figura 3 ilustra alguns dos métodos que se utilizam das propriedades piezoelétricas do osso.

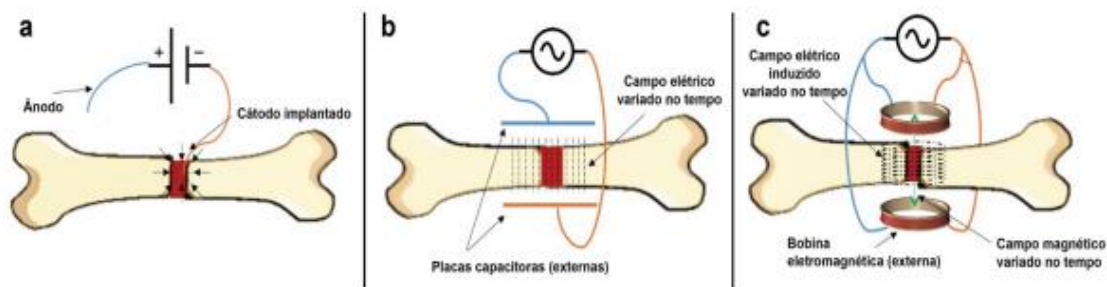


Figura 3. Métodos de estimulação elétrica e eletromagnética em fraturas ósseas (a) estimulação elétrica com corrente direta; (b) acoplamento capacitivo e (c) acoplamento indutivo.

Fonte: (Adaptado de Khalifeh *et al* 2018)

Em 1971 Friedenberg foi o primeiro a relatar a cura de pseudoartrose com o uso de corrente galvânica (corrente elétrica). Em 1974, Basset relatou o uso de estímulos elétricos no tratamento de pseudoartrose e demonstrou que a corrente direta de baixa frequência semi-invasivo estimula a osteogênese dando bons resultados (BRIGHTON, 1981).

Duarte (1977), utilizou um método não invasivo de consolidação de fraturas, proposto por ele, técnica internacionalmente conhecida como LIPUS (*low intensity pulsed ultrasound*), como na figura 4. O método constitui-se no uso do ultrassom como estímulo em osteomias experimentais de fêmur, fíbula e costela de coelhos. O ultrassom pulsado atinge o tecido ósseo por uma sucessão de impulsos, cada um deles resultando em um sinal elétrico como resposta do osso.

Na década de 80 sob a liderança dos norte-americanos John Peter Ryaby e Roger Talish a patente desta tecnologia foi comprada para se criar a empresa Exogen. Em 1994, após intensas investigações com experimentos animais e clínicos, esta empresa obteve a aprovação do FDA (*Food and Drug Administration*) para o uso da tecnologia nos EUA. Em 2001, a Smith & Nephew, uma das maiores empresas de ortopedia do mundo adquiriu a Exogen (BIOENGENHARIA, 2023).

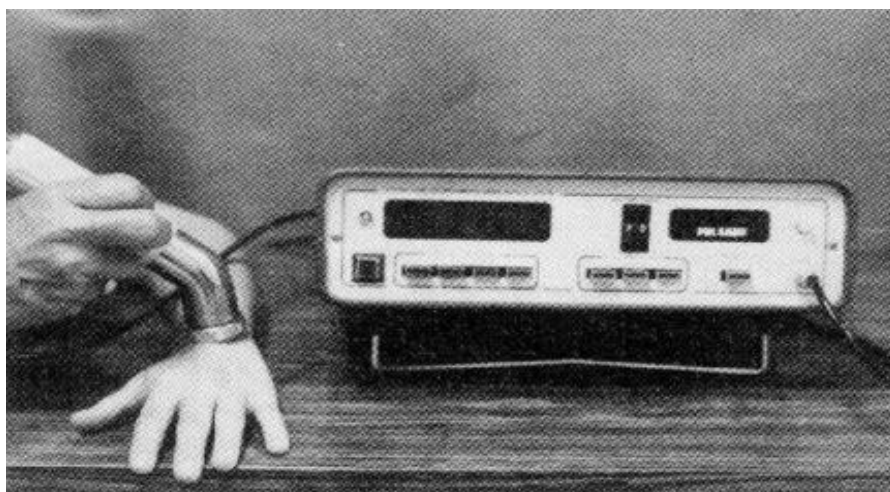


Figura 4. Imagem do primeiro ultrassom na década de 80

Fonte: (Duarte, 1983)

Embora o osso pareça inerte, elas são estruturas plásticas altamente dinâmicas que podem crescer, refazer e manter-se ativo durante todo o período de vida do organismo.

A formação, modelação e remodelação do tecido ósseo é composto por diversas células ósseas, que assumem várias formas e funções e que, no seu conjunto, constituem as séries osteoblástica e osteoclástica.

O tecido ósseo é a forma de tecido conjuntivo constituído por células (2%) e por uma matriz extracelular (98%) de natureza orgânica, muito organizada e fortemente mineralizada, com importantes funções de sustentação e proteção. A mineralização da matriz confere a este tecido uma grande dureza enquanto, a fase orgânica lhe permite uma certa flexibilidade e elasticidade, o que o torna muito resistente às solicitações mecânicas.

A matriz óssea representa, também, o maior reservatório de minerais do organismo, como o cálcio e fósforo, participando ativamente na manutenção da homeostase dos níveis de cálcio no sangue e, consequentemente, em todos os fluidos dos tecidos.

A atividade destas células está, contudo, sujeita à ação de numerosos fatores de regulação, situados quer a nível sistémico quer a nível local, sintetizados, neste último caso, tanto pelas próprias células como pelas células da linha hematopoiética e pelas células do sistema imunitário presentes no microambiente ósseo. Estes fatores medeiam, ao menos parcialmente, devido a influência de estímulos mecânicos (PALMA, 2009).

2. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo estabelecer breve análise comparativa de técnicas de estimulação para a consolidação de fraturas ósseas, considerando estudos de casos publicados para métodos eletrônicos e mecânicos tanto invasivos como não invasivos.

Os objetivos específicos são:

- Pesquisar técnicas usadas para a estimulação óssea;
- Apresentar as principais técnicas não invasivas de consolidação óssea;
- Comparar resultados em testes com pesquisas em artigos acadêmicos;
- Discutir os resultados advindos da pesquisa realizada.

3. Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado um levantamento bibliográfico utilizando bases acadêmicas de pesquisa como o Google acadêmico, Scielo e Pub Med.

Os trabalhos foram selecionados considerando as buscas através dos descritores: ultrassom, fratura e consolidação óssea. Nesta etapa foram obtidos 30 trabalhos, sendo

selecionados aqueles em língua portuguesa e relacionados ao trabalho de Duarte (1977), o qual foi o precursor no desenvolvimento da técnica de tratamento de fratura por estimulação ultrassônica da regeneração óssea. Foram excluídos os trabalhos que não faziam referência de forma sucinta sobre a metodologia utilizada e sobre os parâmetros do ultrassom.

Como todas as informações foram obtidas por materiais já publicados e disponíveis na literatura não houve a necessidade de aprovação prévia de Comitê de Ética em pesquisa conforme a Resolução 466/2012.

Além disso, foram analisados os trabalhos considerando a evolução tecnológica da estimulação por métodos eletrônicos, como a corrente elétrica e estimulação eletromagnética e métodos mecânicos, como a estimulação por meio do ultrassom.

4. Resultados

A pesquisa restringiu-se aos métodos eletrônicos para a corrente elétrica e onda eletromagnética e o método mecânico para a onda de ultrassom. A referência base da análise comparativa encontra-se em Einhorn (1995) e Injury (2011).

O quadro 1, a seguir, apresenta os resultados da comparação entre os métodos invasivos (corrente elétrica e acoplamento capacitivo) e os métodos não-invasivos (fonte eletromagnética e ultrassom). O quadro mostra descritivo das principais características dos métodos e equipamentos selecionados para seis empresas selecionando-se os seguintes critérios:

- Método (forma de energia utilizada e se invasivo ou não invasivo);
- Indicação (tipo de fratura a ser tratada);
- Tempo de Tratamento (tempo diário de aplicação); todos os métodos apresentam resultados antes dos 60 dias;
- Meio de Aplicação (forma da aplicação da tecnologia);
- Problemas (principais pontos contra de cada tecnologia).

Quadro 1: Principais características dos métodos e equipamentos selecionados

Empresa	Osteogen
Método	Invasivo - Corrente elétrica direta.
Indicação	Não uniões de ossos longos.
Tempo de Tratamento	Diário, constante.
Meio de Aplicação	Implante cirúrgico seguido de retirada da fonte de alimentação após cura (eletrodos e conectores permanecem no corpo).
Problemas	Duas cirurgias necessárias; Precauções com dispositivos eletrocirúrgicos; Potencial corrosão de dispositivos de fixação.

Empresa	OrthoPak
Método	Invasivo - Acoplamento capacitivo.
Indicação	Não união estabelecida adquirida secundária a trauma, excluindo vértebras e todos os ossos chatos, onde o defeito de não união tem menos da metade da largura do osso a ser tratado.
Tempo de Tratamento	24 horas.
Meio de Aplicação	Eletrodos de pele conectados a uma fonte de alimentação móvel leve.
Problemas	Usado 24 horas por dia, bateria para recarregar a cada 24 hs; Potencial maceração da pele; O sinal entregue varia de acordo com a impedância (resistência) do tecido.
Empresa	EBI - Sistema de Cura Óssea EBI
Método	Não invasivo - Pulso Eletromagnético.
Indicação	Pseudoartroses de fraturas, fusões malsucedidas e pseudartroses congênitas no sistema apendicular.
Tempo de Tratamento	10 horas.
Meio de Aplicação	Bobinas leves e flexíveis ao redor do local da fratura conectadas a fonte de alimentação.
Problemas	Tratamento de 10 horas e equipamento volumoso. A intensidade do sinal varia de acordo com o ajuste da bobina.
Empresa	Fisio-Stim
Método	Não invasivo - Pulso Eletromagnético.
Indicação	Pseudoartrose estabelecida adquirida secundária a trauma, excluindo vértebras e todos os ossos chatos, onde a largura do defeito de pseudoartrose é menor que a metade da largura do osso a ser tratado.
Tempo de Tratamento	8 horas recomendado em ensaio clínico, mínimo de 3 horas.
Meio de Aplicação	Configuração da bobina e bateria.
Problemas	Tratamento de 03 horas e equipamento volumoso. A intensidade do sinal varia de acordo com o ajuste da bobina.
Empresa	OL1000 – Campo Magnético Combinado
Método	Não invasivo - Pulso Eletromagnético.
Indicação	Pseudoartrose estabelecida adquirida secundária a trauma, excluindo vértebras e todos os ossos chatos.
Tempo de Tratamento	Diário por 30 minutos.
Meio de Aplicação	Configuração da bobina e bateria.
Problemas	Sem sustentação de peso com movimento de fratura; substituição da bateria a cada 30-45 dias e equipamento volumoso. A intensidade do sinal varia de acordo com o ajuste da bobina.

Empresa	EXOGEN – Sistema de cura óssea
Método	Não invasivo - Pulso de Ultrassom.
Indicação	Todas as não uniões estabelecidas, excluindo crânio e vértebras.
Tempo de Tratamento	Diário por 20 minutos.
Meio de Aplicação	Transdutor na pele conectado à fonte de alimentação como uma unidade – vida útil da bateria projetada para durar 6 meses de tratamento.
Problemas	Sem relato de maiores problemas.

O Quadro 2, a seguir, apresenta uma análise comparativa dos métodos supracitados acima no que se refere a dois principais aspectos: tempo de tratamento diário e taxas de consolidação para fraturas recentes de até três meses e não-união permanentes.

Quadro 2. Comparação tecnológica de estimulação de fraturas

Tecnologia e produto	Tempo de tratamento diário	TAXA DE CONSOLIDAÇÃO (CURA)	
		Fraturas recentes	Não-União
Ultrassom pulsada de baixa intensidade EXOGEN® Bone Healing System	20 minutos	38% de aceleração	86,0% curados
Corrente elétrica direta (implantado) OsteoGen®	24 horas	Não aprovado	66,7% curados
Acoplamento elétrico capacitivo OrthoPak® 2	24 horas	Não aprovado	72.5% curados
Campo eletromagnético pulsado EBI Bone Healing System®	10 horas	Não aprovado	63.5% curados
Campo eletromagnético pulsado Physio-Stim®	3 horas mínimas	Não aprovado	80.0% curados
Campo eletromagnético combinado DonJoy® OL1000	30 minutos	Não aprovado	60.7% curados

Fonte: (EINHORN, 1995 e 2005)

5. Considerações Finais

Métodos invasivos de consolidação de fraturas, independentemente da técnica utilizada, corrente elétrica ou acoplamento capacitivo tiveram a sua época e foram precursores para outras técnicas, já não invasivas com as pulsantes: Eletromagnética e Ultrassom. Nota-se claramente resultados melhores para as técnicas não invasivas e salta à vista os números relatados e publicados internacionalmente para a técnica não invasiva do ultrassom.

Através dos estudos bibliográficos foi possível concluir que dentre as técnicas não invasivas o tratamento com ultrassom pulsado é um bom estimulador para aceleração da cicatrização da fratura. O aparelho de ultrassom na forma pulsado com frequência de 1,5 MHz e baixa intensidade sendo a mais comum 0,3 W/cm² pode ser um bom estimulador para as células do sistema ósseo, pois, ao se propagar como energia mecânica, estimula o metabolismo ósseo, acelerando a cicatrização da fratura, aumentando assim a formação óssea através da atividade dos osteoblastos.

Referências

- ALVES, José Marcos. Efeitos do ultrassom de baixa intensidade na qualidade da óssea integração de implantes de titânio em tibia de coelho: avaliação histomorfométrica e mecânica. Projeto pesquisa FAPESP, processo 01/02196-2, São Paulo, 2002.
- ALVES, José Marcos; Reiff, Rodrigo B. M. Estimulação Ultra-Sônica da Regeneração Óssea. **Revista Espaço Saúde**. Ano I, Número 1, p. 25- 27. Janeiro 2012. Disponível em: www.revistaespaco-saude.com.br. Acesso em 19 de set. 2023.
- BIOENGENHARIA. Programa de Pós-graduação em Bioengenharia. Disponível em: <http://www.bioeng.eesc.usp.br/bioeng/bioengenharia/portal/index.php/br/apresentacao>. Acesso em: 11 de set 2023.
- BASSET, C. A. L.; Pawluk, R. J.; Pilla, A. A. Argumentation of bone repair by inductively coupled electromagnetic fields. *Science*, v. 137, p. 575-577, 1974. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.184.4136.575>. Acesso em: 17 de nov. 2023.
- BRIGHTON, A. M.; Pollack, S. R. The treatment of non-unions with electricity. *Theo Journal of Bone Join Surgery*. v. 63, p. 847-851. 1981.
- CARVALHO, D. C.; Rosim, G. C.; Gama, L. O. R.; Tavares, M. R.; Tribioli, R. A.; Santos, I. R.; Cliquet Jr, A. Tratamentos não farmacológicos na estimulação da osteogênese. **Revista De Saúde Pública**, 36(5). p. 647–654. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102002000600017>. Acesso em 19 de set. 2023.
- CAZAL C, Castro JFL de. Ação da laserterapia no processo de proliferação e diferenciação celular: revisão da literatura. **Rev Col Bras Cir** [Internet]. v. 37. p. 295–302. Julho 2010 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69912010000400011>. Acesso em 03 de nov. 2023.
- DUARTE, L. R. The Stimulation of Bone Growth by Ultrasound. *Arch Orthop Trauma*

Surg. v. 101. p. 153-159. 1983.

DUARTE, L. R.; Xavier, C. A. M. Estimulação ultrassônica do calo ósseo. **Revista Brasileira de Ortopedia**. Número 1. v. 18, p. 73-76 1983. Disponível em: <https://sbot.org.br/revistas-historicas/wp-content/uploads/2017/10/88.-Revista-Brasileira-de-Ortopedia-Vol-18-N%C2%BA-03-Maio-Junho-1983.pdf>. Acesso em: 20 de nov. 2023.

DUARTE, L. R. Trabalho de Livre-docência “Estimulação Ultrassônica do Calo ósseo”, Departamento de Engenharia dos Materiais, EESC-USP, 1977.

ESPINDOLA, Luiza Machado. Ambiente mecânico no foco da fratura: avaliação da rigidez admissível para a consolidação óssea em sistemas de placas e parafusos. Conclusão de Graduação. Universidade de Santa Catarina. 2023.p.79. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/244755>. Acesso em 30 de out. 2023.

INJURY – International Journal of the Care of the Injured. New Technologies for the enhancement of skeletal repair. T William Axelrad *et al.* Department of Orthopedic Surgery, Boston University Medical Center. Injury, Int J Care Injured. v. 42. p. 549-550. 2011.

EINHORN, TA. Aprimoramento da cicatrização de fraturas. The Journal of Bone & Joint Surgery 77(6): p. 940-956. junho 1995. Disponível em: https://journals.lww.com/jbjsjournal/citation/1995/06000/enhancement_of_fracture_healing_.16.aspx. Acesso em: 20 de nov. 2023.

KHALIFEH, J. *et al.* Electrical Stimulation and Bone Healing: A Review of Current Technology and Clinical Applications. **IEEE Reviews in Biomedical Engineering**, v. 11, p. 217-232, 2018.

OLIVEIRA, P.; Sperandio, E.; Fernandes, K. R.; Pastor, F. A. C.; Nonaka, K. O.; Renno, A. C. M. Comparação dos efeitos do laser de baixa potência e do ultrassom de baixa intensidade no processo de reparo ósseo em tibia de rato. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, 15(3). P. 200–205. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-35552011000300005>. Acesso em: 30 de out. 2023.

PALMA, Paulo Jorge Rocha da. Estudo de novas formulações para regeneração óssea em defeitos de dimensão crítica. Dissertação de Mestrado. Universidade de Coimbra. 158p. 2009. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/11481>. Acesso em 30 de out. 2023.

PAOLILLO, A. R. *et al.* Avaliação por microtomografia de raio-x do reparo ósseo em tibia de ratos após tratamento com lipus e laser. In: **Anais XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica (CBEB)**, Uberlândia, MG. 2014. Disponível em: https://www.canal6.com.br/cbeb/2014/artigos/cbeb2014_submission_708.pdf. Acesso em: 03 de nov. 2023.

PAULINO, Maria de F. da C. *et al.* Desenvolvimento de metodologias de consolidação do calo ósseo e de reabsorção óssea recorrendo a sistemas de fixação externa e fixação interna. Universidade de Coimbra. 2020. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/100905>. Acesso em: 11 de set. 2023.

FUKADA, Eiichi; Yasuda, Iwao. On the Piezoelectric Effect of Bone. **Journal of the physical society of Japan**. v. 12. n. 10, p. 1158-1162, (1957). Disponível em:

<https://doi.org/10.1143/JPSJ.12.1158>. Acesso em: 15 de nov. 2023.

- MARTINEZ, M. M. *et al.* Osseointegração clínica-radiológica do compósito hidroxiapatita-lignina entre implante metálico e tecido ósseo em coelho. *Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária E Zootecnia*. 2009. 61(4), 835–843. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352009000400010>. Acesso em: 15 de nov. 2023.
- PIAZZA L.; LIBARDONI T.C.; STAPAIT E.L.; SANTOS G.M. Respostas biológicas do tecido ósseo à terapia com laser ou ultrassom – Revisão de literatura. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**. Ano 9 n. 29, p 79- 87. jul/set 2011. Disponível em: https://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_ciencias_saude/article/view/1353/1068 Acesso em 03 de nov. 2023.
- SHIRANE, H.Y, Oda D. Y.; Pinheiro T. C.; Cunha M. R. da. Implantes de biomateriais em falha óssea produzida na fíbula de ratos. **Rev bras ortop** [Internet]. 45(5). p. 478–82. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-36162010000500017>. Acesso em 03 de nov. 2023.