

CENTRO PAULA SOUZA
Etec Prof. Carmelino Corrêa Júnior
Ensino Médio com Habilitação Profissional
de Técnico em Química

Ana Isa Rezende Azevedo
Lanna Maria Silva Lima
Rayssa Nascimento Lemos

DESENVOLVIMENTO DO CIMENTO OSSEO PARA
TRATAMENTO DE FRATURAS EM EQUINOS

Franca - SP
2023

Ana Isa Rezende Azevedo
Lanna Maria Silva Lima
Rayssa Nascimento Lemos

**DESENVOLVIMENTO DO CIMENTO OSSEO PARA
TRATAMENTO DE FRATURAS EM EQUINOS**

Trabalho de Conclusão de curso, apresentado ao Curso Técnico em Biotecnologia Integrado ao Ensino Médio da Etec Prof. Carmelino Corrêa Júnior, orientado pela Profa. Dra. Joana D'Arc Félix de Sousa, como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Química.

Franca - SP
2023

AGRADECEMOS

Primeiramente a Deus que sempre iluminou nossos caminhos nos dando forças para continuar.

Aos nossos pais, amigos e familiares, que acreditaram em nós.

A nossa orientadora e professora Joana, por sempre nos atender, e por ter acompanhado na nossa trajetória.

RESUMO

AZEVEDO, A.I.R. LIMA, L.M.S.; LEMOS, R.N. **Reabilitação equina**. Etec Prof Carmelino Corrêa Júnior, Franca – SP, 2023.

Os ossos são estruturas rígidas do esqueleto, fornecendo suporte, proteção e facilitando o movimento. Compostos por células, minerais e colágeno, os ossos são dinâmicos, passando por remodelação constante. Além disso, desempenham um papel vital na produção de células sanguíneas e armazenamento de minerais como a hidroxiapatita.

A hidroxiapatita é um mineral que proporciona resistência e dureza nos ossos, ela é basicamente a parte do cálcio e fósforo presente no esqueleto, essa substância forma a estrutura cristalina dos tecidos mineralizados, conferindo-lhes propriedades biomecânicas essenciais para a função adequada dos ossos, e é um dos principais elementos para a produção de um cimento ósseo.

O cimento ósseo é uma substância utilizada em procedimentos ortopédicos para fixar implantes ou reparar fraturas ósseas. Geralmente composto por hidroxiapatita como a parte mineral e colágeno, o cimento ósseo é injetado no local desejado, onde endurece rapidamente, proporcionando estabilidade estrutural. Sua capacidade de fixação e resistência o torna valioso em cirurgias ortopédicas, facilitando a recuperação e a integração dos componentes implantados evitando uso de pinos, promovendo assim um conforto ao animal.

Palavras chave: Cimento ósseo. Hidroxiapatita. Colágeno.

ABSTRACT

Bones are rigid structures of the skeleton, providing support, protection, and facilitating movement. Composed of cells, minerals and collagen, bones are dynamic, undergoing constant remodeling. In addition, they play a vital role in the production of blood cells and storage of minerals such as hydroxyapatite.

Hydroxyapatite is a mineral that provides strength and hardness in bones, it is basically the part of calcium and phosphorus present in the skeleton, this substance forms the crystalline structure of mineralized tissues, giving them essential biomechanical properties for the proper function of bones, and is one of the main elements for the production of a bone cement.

Bone cement is a substance used in orthopedic procedures to fix implants or repair bone fractures. Usually composed of hydroxyapatite as the mineral part and collagen, bone cement is injected at the desired location, where it hardens quickly, providing structural stability. Its fixation and resistance capacity makes it valuable in orthopedic surgeries, facilitating the recovery and integration of the implanted components, avoiding the use of pins, thus promoting comfort to the animal.

Keywords: Bone cement. Hydroxyapatite. Collagen.

SÚMARIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1 COMPOSIÇÃO OSSEA.....	7
2.2 ANATOMIA.....	8
2.3 LESÕES EM EQUINOS.....	8
2.4 FRATURAS.....	9
2.5 CIMENTO OSSEO	10
2.6 TRATAMENTO E REABILITAÇÃO PÓS FRATURAS.....	11
2.7 HIDOXIAPATITA.....	11
2.8 ESCAMA DA TILAPIA.....	11
2.9 COLÁGENO.....	12
2.9.1 EXTRAÇÃO DO COLÁGENO.....	13
2.10 TRIPA ARTIFICIAL.....	14
2.11 FISIOTERAPIA.....	14
2.12 MASSAGEM TERAPÊUTICA.....	15
2.13 HIDROTERAPIA.....	15
2.14 ELETROTERAPIA.....	16
3 METODOLOGIA.....	17
4 OBJETIVO.....	23
5 CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

A reconstrução anatômica de fraturas em ossos longos em equinos é um grande desafio para o Médico Veterinário. Na tentativa de melhorar os resultados da técnica, estabilizando e preenchendo áreas onde houve perda óssea, o uso de substitutos ósseos, entre eles os biomateriais, vêm apresentando alguns bons resultados. (NOBREGA, 2015).

Por muito tempo a eutanásia foi o único procedimento "satisfatório" para equinos que sofriam fraturas expostas ou qualquer fratura de ossos longos. No entanto, com os avanços da medicina veterinária as fraturas deixaram de ser trágicas e comprometedoras como no passado. O médico veterinário, portanto, deve ter conhecimento da aplicação de talas e bandagens protetoras em equinos fraturados, visto que cada etapa do tratamento, começando imediatamente após a ocorrência da lesão (primeiros-socorros e estabilização), é crítica para melhorar a probabilidade de sucesso (WALMSLEY, 1999; MUDGE, 2007; GALUPPO, 2011; LÓPEZ-SANROMÁN, 2012).

Porém diversos estudos têm sido feitos para melhoramento e descoberta de novas técnicas para tratamento de fratura em equinos. Alguns estudos utilizaram enxertos ósseos alternativos (DORNUSCH et al., 2010; SELIM, 2013; NÓBREGA, 2014), outros tentaram criar um modelo de defeito ósseo em grandes animais não terminal para se poder avaliar a eficácia de tratamentos farmacológicos e regenerativos desenvolvidos para melhorar a cicatrização óssea (SARRAFIAN et al. 2014).

Com isso, pesquisadores têm investido em outros métodos para a regeneração óssea, de forma a suprir essas demandas. Um dos principais focos é o desenvolvimento de cimentos de fosfato de cálcio, um substituto ósseo de alto potencial. Esses cimentos são formados a partir de um pó de fosfato de cálcio que irá reagir com uma fase líquida, formando uma pasta moldável que pode ser utilizada em procedimentos minimamente invasivos (SANTOS,2022).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 COMPOSIÇÃO ÓSSEA

O osso é formado por um tecido conjuntivo especializado composto por células responsáveis pelo constante remodelamento ósseo e cuja matriz extracelular é majoritariamente mineralizada (**Figura 1**). A porção inorgânica da matriz extracelular é principalmente formada por cálcio e fósforo, que estão presentes na forma de cristais de hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$). Já a porção orgânica é formada por fibras de colágeno tipo I, proteoglicanos e glicoproteínas os quais, em conjunto com a porção inorgânica do tecido, conferem resistência ao osso. Além disso, o tecido ósseo abriga as células que, em conjunto, são responsáveis pela formação do osso. São elas os osteoblastos, osteoclastos e osteócitos (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2013).

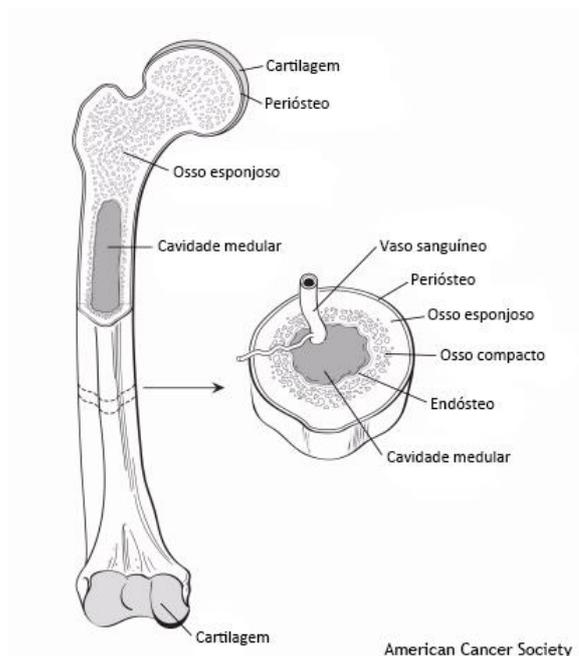


Figura 1: – Composição óssea (SOCIETY, 2021).

2.2 ANATOMIA

O osso faz parte do grupo de tecidos conectivos (**Figura 2**). Estes são caracterizados por serem compostos de células e matriz extracelular. A matriz, no caso do osso, apresenta componente orgânico predominantemente colágeno e componente inorgânico, principalmente hidroxiapatita (GOODSHIP E SMITH, 2004).

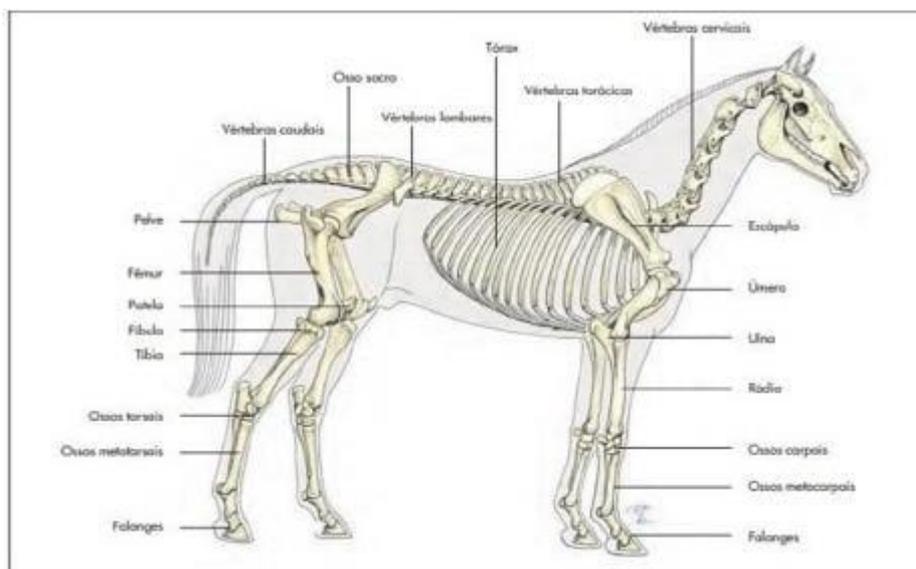


Figura 2: Esqueleto do equino (representação esquemática). Adaptado de KÖNIG, H.E.; LIEBICH, H-G, 2016.

O tecido ósseo adulto inclui três grandes populações de células, cada uma com papel funcional específico, mas todas interagindo entre si e também com a matriz extracelular. Estes três tipos de células especializadas são: osteoblastos, osteócitos e osteoclastos. A interação coordenada de atividade destas células aperfeiçoa a morfologia do osso em relação às mudanças de demanda mecânica (GOODSHIP; SMITH, 2004). Os osteoblastos são células que formam tecido ósseo, derivam das células mesenquimais indiferenciadas, as quais proliferam e iniciam o processo de diferenciação em osteoblastos, em resposta a complexo sistema de sinalização. Estas células são responsáveis pela osteogênese, ou seja, pela síntese, secreção, maturação e mineralização da matriz orgânica.

2.3 LESOES EM EQUINOS

Fraturas em equinos tem inúmeras causas, principalmente quedas quando em competições, lazer ou trabalho. De acordo com a gravidade do episódio, as lesões

podem até mesmo fragmentar o osso do cavalo, o que pode levar a equinocultura a sacrificar o animal (JÚNIOR, 2021). Além disso o retorno destes animais às corridas depende de fatores como a idade, severidade, localização da lesão e número de articulações afetadas, como observado por Graham et al. (2019). As mais comuns são em ossos longos em cavalos de corrida e em treinamento são as fraturas de côndilos de metacarpiano e metatarsiano. Em um estudo retrospectivo (1999-2009) pode-se identificar que 58,1% ocorreram em machos castrados, 21,8% em animais inteiros e 20,1% ocorreram em fêmeas. Os membros mais afetados foram os torácicos (59,8%) em relação aos membros pélvicos (40,2%) (JACKLIN & WRIGHT, 2012).

Devido a esportes, em muitos casos os animais acabam se machucando e até mesmo adquirindo patologias, nas quais são difíceis de visualizar a olho nu, e muitas delas são percebidas quando os animais não conseguem mais ter a mesma funcionalidade e posteriormente demonstram cansaço, e durante a rotina clínica, os veterinários encontram cavalos com problemas inflamatórios que prejudicam o rendimento no cotidiano (CONSEJO et al., 2021).

2.4 FRATURAS

São consideradas lesões mais comuns nos ossos. Elas se caracterizam pela perda de continuidade do osso, que é resultado da aplicação de uma força excessiva sobre essa estrutura. Essa força excessiva pode ser causada por uma queda ou, até mesmo, esmagamento (SANTOS, 2023). E podem ser definidas como rachadura ou quebra de um osso (CAMPAGNE, 2022).

As fraturas podem ser do tipo transversa, oblíqua, espiral, cominutiva redutível e cominutiva irreductível, além das fraturas fisárias, que são classificadas de acordo com o sistema de Salter Harris, baseadas conforme a apresentação radiográfica em relação à localização da linha de fratura (**Figura 3**) (FOSSUM, 2014).

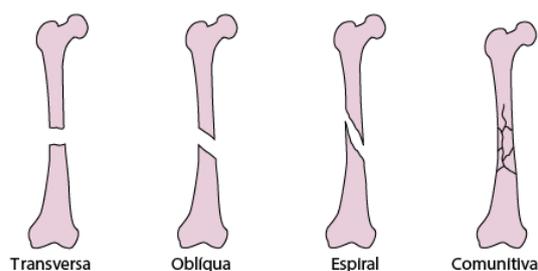


Figura 3: Classificação das fraturas de acordo com sua configuração (MERCK & CO., 2023).

Segundo Lopes (2023) os equinos possuem na mão a seguinte divisão óssea duas fileiras de ossos curtos chamados de carpos, o osso mais longo é o metacarpo, e abaixo do metacarpo e três ossos que compõem os dedos do animal, chamados de falange proximal, falange média e falange distal. Sendo assim as fraturas no terceiro metacarpo, representam uma grande porcentagem de fratura de ossos longos mais comuns em cavalos atletas (POSUKONIS et al., 2022).

As fraturas dos pequenos ossos metatarsianos como o quarto metatarsiano podem ocorrer em qualquer ponto do seu comprimento. As fraturas localizadas em porções média e proximal são mais complexas que as localizadas em terço distal e, ocorre com mais frequência em animais mais velhos e raramente em animais com menos de dois anos de idade. O autor ainda acredita que o motivo seja a flexibilidade reduzida do ligamento interósseo e dos programas de treinamento mais extenuantes em animais mais velhos (NIXON, 2020).

2.5 CIMENTO ÓSSEO

A cimentação óssea é recomendada nos casos onde existem fraturas, perda óssea ou desgastes nas regiões citadas (BIO ENGENHARIA, 2022).

Os cimentos de fosfato de cálcio reúnem uma série de vantagens, dentre elas biocompatibilidade e bioatividade, que permitem seu uso como preenchimento e substituto de partes danificadas do sistema ósseo. Um cimento deste tipo pode ser preparado misturando-se um sal de fosfato de cálcio com água, ou com uma solução aquosa, para que se forme uma pasta que possa reagir a temperatura ambiente ou do

corpo (YU,1992). Cimentos de fosfato de cálcio são usados comumente em cirurgias de preenchimento ósseo na odontologia e ortopedia, que requerem procedimentos extremamente invasivos (ALVES, SANTOSII, & BERGMANN, 2006).

2.6 TRATAMENTO E REABILITAÇÃO PÓS FRATURAS

Uma vez que a fratura tenha sido estabilizada, o médico veterinário pode se concentrar em discutir a decisão de como prosseguir com o tratamento. A escolha do tratamento depende de um conjunto de fatores como: o tipo da fratura, sua localização, idade do animal, saúde do animal, condição Segeral do paciente, tamanho do paciente, utilização que se pretende dar ao mesmo e aspecto financeiro. A correção cirúrgica e o tratamento de escolha para várias fraturas de metatarso (MORGAN & GALUPO, 2021).

2.7 HIDOXIPATITA

A hidroxiapatita – HAp -, é um material cerâmico à base de fosfato de cálcio hidratado e basicamente formado por três elementos principais: cálcio, fósforo e oxigênio (MAVROPOULOS, 1999). Segundo Boutinguiza et al. (2012), devido a hidroxiapatita apresentar aspectos de densidade e porosidade, ela tem sido intensamente investigada como material de implante para aplicações ortopédicas e dentárias, apresentando excelente bioatividade, osteocondutividade e osteoindutividade, de modo que essas suas características justificam o crescente interesse e estudo para sua obtenção

2.8 ESCAMA DA TILAPIA

As escamas da tilapia são elementos esqueléticos que cobrem e protegem a pele de algumas espécies de peixes. A tilápia da espécie *Oreochomis niloticus* apresenta escamas do tipo elasmóides, mais especificamente ciclóides, caracterizadas pela sua elasticidade e forma variável (DIAS, 2007). A caracterização e morfologia de escamas elasmóides de peixes ósseos indicam que as escamas consistem de duas regiões: uma

formada de uma matriz extracelular, principalmente colágeno do tipo I, e outra por hidroxiapatita [$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ e/ou $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_6\text{OH}$] (IKOMA, 2003).

Vieira et al. (2009), realizando a caracterização das escamas do peixe piau, confirmaram que escamas são formadas predominantemente por uma fase orgânica (50,3 %) e uma fase inorgânica (49,7%), o que permite classificá-las como um compósito natural, cuja combinação das propriedades de seus componentes faz do material um potencial adsorvente.

2.9 COLÁGENO

O colágeno é uma proteína fibrosa encontrada em todo o reino animal, contém cadeias peptídicas dos aminoácidos glicina, prolina, lisina, hidroxilisina, hidroxiprolina e alanina. As proteínas colagenosas formam agregados supramoleculares (fibrilas, filamentos ou redes), sozinhas ou em conjunto com outras matrizes extracelulares (**Figura 4**). Sua principal função é contribuir com a integridade estrutural da matriz extracelular ou ajudar a fixar células na matriz. O colágeno apresenta propriedades mecânicas singulares, e é quimicamente inerte (WOLF 2007 e MORETTI 2009). A molécula de colágeno tem 280 nm de comprimento, com massa molecular de 300.000 Da estabilizada por pontes de hidrogênio e por ligações intermoleculares (LEHNINGER 1995 E CAMPBELL 2000).

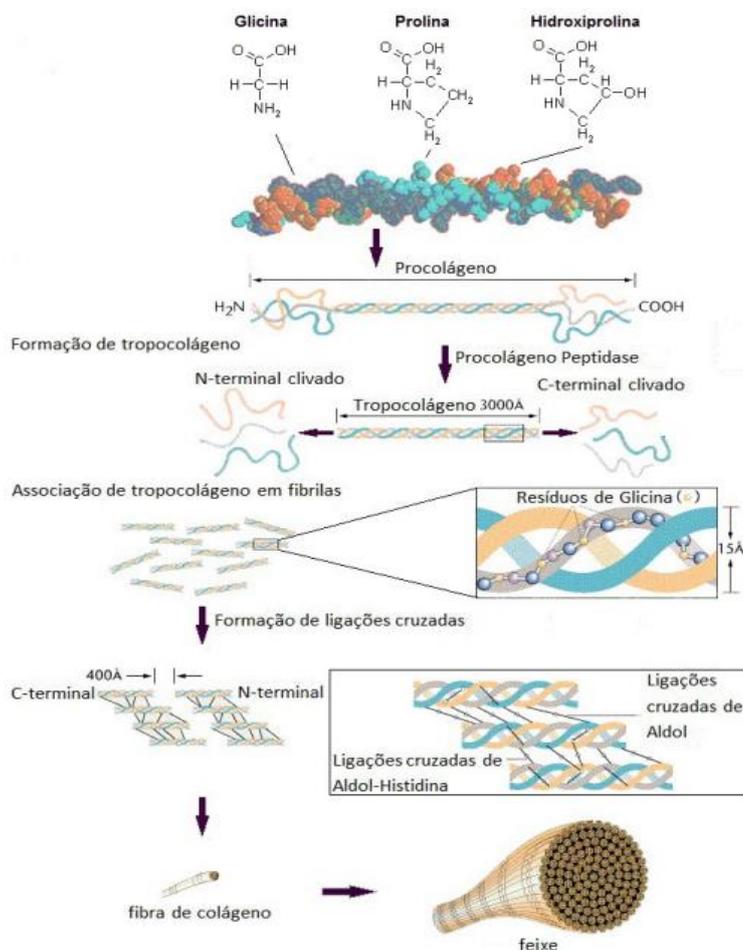


Figura 4. Processo de formação, organização e estrutura de colágeno (adaptado de Damodaran; Parkin; Fenema2 ; Klug e Cumming9 apud Saeidi, 2009)

2.9.1 Extração do colágeno

Assim, técnicas que reaproveitem estes subprodutos, melhorariam a eficiência de econômica e ambiental das empresas do ramo avícola, devido a agregação de valor e ao reuso destes rejeitos. De acordo com Almeida et al. (2013.b), o colágeno pode ser extraído de pele ou ossos de animais após um pré-tratamento ácido ou básico. Este é vendido no mercado na forma de pó ou de gel (cápsulas) a preços próximos dos 300 R\$/kg.

Os pés de frango podem ser uma alternativa de baixo custo à produção do colágeno, pois possuem alto teor de colágeno e são considerados como rejeitos da indústria de carne. Desta forma, neste trabalho pretende fazer a otimização do processo de extração do colágeno dos pés de frango em solução de ácido acético. Para tanto, foi feito um planejamento fatorial com design 2, usando a concentração do ácido acético, o tempo e a temperatura de extração como fatores que influenciam no rendimento da extração (ALMEIDA,2013).

2.10 TRIPA ARTIFICIAIS

A utilização das tripas artificiais iniciou-se no século XIX, e devido ao rápido desenvolvimento das indústrias verificou-se a necessidade de procurar novas formas de substituir a tripa natural. As tripas artificiais podem ser classificadas em dois grupos sendo eles: tripas artificiais e as tripas sintéticas. As tripas artificiais são obtidas através de colágeno e proteínas de origem animal sendo caracterizadas por substâncias de origem animal reestruturadas por diversos processos. Já a sintética é obtida através das substâncias orgânicas como, celulose e derivados do petróleo, podendo ser caracterizadas em dois tipos: celulósicas ou plásticas. As celulósicas possuem poros com diâmetros reduzidos e são de origem vegetal e as de plásticos obtidas através de várias camadas de polímeros (MARTINS, 2014).

2.11 FISIOTERAPIA

Entende-se como fisioterapia um conjunto de métodos terapêuticos que o objetivo é melhorar a qualidade da reabilitação do paciente (PORTER, 1998) e prevenir possíveis lesões e disfunções que afetam os tecidos moles, ossos e tecidos neurológicos. Diante disso, a fisioterapia na Medicina Veterinária também é utilizada e, inicialmente, era vista como uma adaptação de técnicas usadas na medicina humana (ALLGAYER, 2019).

2.12 MASSAGEM TERAPÊUTICA

A massagem é empregada e não somente com o propósito de promover o relaxamento dos cavalos, mas principalmente como complementos dos processos de avaliação. São realizadas na execução desta técnica uma palpação criteriosa de toda a musculatura e estruturas tendíneas, podendo ter uma manipulação através das mãos, dedos e até do cotovelo. É possível observar se existe um desenvolvimento muscular equilibrado, detectar a presença de tensões e dores localizadas e assim, direcionar a terapia ou o treino de um animal, prevenindo lesões de esforço repetitivo e garantindo o desempenho atlético desejado. As principais indicações é auxiliar no diagnóstico da enfermidade; promover o relaxamento da musculatura; casos de síndrome de Overtraining, causado pelo excesso de treinamento, afetando o animal tanto na parte física, quanto na psicológica, ocasionando dor muscular, tendinites e desmites (CAVALO ATLETA, 2017).

O objetivo principal é acostumar o animal com o contato físico assim produzindo efeito tranquilizante positivo. A massagem deve ser iniciada de forma leve e posteriormente ir mantendo o mesmo grau de pressão aliviando novamente no 27 término da massagem e sempre iniciando da parte distal em direção à cabeça (STARKEY, 2001; HOURDEBAIGT, 2007).

2.13 HIDROTERAPIA

Em virtude das propriedades da água, a realização de exercícios submersos torna-se diferente do exercício realizado fora da água. As diferenças estão ligadas ao empuxo, à pressão hidrostática e ao impacto mecânico (MIKAIL E PEDRO, 2006). A hidroterapia é o uso da água em qualquer de suas três formas, interna ou externamente, no tratamento de doenças ou traumatismos (BIASOLI E MACHADO, 2006).

De acordo com Candeloro e Caromano (2008), alguns exercícios realizados na água resultam em respostas produzidas pela atividade física, somadas às respostas desencadeadas pela imersão, sendo que o aumento da pressão arterial e a frequência cardíaca ocorrem em menor intensidade que em exercícios em solo para o mesmo

consumo de oxigênio. Totalmente imersão em repouso, a pressão hidrostática age sobre o corpo e desvia o sangue das extremidades e vasos abdominais para os grandes vasos do tórax, aumentando o débito cardíaco, a pressão intraventricular

A hidroterapia sob a forma de natação é benéfica em reabilitação de fraturas, condições neurológicas, tendinites e em situações em que o animal reluta em utilizar o membro, bem como na melhora do desempenho atlético dos animais (**Figura 7**). Porém, apesar de possuir ótimos resultados ela é contraindicada em presença de feridas abertas, infecção, disfunção cardíaca e respiratória, incontinência urinária e diarreia, além de que alguns animais podem ter medo de água dificultando a terapia (GUIMARÃES, 2006; MIKAIL, 2009; NOGUEIRA et al., 2009).



Figura 7: técnicas da Fisioterapia equina (CAVALO ATLETA, 2016).

Com relação à dinâmica dos fluidos, há dois tipos diferentes de fluxo: o fluxo laminar, no qual a velocidade permanece constante dentro de uma corrente de líquido e o fluxo turbulento, no qual a velocidade ultrapassa uma velocidade crítica provocando um movimento irregular do líquido. O fluxo turbulento é causado contínua e naturalmente pela movimentação do corpo na água devido à diferença de pressão entre a parte cranial e caudal ao corpo, com a pressão na parte anterior maior que na posterior, gerando resistência ao movimento (NOWOTNY & CAROMANO, 2002; FARINELLI, 2010).

Na imersão parcial ou hidrogenástica, o animal conta com o apoio no solo e o nível de imersão irá depender do objetivo da terapia. O animal ficará mais leve quanto mais submerso estiver, e maior será sua resistência ao movimento (MIKAIL, 2006).

2.14 ELETROTERRAPIA

A eletroterapia com campos elétricos e eletromagnéticos potencializa a reparação de tecidos conjuntivos, representando uma alternativa para auxiliar a reparação de lesões da cartilagem hialina. Sua aplicação mais amplamente pesquisada relaciona-se à reparação óssea e ocasiona a aceleração de cicatrização de fraturas recentes, não união e união óssea retardada, osteoporose e osteonecrose, bem como a incorporação de enxertos ósseos. Mais recentemente, foi descrito o efeito desses campos elétricos na reparação de cartilagem e tecidos moles. Em vários modelos experimentais e em aplicações clínicas, se observa aceleração na síntese de matriz e na cicatrização tecidual (AARON & CIOMBOR, 1993).

CANÈ et al. (1993) avaliaram, em falhas ósseas corticais realizadas em eqüinos a influência do campo eletromagnético pulsado na osteogênese, e observaram aumento na mineralização e na atividade de osteoblastos, representada pelo maior crescimento ósseo intramembranoso. Porém, não puderam determinar se o campo eletromagnético afetou também os estádios da cicatrização óssea que precedem à osteogênese

NORWOOD & HAYNES (1982), com base em pesquisas que relacionam remodelagem óssea com potenciais elétricos em seres humanos, propuseram a utilização de estímulo elétrico para o tratamento da periostite e de fraturas por estresse do MCIII. Além dos efeitos que promovem analgesia e redução dos demais sinais da inflamação, estudos em animais vêm mostrando que várias formas de estimulação elétrica afetam positivamente o crescimento, reparo e remodelamento de tecidos moles e duros (MIKHAILOVA & LANDA, 1981).

3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada para o desenvolvimento do cimento ósseo tem como propósito fundamenta a criação de um novo método de tratamento de fraturas, que fara com que equinos ou até mesmo outros animas que se lesionarão gravemente e não conseguiram se reabilitar por completo, devido ao tratamento escolhido pelos médicos veterinários que acabam sendo sacrificados tenham uma nova chance.

Inicialmente limpamos o fêmur do bovino, animal com a composição óssea mais parecida com a do equino. Retiramos toda as impurezas ali presente para o melhor manejo após a realização do cimento ósseo.

Em seguida começamos o procedimento de extração da hidrxiapatita (componente presente na ossificação do equino) da escama de peixe de tilaria, porém existem outas madeiras de fazer esta extração, portanto tivemos preferência neste método.

Deixamos por 24 horas as escamas de tilapia em uma solução de hidróxido de sódio para realização da limpeza, após este procedimento lavamos todas as escamas com água corrente para remoção do restante de resíduos presente (**figura 5**)



Figura 5: Lavagem das escamas da tilapia.

Fonte: Acervo pessoal.

Após a lavagem de todas as escamas as inserimos na estufa de secagem para a remoção por completo de toda água ali presente (**figura 6**), procedimento que levou umas 12 horas. Em seguida em um liquidificador esterilizado realizamos a trituração da escama (**figura 7**).



Figura 6: Escamas secas.

Figura 7: trituração das escamas de peixe

Fonte: Acervo pessoal.

Diante disso foi feita a peneiração dos resíduos já triturados (**figura 8**), pois necessitaremos de um material como menor número de granulado, assim como pode se observar na (**figura 9**)



Figura 8: Peneiração

Figura 9: Produto final de hidroxiapatita

Fonte: Acervo pessoal.

A seguir começamos a realizar a extração do colágeno (componente extrema importância presente na ossificação do equino) a partir da tripa sintética (**figura 10**). O

primeiro procedimento que deve ser feito é o trituramento da tripa sintética em minúsculos pedaços, para melhor utilização aos próximos procedimentos (**figura 11**).



Figura 10: Tripa sintética

Figura 11: Trituração da tripa

Fonte: Acervo pessoal.

Após isso adicionamos as tripas em um erlenmeyer e em seguida uma solução de hidróxido de sódio até cobrir por completo as tripas, e deixamos por 8 dias em repouso para a dissolução de toda a tripa.

Em uma solução contendo 150ml de Ácido clorídrico e 50 ml de água destilada, fizemos a utilização de apenas 100ml desta solução para a neutralização do PH de 14 para 5 ou 7 do procedimento anterior, procedimento que também foi deixado em repouso por 8 dias.

Em seguida realizamos a filtração em um funil de separação (**figura 12**), no funil cotia papel de filtro e algodão, para o procedimento ser mais lento e eficaz. Pode se observar também na (**figura 13**) após a filtração como a coloração de uma solução para outro mudou.



Figura 12: filtração da solução

Figura 13: Diferenciação da coloração

Fonte: Acervo pessoal.

Logo após filtra esta solução, na estufa de secagem a solução aquosa foi deixada no período de 12 horas, até menos as vezes depondo da potência de sua estufa até virar um resíduo sólido (**figura 14**).



Figura 14: produto final do colágeno.

Fonte: Acervo pessoal.

Por fim em uma proporção de 70% de hidroxiapatita e 30% de colágeno e água destilada tem-se o produto final que é o cimento ósseo de resíduos completamente compatíveis presentes na ossificação do equino. Logo em seguida foram feitos algum teste em uma fratura simula pelas alunas para saber da eficácia do produto (**Figura 15**), podendo então se observar que após 24 horas o cimento já se estabilizou no local da lesão (**Figura 16**).



Figura 15: Fratura óssea

Figura 16: Cimento ósseo da localidade da fratura.

Fonte: Acervo pessoal.

Entretanto estudos futuros tem como objetivo testar a resistência do cimento e realizar testes em animais tanto em portes pequenos como potros ou em portes grandes como cavalos adultos

4 OBJETIVO

Este trabalho objetivou a eficiência em cirurgias com animais de grande porte, diminuindo o desconforto e evitando o sacrifício de tais animais

5 CONCLUSÃO

Concluimos que o cimento ósseo desempenha um papel fundamental em procedimentos ortopédicos e na reabilitação, proporcionando uma solução eficaz para a fixação de implantes e a reparação de fraturas ósseas. Sua rápida solidificação, juntamente com propriedades de fixação e resistência, contribui significativamente para a estabilidade estrutural, promovendo uma melhor reabilitação e recuperação dos equinos e facilitando a integração dos componentes implantados. O desenvolvimento contínuo dessa tecnologia destaca seu papel crucial na evolução das práticas ortopédicas, melhorando a qualidade de vida e a eficácia dos tratamentos.

REFERÊNCIAS

AARON R.K., CIOMBOR D.M. Therapeutic effects of eletromagnetic fields in the stimulation of connective tissue repair. *Journal of Cellular Biochemistry*, v.52, n.1, p.42- 46, 1993.

ALMEIDA PF, ARAUJO MGO, SANTANA JCC, Collagen extraction from chicken feet for jelly production. *Acta Scientiarum. Technology*, 2013.b.

ALMEIDA PF, CALARGE FA, SANTANA JCC, Production of a product similar to gelatin From chicken feet collagen. *Engenharia Agricola*, , 2013.a.

ALLGAYER, M.G.F. Fisioterapia Veterinária. *Revista Brasileira de Medicina Mais Equina*, ano 13, nº81, 2019.

ALVES, H. L., SANTOSII, L. A., & BERGMANN, C. P. (2006). *Influência de aditivos na injetabilidade de cimento ósseo de fosfato tricálcico*. Fonte:

Scielo.br:

<https://www.scielo.br/j/rmat/a/FGV3kb7cnSrwJbH6cCPFDXn/?format=pdf&lang=pt>

BIASOLI, M. C.; MACHADO, C. M. C. Hidroterapia: aplicabilidades clínicas. *Rev. Bras. Med.*, v. 63, n. 5, maio, 2006.

BOUTINGUIZA, M.; POU, J.; COMESAÑA, R.; LUSQUIÑOS, F.; CARLOS, A.; LEÓN, B. **Biological hydroxyapatite obtained from fish bones. *Materials Science and Engineering C***,v. 32, p 487-486, 2012.

CAMPAGNE, D. (2022). Considerações gerais sobre fraturas. Fonte: **Manual MSD**: <https://www.msmanuals.com/pt-br/casa/les%C3%B5es-e-envenenamentos/fraturas/considera%C3%A7%C3%B5es-gerais-sobre-fraturas>
Campbell MK. *Bioquímica*. 3. ed. Porto Alegre (RS): **Artmed**; 2000.

CANDELORO, J. M.; CAROMANO, F. A. Effects of a hydrotherapy program on blood pressure and heart rate in elderly, sedentary woman. **Fisioterapia e Pesquisa**, v.15, n.1, p.26-32, 2008.

CANÈ, V., BOTTI, P., SOANA, S. Pulsed magnetic fields improve osteoblast activity during the repair of an experimental osseous defect. *Journal of Orthopaedic Research*, v.11, n.5, p.664-670, 1993.

CAVALOATLETA. Massagem: Disponível em: <<https://www.cavalokatleta.com.br/massagem-em-cavalos>>. Acesso em: 23/10/2017.

CONSEJO ET AL. **Resolución CDEyVE SAVyVM N° 18/2021**. Dictaminar favorablemente sobre la propuesta de modificación del Plan de Estudios de la carrera Medicina Veterinaria. 2021.

DIAS, M. A. Determinação da idade em escamas. **Biologia Pesqueira**, vol. 3, 1-6, 2007.

DORNBUSCH, P.T.; DE ARAÚJO, I.G.R.; TASQUETTI, U.Y. et al. Avaliação Radiográfica da Aplicação de Polímero de Mamona em Falhas ósseas Induzidas em Equinos. **Archives of Veterinary Science**, v.15, n.1, p. 1-8, 2010.

ENGENHARIA, BIO. 2022. O que é o cimento ósseo . **BIO ENGENHARIA, Indústria de implantes odontológicos** . [Online] 2022.
<https://bioengenharia.com.br/cimentacao-ossea/>.

FOSSUM, T. W. *Cirurgia de Pequenos Animais*. 4. ed. Rio de Janeiro: **Elsevier**, v. único, 2014.

GALUPPO, L. **Equine fractures: improving the chances for a successful outcome**. CEH Horse Report, Davis CA, v. 29, n. 3, p. 1-13, Oct. 2011.

GOODSHIP, A. E.; SMITH, R. K. W. Skeletal physiology: responses to exercise and training. In: HINCHCLIFF, K. W.; KANAPS, A.; GEOR, R. J. (Eds). **Equine Sports Medicine and Surgery**. Philadelphia: Saunders, 2004, cap. 7, p. 111-129.

GRAHAM, R.J.T.Y, ROSANOWSKI, S.M. McILRAITH, C.W. A 10-year study of arthroscopy surgery in racing Thoroughbreds and Quarter Horses with osteochondral fragmentation of the carpus. **Equine Veterinary Journal**. 0, 1-7, Endhiburg, 2019.

GUIMARÃES, A. F. P. Reabilitação Animal: Principais técnicas e indicações. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) – **Universidade Católica de Minas Gerais**, Minas Gerais, 2006.

HOURDEBAIGT, L T M. Equine Massage: **a practical guide**. 2.ed. New Jersey: Wiley Publishing, 2007. 353p.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352009000300003>.

IKOMA, T.; KOBAYASHI, H.; TANAKA, J.; WALSH, D.; MANN, S. Physical properties of type I collagen extracted from fish scales of *Pagrus major* and *Oreochromis niloticas*. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 32 p. 199–204, 2003.

JACKLIN, B.D.; WRIGHT, I.M. Frequency Distributions of 174 fractures of the Distal Condyles of the Third Metacarpal and Metatarsal Bones in 167 Thoroughbred Racehorses (1999-2009). **Equine Veterinary Journal**, v.44, p. 707-713, 2012

JÚNIOR, H. V. (2021). fratura em equinos. **Fonte: cursos CPT:**
<https://www.cpt.com.br/artigos/tire-suas-duvidas-sobre-fraturas-em-equinos>

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica**. 13. ed. Rio de Janeiro - RJ: Guanabara Koogan LTDA, v. Único, 2013.

LEHNINGER AL. Princípios de bioquímica. 2. ed. São Paulo (SP): **Sarvier**; 1995.

LOPES, D. M. (2023). Aparelho locomotor em animais domésticos –osteologia do membro torácico: antebraço e mão do equino, disponível em **vet profissional**: <https://www.vetprofissional.com.br/>

LÓPEZ-SANROMÁN, J.; ARCO, M. V. Primeros auxilios e inmovilización del caballo fracturado. **Revista Complutense de Ciencias Veterinarias (RCCV)**, Madrid, v. 6, n. 2, p. 48-58, abr. 2012

MARTINS, Cátia Falcão. Efeito da tecnologia de alta pressão hidrostática nas características microbiológicas e físicas da tripa natural e suíno. Dissertação de mestrado. **Universidade de Lisboa**. 2014. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/6531/1/Efeito%20da%20tecnologia%20de%20alta%20press%C3%A3o%20hidrost%C3%A1tica%20nas%20caracter%C3%ADsticas%20microbiol%C3%B3gicas%20e%20f%C3%ADsicas%20da%20tripa%20natural%20de%20su%C3%ADno.pdf>.

MAVROPOULOS, E. A hidroxiapatita como removedora de chumbo. Mestrado em Saúde Pública e Toxicologia - Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro. 1999.

MERCK & Co., I. R. (2023). msdmanuals.com. Fonte: **manual MDS**: <https://www.msdmanuals.com/pt-br/profissional/multimedia/figure/tipos-comuns-de-linhas-de-fraturas>

MIKAIL S.; PEDRO, R. C. **Fisioterapia Veterinária**. Barueri, São Paulo: Manole, 2006.

MIKAIL, S. Hidroterapia. Em: **Fisioterapia Veterinária**. São Paulo: Manole, 2ed., p.71- 75, 2009.

MIKAIL, S. Termografia: O mapa térmico das lesões. **REVISTA BRASILEIRA DE MEDICINA: MAIS EQUINA**. Vol. 5, no. 1. Junho de 2006.

MIKHAILOVA, L.N.; LANDA, V.A. **Electron microscopic study of reparative osteogenesis following electric stimulation of bony tissue regeneration**. Biulleten Eksperimentalnoi Biologii i Meditsiny, v.91, n.6, p.719-722, 1981.

MORETTI BR. Efeito da suplementação do leite com proteína de diferentes fontes (soro de leite, soja e colágeno) e da composição de cultura láctica em iogurtes. [dissertação de mestrado]. São José do Rio Preto (SP): **Universidade Estadual Paulista; 2009**.

MORGAN, Jessica M.; GALUPPO, Larry D. Fracture Stabilization and management in the field. **Vet Clin North Am: Equine Pract.** 37 (2): V37. 293-309. Aug 2021

MUDGE, M. C.; BRAMLAGE, L. R. Field fracture management. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 23, n. 1, p. 117-133, abr. 2007.

NIXON, Alan J. Equine Fracture Repair. 2nd Ed. Ed John Wiley & Sons, 2020. 928p

NÓBREGA, F.S. Tese Doutorado: **Avaliação da Interação Biológica entre o Polímero de Poliuretana de Mamona Acrescido de Carbonato de Cálcio e Tecido Ósseo de Equinos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, PPGCCV, 2015. 156

NOGUEIRA, J. L.; SILVA, M. V. M., PASSOS, C. C. Medicina Veterinária: Utilizando a hidroterapia como recurso terapêutico. **Rev. Vet. Zootec. Minas.**, n. 102, p.54-57, 2009

NORWOOD, G.L.; HAYNES, P.F. Dorsal metacarpal disease. In: MANSMANN, E.S. et al. **Equine medicine and surgery** 3.ed. Santa Barbara: American Veterinary, 1982. Cap.20, p.1110-1114.

NOWOTNY, J. P.; CAROMANO, F. A. Physical principles of hydrotherapy. **Fisioterapia Brasil**, v.3, n.6, p.1-9, 2002.

PORTER, M. The new equine sports therapy. Lexington: **The Bood-Horse**, 1998.

POSUKONIS MN, DAGLISH J, WRIGHT IM, KAWCAK CE. Novel computed tomographic analysis demonstrates differences in patterns of bone mineral content between 34 fracture configurations in distal condylar fractures of the third metacarpal/metatarsal bones in 97 Thoroughbred racehorses. **Am J Vet Res.** Nov 2022. DOI:10.2460/ajvr.22.03.0060.

SARRAFIAN et al. A Nonterminal Equine Mandibular Model of Bone Healing. **Veterinary Surgery**, v.9999, p.1-9, 2014

Santos, Júlia Bünecker Cassel e Luis Alberto Loureiro dos. 2022. Cimento ósseo implantável de alta resistência. **UFRGS, Jornal da universidade**. [Online] 2022. <https://www.ufrgs.br/jornal/cimento-osseo-implantavel-de-alta-resistencia/>.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos (2023). "Diferença entre fratura, entorse e luxação"; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/diferenca-entre-fratura-entorse-luxacao.htm>.

SELIM, M.B Dissertação Mestrado: **Avaliação Estrutural do Osso Terceiro Metacarpiano Frente à Implantação de Biopolímero a Base de Mamona**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, PPGCCV, 2013. 122p. 2013

SOCIETY, a. c. (17 de 06 de 2021). o osso. Acesso em 29 de 08 de 2023, disponível em **oncoguia**: <http://www.oncoguia.org.br/conteudo/o-osso/2489/142/>

STARKEY, C. **Recursos terapêuticos em fisioterapia**. 2.ed., São Paulo, Manole, 2001.

VIEIRA, E. F. S.; SANTOS, E. B.; CESTARI, A. R.; BARRETO, L. S.

Caracterização de escamas do peixe piau (*Leporinus elongatus*) e sua aplicação na remoção de Cu(II) de meio aquoso. *Química Nova*, v.32, nº.1, p. 134-138, 2009.

WALMSLEY, J. **Emergency management of fractures in horses**. In *Practice*, London, v. 21, n. 3, p. 122-127, Mar. 1999.

WOLF KL. Propriedades físico-químicas e mecânicas de biofilmes elaborados a partir de fibra e pó de colágeno [dissertação de mestrado]. São José do Rio Preto (SP): **Universidade Estadual Paulista**; 2007.

YU, D., Wong. J., Matsuda, Y., Fox, J.L., Higuchi, W.I. and Otsuka, M.: "Self-setting hydroxyapatite cement: **A novel skeletal drug delivery system for antibiotics**"; in *J. Pharm. Sci.* 81(6): 529-31 (1992).