

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO - PR

**UTILIZAÇÃO EXPERIMENTAL DE CIMENTO
ÓSSEO (POLIMETILMETACRILATO) COM
BIOCERÂMICA FÓSFÓ-CÁLCICA BIFÁSICA
MICRO-MACRO POROSA DE HIDROXIAPATITA EM
FRATURA DE TIBIOTARSO EM CODORNA
DOMÉSTICA (*Coturnix coturnix japônica*)**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

GISLANE DE ALMEIDA

GUARAPUAVA – PR

2019

GISLANE DE ALMEIDA

**UTILIZAÇÃO EXPERIMENTAL DE CIMENTO ÓSSEO
(POLIMETILMETACRILATO) COM BIOCERÂMICA FÓSFÓ-CÁLCICA
BIFÁSICA MICRO-MACRO POROSA DE HIDROXIAPATITA EM FRATURA DE
TIBIOTARSO EM CODORNA DOMÉSTICA (*Coturnix coturnix japônica*)**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Saúde e Produção Animal Sustentável, para obtenção de título de Mestre.

Profa. Dra. Liane Ziliotto

Orientadora

Profa. Dra. Giuliana Gelbcke Kasecker

Co-orientadora

GUARAPUAVA – PR

2019

Catalogação na Publicação

Biblioteca Central da Unicentro, Campus Santa Cruz

Almeida, Gislane de

A447u

Utilização experimental de cimento ósseo (polimetilmetacrilato) com biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-cacro porosa de hidroxiapatita em fratura de tibiotarso em codorna doméstica / Gislane de Almeida. – – Guarapuava, 2019.

xi, 47 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Saúde e Produção Animal Sustentável, 2019

Orientadora: Liane Ziliotto

Coorientadora: Giuliana Gelbcke Kasecker

Banca examinadora: Liane Ziliotto, Helcya Mime Ishiy Hulse, Paola Castro Moraes

Bibliografia

1. Ciências Veterinárias. 2. Aves. 3. Cirurgia. 4. Osteossíntese. 5. Biomateriais.
I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.

CDD 636.089

Gislane de Almeida

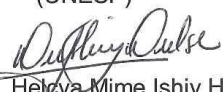
*Utilização experimental de cimento ósseo (polimetilmetacrilato) com biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidroxiapatita em fratura de tibiotarso em codorna doméstica (**Coturnix coturnix japônica**)*

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Saúde e Produção Animal Sustentável, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 22 de Fevereiro de 2019.


Profª. Drª. Liâne Ziliotto
(UNICENTRO)


Profª. Drª. Paola Castro Moraes
(UNESP)


Profª. Drª. Heloisa Mima Ishiy Hulse
(UNICENTRO)

GUARAPUAVA-PR
2019

FOLHA DE APROVAÇÃO DO CEUA

COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS - CEUA/UNICENTRO

Ofício nº 001/2018 – CEUA/UNICENTRO

Guarapuava, 02 de Março de 2018.

Senhor Pesquisador,

1. Comunicamos que seu projeto de pesquisa intitulado: " Utilização experimental de cimento ósseo com ou sem biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidróxiapatita em fratura de tibiotalarso em codorna doméstica.", protocolo número 001/2018, foi analisado e considerado **APROVADO**, pela Comissão de Ética no Uso de Animais de nossa Instituição.

2. Deverá ser encaminhado à CEUA o relatório final da pesquisa e a publicação de seus resultados, para acompanhamento do mesmo.

3. Observamos ainda que se mantenha a devida atenção aos Relatórios Parciais e Finais na seguinte ordem:

Os *Relatórios Parciais* deverão ser encaminhados à CEUA assim que tenha transcorrido um ano da pesquisa.

Os *Relatórios Finais* deverão ser encaminhados à CEUA em até 30 dias após a conclusão da pesquisa.

Qualquer alteração na pesquisa que foi aprovada, como por exemplo, números de sujeitos, local, período, etc. deverá ser necessariamente enviada uma carta justificativa para a análise da CEUA.

Pesquisador: Profª Liane Ziliotto.
Atenciosamente,



Liane Ziliotto
Presidente da CEUA

A senhora
Profª Liane Ziliotto
UNICENTRO-CEDETEG

“Aos animais, por serem a luz do meu caminho”

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu gostaria de agradecer minha orientadora Prof^a Liane Ziliotto, pelo incentivo inicial em fazer o mestrado, por aceitar me orientar e ter sido tão acolhedora no decorrer de todo o projeto. Também gostaria de agradecer a minha família, principalmente minha mãe Alice, meu pai João, meus irmãos Fabio e Giselle e ao meu esposo Jadson Stevan por me apoiarem e não me deixarem desistir do meu sonho em momento algum, mesmo quando fiquei sobrecarregada de afazeres e precisei deixar de estar com eles para estar me dedicando ao mestrado. Agradeço a prof^a Giuliana Gelbcke Kasecker por aceitar de braços abertos a me co-orientar na ausência da minha orientadora. Aos meus colegas e colaboradores deste projeto Marina, Thiago, Luciana, Mari Jane, Zara e Guilherme, sou muito grata pela força que me deram e por todo o tempo que se dedicaram a me auxiliar, sempre felizes e contribuindo com muito amor para que pudéssemos dar continuidade e concluir o projeto. Fica também meu agradecimento as tias Linda e Meri que me ajudavam na limpeza do laboratório, eu não pude deixar de agradecer imenso carinho que me demonstraram todo esse tempo. As minhas amigas do mestrado Daniele e Layla, por serem minhas companheiras de batalha, juntas foi mais fácil de seguir o caminho. E por fim, gostaria de agradecer imensamente a toda a equipe da Clínica Escola Veterinária-CEVET e também aos demais professores do Departamento de Medicina Veterinária-DEVET, quero que saibam que os considero parte da minha família por tamanho acolhimento e a oportunidade que me deram de crescer dentro da minha profissão e também como pessoa.

RESUMO

Gislane de Almeida. Utilização experimental de cimento ósseo (polimetilmetacrilato) com biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidroxiapatita em fratura de tibiotarso em codorna doméstica (*Coturnix coturnix japônica*).

As fraturas ósseas são comuns tanto em aves de vida livre quanto em aves de cativeiro. Existe uma dificuldade para encontrar próteses leves e que encaixem perfeitamente para a correção de fraturas, principalmente em aves de pequeno porte. Outro fator relevante é a posterior utilização desse implante em animais silvestres traumatizados, tendo em vista a soltura desses animais na natureza após o tratamento, pois implantes metálicos podem vir a tornar-se corpo estranho gastrointestinal em predadores, ou um contaminante ambiental quando este animal com a prótese vier a óbito. Este trabalho realizou experimentalmente a utilização de prótese de polímero de polimetilmetacrilato, mais o granulado de hidroxiapatita (*Osteossynt®*) intramedular, por serem materiais leves, econômicos e de fácil aquisição no mercado, em fraturas experimentais de tibiotarso em codornas domésticas (*Coturnix coturnix japônica*). As cirurgias foram realizadas em centro cirúrgico de modo asséptico, com os animais anestesiados, e terapia suporte, com analgesia e antibioticoterapia, mais bandagem e cuidados pós-operatórios. As imagens radiográficas foram avaliadas e foi possível concluir que houve consolidação adequada das fraturas em sete dos 10 animais do experimento e a formação de ponte óssea precocemente foi encontrada em todas as aves do experimento.

Palavras-chave: Aves, Cirurgia, Osteossíntese, Biomateriais

ABSTRACT

Gislane de Almeida. Experimental use of bone cement (polymethyl methacrylate) with biphasic porous micro-macro porous hydroxyapatite bioceramic bioceramic on tibialis fracture in domestic quail (*Coturnix coturnix japonica*).

Bone fractures are common in both free-living and captive birds. There is a difficulty finding light dentures that fit perfectly for the correction of fractures, especially in small birds. Another relevant factor is the subsequent use of this implant in traumatized wild animals, in view of the release of these animals in the nature after treatment, is that metal implants may become gastrointestinal foreign body in predators, or an environmental contaminant when this animal with the prosthesis to death. This work has experimentally carried out the use of polymethylmethacrylate polymer prosthesis, as well as the intramedullary hydroxyapatite (Osteossynt®) granules, since they are lightweight, economical and easily available on the market for tibialis fractures in domestic quail (*Coturnix coturnix japonica*). Surgeries were performed in an aseptic surgical center, with anesthetized animals, and supportive therapy, with analgesia and antibiotic therapy, plus bandaging and postoperative care. The radiographic images were evaluated and it was possible to conclude that there was adequate consolidation of the fractures in seven of the 10 animals of the experiment and the formation of early bone bridge was found in all the birds of the experiment.

Key words: Poultry, Surgery, Osteosynthesis, Biomaterials.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Posicionamento da codorna doméstica na preparação transoperatória. Notar a manutenção anestésica com máscara adaptada e isoflurano mais oxigênio 100% e a probe do Doppler para o monitoramento cardíaco.8
- Figura 2** - Posicionamento e preparação transoperatória das aves com a remoção das penas, antissepsia e extremidade do membro protegida com bandagem.9
- Figura 3**- Imagem ilustrando a colocação da prótese de polimetilmetacrilato (seta) pré-moldada, unindo os focos de fratura, em tibiotarso direito de codorna doméstica.10
- Figura 4**- Polimetilmetacrilato em processo de polimerização em cuba de alumínio, segundos antes da aplicação no foco de fratura.10
- Figura 5**- Polimetilmetacrilato sobre a prótese pré-modelada, no foco de fratura, em processo de polimerização (seta).11
- Figura 6**- Imagens radiográficas do pós-operatório imediato após utilização experimental de cimento ósseo (polimetilmetacrilato) com biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidroxiapatita em fratura de tibiotarso em codorna doméstica (*Coturnix coturnix* japônica). Observa-se que nas codornas um, dois, três, quatro, cinco, sete, oito, nove e 10, houve um adequado alinhamento no foco de fratura experimental. Na codorna seis, fratura distal ao foco experimental (seta).15
- Figura 7**- Imagens radiográficas dos sete dias de pós-operatório. Observa-se nas codornas três, quatro, sete, oito e nove, adequado alinhamento no foco de fratura experimental e início da formação de ponte óssea. As codornas um, dois, cinco e 10 apresentaram discreto desvio do alinhamento ósseo mas também início de formação de ponte óssea, e a codorna seis evidenciou completo desalinhamento do foco de fratura.17
- Figura 8**- Imagens radiográficas dos 15 dias de pós-operatório. Observa-se que nas codornas, um, três, quatro, sete e oito houve adequado alinhamento no foco de fratura experimental e formação de ponte óssea mais evidente (seta vermelha), as codornas dois, cinco e 10 apresentaram discreto desvio do alinhamento mas também ponte óssea mais evidente e a na codorna nove foi notada fratura distal à fratura experimental (seta amarela) com consequente desvio deste foco de fratura apesar do foco experimental estar alinhado.19
- Figura 9**- Imagens radiográficas dos 30 dias de pós-operatório. Observa-se que as codornas dois, três, cinco, sete, oito e 10 apresentaram o eixo ósseo alinhado e com presença de calo ósseo perceptível. As codornas um e quatro estavam com discreto desvio do alinhamento ósseo, porém com continuidade na formação de ponte óssea. A codorna nove apresentou total desalinhamento ósseo devido à fratura distal ao foco experimental.21
- Figura 10**- Imagens radiográficas dos quarenta e cinco dias de pós-operatório. As codornas dois, três, quatro, cinco, sete, oito e 10 apresentaram alinhamento ósseo, com formação de calo ósseo adequadamente, contudo podendo-se observar ainda a linha de fratura visível. Na codorna um é evidente a lise e reabsorção óssea sugestiva de osteomielite.23
- Figura 11**- Imagens radiográficas dos sessenta dias de pós-operatório. Pode se observar o adequado alinhamento e a efetiva formação de calo ósseo e nas codornas um, dois, três, cinco, sete, oito e 10.25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Apresentação do acompanhamento radiográfico pós-operatório dos 10 animais participantes do projeto de pesquisa, durante as avaliações pós-operatória imediata, e com sete, 15, 30, 45 e 60 dias.	14
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	7
3.1 Animais	7
3.2 Preparação dos implantes de polimetilmetacrilato	7
3.3 Procedimento anestésico	8
3.4 Procedimento cirúrgico	9
3.5 Pós-operatório	11
3.6 Avaliações radiográficas	12
3.7 Destino dos animais	12
4. RESULTADOS.....	12
5. DISCUSSÃO	27
REFERÊNCIAS	32
ARTIGO CIENTÍFICO	38
RESUMO.....	38
INTRODUÇÃO.....	39
MATERIAL E MÉTODO	39
RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
CONCLUSÕES	44
REFERÊNCIAS	45
LEGENDAS DAS FIGURAS	46

1. INTRODUÇÃO

As fraturas em membros são comuns em aves de vida livre e, em geral, são decorrentes de traumatismos. Entretanto nas aves que permanecem em cativeiro, as causas de fratura no esqueleto apendicular podem ser devido aos acidentes de voo, traumatismos causados por outros animais, doenças ósteo-metabólicas ou mesmo à contenção física incorreta (CUBAS et al., 2014). As fraturas em aves ocorrem mais comumente nos ossos longos, como úmero, rádio e ulna, fêmur e tibiotarso (DONELEY, 2010).

Diversos métodos podem ser adotados para a fixação das fraturas em aves, como as coaptações externas (MACCOY, 1992; ARIAS et al., 2015) e os métodos de fixação externa ou interna (MARTIN & RITCHIE, 1994; FREITAS et al., 2003), sendo nesses casos utilizado os implantes, enxertos (GAIGA & SCHOSSLER, 2003), polímeros e biomateriais (BENNETT & KUZMA, 1992; TEIXEIRA, 2012). Assim, uma das principais formas de tratamento é osteossíntese a partir de intervenção cirúrgica. Contudo, o êxito do procedimento cirúrgico depende de qual técnica ortopédica será aplicada a fim de estabilizar as forças mecânicas que atuam sobre o osso acometido. Ainda, o porte do paciente, o tipo de osso (pneumatizado ou não) e o material a ser utilizado são importantes para a adequada fixação do osso. Quando se trata de aves selvagens, também é necessário levar em consideração o prognóstico de voo. Caso esse seja comprometido, e o membro reduza a sua função ou adquira sequelas, a vida desse animal será condenada a permanecer em cativeiro, em virtude da provável dificuldade das atividades diárias (busca por alimento, abrigo e reprodução) inerentes à vida selvagem (DALBÓ et al., 2011; BOLSON & SCHOSSLER, 2008).

Como citadas, as técnicas de osteossínteses podem ser associadas ao uso de polímeros. Um dos mais utilizados em medicina veterinária é polimetilmetacrilato, que apresenta propriedades bioinertes, e é utilizado para reparar falhas ósseas em diversas espécies (RAPOSO-DO-AMARAL et al., 2010). Para se obter o cimento ósseo é preciso fazer a junção de duas substâncias: um polímero na apresentação em pó e um monômero líquido, específicos de fábrica. É necessário uni-los manualmente em um recipiente para formar uma reação química denominada “polimerização”, dando origem assim ao polimetilmetacrilato (PMMA). Este processo de polimerização transforma o líquido denso inicial em um material manipulável macio e finalmente em um cimento propriamente dito, que fica rígido rapidamente associado

ao aumento na temperatura até a sua total concretização. Após este período, ocorre a redução gradual da temperatura. Esse processo de polimerização é uma reação exotérmica, que libera calor e é possível a temperatura atingir até 90°C. Isto pode ser prejudicial às células em contato com o cimento, pois pode levar à necrose do tecido ósseo e, por consequência, a não-união ou má-união óssea. Mais um fator a ser levado em consideração é que este processo de polimerização precisa ser realizado assim que o cirurgião já possa aplicar o cimento corretamente no foco de fratura antes da polimerização completa, pois após ficar rígido o material não é mais moldável e não pode mais ser retirado do local no qual foi aderido (MENDES, et. al. 2006).

Outro material também utilizado no tratamento de fraturas, além dos polímeros, é a biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidroxiapatita. Uma das apresentações deste material é encontrada no comércio com o nome de *Osteosynt*®¹, que tem como principal característica a propriedade de osteoindução intrínseca (quimiotaxia) e a osteocondução (haptotaxia) para o processo de reconstrução óssea. Além do mais, é totalmente biocompatível e atua no processo celular de mitose osteoblástica com a liberação dos íons de cálcio no local, funcionando como condutora e indutora intrínseca do processo com maior rapidez e condição de resistência mecânica necessária (*OSTEOSYNT*®, Eincó BHZ, Brasil 1991).

A escolha por estes biomateriais, foi devido ao fácil acesso no mercado, também por serem leves pensando no prognóstico de voo dos animais e adaptáveis as aves de pequeno porte.

¹ . *Osteosynt*- EINCO BIOMATERIAL. AV. André Cavalcanti 63, Gutierrez. Belo Horizonte-MG/Brasil
www.eincobio.com.br

2. REVISÃO DE LITERATURA

As aves são classificadas como eucariontes pertencentes ao reino *Animalia*, filo *chordata*, sua classe possui aproximadamente 27 ordens, 166 famílias e 9.300 espécies. Os Passeriformes contêm o maior número de espécies desta classe, com 5.243 diferentes espécies de aves (LINNAUS, 1758). O Brasil é o país que abriga a segunda mais diversa avifauna do mundo, com o número estimado de 1.919 espécies, ficando apenas atrás da Colômbia (SAVE BRASIL, 2018).

As codornas são originárias do norte da África, da Europa e da Ásia, pertencendo à família dos Fasianídeos (*Fasianidae*) e da subfamília dos *Perdicionidae*, sendo, portanto, da mesma família das galinhas e perdizes (PINTO et al., 2002).

Ocasionalmente nota-se que os cães e gatos domésticos foram inclusos ou substituídos nos lares pelos animais silvestres e/ou exóticos (mamíferos, répteis, aves e peixes), pois em muitos casos, ocupam menos espaço e exigem menos contato próximo com os tutores. Dos atendimentos aos *pets* de estimação não convencionais na rotina clínica, a maioria deles é representada pelas aves. Estes atendimentos às aves são na área de clínica médica e uma parcela necessita de tratamento cirúrgico. Nas aves os sinais clínicos são comumente inespecíficos, e as informações obtidas pelo exame físico são muitas vezes limitadas (LUMEIJ, 1997). Assim, a crescente demanda por atendimento a estes animais, exige dos Médicos Veterinários experiência clínica e cirúrgica para a abordagem especializada (FOTIN, 2005) e se torna primordial a constante busca por conhecimento aprimorado na área (SCHULTE & RUPLEY, 2004).

Dentre as várias afeções que acometem as aves mantidas em cativeiro, as mais comuns são as fraturas, que geralmente acometem o esqueleto apendicular e são geradas tanto por doenças osteometabólicas (MASSÉ et al., 1996), como por acidentes de voo, traumatismos causados por outros animais, ou mesmo contenções físicas inadequadas. No que diz respeito às aves de vida livre, as fraturas em membros também são relativamente comuns, neste caso, secundárias a traumas por colisões (CUBAS et al., 2014). As aves com idade mais avançada

têm ainda maior predisposição a fraturas, devido à sua maior porosidade óssea (REGMI et al., 2017).

Na ocorrência de fraturas, sua correção é de fundamental importância e indispensável, pois a dor e o desconforto irão reduzir bruscamente o bem-estar e interferir na manutenção da vida (RIBER et al., 2018). Contudo, deve-se considerar as particularidades anatômicas de algumas espécies de aves no planejamento do tratamento cirúrgico. Como exemplo, podem-se citar os Íbis-sagrados (*Threskiornis aethiopicus*) que apresentam membros pélvicos mais alongados e com maior predisposição a fraturas ósseas em regiões tibiotársicas. Neles, dependendo da gravidade da lesão, os fixadores externos são a alternativa mais indicada para a reparação óssea (KINNEY et al. 2015). Já em fraturas de tibiotarso em aves aquáticas, a melhor escolha é a utilização de fixadores internos como as placas e parafusos, porém, é necessária a retirada posterior das próteses metálicas para não ocorrer reação periosteal (SLUNSKY et al., 2018).

Outra característica anatômica exclusiva das aves é possibilidade de lesão do aparelho respiratório, com a perfuração do saco aéreo claviclar, decorrente das fraturas ósseas de região cervical ou umeral. A proximidade anatômica comumente leva ao dano, causado por fragmentos ósseos das fraturas de úmero (LONGLEY, 2008). Consequentemente, nestes traumas, a função e as estruturas do saco aéreo devem ser adequadamente avaliadas e no caso de sua ruptura ou lesão o paciente deve receber o tratamento apropriado (FURTADO, et. al. 2014).

Ainda, os traumas em aves podem levar ao desenvolvimento de enfisema subcutâneo quando há fraturas de ossos pneumatizados (LONGLEY, 2008), e nestes casos o foco de fratura pode atuar como fonte de contaminação das vias aéreas e levar a infecções pulmonares e de sacos aéreos (MESSONIER, 1995).

Com base nessas características anatômicas de cada espécie de ave, torna-se primordial o planejamento e a organização prévia da osteossíntese para que se alcance o bom resultado do procedimento. O plano terapêutico deve também considerar o alto nível de estresse causado pelo trauma, que pode ter como consequência lesões cardiovasculares e complicações indesejáveis durante a anestesia (OLKOWSKI & CLASSEN, 1998). Ademais, é preciso fazer uma avaliação clínica detalhada da ave, previamente à cirurgia, pois penas opacas e desnutrição muitas vezes são correlacionadas com danos hepáticos e renais, que poderão interferir na metabolização de fármacos, tanto dos anestésicos quanto dos analgésicos e antimicrobianos e

consequentemente não alcançando o efeito desejado dos mesmos (LONGLEY, 2008). Caso as aves forem submetidas a um jejum alimentar superior a duas horas antes da cirurgia, elas podem apresentar um quadro de hipoglicemia como complicação (LEOTTE, 2003).

Assim, para a maior segurança e sucesso do procedimento cirúrgico o protocolo anestésico deve ser selecionado após a avaliação clínica criteriosa do paciente. Os protocolos adotados em aves em geral ocorrem com a associação de fármacos na medicação pré-anestésica (MPA), como a xilazina (3mg/kg) e a cetamina (15mg/kg), ambas pela via intramuscular (TORRES, et. al. 2007), ou com o uso de midazolam (2mg/kg, IM) e morfina (0,5mg/kg, IM) (LIMA et al., 2014). A forma mais segura de manutenção anestésica é com a utilização de isoflurano ou sevoflurano, principalmente no caso de animais debilitados ou traumatizados (GUIMARÃES & MORAES, 2000).

Após a escolha do protocolo anestésico, é preciso decidir qual método de osteossíntese é o mais adequado. Basicamente são descritos dois métodos de fixação das fraturas: os internos com o uso de placas e parafusos (FREITAS et al., 2003), ou associando pino intramedular e cerclagem, os métodos externos como os fixadores externos, e também associação do método interno com o externo (MARTIN & RITCHIE, 1994).

As hastes de polímero intramedular e fixadores externos podem ser usados como alternativa aos pinos de aço inoxidáveis intramedulares ou cerclagens no reparo das fraturas diafisárias simples. Elas têm como características principais, serem leves (13% do peso do aço), de baixo custo e podem ser facilmente esterilizadas (BENNETT & KUZMA, 1992). Outra técnica alternativa aos materiais metálicos em aves é a associação de xenoenxerto ósseo cortical canino, conservado em mel, que se mostrou eficiente para auxiliar na fixação e cicatrização óssea (GAIGA & SCHOSSLER, 2003).

Com o objetivo de se alcançar alternativas viáveis, alguns estudos vêm buscando interações dos biomateriais disponíveis no mercado para reduzir as deficiências individuais de cada biocomponente, bem como obter resultados eficientes nos tratamentos de fraturas. Teixeira (2012) apresentou êxito em associar, em seu estudo, a utilização de hastes de polímero de mamona com vidro bioativo e hidroxiapatita no canal medular do fêmur de ratos como método de fixação de fraturas e reparação óssea. A hidroxiapatita e o fosfato tricálcio apresentam uma relação cálcio e fósforo (Ca/P) bem próximo à composição fisiológica dos ossos, fator importante no processo cicatricial pós-colocação de implantes intraósseos (BOSE & TARAFDER, 2012).

Conduzindo-se para a cirurgia, vale ressaltar que o acesso cirúrgico nas aves é realizado através da remoção prévia das penas, e a antisepsia é realizada com clorexidine a 0,5%, e ainda, durante todo o procedimento cirúrgico é importante manter a ave sobre colchão térmico, para evitar a perda de calor (LIMA et al., 2014).

Após a cirurgia, para que ocorra a cicatrização óssea em aves através da consolidação primária, na diáfise é necessário que o sistema de *Havers* forme o calo ósseo e para isso é imprescindível fixação rígida com perfeita aposição óssea. A formação de calo endosteal, ocorre quando os dois fragmentos de ossos estão bem alinhados. E a formação de calo periosteal, da mesma forma necessita de excelente alinhamento ósseo (DONELEY, 2010). O perióstio é responsável pelo suprimento sanguíneo dos ossos, através dos vasos medulares metafisários e epifisários. Sendo que o fornecimento periosteal é a fonte predominante de sangue ao osso, sua ruptura, seja por trauma ou reparo cirúrgico de uma fratura, pode resultar em atrasos na cicatrização ou mesmo falha completa, chamada de não-união (DONELEY, 2010).

Assim, além de técnica adequada, no pós-operatório é preciso manter a ave com bandagem de conforto para que ocorra a consolidação adequada, e também deve ser feita a limpeza da ferida com antissépticos, além da utilização de analgésicos e antimicrobianos de suporte (BENNERT, 2016). Normalmente, após três semanas da realização da osteossíntese, é possível se observar a reparação e a formação de calo ósseo através do exame radiográfico (ALIEVI, 2000). Para o melhor acompanhamento do alinhamento pós-cirúrgico da fratura, da presença de fraturas iatrogênicas e da formação de calo ósseo, podem ser feitas a radiografias no pós-operatório imediato, após 15, 22, 29, 36, 45 e 60 dias. Com isso, confirma-se a data do aparecimento do calo ósseo, a presença de reabsorção óssea, o tempo de consolidação da fratura ou a presença de deformidades angulares (DALMOLIN, et. al. 2007).

Visto isso, o cimento ósseo (polimetilmetacrilato) associado à biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidroxiapatita, foram adotados neste trabalho com a finalidade de tratar fraturas tibiotársicas experimentais de aves, objetivando-se avaliar a estabilidade no foco de fratura e formação de ponte óssea em aves de pequeno porte.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Animais

Durante esta pesquisa os animais foram tratados conforme as normas exigidas pelo CONCEUA (Conselho Nacional de Controle Experimental) e o experimento foi autorizado pela CEUA (Comissão de Ética de Uso de Animais-UNICENTRO).

As cirurgias foram realizadas em 10 codornas domésticas (*Coturnix coturnix japonica*), fêmeas, adultas (45 dias), com aproximadamente 158 ± 5 gramas de peso cada uma, provenientes de criadouro comercial em Guarapuava-PR.

Durante o tempo de adaptação e de acompanhamento pós-cirúrgico, esses animais permaneceram no laboratório de experimentação animal da UNICENTRO-PR. Neste local elas foram alojadas em gaiola, medindo 50 cm de comprimento, 21 cm de altura e 38 cm de largura cada, de cor zincada, com capacidade para entre 18 a 20 codornas / até 10 por divisória. Mas, durante o experimento, permaneciam no máximo cinco animais em cada uma, para evitar estresse. O ambiente permanecia constantemente climatizado, com temperatura de $22^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$, com presença de exaustor de ar e luminosidade artificial de 10 horas diárias. A alimentação era com ração comercial peletizada para codornas poedeiras e água *ad libidum*.

3.2 Preparação dos implantes de polimetilmetacrilato

Como método de fixação das fraturas foi utilizado o polimetilmetacrilato na forma pré-moldado em anéis e também em fase de polimerização ao redor do foco de fratura e do polímero pré-moldado unindo os fragmentos ósseos da fratura experimental. A prótese pré-moldada foi confeccionada previamente à data da cirurgia, de forma asséptica e mantida em glicerina 98% em frasco estéril para sua conservação. Para confecção dos implantes, o polímero foi preparado e moldado ao redor de pinos intramedulares de aço inoxidável de tamanhos variados (de 3 a 5 mm), para tornar possível a adequação dos implantes a tamanhos diferentes de ossos receptores durante a osteossíntese. Quando do início da polimerização e assim sendo possível movimentar o polímero sem deformá-lo estes foram cortados com lâmina de bisturi (número 23) em seu diâmetro (para que tivessem em média 0,7mm de comprimento cada) e foram removidos do pino intramedular ficando na forma de um anel. No momento da cirurgia, eram escolhidos os

implantes de polímero de diâmetro mais adequado ao animal e era feita a irrigação com solução de NaCl a 0,9% estéril imediatamente antes de utilizá-los como fixadores no foco de fratura.

3.3 Procedimento anestésico

Os procedimentos cirúrgicos foram realizados na Clínica Escola Veterinária da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Para a anestesia cirúrgica, os animais receberam cloridrato de tramadol (7,5mg/kg) no pré-anestésico e foram induzidos com a associação de cetamina (15mg/Kg), xilazina (2mg/Kg) e midazolam (3mg/Kg), todos pela via intramuscular. Mantidas na anestesia inalatória com isoflurano e oxigênio 100% por meio de máscara adaptada. O monitoramento cardíaco foi executado com o uso de aparelho Doppler, sendo que a probe localizava-se abaixo da asa em região costal lateral esquerda (Fig. 1), e o monitoramento respiratório foi com o uso de estetoscópio.



Figura 1 - Posicionamento da codorna doméstica na preparação transoperatória. Notar a manutenção anestésica com máscara adaptada e isoflurano e oxigênio 100% e a probe do Doppler para o monitoramento cardíaco.

3.4 Procedimento cirúrgico

Para o procedimento cirúrgico, as codornas foram posicionadas em decúbito dorsal, a região a ser operada foi preparada com a remoção das penas, antissepsia e proteção da extremidade com bandagem (Fig. 2). Os procedimentos operatórios foram realizados de forma asséptica, com o acesso cirúrgico na região medial do tibiotarso, por meio de incisão cutânea, divulsão da musculatura gastrocnêmica e feita a osteotomia manual com osteótomo da diáfise do osso no terço medioproximal do tibiotarso direito do animal. No canal medular do foco de fratura, foi acrescentado cerca de dois gramas de biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidroxiapatita, e a osteossíntese unindo os dois focos da fratura foram realizada com fragmento pré-moldado de cimento ósseo (polimetilmetacrilato) ao redor do foco da fratura (Fig. 3), associado ao polímero, ainda em fase de polimerização (Fig. 4), ao redor do foco e do polímero pré-moldado (Fig. 5) com o objetivo de permitir a melhor fixação da prótese ao foco de fratura.

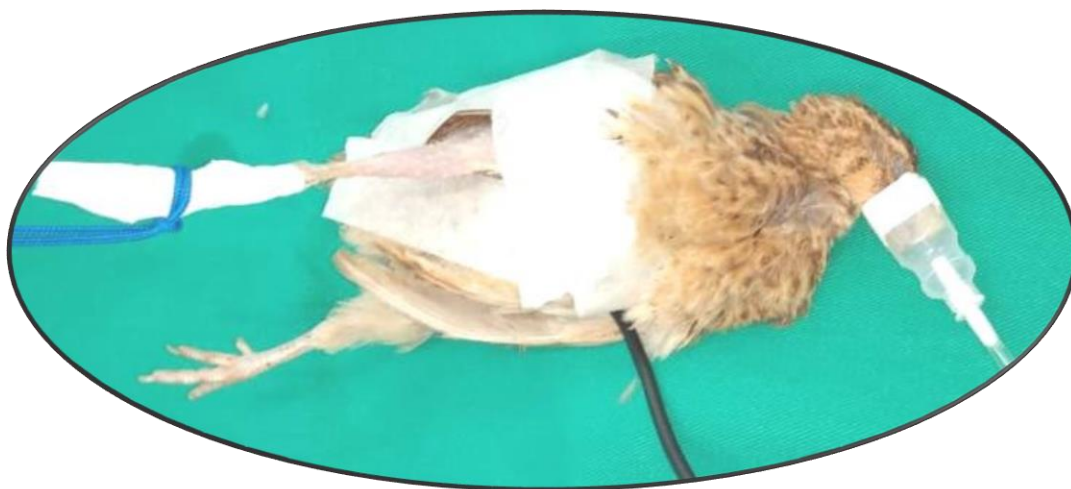


Figura 2 - Preparação transoperatória das aves com a remoção das penas, antissepsia e extremidade do membro protegida com bandagem.

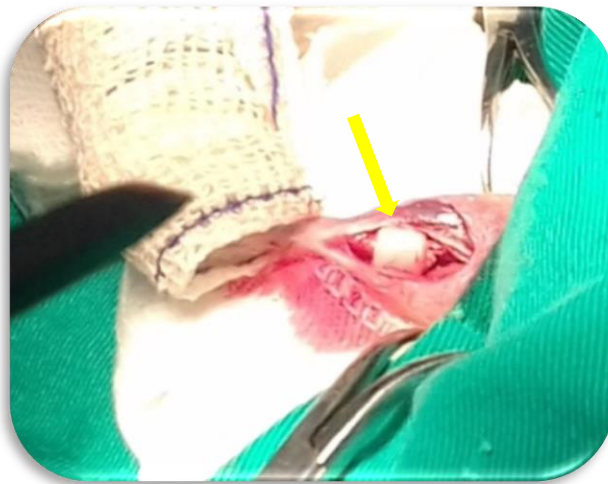


Figura 3- Imagem ilustrando a colocação da prótese de polimetilmetacrilato (seta) pré-moldada, unindo os focos de fratura, em tibiotarso direito de codorna doméstica.



Figura 4- Polimetilmetacrilato em processo de polimerização em cuba de alumínio, segundos antes da aplicação no foco de fratura.

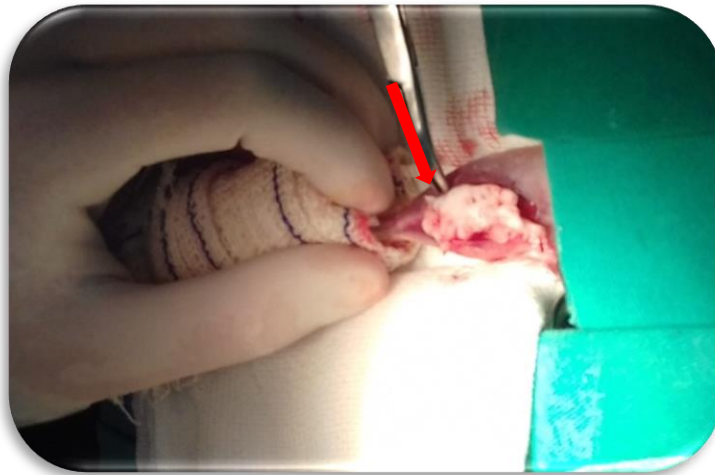


Figura 5- Polimetilmetacrilato sobre a prótese pré-modelada, no foco de fratura, em processo de polimerização (seta).

Posteriormente, a ferida foi ocluída com a sutura da musculatura, empregando-se ponto simples contínuo e utilizando fio absorvível sintético (poliglactina 910, número 5.0) para este procedimento, e na dermorrafia, foi utilizado o padrão simples interrompido com fio não absorvível sintético (poliamida, número 5.0).

Finalizada a oclusão da ferida cirúrgica, foi feita a limpeza do local, sendo aplicada pomada antimicrobiana a base de neomicina, sobre ela uma camada fina de gaze, e realizada a bandagem de conforto (método de Altman), acrescentando duas camadas de esparadrapo para dar maior estabilidade à fratura.

3.5 Pós-operatório

Para o maior conforto do animal e para minimizar a movimentação do membro operado, no pós-operatório os animais foram mantidos em gaiolas com restrição de espaço e com bandagens (método de Altman, com a utilização de uma camada de gaze, e sobre ela duas camadas sobrepostas de esparadrapo).

No pós-operatório foram administrados cloridrato de tramadol (7,5 mg/Kg/VO) a cada 12 horas, por 10 dias e meloxicam (0,2 mg/Kg/SC) por três dias como analgésico e antiinflamatório e foi feita a antibioticoterapia com enrofloxacina (75mg em 500mL de água de beber/VO) por 14 dias.

3.6 Avaliações radiográficas

Foram realizados os exames radiográficos do membro pélvico direito nos momentos: pré-operatório, pós-operatório imediato, e após 15, 30, 45 e 60 dias da cirurgia. Para tanto, as radiografias foram na incidência médio-lateral, com kv 45 por 0,02 segundos, no setor de diagnóstico por imagem da UNICENTRO. No período pós-operatório, as imagens foram realizadas visando avaliar a adequada posição dos focos de fratura, e a evolução da formação de calo ósseo.

3.7 Destino dos animais

Ao término do projeto de pesquisa, foi realizada a eutanásia das codornas, empregando-se a dose duplicada anestésica para aves com a associação de cetamina (30 mg/Kg) + xilazina (4 mg/Kg) + midazolam (6 mg/Kg) por via intramuscular. Após testar a perda dos reflexos superficiais e profundos clinicamente, foi aplicada lidocaína (6 mg/Kg) intratecal (CARPENTER, 2013). A morte dos animais foi confirmada através da ausculta cardiopulmonar com estetoscópio, e por fim os cadáveres foram encaminhados a órgãos responsáveis para incineração pela UNICENTRO.

4. RESULTADOS

No decorrer deste projeto, foram realizados os procedimentos cirúrgicos em 10 codornas domésticas, fêmeas, adultas (45 dias), pesando 158 ± 5 gramas de peso. As cirurgias levaram em torno de 30 a 50 minutos cada, desde o momento em que a codorna foi anestesiada até a finalização da dermorrafia. Para a recuperação completa da anestesia (sem ataxia, já se alimentando e bebendo água) os animais levaram em média 1 hora e 30 minutos.

Durante o procedimento cirúrgico, foi observado o rápido e fácil alinhamento dos focos de fratura utilizando-se as próteses pré-moldadas, que por terem diversos diâmetros e terem sido preparadas com antecedência, tornaram o tempo cirúrgico bem reduzido quando comparado a outras técnicas de ostessíntese. A utilização das próteses mostrou-se adequada na fixação dos focos, contudo nestes animais, pelo diâmetro da tíbia ser semelhante em toda extensão de sua diáfise, poderia ocorrer a mobilidade ou migração da prótese após a redução

do foco de fratura. Desta forma, a utilização do polímero ao redor da prótese pré-moldada e das extremidades do foco de fratura permitiu a maior estabilidade da fratura e também se mostrou de rápida e fácil utilização.

Na preparação do cimento ósseo de polimetilmetacrilato, obteve-se uma consistência rígida em segundos, com a perda de sua maleabilidade. Assim, a colocação do polímero ao redor dos focos de fratura teve que ser precisa já que após a polimerização não houve a possibilidade de remodelá-lo (Fig. 4), ficando extremamente firme. Na polimerização, ocorreu a reação exotérmica, havendo elevação da temperatura do polímero, e para se evitar a necrose dos tecidos adjacentes foi utilizada solução salina estéril de NaCl 0,9% refrigerada pelo período médio de cinco minutos sobre o polímero e sobre o osso. Nesse tempo verificou-se o término da reação de polimerização do material e diminuição gradativa da temperatura a fim de reduzir dano celular ósseo histologicamente aos tecidos adjacentes.

A hemorragia transcirúrgica foi controlada por hemostasia compressiva, sem a necessidade de ligaduras ou utilização de eletrocautério.

No pós-operatório, as bandagens foram trocadas conforme a necessidade (na presença de sujidades, umidade ou quando se apresentavam inadequadas), em geral a cada quatro ou cinco dias, e mantidas por sete dias.

Durante o acompanhamento radiográfico, com contenção manual delicada dos animais, a incidência adotada foi a médio lateral no membro pélvico direito e se mostrou eficaz para a verificação da evolução da reparação óssea e disposição das próteses. As codornas quatro, seis e nove precisaram ser eutanasiadas antes dos 60 dias do término do experimento, pois apresentaram desalinhamento da fratura, exceto essas três codornas (quatro, seis e nove), as demais foram acompanhadas até os 60 dias de pós-operatório (Tab.1).

Tabela 1- Apresentação do acompanhamento radiográfico pós-operatório dos 10 animais participantes do projeto de pesquisa, durante as avaliações pós-operatória imediata, e com sete, 15, 30, 45 e 60 dias.

ANIMAL (Codorna)	IMEDIATO	7 DIAS	15 DIAS	30 DIAS	45 DIAS	60 DIAS
1	A	DD P	A PE	DD PE	O	A C
2	DD	DD P	DD PE	A PE	A	A C
3	A	A P	A PE	A PE	A	A C
4	A	A P	A PE	DD PE	A	-
5	A	DD P	DD PE	A PE	A	A C
6	DE F	DE	-	-	-	-
7	A	A P	A PE	A PE	A	A C
8	A	A P	A PE	A PE	A	A C
9	A	A P	DE F	DE	-	-
10	A	DD P	DD PE	A PE	A	A C

*** A = alinhamento adequado; DD = discreto desvio; DE = desalinhamento do foco; F = Fratura iatrogênica; P = início de formação de ponte óssea; PE = ponte óssea mais evidente; C = consolidação da fratura; O = osteomielite.

As avaliações radiográficas pós-operatórias imediatas mostraram o adequado alinhamento, com a aposição dos focos de fratura em oito dos 10 animais (codornas um, três, quatro, cinco, sete, oito, nove e 10). Foi observado discreto desvio no alinhamento dos focos de fratura de um dos animais (codorna número dois) e desalinhamento completo, associado a fratura iatrogênica distal a fratura induzida no transcirúrgico em um dos animais (codorna seis) acredita-se que este fato tenha ocorrido devido à pressão exercida ao tibiotarso no momento da osteotomia (Fig. 6).



Figura 6- Imagens radiográficas do pós-operatório imediato após utilização experimental de cimento ósseo (polimetilmetacrilato) com biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidroxiapatita em fratura de tibiotarso em codorna doméstica (*Coturnix coturnix japonica*). Observa-se que nas codornas um, dois, três, quatro, cinco, sete, oito, nove e 10, houve um adequado alinhamento no foco de fratura experimental. Na codorna seis, fratura distal ao foco experimental (seta).

Após sete dias de pós-operatório, cinco animais (codornas três, quatro, sete, oito e nove) apresentaram adequado alinhamento dos focos de fratura e início da formação de ponte óssea, quatro animais (codornas um, dois, cinco e 10) também apresentaram início da formação de ponte óssea, porém um discreto desvio do alinhamento ósseo. E, em um animal (codorna seis) devido à presença do completo desalinhamento da fratura e fratura iatrogênica distal (Fig. 7), foi realizada a eutanásia.



Figura 7- Imagens radiográficas dos sete dias de pós-operatório. Observa-se nas codornas três, quatro, sete, oito e nove, adequado alinhamento no foco de fratura experimental e início da formação de ponte óssea. As codornas um, dois, cinco e 10 apresentaram discreto desvio do alinhamento ósseo mas também início de formação de ponte óssea, e a codorna seis evidenciou completo desalinhamento do foco de fratura.

Aos quinze dias, foi verificado radiograficamente a formação de ponte óssea mais evidente e o adequado alinhamento em cinco animais (codornas um, três, quatro, sete e oito). Apesar do discreto desvio no alinhamento, as codornas dois, cinco e 10 também mostraram progressão na formação de pontes ósseas. E a codorna nove estava com novo foco de fratura na porção distal à fratura objetivo do estudo e com seu desalinhamento (Fig. 8).



Figura 8- Imagens radiográficas dos 15 dias de pós-operatório. Observa-se que nas codornas, um, três, quatro, sete e oito houve adequado alinhamento no foco de fratura experimental e formação de ponte óssea mais evidente (seta vermelha), as codornas dois, cinco e 10 apresentaram discreto desvio do alinhamento mas também ponte óssea mais evidente e a na codorna nove foi notada fratura distal à fratura experimental (seta amarela) com consequente desvio deste foco de fratura apesar do foco experimental estar alinhado.

Aos trinta dias, seis aves (codornas dois, três, cinco, sete, oito e 10) apresentaram o eixo ósseo alinhado e com presença de calo ósseo mais perceptível que na imagem observada aos 15 dias de raio-x. Dois animais (codornas um e quatro) apresentaram discreto desvio do alinhamento ósseo, porém com continuidade na formação de ponte óssea. A codorna nove estava com o eixo ósseo totalmente desalinhado (Fig. 9) devido a fratura da porção distal à fratura experimental, e sem a formação de ponte ósseo adequada. Pela gravidade da lesão este indivíduo foi eutanasiado.



Figura 9- Imagens radiográficas dos 30 dias de pós-operatório. Observa-se que as codornas dois, três, cinco, sete, oito e 10 apresentaram o eixo ósseo alinhado e com presença de calo ósseo perceptível. As codornas um e quatro estavam com discreto desvio do alinhamento ósseo, porém com continuidade na formação de

Aos 45 dias, sete animais (codornas dois, três, quatro, cinco, sete, oito e 10) estavam com o eixo de fratura alinhado e apresentando adiantado estágio de consolidação de fratura, porém ainda existia uma pequena linha de fratura visível. A codorna um apresentou lise e reabsorção óssea sugestiva de osteomielite no foco de fratura. A codorna quatro veio a óbito por causas indeterminadas, dois dias após o raio-x de 45 dias pós-operatório (Fig 10).



Figura 10- Imagens radiográficas dos quarenta e cinco dias de pós-operatório. As codornas dois, três, quatro, cinco, sete, oito e 10 apresentaram alinhamento ósseo, com formação de calo ósseo adequadamente, contudo podendo-se observar ainda a linha de fratura visível. Na codorna um é evidente a lise e reabsorção óssea sugestiva de osteomielite.

Por último, no exame radiográfico de sessenta dias de pós-operatório, foi constatada a reparação óssea avançada, sem visibilidade alguma da linha de fratura, com perfeita formação de calo ósseo em sete animais (codornas um, dois, três, cinco, sete, oito e 10). A osteomielite da codorna um foi tratada com antimicrobiano (enrofloxacina na água de beber) resultando em ótima resposta e com a formação do calo ósseo satisfatório (Fig. 11).



Figura 11- Imagens radiográficas dos sessenta dias de pós-operatório. Pode se observar o adequado alinhamento e a efetiva formação de calo ósseo e nas codornas um, dois, três, cinco, sete, oito e 10.

As codornas um, dois, três e quatro permaneceram com bandagem de Altman (gaze, micropóre e esparadrapo), desde o pós-cirúrgico até os 15 dias pós-operatório. Porém verificou um grande desequilíbrio dos animais ao tentar manter-se em estação, além de sobrecarregar excessivamente o membro saudável por precisarem sustentar todo o peso somente nele. Sendo assim, nos demais indivíduos a bandagem foi realizada apenas nos sete primeiros dias, até o início da formação de ponte óssea, e retirada após este período. Ainda assim, foi possível notar a dificuldade dos animais frente ao uso da bandagem. Após sessenta dias de pós-operatório os animais apoiaram o membro operado ao solo, apenas apresentando uma discreta claudicação.

As feridas cirúrgicas tiveram boa cicatrização e os pontos de pele foram removidos no mesmo dia em que foi realizado o exame radiográfico de 15 dias pós-operatório.

5. DISCUSSÃO

As fraturas em aves são frequentes, porém são poucos os cirurgiões veterinários capacitados para corrigi-las adequadamente, por esses animais apresentarem características particulares quanto à anatomia óssea. É importante destacar que os ossos são na maioria das vezes leves, de cortical delgada, providos ou não de medula óssea, com comunicação ou não com sacos aéreos, ligando-os assim ao sistema respiratório do animal. Estas características tornam difícil de estabelecer um método de fixação eficiente para todas essas variadas formas de ossos e tamanhos em aves (BOLSON, 2007; BOLSON & SCHOSSLER, 2008; SOUZA et al., 2010). Na tentativa de buscar alternativa viável, principalmente em aves de pequeno porte, no presente estudo foram utilizadas próteses moldáveis de polimetilmetacrilato, por esse ser um material leve e de fácil manipulação, podendo se adequar a diversos tamanhos de ossos das aves.

Um estudo retrospectivo sobre afecções cirúrgicas em aves, no período de oito anos, mostrou que dos 24 animais que necessitaram de algum tipo de procedimento ortopédico, 16 delas apresentaram fratura em membro pélvico. E dentre as fraturas de membros pélvicos, 12 (75%) ocorreram em tibiotarso (CASTRO, 2010), mostrando que esta região anatômica é a de maior ocorrência, justificando a necessidade de estudos sobre técnicas de correção das fraturas em tibiotarso.

Alieve et al. (2008) utilizaram experimentalmente pombos domésticos (*Columbia livia*) para a realização de osteotomia e posterior osteossíntese com o uso de pinos e polimetilmetacrilato para a correção de fraturas. Essas aves se mostraram ser uma espécie eficaz para este tipo de experimento devido à similaridade proporcional do tamanho ósseo a animais de pequeno porte e por não tratar-se de animais ameaçados de extinção, assim como nos animais do nosso experimento. O desafio do presente estudo foi a tentativa de realizar técnica inédita em aves menores, visando animais de vida livre que não podem ser atendidos com a adoção de técnicas convencionais exatamente pelo seu porte e características ósseas estruturais. Para este fim, as codornas domésticas (*Coturnix coturnix japonica*) foram eficientes na utilização experimental, e ainda, apesar de serem consideradas animais domésticos o perfil de se assustarem mais facilmente com a aproximação humana do recinto, permitiu simular o comportamento de aves silvestres de pequeno porte.

A anestesia inalatória com isofluorano apresenta maior segurança para a utilização em aves na manutenção dos parâmetros vitais, do que somente a utilização de anestésicos injetáveis, especialmente em casos de risco, como em animais traumatizados ou debilitados (GUIMARÃES & MORAIS, 2000). Sendo assim, no presente estudo foi realizada medicação pré-anestésica para reduzir a quantidade de anestésicos inalatórios utilizados durante a cirurgia, como descrito por JOPPERT (2014), e posteriormente manteve-se o animal com anestesia inalatória para maior segurança anestésica das aves no decorrer do procedimento cirúrgico. Foi escolhida a utilização de midazolam associada à cetamina como medicação pré-anestésica, com a finalidade de diminuir os efeitos adversos indesejados da mesma, como por exemplo, rigidez muscular (VILANI, 2014).

As osteotomias experimentais em aves, para a realização de estudos sobre implantes e métodos cirúrgicos, em geral são realizadas com o uso de serra oscilatória (CONTI, 2005) ou com broca acoplada a um micromotor (DALMOLIN et al., 2007). Contudo, no presente estudo, por tratar-se de ave de pequeno porte, foi realizada a osteotomia manual com osteótomo e martelo ortopédico, na diáfise média do tibiotarso direito das aves. Durante a osteotomia foi necessário cuidado e precisão para não sobrecarregar as articulações proximais e distais ao foco de fratura. No entanto, mesmo com toda cautela, um dos animais sofreu uma fratura distal à fratura experimental, no pós-operatório imediato, sugerindo sobrecarga e fragilidade óssea no momento da cirurgia.

Para a fixação das fraturas, as próteses construídas com polimetilmetacrilato foram conservadas em glicerina a 98%. A utilização da glicerina 98%, em temperatura ambiente, como método de conservação apresenta baixo custo, e é um meio eficaz para manutenção de próteses até o uso no momento da cirurgia, mantendo as propriedades biomecânicas e livre de contaminação (PINTO JR. et al., 2002; PRAZERES et al., 2013). Grande parte dessas propriedades foi alcançada durante o nosso estudo e as próteses pré-moldadas foram conservadas e utilizadas adequadamente.

Diferentes métodos podem ser adotados como fixadores de fraturas em aves. BENNET (2002), por exemplo, utilizou associações de materiais metálicos para a osteossíntese, como os pinos e as cerclagens, porém esses materiais mostraram-se serem capazes de ultrapassar os limites ósseos e causar danos articulares decorrentes à formação de tecido cicatricial e assim impedindo a movimentação normal do membro. Quando isso ocorre, se torna necessária a remoção do implante e consequentemente submeter o paciente a novo procedimento cirúrgico.

As próteses de polímero adotadas no presente experimento, da forma com que foram confeccionadas, e associadas à hidroxiapatita, não ultrapassaram os limites ósseos, e dessa maneira não levam a dano de estruturas articulares. Adicionalmente, sua biocompatibilidade e estrutura leve, não induziram reação do tipo corpo estranho e não sobrecarregaram o membro, dessa forma não sendo necessária a retirada do material após a consolidação óssea, com sessenta dias de pós-operatório.

O cimento ósseo (polimetilmetacrilato) associado à biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidroxiapatita, foram adotados neste trabalho com a finalidade de tratar fraturas tibiotársicas de aves, objetivando-se avaliar a estabilidade no foco de fratura em aves de pequeno porte. A hidroxiapatita foi utilizada como coadjuvante no tratamento, com o objetivo de acelerar o processo cicatricial ósseo, com neoformação de vasos sanguíneos, principalmente se houvesse perda óssea no momento da fratura.

Vale ressaltar que dentre os objetivos das osteossínteses estão o alinhamento eficaz e a formação de ponte óssea o mais precoce possível com o propósito do membro retornar brevemente a sua função, pois as aves estressam-se facilmente se mantidas em cativeiro por tempo prolongado (ALIEVI et al., 1998; SILVA et al., 2003; MIRANDA et al., 2008).

Um estudo em ave que utilizou exclusivamente fixador externo metálico para a correção de fratura de tibiotarso, sem nenhum outro material intramedular ao osso fraturado, demonstrou que na avaliação radiográfica de 15 dias pós-operatório, não foi possível verificar presença de ponte óssea, e somente aos 30 dias foi visualizado o início de formação de calo ósseo, além de apresentar reação indesejável periosteal e lise óssea próxima à prótese, necessitando retirá-la (TORRES, et. al. 2007). Para a reparação de fraturas ósseas em aves, o calo endosteal é o que mais contribui para a osteocondução, e os implantes de metal comumente colocados ao redor do local de fratura podem enfraquecer a formação desse tipo de calo ósseo, consequentemente atrasando o processo cicatricial (BUSH, 1986).

O observado em nosso trabalho foi a formação inicial de pontes ósseas já com sete dias de pós-operatório, pontes ósseas evidentes aos 15 dias de pós-operatório e calo ósseo completo aos 60 dias. Esta divergência de resultados, quando comparada à literatura consultada, acredita-se ser decorrente da estabilidade promovida pela técnica e certamente pela associação a ela com a hidroxiapatita.

Assim os resultados da utilização intramedular de hidroxiapatita, sugeriu que ela é biocompatível, pressupondo assim a sua capacidade osteindutora e osteocondutora, acelerando

o reparo ósseo. Estas propriedades também foram afirmadas por de Bose & Tarafder (2012) que descreveram o fosfato tricálcico e a hidroxiapatita sendo mais biocompatíveis que outras biocerâmicas e partículas orgânicas, devido a sua relação cálcio e fósforo (Ca/P) serem muito próximas aos ossos, e desta forma, sendo um material ótimo para osteossíntese e osteogênese em aves.

As avaliações radiográficas foram realizadas no pré-operatório como controle e para o planejamento cirúrgico, no pós-operatório imediato foi importante para se avaliar o adequado alinhamento do foco de fratura, e o acompanhamento radiográfico com sete, 15, 30, 45 e 60 dias pós-operatórios adotados para se acompanhar o processo cicatricial, formação de calo ósseo e estabilidade/efetividade da técnica cirúrgica.

O acompanhamento radiográfico, na incidência médio-lateral, como método de identificação da resposta cicatricial é descrito por outro autor como Dalmolin et al. (2007) que também avaliou clinicamente e radiograficamente os animais do seu experimento até os 60 dias. É possível afirmar que o exame radiográfico convencional é eficaz para avaliar o comportamento biológico de um biomaterial, por exemplo, as características de rejeição ou não formação de calo ósseo (SILVA, 2000). Em outro estudo que utilizou fixadores externos, estas avaliações pós-operatórias puderam também identificar a presença de lise óssea em volta dos pinos, sugestiva de uma osteomielite, aos 30 dias após o procedimento operatório (JOHNSON, KNELLER, WEIGEL, 1989).

Durante o pós-operatório deste projeto, as aves permaneceram com bandagem para a proteção da ferida e maior estabilidade. Contudo, sabe-se que as bandagens na maioria de vezes não impedem as forças de cisalhamento, torção e flexão, predispondo a múltiplas fraturas e ainda podem formar escaras dérmicas nos animais (GANDAL & AMAND, 1982). Ainda, pelos indivíduos serem muito leves e pequenos, seu emprego levou a alteração do equilíbrio exigindo muito do membro fraturado, e em alguns momentos alterando o apoio deste membro. Acredita-se que a fratura observada no animal nove, aos 15 dias de pós-operatório foi decorrente do apoio inadequado, secundário a colocação de bandagem muito pesada. Eventos semelhantes foram observados em pombos domésticos (*Columbia livia*), em que as fraturas do pós-operatório foram sugeridas como decorrentes às sucessivas quedas por desequilíbrio que a maioria das bandagens proporciona aos animais (YAMAZOE et al., 1994).

6. CONCLUSÕES

A técnica cirúrgica com a utilização cimento ósseo (polimetilmetacrilato) e biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidroxiapatita (*Osteosynt*®) para a osteossíntese em fratura experimental de tibiotarso em codornas domésticas (*Coturnix coturnix japonica*) se mostrou adequada e eficaz, com a estabilidade física do foco de fratura e com a formação bem evidente de ponte óssea a partir dos raios-x de 15 dias de pós-operatório.

Não foi observada rejeição às próteses, concluindo-se que a técnica empregada é alternativa inovadora e viável na correção de fraturas de tibiotarso em aves de pequeno porte. A técnica cirúrgica com a utilização dos polímeros pré-moldados associados ao polímero ainda em fase de polimerização ao redor dos focos de fratura se mostrou estável e efetiva em 70% dos animais do experimento.

Foi possível observar radiograficamente a formação de ponte óssea precocemente entre o foco de fratura em todos os animais sugerindo a ação osteocondutora e osteoindutora prévia com a aplicação da hidroxiapatita.

REFERÊNCIAS

- ALIEVI, M.M. **Redução fechada e fixação esquelética tipo I ou II para tratamento de fraturas de tibiotarso em pombos domésticos (*Columba livia*)**. 2000. 45f. Dissertação (Mestrado em cirurgia). Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária. Universidade Federal de Santa Maria.
- ALIEVI, M.M.; SCHOSSLER, J.E.; TEIXEIRA, M. Osteossíntese de úmero em araracanindé (*Ara araraune*). **Clínica Veterinária**, v. 3, n. 15, p. 18-20, 1998.
- ALIEVI, M.M. et al. Osteossíntese de úmero em pombos domésticos (*Columba livia*) associando-se pinos metálicos e polimetilmetacrilato intramedulares após osteotomia diafisária. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.60, n.4, p.843-850, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo>>. Acesso em: 15 setembro. 2018.
- ARIAS, J. I.; BEATO, C.; ESPINOZA, A. Fixação externa com massa epóxi em uma fratura tibiotársica de um periquito choroy selvagem (*Enicognathus leptorhynchus*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.3, p.671-678, 2015.
- BENNETT, R. A.; KUZMA, A. B. Fracture management in birds. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, v.23, n.2, p. 5-38, 1992.
- BENNETT, R.A. Techniques for fracture management in avian patients. In: II Conferência Sul-Americana de Medicina Veterinária. Anais... Rio de Janeiro, 2002.
- BIOCERÂMICA FÓSFÓ-CÁLCICA BIFÁSICA MICRO-MACRO POROSA DE HA/TCP (*OSTEOSYNT*®). Responsável Técnico: Francisco Henrique Lanna Wykrota. **Einco Bio Ltda**, 1991. Bula.
- BOLSON, J. Pino ósseo homólogo conservado em glicerina a 98% na osteossíntese umeral de pombos domésticos (*Columba livia*). 2007. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- BOLSON, J.; SCHOSSLER, J.E.W.; Osteossíntese em aves – revisão de literatura. **Arq. Cienc. Vet. Zool. UNIPAR**, v.11, n.1, p.55, 2008. Umuarama, v. 11, n. 1, p 55-62. 2008. Disponível em: <http://revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/issue/view/260>.

BOSE, S.; TARAFDER, S. Calcium phosphate ceramic systems in growth factor and drug delivery for bone tissue engineering: A review. **Acta Biomaterialia**, v. 8, p. 1401-1421, 2012.

CASTRO, P.F. Afecções Cirúrgicas em Aves: estudo retrospectivo. São Paulo, 2010. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10137/tde-09022011-144207/ptbr.php>>.

CONTI, J.B. **Dois Métodos de Fixação externa para Osteossíntese de Tibiotarso em Galinhas (*Plimouth rock-white*): modelo experimental para uso em aves selvagens**. 2005. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Santa Maria.

CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de animais selvagens: Medicina Veterinária**. São Paulo: Roca, 2014. p. 893, 894.

DAL-BÓ, I.S.; ALIEVI, M.M.; SILVA, L.M.; et al. Osteossíntese de tibiotarso com miniplaca de titânio em arara Canindé (*Ara ararauna*). **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.63, p.1003-1006, 2011.

DALMOLIN, F.; SCHOSSLER, J.E.W.; BERTOLETTI, B.; SOARES, A.V.; MULLER, D.C.; SCHOSSLER, D.R.C.; GOMES, K. Modificações do fixador externo para osteossíntese umeral em pombos domésticos. **Ciência Rural** (UFSC), v. 37, p. 443-449, 2007.

DONELEY, B. 2010. Avian Medicine and Surgery in Practice. Companion and Aviary Birds. 1st edition. Manson Publishing, p. 12. 2010.

FOTIN, C.M.P. **Levantamento prospectivo dos animais silvestres, exóticos e domésticos não convencionais, em cativeiro domiciliar, atendidos em clínicas particulares no município de São Paulo: aspecto do manejo e principais afecções**. 2005. 206 f. Dissertação (Mestrado em Patologia Experimental e Comparada) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootécia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

FREITAS, S.H.; PIRES, M.A.M.; CARVALHO, H.S.; et al. Redução fechada e fixador externo em fratura umeral de ema (*Rhea americana*). Relato de caso. **Clin. Vet.**, n.45, p. 40-42, 2003).

FURTADO, M.D.M.; ALMEIDA, I.B.; SILVA, N.C.B.; SOUSA, V.M.; SILVA, J.H.L.; RODRIGUES, M.C. Ruptura de saco aéreo em papagaio verdadeiro (*amazona aestiva*) - relato

de caso. In: **Congresso Nacional da Associação Nacional de Clínicos de Pequenos Animais (ANCLIVEPA)**, 2014, BELO HORIZONTE. ANAIS 2014 - 35º Congresso Nacional da Associação Nacional de Clínicos de Pequenos Animais (ANCLIVEPA), 2014. v. 35.

GAIGA, L.H.; SCHOSSLER, J.E.W. Osteossíntese de úmero por xenoenxerto ósseo preservado em mel em pombos domésticos (*Columba livia*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.709-715, 2003.

GANDAL, C.P. & AMAND, V.B. Anesthetic and surgical techniques. Diseases of cage Bird and aviary birds. Philadelphia: Lead andFebiger, 1982, p. 320-323.

GUIMARÃES, D.G., MORAES, A.N. 2000. Anestesia em aves: agentes anestésicos. **Ciência Rural**. v. 30, n. 6, p.1073-1081. 2000.

JOHNSON, A. L.; KNELLER, S.K.; WEIGEL, R.M. Radial and tibial fracture repair whitth external skeletal fixation: effects os fracture type, reduction and complications on healing. **Veterinary Surgery**, v.18, n.5. p.367-372, 1989.

JOPPERT, A. M. Accipitriformes, Falconiformes e Strigiformes (Gaviões, Águias, Falcões e Corujas). In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de Animais Selvagens**. Volume 1. 2.ed. São Paulo: Roca, 2014. p. 470-536.

KINNEY, M E; GORSE, M J; ANDERSON, M A. Circular external fixator placement for repair of an open distal tarsometatarsal fracture in an african sacred ibis (*threskiornis aethiopicus*). **Journal of zoo and wildlife medicine** : official publication of the american association of zoo veterinarians. v. 46, p. 957-960, 2015.

LEOTTE, A.M.; SILVA FILHO, A.P.F.; RAISER, A.G.; SCHOSSLER, J.E.W.; CECHIN, S.Z. **Redução aberta com fixação esquelética tipo I para tratamento de fratura diafisária de úmero de pombos domésticos (Columba lívia)**. 2003. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Santa Maria.

LIMA, D.B.C.; RODRIGUES, M.C.; LIMA, D.A.S.D.; LIMA, W.C.; QUESSADA, A.M.; SILVA, L.S. Técnica de Doyle na correção de fratura completa em úmero de tucano (*Ramphastos toco*): relato de caso. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec** , v. 66, p. 1676-1680, 2014.

LINNAEUS, C. Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Tomus I. Edition decima, reformata. [S.l.]: Holmiae. (Laurentii Salvii), 1758.

LONGLEY, L. Anaesthesia of Exotic Pets. Elsevier Saunders, Edinburgh, UK, p. 138. 2008.

LUMELI, J.T. Avian Clinical Biochemistry. **In:** Kaneko, J.J.; Harvey, J.W.; Bruss, M.L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals** 5th edition. San Diego, Academic Press, 1997. 932p.

MACCOY, D.M. Treatment of fractures in avian species. **Vet. Clin. N. Am.: Small Anim.** v.22, p.225-238, 1992.

MARTIN, H.; RITCHIE, B.W. Orthopedic surgical techniques. **In:** RITCHIE, B.W.; HARRISON, G.J.; HARRISON, L.R. **Avian Medicine: Principles and Application**. 1. ed. Florida: Wingers Publishing, 1994, cap. 42, p.1137-1171.

MASSÉ, P.G; RIMNAC, C.M; YAMAUCHI, M.; COBURN, S.P.; RUCKER, R.B.; BOSKEY, A.L. Pyridoxine Deficiency Affects Biomechanical Properties of Chick Tibial Bone. v. 18, n. 6, p.567-574. **Elsevier Science**. june, 1996.

MENDES R., PAMPLONA D.C., JUNIOR R.M. **Estudo experimental comparativo dos cimentos ósseos nacionais**. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 2006. 156 pgs.

MESSONIER, S. **Exotic pets: a veterinary guide for owners**. Plano, Texas: Wordware Publishing, p. 124, cap. 6 Avian anatomy and physiology, 1995. North Am. Exot. Anim. Pract. 7 (2) p. 315-350.

MIRANDA, A. H. ; OLIVEIRA, W.P. ; ORLANDO, C.F.P. ; HENRIQUE, H. ; FRANCO, L. G. ; COELHO, C.M.M . Redução de Fratura Femoral em Águia Cinzenta (*harpyhaliaetus coronatus*). 2007. 34º CONBRAVET.

OLKOWSKI, A.A., CLASSEN, H.L. Safety of isoflurane anaesthesia in high risk avian patients. **Vet Rec**, p 82 - 83, 1998.

PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; JUNIOR, J.C.V. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.4, p. 1761, 2002.

RAPOSO-DO-AMARAL C.A.A., RAPOSO-DO-AMARAL C.E., ROLAND F.G., SILVA J.V.L., PASCHOAL G.H.L., SILVA A.M., CARONE D.R., MENON D.N., SILVA M.P.A., BENTO D.F., ALMEIDA F.L. & BUZZO C.L. Implantes pré-fabricados customizados nas grandes perdas ósseas do esqueleto craniofacial. **Rev. Bras. Cir. Craniomaxilofac.**, 3:175-179, 2010.

REGMI, P.; NELSON, N.; HAUT, R.C.; ORTH, M.W.; KARCHER, D.M. Physiology and reproduction Influence of age and housing systems on properties of tibia and humerus Of lohmann white hens1: bone properties of laying hens In commercial housing systems. 2017 **Poultry Science**. v. 96, p.3755–3762. 2017 Poultry Science Association. Michigan State University. 2017.

RIBER, A, B.; CASEY-TROTT, T. M.; HERSKIN, M. S. The influence of Keel Bone Damage on welfare of Laying Hens. Review publishe. v. 5, n. 6, **Frontiers in Veterinary Science**, 28 February 2018.

SAVE BRASIL, 2018. Sociedade para a Conservação das Aves do Brasil. Rua Fernão Dias, 219 cj 2 | Pinheiros - SP Brasil | 05427-010 | Tel 55 11 3815-2862. Disponível em <http://www.savebrasil.org.br>. Acesso em: 24/05/2018.

SCHULTE, M. S. & RUPLEY, A. E. 2004. **Avian care and husbandry**. Vet. Clin.

SILVA, A.A.L.; LUQUETTI, B.C.; COELHO, W.M.D. Procedimentos para reparação óssea em aves. **Ciências Agrárias e da Saúde**, v. 3, n. 2, p. 33-40, 2003.

SILVA, M. C. Poliuretano de óleo de mamona como substitutivo de tendão: estudo experimental em coelhos (*Oryctolagus cuniculus*). 2000. 62f. Dissertação (Mestrado em cirurgia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais.

SLUNSKY, P.; WEIB, J.; HAAKE, A.; SHAHID, M.; BRUNNBERG, L.; MÜLLER, K. Repair of a Tibiotarsal Fracture in a Pomeranian Goose (*Anser anser*) With a Locking Plate. **Journal of Avian Medicine and Surgery**. v. 32, n. 1, p. 50-56, 2018.

SOUZA, L. A.; EURIDES, D.; DIAS, T. A.; OLIVEIRA, B. J. N. A.; SILVA, L. A. F.; MOTA, F. C. D.; CARNEIRO, J. S Redução de fratura óssea em aves: Revisão de literatura. **PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Londrina, v. 4, n. 1, Art 711, 2010. Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/revista/1479/jan-1>.

TEIXEIRA, V.S.S.; **Estudo do comportamento de hastes de polímero de mamona dopado com vidro bioativo e hidroxiapatita no canal medular do fêmur em ratos**. Dissertação-Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande. 2012.

TORRES, B.B.J.; MUZZI, L.A.L.; ALVES, E.G.L.; LEITE, C.A.L.; FELICIANO, M.A.R.; SAMPAIO, G.R.; MUZZI, R.A.L. Fixação esquelética externa em fratura tarsometatársica de seriema (*Cariama cristata*): relato de caso. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, p. 155-159, 2007.

VILANI, R. G. D' O. C. Anestesia injetável e Inalatória. In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de Animais Selvagens**. Volume 2. 2.ed. São Paulo: Roca, 2014. p. 1826-1863.

YAMAZOE, K.; HIBINO, C.; KUDO, T. et al. The reduction of humeral fracture in pigeons with intramedullary poly (methylmethacrylate) and neutralization plate fixation. **J. Vet. Med. Sci.**, v.56, p.739-745, 1994.

ARTIGO CIENTÍFICO

*Padronizado de acordo com as normas para publicação na revista *Pesquisa Veterinária Brasileira*.

UTILIZAÇÃO EXPERIMENTAL DE CIMENTO ÓSSEO (POLIMETILMETACRILATO) COM BIOCERÂMICA FÓSFÓ-CÁLCICA BIFÁSICA MICRO-MACRO POROSA DE HIDROXIAPATITA EM FRATURA DE TIBIOTARSO EM CODORNA DOMÉSTICA (*Coturnix coturnix japônica*)

Gislane de Almeida^{2*}, Guilherme O.A. Possidonio³, Luciana A. Oliveira³, Mari Jane Taube³, Marina Vieira³, Thiago F.C. Solak³, Giuliana G.K. Botelho², Liane Ziliotto²

ABSTRACT.- Almeida G., Possidonio G.O.A., Oliveira L.A., Taube M.J., Vieira M., Solak T.F.C., Botelho G.G.K. & Ziliotto L. 2017. **[Experimental use of bone cement (polymethyl methacrylate) with biphasic porous micro-macro porous hydroxyapatite bioceramic bioceramic on tibialis fracture in domestic quail (*Coturnix coturnix japônica*).]** UTILIZAÇÃO EXPERIMENTAL DE CIMENTO ÓSSEO (POLIMETILMETACRILATO) COM BIOCERÂMICA FÓSFÓ-CÁLCICA BIFÁSICA MICRO-MACRO POROSA DE HIDROXIAPATITA EM FRATURA DE TIBIOTARSO EM CODORNA DOMÉSTICA (*Coturnix coturnix japônica*). *Pesquisa Veterinária Brasileira* 00(0):00-00. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná, Rua Simeão Camargo Varela de Sá, Vila Carli, Guarapuava, PR 85040-080, Brasil. E-mail: gislanealmeida@hotmail.com

Bone fractures are common in both free-living and captive birds. There is a difficulty finding light dentures that fit perfectly for the correction of fractures mainly in small birds. Another relevant factor is the subsequent use of this implant in traumatized wild animals, in view of the release of these animals in the nature after the treatment, since metal implants may become a gastrointestinal foreign body in predators, or an environmental contaminant when this animal with the prosthesis comes to death. This work experimentally performed the use of polymethylmethacrylate polymer prosthesis plus intramedullary hydroxyapatite (Osteosynt®) granules in tibialis fractures in domestic quail (*Coturnix coturnix japônica*). Surgeries were performed in an aseptic surgical center, with anesthetized animals, and supportive therapy, with analgesia and antibiotic therapy, plus bandaging and postoperative care. The radiographic images were evaluated and it was possible to conclude that there was adequate consolidation of the fractures in six of the ten animals of the experiment and the formation of early bone bridge was found in all the birds of the experiment.

INDEX TERMS: Birds, Surgery, Osteosynthesis.

¹ Recebido em.....

Aceito para publicação em.....

² Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná. Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, Vila Carli, Guarapuava, PR 85040-080, Brasil. * Autor para correspondência: gislanealmeida@hotmail.com.

³ Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO), Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03, Vila Carli, Guarapuava, PR 85040-080, Brasil.

RESUMO- As fraturas ósseas são comuns tanto em aves de vida livre quanto em aves de cativeiro. Existe uma dificuldade para encontrar próteses leves e que encaixem perfeitamente para a correção de fraturas, principalmente em aves de pequeno porte. Outro fator relevante

é a posterior utilização desse implante em animais silvestres traumatizados, tendo em vista a soltura desses animais na natureza após o tratamento, pois implantes metálicos podem vir a tornar-se corpo estranho gastrointestinal em predadores, ou um contaminante ambiental quando este animal com a prótese vier a óbito. Este trabalho realizou experimentalmente a utilização de prótese de polímero de polimetilmetacrilato, mais o granulado de hidroxiapatita (Osteossynt®) intramedular, em fraturas de tibiotarso em codornas domésticas (*Coturnix coturnix japonica*). As cirurgias foram realizadas em centro cirúrgico de modo asséptico, com os animais anestesiados, e terapia suporte, com analgesia e antibioticoterapia, mais bandagem e cuidados pós-operatórios. As imagens radiográficas foram avaliadas e foi possível concluir que houve consolidação adequada das fraturas em seis dos 10 animais do experimento e a formação de ponte óssea precocemente foi encontrada em todas as aves do experimento.

TERMOS DE INDEXAÇÃO: Aves, Cirurgia, Osteossíntese.

INTRODUÇÃO

As fraturas em membros são comuns em aves de vida livre e, em geral são decorrentes a traumatismos. Entretanto nas aves que permanecem em cativeiro, as causas de fratura no esqueleto apendicular podem ser devido aos acidentes de voo, traumatismos causados por outros animais, doenças ósseo-metabólicas ou mesmo a contenção física incorreta (CUBAS et al., 2014). As fraturas em aves ocorrem mais comumente nos ossos longos, como úmero, rádio e ulna, fêmur e tibiotarso (DONELEY, 2010). As aves com idade mais avançada têm ainda maior predisposição a fraturas, devido à sua maior porosidade óssea (REGMI et al., 2017). Diversos métodos podem ser adotados para a fixação das fraturas em aves, como as coaptações externas (MACCOY, 1992; ARIAS et al., 2015) e os métodos de fixação externa ou interna (MARTIN & RITCHIE, 1994; FREITAS et al., 2003), sendo nesses casos utilizado os implantes, enxertos (GAIGA & SCHOSSLER, 2003), polímeros e biomateriais (BENNETT & KUZMA, 1992; TEIXEIRA, 2012). Assim, uma das principais formas de tratamento é a osteossíntese a partir de intervenção cirúrgica. Contudo, o êxito do procedimento cirúrgico depende de qual técnica ortopédica será aplicada a fim de estabilizar as forças mecânicas que atuam sobre o osso acometido. Ainda, o porte do paciente, o tipo de osso (pneumatizado ou não) e o material a ser utilizado são importantes para a adequada fixação do osso. Quando se trata de aves selvagens, também é necessário levar em consideração o prognóstico de voo. Caso esse seja comprometido, e o membro reduza a sua função ou adquira sequelas, a vida desse animal será condenada a permanecer em cativeiro, em virtude da provável dificuldade das atividades diárias (busca por alimento, abrigo e reprodução) inerentes à vida selvagem (DAL-BÓ et al., 2011; BOLSON & SCHOSSLER, 2008).

O presente estudo teve como objetivo a utilização do cimento ósseo (polimetilmetacrilato) associado à biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidroxiapatita, com a finalidade de tratar fraturas tibiotársicas experimentais de aves, visando avaliar a formação de calo ósseo radiograficamente em aves de pequeno porte.

MATERIAL E MÉTODO

Animais. Durante esta pesquisa os animais foram tratados conforme as normas exigidas pelo COBEA (Colégio Brasileiro de Experimentação Animal) e o experimento foi autorizado pela CEUA (Comissão de Ética de Uso de Animais-UNICENTRO). As cirurgias foram realizadas em 10 codornas domésticas (*Coturnix coturnix japonica*), fêmeas, adultas (45 dias), com aproximadamente 158 + 5 gramas de peso cada uma, provenientes de criadouro comercial em Guarapuava-PR. Durante o tempo de adaptação e de acompanhamento pós-cirúrgico, esses animais permaneceram no laboratório de experimentação animal da UNICENTRO-PR. Neste local elas foram alojadas em gaiola, medindo 50 cm de comprimento, 21 cm de altura e

38 cm de largura cada, de cor zincada, com capacidade entre 18 a 20 codornas / até 10 por divisória. Mas, durante o experimento, permaneciam no máximo cinco animais em cada uma, para evitar-se o estresse. O ambiente permanecia constantemente climatizado, com temperatura de 22°C + 4°C, com presença de exaustor de ar e luminosidade artificial de 10 horas diárias. A alimentação era com ração comercial peletizada para codornas poedeiras e água *ad libidum*.

Preparação dos implantes de polimetilmetacrilato. Como método de fixação das fraturas foi utilizado o polimetilmetacrilato pré-moldado na forma de anéis e também em fase de polimerização ao redor do foco de fratura e do polímero pré-moldado unindo os fragmentos ósseos da fratura experimental. A prótese pré-moldada foi confeccionada previamente à data da cirurgia, de forma asséptica e mantida em glicerina 98% em frasco estéril para sua conservação. Para confecção dos implantes, o polímero foi preparado e moldado ao redor de pinos intramedulares de aço inoxidável de tamanhos variados (de 3 a 5 mm), para tornar possível a adequação dos implantes a tamanhos diferentes de ossos receptores durante a osteossíntese. Quando do início da polimerização e assim sendo possível movimentar o polímero sem deformá-lo estes foram cortados com lâmina de bisturi (número 23) em seu diâmetro (para que tivessem em média 0,7mm de comprimento cada) e foram removidos do pino intramedular ficando na forma de um anel. No momento da cirurgia, eram escolhidos os implantes de polímero de diâmetro mais adequado ao animal e era feita a irrigação com solução de NaCl a 0,9% estéril imediatamente antes de utilizá-los como fixadores no foco de fratura.

Biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidroxiapatita. Outro material também utilizado no presente estudo, além do polímero, foi a biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidroxiapatita. Uma das apresentações deste material é encontrada no comércio com o nome de Osteosynt®, que tem como principal característica a propriedade de osteoindução intrínseca (quimiotaxia) e a osteocondução (haptotaxia) para o processo de reconstrução óssea. Além do mais, é totalmente biocompatível e atua no processo celular de mitose osteoblástica com a liberação dos íons de cálcio no local, funcionando como condutora e indutora intrínseca do processo com maior rapidez e condição de resistência mecânica necessária (OSTEOSYNT®, Einco BHZ, Brasil 1991). Foi adicionado cerca de dois gramas desse material no foco de fratura.

Procedimento anestésico. Os procedimentos cirúrgicos foram realizados na Clínica Escola Veterinária da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Para a anestesia cirúrgica, os animais receberam cloridrato de tramadol (7,5mg/kg) no pré-anestésico e foram induzidos com a associação de cetamina (15mg/Kg), xilazina (2mg/Kg) e midazolam (3mg/Kg), todos pela via intramuscular. Mantidas na anestesia inalatória com isoflurano mais oxigênio 100% por meio de máscara adaptada. O monitoramento cardíaco foi executado com o uso de aparelho Doppler, sendo que a probe localizava-se abaixo da asa em região costal lateral esquerda (Fig. 1), e o monitoramento respiratório foi com o uso de estetoscópio.

Procedimento cirúrgico. Para o procedimento cirúrgico, as codornas foram posicionadas em decúbito dorsal, a região a ser operada foi preparada com a remoção das penas, antisepsia e proteção da extremidade com bandagem (Fig. 2). Os procedimentos operatórios foram realizados de forma asséptica, com o acesso cirúrgico na região medial do tibiotarso, por meio de incisão cutânea, divulsão da musculatura gastrocnêmica e feita a osteotomia manual com osteótomo da diáfise do osso tibiotarso direito do animal. No canal medular do foco de fratura, foi acrescentado cerca de dois gramas de biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidroxiapatita, e a osteossíntese unindo os dois focos da fratura foi realizada com fragmento pré-moldado de cimento ósseo (polimetilmetacrilato) ao redor do foco da fratura (Fig. 3), associado ao polímero, ainda em fase de polimerização (Fig. 4), ao redor do foco e do polímero pré-moldado (Fig. 5) com o objetivo de permitir a melhor fixação da prótese ao foco de fratura. Posteriormente, a ferida foi ocluída com a sutura da musculatura, empregando-se ponto simples contínuo e utilizando fio absorvível sintético

(poliglactina 910, número 5.0) para este procedimento, e na dermorrafia, foi utilizado o padrão simples interrompido com fio não absorvível sintético (poliamida, número 5.0). Finalizada a oclusão da ferida cirúrgica, foi feita a limpeza do local, sendo aplicada pomada antimicrobiana a base de neomicina, sobre ela uma camada fina de gaze, e realizada a bandagem de conforto (método de Altman), acrescentando duas camadas de esparadrapo para dar maior estabilidade à fratura.

Pós-operatório. Para o maior conforto do animal e para minimizar a movimentação do membro operado, no pós-operatório os animais foram mantidos em gaiolas com restrição de espaço e com bandagens (método de Altman, com a utilização de uma camada de gaze, e sobre ela duas camadas sobrepostas de esparadrapo). No pós-operatório foram administrados cloridrato de tramadol (7,5 mg/Kg/VO) a cada 12 horas, por 10 dias e meloxicam (0,2 mg/Kg/SC) por três dias como analgésico e anti-inflamatório respectivamente e foi feita a antibioticoterapia com enrofloxacin (75mg em 500mL de água de beber/VO) por 14 dias.

Avaliações radiográficas. Foram realizados os exames radiográficos do membro pélvico direito nos momentos: pré-operatório, pós-operatório imediato, e após 15, 30, 45 e 60 dias após a cirurgia. Para tanto, as radiografias foram na incidência médio-lateral, com kv 45 por 0,02 segundos, no setor de diagnóstico por imagem da UNICENTRO. No período pós-operatório, as imagens foram realizadas visando avaliar a adequada posição dos focos de fratura, e a evolução da formação de calo ósseo.

Destino dos animais. Ao término do projeto de pesquisa, foi realizada a eutanásia das codornas, empregando-se a dose duplicada anestésica para aves com a associação de cetamina (30 mg/Kg) + xilazina (4 mg/Kg) + midazolam (6 mg/Kg) por via intramuscular. Após testar a perda dos reflexos superficiais e profundos clinicamente, foi aplicada lidocaína (6 mg/Kg) intratecal (CARPENTER, 2013). A morte dos animais foi confirmada através da ausculta cardiopulmonar com estetoscópio, e por fim os cadáveres foram encaminhados a órgãos responsáveis para incineração pela UNICENTRO.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No decorrer deste projeto, foram realizados os procedimentos cirúrgicos em 10 codornas domésticas, fêmeas, adultas (45 dias), pesando 158 + 5 gramas de peso. Um estudo retrospectivo sobre afecções cirúrgicas em aves, no período de oito anos, mostrou que dos 24 animais que necessitaram de algum tipo de procedimento ortopédico, 16 delas apresentaram fratura em membro pélvico. E dentre as fraturas de membros pélvicos, 12 (75%) ocorreram em tibiotarso (CASTRO, 2010), mostrando que esta região anatômica é a de maior ocorrência e por isso justifica a necessidade de estudos sobre técnicas de correção das fraturas em tibiotarso.

O cimento ósseo (polimetilmetacrilato) associado à biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidroxiapatita, foram adotados neste trabalho com a finalidade de tratar fraturas tibiotársicas de aves, objetivando-se avaliar radiograficamente a estabilidade e formação de calo ósseo no foco de fratura em aves de pequeno porte. A hidroxiapatita foi utilizada como coadjuvante no tratamento, com o objetivo de acelerar o processo cicatricial ósseo, com neoformação de vasos sanguíneos, principalmente nos casos em que há perda óssea no momento da fratura.

As cirurgias levaram em torno de 30 a 50 minutos cada, desde o momento em que a codorna foi anestesiada até a finalização da dermorrafia. Para a recuperação completa da anestesia (sem ataxia, já se alimentando e bebendo água) os animais levaram em média 1 hora e 30 minutos. A anestesia inalatória com isoflurano apresenta maior segurança para a utilização em aves, do que somente a utilização de anestésicos injetáveis, especialmente em casos de risco, como em animais traumatizados ou debilitados (GUIMARÃES & MORAIS, 2000). Sendo assim, no presente estudo foi realizada uma medicação pré-anestésica para

reduzir a quantidade de anestésicos inalatórios utilizados durante a cirurgia, como descrito por JOPPERT (2014), e posteriormente manteve-se o animal com anestesia inalatória para maior segurança anestésica das aves no decorrer do procedimento cirúrgico. Foi escolhida a utilização de midazolam associada à cetamina e a xilazina como medicação pré-anestésica, com a finalidade de diminuir os efeitos adversos indesejados da mesma, como por exemplo, rigidez muscular (VILANI, 2014).

Durante o procedimento cirúrgico, foi observado o rápido e fácil alinhamento dos focos de fratura utilizando-se as próteses pré-moldadas, que por terem diversos diâmetros e terem sido preparadas com antecedência, tornaram o tempo cirúrgico bem reduzido quando comparado a outras técnicas de osteossíntese. A utilização das próteses mostrou-se adequada na fixação dos focos, contudo nestes animais, pelo diâmetro da tíbia ser semelhante em toda extensão de sua diáfise, poderia ocorrer a mobilidade ou migração da prótese após a redução do foco de fratura. Desta forma, a utilização do polímero ao redor da prótese pré-moldada e das extremidades do foco de fratura permitiu a maior estabilidade da fratura e também se mostrou de rápida e fácil utilização.

Na preparação do cimento ósseo de polimetilmetacrilato, obteve-se uma consistência rígida em segundos, com a perda de sua maleabilidade. Assim, a colocação do polímero ao redor dos focos de fratura teve que ser precisa já que após a polimerização não houve a possibilidade de remodelá-lo (Fig. 4), ficando extremamente firme. Na polimerização, ocorreu a reação exotérmica, havendo elevação da temperatura do polímero, e para se evitar a necrose dos tecidos adjacentes foi utilizada solução fisiológica de NaCl 0,9% refrigerada pelo período médio de cinco minutos sobre o polímero e sobre o osso. Nesse tempo verificou-se o término da reação de polimerização do material e diminuição gradativa da temperatura a fim de reduzir dano celular ósseo aos tecidos adjacentes.

Diferentes métodos podem ser adotados como fixadores de fraturas em aves. BENNET (2002), por exemplo, utilizou associações de materiais metálicos para a osteossíntese, como os pinos e as cerclagens, porém esses materiais mostraram-se serem capazes de ultrapassar os limites ósseos e causar danos articulares decorrentes à formação de tecido cicatricial e assim impedindo a movimentação normal do membro (BENNET, 2002). Quando isso ocorre, se torna necessária a remoção do implante e consequentemente submeter o paciente a novo procedimento cirúrgico. As próteses de polímero adotadas no presente experimento, da forma com que foram confeccionadas, e associadas à hidroxiapatita, não ultrapassaram os limites ósseos, e dessa maneira não levam a dano de estruturas articulares. Adicionalmente, sua biocompatibilidade e estrutura leve, não induziram reação do tipo corpo estranho e não sobrecarregaram o membro, dessa forma não sendo necessária a retirada do material após a consolidação óssea, com sessenta dias de pós-operatório.

No pós-operatório, as bandagens foram trocadas conforme a necessidade (na presença de sujidades, umidade ou quando se apresentavam inadequadas), em geral a cada quatro ou cinco dias, e mantidas por sete dias. Durante o pós-operatório deste projeto, as aves permaneceram com bandagem para a proteção da ferida e maior estabilidade. Contudo, sabe-se que as bandagens na maioria de vezes não impedem as forças de cisalhamento, torção e flexão, predispondo a múltiplas fraturas e ainda podem formar escaras dérmicas nos animais (GANDAL & AMAND, 1982). Ainda, pelos indivíduos serem muito leves e pequenos, o emprego das bandagens levou a alteração do equilíbrio exigindo muito do membro fraturado, e em alguns momentos alterando o apoio deste membro. Acredita-se que a fratura observada no animal nove, aos 15 dias de pós-operatório foi decorrente do apoio inadequado, secundário a colocação de bandagem muito pesada. Eventos semelhantes foram observados em pombos domésticos (*Columbia livia*), em que as fraturas do pós-operatório foram sugeridas como decorrentes às sucessivas quedas por desequilíbrio que a maioria das bandagens proporciona aos animais (YAMAZOE et al., 1994).

Durante o acompanhamento radiográfico, a incidência adotada foi a médio lateral no membro pélvico direito e se mostrou eficaz para a verificação da evolução da cicatrização óssea e disposição das próteses. O acompanhamento radiográfico, na incidência médio-lateral, como método de identificação da resposta cicatricial é descrito por outro autor como Dalmolin et al. (2007) que também avaliou clinicamente e radiograficamente os animais do seu experimento até os 60 dias. É possível afirmar que o exame radiográfico convencional é eficaz para avaliar o comportamento biológico de um biomaterial, por exemplo, as características de rejeição ou não formação de calo ósseo (SILVA, 2000). Em outro estudo que utilizou fixadores externos, estas avaliações pós-operatórias puderam também identificar a presença de lise óssea em volta dos pinos, sugestiva de uma osteomielite, aos 30 dias após o procedimento operatório (JOHNSON, KNELLER, WEIGEL, 1989). As codornas seis e nove precisaram ser eutanasiadas antes dos 60 dias do término do experimento, pois apresentaram desalinhamento da fratura, e a codorna quatro veio a óbito por causas indeterminadas, exceto essas três codornas (quatro, seis e nove), as demais foram acompanhadas até os 60 dias de pós-operatório.

Um estudo em ave que utilizou exclusivamente fixador externo metálico para a correção de fratura de tibiotarso, sem nenhum outro material intramedular ao osso fraturado, demonstrou que na avaliação radiográfica de 15 dias pós-operatório, não foi possível verificar presença de ponte óssea, e somente aos 30 dias foi visualizado o início de formação de calo ósseo, além de apresentar reação indesejável periosteal e lise óssea próxima à prótese, necessitando retirá-la (TORRES, et. al. 2007). Para a reparação de fraturas ósseas em aves, o calo endosteal é o que mais contribui para a osteocondução, e os implantes de metal comumente colocados ao redor do local de fratura podem enfraquecer a formação desse tipo de calo ósseo, consequentemente atrasando o processo cicatricial (BUSH, 1986). O observado em nosso trabalho foi a formação inicial de pontes ósseas já com sete dias de pós-operatório, pontes ósseas evidentes aos 15 dias de pós-operatório e calo ósseo completo aos 60 dias. Esta divergência de resultados, quando comparado a literatura consultada, acredita-se ser decorrente da estabilidade promovida pela técnica e certamente pela associação a ela com a hidroxiapatita.

As avaliações radiográficas foram realizadas no pré-operatório como controle e para o planejamento cirúrgico, no pós-operatório imediato foi importante para se avaliar o adequado alinhamento do foco de fratura, e o acompanhamento radiográfico com sete, 15, 30, 45 e 60 dias pós-operatórios adotados para se acompanhar o processo cicatricial, formação de calo ósseo e estabilidade/efetividade da técnica cirúrgica.

As avaliações radiográficas pós-operatórias imediatas mostraram o adequado alinhamento, com a aposição dos focos de fratura em oito dos 10 animais (codornas um, três, quatro, cinco, sete, oito, nove e 10). Foi observado discreto desvio no alinhamento dos focos de fratura de um dos animais (codorna número dois) e desalinhamento completo, associado a fratura iatrogênica distal a fratura induzida no transcirúrgico em um dos animais (codorna seis) acredita-se que este fato tenha ocorrido devido a pressão exercida ao tibiotarso no momento da osteotomia (Fig. 6).

Após sete dias de pós-operatório, cinco animais (codornas três, quatro, sete, oito e nove) apresentaram adequado alinhamento dos focos de fratura e início da formação de ponte óssea, quatro animais (codornas um, dois, cinco e 10) também apresentaram início da formação de ponte óssea, porém um discreto desvio do alinhamento ósseo. E, em um animal (codorna seis) devido à presença do completo desalinhamento da fratura e fratura iatrogênica distal (Fig. 7), foi realizada a eutanásia.

Aos quinze dias, foi verificado radiograficamente a formação de ponte óssea mais evidente e o adequado alinhamento em cinco animais (codornas um, três, quatro, sete e oito). Apesar do discreto desvio no alinhamento, as codornas dois, cinco e 10 também mostraram progressão na formação de pontes ósseas. E a codorna nove estava com novo foco de fratura na porção distal à fratura objetivo do estudo e com seu desalinhamento (Fig. 8).

Aos trinta dias, seis aves (codornas dois, três, cinco, sete, oito e 10) apresentaram o eixo ósseo alinhado e com presença de calo ósseo mais perceptível que na imagem observada aos 15 dias de raio-x. Dois animais (codornas um e quatro) apresentaram discreto desvio do alinhamento ósseo, porém com continuidade na formação de ponte óssea. A codorna nove estava com o eixo ósseo totalmente desalinhado (Fig. 9) devido a fratura da porção distal à fratura experimental, e sem a formação de ponte ósseo adequada. Pela gravidade da lesão este indivíduo foi eutanasiado.

Aos 45 dias, sete animais (codornas dois, três, quatro, cinco, sete, oito e 10) estavam com o eixo de fratura alinhado e apresentando adiantado estágio de consolidação de fratura, porém ainda existia uma pequena linha de fratura visível. A codorna um apresentou lise e reabsorção óssea sugestiva de osteomielite no foco de fratura. A codorna quatro veio a óbito por causas indeterminadas, dois dias após o raio-x de 45 dias pós-operatório (Fig 10).

Por último, no exame radiográfico de sessenta dias de pós-operatório, foi constatada a reparação óssea avançada, sem visibilidade alguma da linha de fratura, com perfeita formação de calo ósseo em sete animais (codornas um, dois, três, cinco, sete, oito e 10). A osteomielite da codorna um foi tratada com antimicrobiano (enrofloxacina na água de beber) resultando em ótima resposta e com a formação do calo ósseo satisfatório (Fig. 11).

As codornas um, dois, três e quatro permaneceram com bandagem de Altman (gaze, micropóre e esparadrapo), desde o pós-cirúrgico até os 15 dias pós-operatório. Porém verificou um grande desequilíbrio dos animais ao tentar manter-se em estação, além de sobrecarregar excessivamente o membro saudável por precisarem sustentar todo o peso somente nele. Sendo assim, nos demais indivíduos a bandagem foi realizada apenas nos sete primeiros dias, até o início da formação de ponte óssea, e retirada após este período. Ainda assim, foi possível notar a dificuldade dos animais frente ao uso da bandagem. Após sessenta dias de pós-operatório os animais apoiaram o membro operado ao solo, apenas apresentando uma leve claudicação.

As feridas cirúrgicas tiveram boa cicatrização e os pontos de pele foram removidos no mesmo dia em que foi realizado o exame radiográfico de 15 dias pós-operatório.

CONCLUSÕES

A técnica cirúrgica com a utilização cimento ósseo (polimetilmetacrilato) e biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidroxiapatita (Osteosynt®) para a osteossíntese em fratura experimental de tibiotarso em codornas domésticas (*Coturnix coturnix japonica*) se mostrou adequada e eficaz, com a estabilidade do foco de fratura e com a formação bem evidente de ponte óssea a partir dos exames radiográficos de 15 dias de pós-operatório.

Não foi observada radiograficamente rejeição às próteses, concluindo-se que a técnica empregada é alternativa inovadora e viável na correção de fraturas de tibiotarso em aves de pequeno porte. A técnica cirúrgica com a utilização dos polímeros pré-moldados associados ao polímero ainda em fase de polimerização ao redor dos focos de fratura se mostrou estável e efetiva em 70% dos animais do experimento.

Foi possível observar radiograficamente a formação de ponte óssea precocemente entre o foco de fratura em todos os animais sugerindo a ação osteocondutora e osteoindutora prévia com a aplicação da hidroxiapatita.

AGRADECIMENTO

Agradecemos a representante comercial Ericka Fontoura e a Dr^a Sonja Ellen Lobo da empresa Einco Bio Ltda, por terem gentilmente cedido a biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidroxiapatita (Osteosynt®) utilizada neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ARIAS, J. I.; BEATO, C.; ESPINOZA, A. Fixação externa com massa epóxi em uma fratura tibiotársica de um periquito choroy selvage (*Enicognathus leptorhynchus*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.3, p.671-678, 2015.
- BENNETT, R. A.; KUZMA, A. B. Fracture management in birds. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v.23, n.2, p. 5-38, 1992.
- BENNETT, R.A. Techniques for fracture management in avian patients. In: **II Conferência Sul-Americana de Medicina Veterinária**. Anais... Rio de Janeiro, 2002.
- BIOCERÂMICA FÓSFÓ-CÁLCICA BIFÁSICA MICRO-MACRO POROSA DE HA/TCP (*OSTEOSYNT®*). Responsável Técnico: Francisco Henrique Lanna Wykrota. **Einco Bio Ltda**, 1991. Bula.
- BOLSON, J.; SCHOSSLER, J.E.W.; Osteossíntese em aves – revisão de literatura. **Arq. Cienc. Vet. Zool.**
- UNIPAR**, v.11, n.1, p.55, 2008. Umuarama, v. 11, n. 1, p 55-62. 2008. Disponível em: <http://revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/issue/view/260>.
- BUSH, M. Laparoscopy and surgery. In: **FOWLER, M.E. Zoo & Wild Animal Medicine**. 2.ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1986. p.254-261.
- CASTRO, P.F. Afecções Cirúrgicas em Aves: estudo retrospectivo. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10137/tde-09022011-144207/ptbr.php>.
- CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de animais selvagens: Medicina Veterinária**. São Paulo: Roca, 2014. p. 893, 894.
- DAL-BÓ, I.S.; ALIEVI, M.M.; SILVA, L.M.; et al. Osteossíntese de tibiotarso com miniplaca de titânio em arara Canindé (*Ara ararauna*). **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.63, p.1003-1006, 2011.
- DALMOLIN, F.; SCHOSSLER, J.E.W.; BERTOLETTI, B.; SOARES, A.V.; MULLER, D.C.; SCHOSSLER, D.R.C.; GOMES, K. Modificações do fixador externo para osteossíntese umeral em pombos domésticos. **Ciência Rural** (UFMS), v. 37, p. 443-449, 2007.
- DONELEY, B. 2010. Avian Medicine and Surgery in Practice. Companion and Aviary Birds. 1st edition. Manson Publishing, p. 12. 2010.
- FREITAS, S.H.; PIRES, M.A.M.; CARVALHO, H.S.; et al. Redução fechada e fixador externo em fratura umeral de ema (*Rhea americana*). Relato de caso. **Clin. Vet.**, n.45, p. 40-42, 2003.
- GAIGA, L.H.; SCHOSSLER, J.E.W. Osteossíntese de úmero por xenoenxerto ósseo preservado em mel em pombos domésticos (*Columba livia*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.709-715, 2003.
- GANDAL, C.P. & AMAND, V.B. Anesthetic and surgical techniques. Diseases of cage Bird and aviary birds. Philadelphia: Lead andFebiger, 1982, p. 320-323.
- GUIMARÃES, D.G., MORAES, A.N. 2000. Anestesia em aves: agentes anestésicos. **Ciência Rural**. v. 30, n. 6, p.1073-1081. 2000.
- JOHNSON, A. L.; KNELLER, S.K.; WEIGEL, R.M. Radial and tibial fracture repair with external skeletal fixation: effects os fracture type, reduction and complications on healing. **Veterinary Surgery**, v.18, n.5. p.367-372, 1989.
- JOPPERT, A. M. Accipitriformes, Falconiformes e Strigiformes (Gaviões, Águias, Falcões e Corujas). In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de Animais Selvagens**. Volume 1. 2.ed. São Paulo: Roca, 2014. p. 470-536.
- MACCOY, D.M. Treatment of fractures in avian species. **Vet. Clin. N. Am.: Small Anim.** v.22, p.225-238, 1992.
- MARTIN, H.; RITCHIE, B.W. Orthopedic surgical techniques. In: RITCHIE, B.W.; HARRISON, G.J.;

- HARRISON, L.R. Avian Medicine: Principles and Application. 1. ed. Florida: Wingers Publishing, 1994, cap. 42, p.1137-1171.
- REGMI, P.; NELSON, N.; HAUT, R.C.; ORTH, M.W.; KARCHER, D.M. Physiology and reproduction Influence of age and housing systems on properties of tibia and humerus Of lohmann white hens1: bone properties of laying hens In commercial housing systems. 2017 **Poultry Science**. v. 96, p.3755–3762. 2017 Poultry Science Association. Michigan State University. 2017.
- SILVA, M. C. Poliuretano de óleo de mamona como substitutivo de tendão: estudo experimental em coelhos (*Oryctolagus cuniculus*). 2000. 62f. Dissertação (Mestrado em cirurgia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais.
- TEIXEIRA, V.S.S.; **Estudo do comportamento de hastes de polímero de mamona dopado com vidro bioativo e hidroxiapatita no canal medular do fêmur em ratos**. Dissertação- Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande. 2012.
- TORRES, B.B.J.; MUZZI, L.A.L.; ALVES, E.G.L.; LEITE, C.A.L.; FELICIANO, M.A.R.; SAMPAIO, G.R.; MUZZI, R.A.L. Fixação esquelética externa em fratura tarsometatársica de seriema (*Cariama cristata*): relato de caso. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, p. 155-159, 2007.
- VILANI, R. G. D^o C. Anestesia injetável e Inalatória. In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de Animais Selvagens**. Volume 2. 2.ed. São Paulo: Roca, 2014. p. 1826-1863.
- YAMAZOE, K.; HIBINO, C.; KUDO, T. et al. The reduction of humeral fracture in pigeons with intramedullary poly (methylmethacrylate) and neutralization plate fixation. **J. Vet. Med. Sci.**, v.56, p.739-745, 1994.

LEGENDAS DAS FIGURAS

Fig.1. Posicionamento da codorna doméstica na preparação transoperatória. Notar a manutenção anestésica com máscara adaptada e isoflurano mais oxigênio 100% e a probe do Doppler para o monitoramento cardíaco.

Fig.2. Preparação transoperatória das aves com a remoção das penas, antisepsia e extremidade do membro protegida com bandagem.

Fig.3. Imagem ilustrando a colocação da prótese de polimetilmetacrilato (seta) pré-moldada, unindo os focos de fratura, em tibiotarso direito de codorna doméstica.

Fig.4. Polimetilmetacrilato em processo de polimerização em cuba de alumínio, segundos antes da aplicação no foco de fratura.

Fig.5. Polimetilmetacrilato sobre a prótese pré-modelada, no foco de fratura, em processo de polimerização (seta).

Fig.6. Imagens radiográficas do pós-operatório imediato após utilização experimental de cimento ósseo (polimetilmetacrilato) com biocerâmica fósfo-cálcica bifásica micro-macro porosa de hidroxiapatita em fratura de tibiotarso em codorna doméstica (*Coturnix coturnix japônica*). Observa-se que nas codornas um, dois, três, quatro, cinco, sete, oito, nove e 10, houve um adequado alinhamento no foco de fratura experimental. Na codorna seis, fratura distal ao foco experimental (seta).

Fig.7. Imagens radiográficas dos sete dias de pós-operatório. Observa-se nas codornas três, quatro, sete, oito e nove, adequado alinhamento no foco de fratura experimental e início da formação de ponte óssea. As codornas um, dois, cinco e 10 apresentaram discreto desvio do alinhamento ósseo mas também início de formação de ponte óssea, e a codorna seis evidenciou completo desalinhamento do foco de fratura.