

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**Avaliação de diferentes técnicas de osteossíntese umeral
em galinhas (*Gallus gallus domesticus*)**

Dimitri Bassalo de Assis
Médico Veterinário

2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**Avaliação de diferentes técnicas de osteossíntese umeral
em galinhas (*Gallus gallus domesticus*)**

Discente: Dimitri Bassalo de Assis

Orientador: Prof. Associado. Luís Gustavo Gosuen Gonçalves Dias

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Cirurgia Veterinária

2021

A848a Assis, Dimitri Bassalo
Avaliação de diferentes técnicas de osteossíntese umeral em galinhas (Gallus gallus domesticus) : avaliação de diferentes técnicas de osteossíntese umeral em galinhas (Gallus gallus domesticus) / Dimitri Bassalo Assis. -- Jaboticabal, 2021
53 f. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Luís Gustavo Gosuen Gonçalves Dias

1. Ortopedia. 2. Aparelhos ortopédicos. 3. Gallus domesticus. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE OSTEOSSÍNTESE UMERAL EM GALINHAS (*Gallus gallus domesticus*)

AUTOR: DIMITRI BASSALO DE ASSIS

ORIENTADOR: LUÍS GUSTAVO GOSUEN GONÇALVES DIAS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIRURGIA VETERINÁRIA, pela Comissão Examinadora:

Luís Gustavo Josuen G. Dias

Prof. Dr. LUÍS GUSTAVO GOSUEN GONÇALVES DIAS (Participação Virtual)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Profa. Dra. PAOLA CASTRO MORAES (Participação Virtual)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / UNESP / FCAV - Jaboticabal

PI *Luís Gustavo Josuen G. Dias*

Prof.Dr. THIAGO ANDRÉ SALVITTI DE SÁ ROCHA (Participação Virtual) PI

Universidade Brasil / Descalvado/SP *Luís Gustavo Josuen G. Dias*

Jaboticabal, 15 de julho de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Dimitri Bassalo de Assis, nascido em 6 de março de 1992, no município de Belo Horizonte, estado de Minas Gerais. Ingressou no curso de Medicina Veterinária na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em 2010. Ao longo de sua graduação foi monitor por 1 ano do setor cirurgia, participou de 3 iniciações científicas e estudou medicina veterinária na “University of Queensland” por 1 ano. Iniciou o Programa de Aprimoramento Profissional em Medicina Veterinária e Saúde Pública com ênfase em cirurgia de pequenos animais na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, câmpus de Jaboticabal, em setembro de 2017, concluindo-o em fevereiro de 2019. Iniciou o mestrado em Cirurgia Veterinária em março de 2019 na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, câmpus de Jaboticabal, que está em curso.

“You can replace lies with truth; but myth is only displaced with a narrative”.
(Nassim Nicholas Taleb)

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais e meus avós.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus e a São Francisco de Assis, que me deram saúde e força.

Agradeço ao meu amigo, professor, mentor e orientador Prof. Dr. Luís Gustavo Gosuen Gonçalves Dias pela paciência, ensinamentos, sabedoria, serenidade e por ser alguém que tenho como exemplo.

Agradeço ao Prof. Dr. Alexandre Hataka por todo apoio.

Aos meus pais Julia Bassalo e Carlos Augusto Campos de Assis por sempre terem me apoiado, acreditado em mim e serem meu maior exemplo.

Aos meus avós Harauld Coutinho e Pilara Bassalo pelo carinho e força ao longa de toda minha trajetória.

Aos meus amigos Marcel Beghini, Stephano Beghini, Gabriel Miranda, Leonardo de Oliveira, Matheus Araújo, João Alcântara, Vitor César, Matheus Nobile, Renato Barroco, André Lobato e Victor Vaz por terem tornado minha jornada mais leve e sempre terem me apoiado.

Aos meus mentores e amigos da Universidade de Queensland, Rowan Seton, Debra Laws, Gary Fitzgerald, Samantha Kempster e Vithaya Yai Chakitdee por terem reacendido meu amor pela veterinária.

A Carolina Pena por ter tornado a caminhada mais leve e me apoiado.

Aos meus amigos Marcelo Portilho, Pedro Cassino e Stella Habib pela ajuda e companheirismo.

A Maria do Carmo por todo apoio, ajuda e carinho ao longo da minha trajetória.

Aos meus amigos familiares Juliana Renault Vaz, Sylvia Vaz, Eduardo Vaz, Daniel Vaz e Victor Vaz.

A minha professora de francês Vera, por ser um exemplo eterno em mim

Sumário

COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA).....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
1 CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Revisão de literatura.....	2
1.3 Referências.....	9
2 CAPÍTULO 2 - Avaliação de diferentes técnicas de osteossíntese umeral em galinhas (Gallus gallus domesticus).....	16
2.1 Abstract.....	16
2.2 Introdução.....	17
2.3 Material e Métodos.....	18
2.3.1 Animais.....	18
2.3.2 Procedimentos comuns.....	18
2.3.3 Procedimentos no grupo G1.....	18
2.3.4 Procedimentos no grupo G2.....	19
2.3.5 Pós-operatório comum.....	19
2.3.6 Avaliação clínica.....	19
2.3.7 Avaliação radiográfica.....	19
2.3.8 Avaliação da consolidação.....	20
2.3.9 Avaliação tomográfica.....	20
2.4 Resultados.....	20
2.4.1 Cirurgia.....	20

2.4.2 Avaliação clínica.....	20
2.4.3 Avaliação radiográfica.....	20
2.4.4 Avaliação tomográfica.....	21
2.5 Discussão.....	22
2.6 Referências.....	25
3 Capítulo 3 – Metodologia	
3.1 Metodologia.....	28
3.1.1 Descrição dos animais.....	28
3.1.2 Grupos.....	28
3.1.3 Procedimento anestésico.....	28
3.1.4 Período pré-operatório.....	29
3.1.5 Implantação das hastes (G1).....	30
3.1.6 Implantação do pino intramedular (G2).....	31
3.1.7 Avaliação clínica diária.....	31
3.1.8 Manejo medicamentoso pós-cirúrgico.....	31
3.1.9 Avaliação radiográfica.....	32
3.1.10 Eutanásia (G1 e G2).....	32
3.1.11 Avaliação tomográfica.....	32
Apêndice A – Tabelas e imagens.....	34
Configuração dos grupos (G1 e G2).....	34
Imagens radiográficas.....	34
Imagens tomográficas.....	41
Apêndice B – Link das normas do artigo da revista Veterinary Surgery.....	42



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
 “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
 Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado “**Avaliação de diferentes técnicas de anestesia local e de osteossíntese umeral em galinhas (*Gallus gallus domesticus*)**”, protocolo nº 3.029/16, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Luís Gustavo Gosuen Gonçalves Dias, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de junho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL -SP, em reunião ordinária de 03 de março de 2016.

Vigência do Projeto	15/03/2016 a 20/12/2018
Espécie / Linhagem	Galinha (<i>Gallus gallus domesticus</i>)
Nº de animais	20
Peso / Idade	45 dias de vida
Sexo	Fêmeas
Origem	Criatório Comercial

Jaboticabal, 03 de março de 2016.


Profª Drª Lizandra Amoroso
 Coordenadora – CEUA

Avaliação de diferentes técnicas de osteossíntese umeral em galinhas (*Gallus gallus domesticus*)

Resumo – Objetivou-se verificar a real exequibilidade da haste intramedular bloqueada de titânio e a formação de calo ósseo em fraturas transversas induzidas na diáfise umeral de galinhas (*Gallus gallus domesticus*), por meio de avaliação clínica e radiográfica, comparativamente ao uso do pino intramedular isoladamente, até a completa consolidação da fratura. Dois grupos (seis animais cada) de animais foram submetidos a dois métodos de osteossíntese de úmero. Foram realizadas osteotomias nas diáfises umerais direitas dos animais e no grupo 1 (G1), os fragmentos ósseos submetidos à osteotomia foram estabilizados com haste intramedular bloqueada de titânio, de 4 mm de diâmetro, bloqueadas com parafusos ortopédicos de titânio de 1,5 mm de diâmetro, e no grupo 2 (G2) os fragmentos submetidos à osteotomia foram estabilizados apenas com pino intramedular de aço inoxidável cirúrgico, de 4 mm de diâmetro, nos dois grupos o comprimento do implante foi condizente com o osso do animal (metáfise a metáfise). Avaliações clínicas e ortopédicas foram realizadas diariamente pelo mesmo observador e não houve diferença dos parâmetros clínicos observados entre os grupos. As avaliações radiográficas foram efetuadas previamente ao procedimento cirúrgico para diagnosticar qualquer alteração anatômica/estrutural que descredenciasse a ave para o estudo, imediatamente após o procedimento cirúrgico (após retorno dos parâmetros fisiológicos aceitáveis), e subsequente, a cada sete dias até completa evidência radiográfica de formação de calo ósseo. O tempo de consolidação óssea clínica nos dois grupos avaliados foi semelhante (entre 28 e 35 dias pós-operatório). A avaliação tomográfica foi realizada após a eutanásia dos animais, sendo as imagens adquiridas reconstruídas em 3D para melhor visualização do alinhamento ósseo e do calo ósseo resultante.

Radiograficamente e tomograficamente, no G1 a formação de calo foi menos intensa comparativamente ao G2, além disso o grupo G1 apresentou menor perda de alinhamento da coluna óssea.

Palavras-chave: aves, fixação de fratura, haste intramedular bloqueada, ortopedia.

Evaluation of different humeral osteosynthesis techniques in chickens (*Gallus gallus domesticus*)

Abstract - The objective was to verify the real feasibility of the titanium locked intramedullary nail and the formation of bone callus in transverse fractures induced in the humeral diaphysis of chickens (*Gallus gallus domesticus*), through clinical and radiographic evaluation, compared to the use of the intramedullary pin alone, until complete consolidation of the fracture. Two groups (six animals each) of animals were subjected to two methods of humeral osteosynthesis. Osteotomy was performed in the right humeral shaft of the animals and in group 1 (G1) the bone fragments submitted to osteotomy were stabilized with a 4 mm diameter titanium intramedullary locked nail, blocked with 1.5 mm diameter titanium orthopedic screws, and in group 2 (G2) the fragments submitted to osteotomy were stabilized only with an intramedullary surgical stainless steel pin, 4 mm in diameter, in both groups the length of the implant was consistent with the animal's bone (metaphysis to metaphysis). Clinical and orthopedic assessments were performed daily by the same observer and there was no difference in clinical parameters observed between groups. Radiographic evaluations were performed prior to the surgical procedure to diagnose any anatomical/structural change that would disqualify the bird for the study, immediately after the surgical procedure (after return of acceptable physiological parameters), and subsequently, every seven days until complete radiographic evidence of bone callus formation. The time of clinical bone consolidation in the two groups evaluated was similar (between 28 and 35 days after surgery). The tomographic evaluation was carried out after the animals were euthanized, and the acquired images were reconstructed in 3D for better visualization of the bone alignment and the resulting bone callus. Radiographically and tomographically, callus formation in G1 was less intense compared to G2. In addition, the G1 group showed less loss of alignment of the bone column.

Keywords: birds, fracture fixations, intramedullary nailing, orthopedics.

1 CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1.1 Introdução

Segundo Bolson e Schossler (2008) as aves ganharam espaço dentre os animais classificados como *pets*, muito devido a facilidade de manejo, transporte e pouco espaço requerido. Porém, assim como os cães e gatos as aves sofrem traumatismos, e desta forma, as osteossínteses estão entre os procedimentos mais corriqueiros na clínica cirúrgica aviária (Salvador et al., 2002).

Quando submetidas a lesões traumáticas, podem sofrer fraturas nos ossos longos, destacando-se as fraturas de úmero e tibiotarso. Em aves de cativeiro, elas advêm principalmente de quedas, enrosco e esmagamentos em gaiolas, já nas de vida livre, são traumatizadas por obstáculos e barreiras físicas que impedem o voo livre, além de acidentes automobilísticos e acidentes por armas de fogo (Bolson e Schossler, 2008).

As osteossínteses nas aves são grande desafio em detrimento ao estado clínico em que estas chegam aos centros de reabilitação. Não obstante, para reintrodução no antigo *habitat*, necessitam de máxima recuperação anatômica e funcional do osso fraturado. O prognóstico nas aves de cativeiro é menos exigente, pois tais animais não requerem recuperação total da funcionalidade do membro afetado (Quirós et al., 2002; Gouvêa et al., 2011). Em aves de vida livre, há a necessidade de recuperação plena da deambulação e atividade de vôo, estreitando as opções terapêuticas de osteossíntese para as que tenham alta taxa de sucesso com baixo impacto em termos de peso adicionado e necessidade de procedimentos cirúrgicos seriados.

A haste bloqueada, como é fixada ao osso por meio dos parafusos, minimiza as forças atuantes sobre o foco fraturário (Dejardin et al., 2012). Desta forma, tais implantes são considerados biomecanicamente superiores aos pinos intramedulares, às placas e aos fixadores esqueléticos externos (FEE) (Horstman et al., 2004; Schamaedecke, 2007). Por se alocar no eixo neutro das forças as hastes proporcionam maior rigidez frente à força de flexão, quando comparada à placa, e por

consequente uma menor taxa de fadiga do material (Dejardin et al., 2012; Bruckner et al., 2016; Vallefucio et al., 2016), sendo essa diferença especialmente importante em aves que serão reintroduzidas ao seu habitat natural.

Várias pesquisas investigam meios para solucionar as fraturas das aves utilizando técnicas e materiais que não necessitem de segunda intervenção para a remoção, minimizando intercorrências como, por exemplo, os riscos anestésicos, as infecções, estresse e custo do tratamento (Cunha et al., 2004; Bolson e Schossler, 2008).

Busca-se o desenvolvimento de hastes por materiais mais leves, resistentes, de menor custo e com características biocompatíveis com o tecido ósseo (Van Der Elst et al., 1999). Haste confeccionada em ligas de titânio seria um implante próximo do ideal para a utilização em osteossíntese de aves, já que esse material é leve e promove osteointegração, sem necessidade de posterior retirada.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a exequibilidade da haste bloqueada de titânio de ângulo não estável e a possível reparação óssea em fraturas transversas induzidas na diáfise umeral de galinhas, por meio de avaliação clínica, radiográfica e tomográfica, comparativamente ao uso do pino intramedular de aço isoladamente, até a completa consolidação da fratura.

1.2 Revisão de literatura

As aves ganharam espaço dentre os animais classificados como *pets*, principalmente pela facilidade de manejo, transporte e pouco espaço requerido. Entretanto as aves sofrem traumatismos, e desta forma, as osteossínteses estão entre os procedimentos mais corriqueiros na clínica cirúrgica aviária (Salvador et al., 2002).

Osteossínteses em aves são um grande desafio em detrimento ao estado clínico em que estas chegam aos centros de reabilitação. Não obstante, para reintrodução no antigo habitat, necessitam de máxima recuperação anatômica e funcional do osso fraturado. O prognóstico nas aves de cativeiro é menos exigente, pois tais animais não requerem recuperação total da funcionalidade do membro afetado, sendo mais favorável o prognóstico das fraturas nessas aves (Quirós et al., 2002; Gouvêa et al., 2011).

As técnicas e manobras utilizadas no reparo de fraturas em aves possuem muita similitude às usadas em mamíferos, tendo como escopo a anulação das forças mecânicas do foco de fratura, com estabilização rígida, além de restituir a estrutura anatômica e sua funcionalidade preservando o aporte neurovascular (Tully, 2002; Bolson e Schossler, 2008).

Para a correta escolha do método de fixação rígida em osteossínteses de aves, devem-se considerar as características biológicas e estilo de atividades, principalmente relacionados com a necessidade funcional posteriormente do membro acometido, não obstante, deve ser considerado o tipo de lesão, classificação da fratura e osso envolvido (Bennet, 1997). Outro fator inerente à complexidade operatória é o amplo espaço do canal medular, a característica pneumática e o alto teor de cálcio dos ossos (Bush, 1977; Bolson e Schossler, 2008).

Devido a tais características particulares ósseas nas aves, a consolidação ocorre na maioria das vezes por segunda intenção, isso porque raramente se consegue estabilização rígida que mantenha os fragmentos ósseos fraturados bem coaptados e estáveis (Bennet, 1992).

Segundo West et al. (1996), estudando fraturas em pombos, notaram macroscopicamente já nos primeiros quinze dias de pós-operatório formação de intenso calo fibrocartilaginoso, o qual segundo Williams et al. (1987), proporciona importante estabilidade, sendo fundamental para a consolidação óssea, porém este calo é detectado somente clinicamente, pois radiograficamente só será diagnosticado após mineralização, que ocorrerá entre três e seis semanas, assim o acompanhamento clínico é de fundamental importância na avaliação da consolidação óssea (Wissman, 1999).

A imagem radiográfica é impreterível no tocante ao planejamento pré-operatório e acompanhamento pós-operatório nos pacientes com fraturas, incluindo as aves, diagnosticando a classificação, grau de deslocamento e localização da fratura (Yamazoe et al., 1994; Fossum, 2005). Os outros fatores a serem considerados e avaliados incluem idade, peso e atividade do paciente após a cirurgia, bem como as limitações econômicas do cliente (Coles, 1985).

Várias metodologias e técnicas para reparo de fraturas utilizadas em mamíferos têm sido adaptadas para as aves (Levitt, 1989). A utilização de fixação

interna rígida de fraturas em aves possui alguns inconvenientes quando comparada em osteossínteses de mamíferos, pois nas aves os ossos são bem mais frágeis, com corticais muito delgadas e canal medular com grande diâmetro (Alievi et al., 2008), características estas que dificultam a fixação dos implantes ortopédicos (Ferraz et al., 2008; Gouvêa et al., 2011).

Quando a fratura acontece na asa, o úmero merece cuidado especial por se tratar de osso pneumático, com comunicação pela extremidade proximal com o saco aéreo clavicular, concomitantemente, desta forma, comunica-se com o saco torácico cranial e o pulmão ipsilateral. Infelizmente, caso a fratura umeral em aves seja exposta haverá grande chance de proporcionar pneumonia e aerosaculite (Wissman, 1999; Bolson e Schossler, 2008).

Em detrimento à proximidade do úmero com o tórax, quando há diagnóstico de fratura umeral indica-se a meticulosa inspeção torácica, e caso haja lesões, tornam-se estas, prioridades emergenciais, retardando o tratamento da fratura. As lesões do plexo nervoso, principalmente do nervo radial devem ser investigadas, pela intimidade anatômica deste com a diáfise umeral e pela reduzida massa muscular que os protege (Bolson et al. 2005a; Bolson e Schossler, 2008).

Segundo Alievi (1998) a redução das fraturas umerais em aves requer cuidados devido a presença de grande massa muscular peitoral que promove enorme força de distração no osso. Segundo Coles (1985) as fraturas umerais em aves são mais comumente observadas no terço médio diafisário e na epífise distal, o que segundo o mesmo autor explica-se pela escassa cobertura muscular nestas regiões.

Os principais sinais clínicos observados nas aves com fraturas umerais incluem asa caída, desnível entre as asas, atrito das penas da asa acometida com o solo, propiciando acúmulo de fezes e sujidades nas mesmas, e, naquelas que voam falha na tentativa de voar (Bolson et al., 2005b).

Após as osteossínteses umerais em cães e gatos não se recomenda a utilização de bandagens e talas, porém, o mesmo não acontece com as aves, principalmente se for utilizado somente o pino intramedular, por não anular as forças de rotação no foco de fratura (Dean, 1996).

Vários são os métodos e implantes de estabilização que podem, assim como em pequenos animais, serem utilizados em osteossínteses de aves, desta forma,

segundo Damián e colaboradores (2003) há a necessidade constante de atualização por parte dos ortopedistas sobre os novos métodos e implantes de estabilização, jamais se esquecendo de respeitar o comportamento biomecânico dos ossos longos, principalmente com relação às aves.

A utilização do pino intramedular é bastante corriqueira nas osteossínteses aviárias. Pesquisadores já o utilizaram de forma isolada em fratura de úmero num araçari-castanho (*Pteroglossus castanotis*), e obtiveram bons resultados com consolidação óssea com menos de 30 dias de pós-operatório, com aceitável alinhamento dos fragmentos fraturados, e o animal obteve retorno à vida livre por obter plena capacidade de voo (Bolson e Schossler, 2004).

O pino intramedular metálico foi utilizado também por Castro et al. (2004) em osteossínteses de úmero, fêmur e tibiotarso em psitacídeos, obtendo como resultados boa consolidação óssea em todos os animais independente do porte e peso, sem falhas do método e dos implantes.

Em contrapartida, alguns autores contraindicam a utilização dos pinos intramedulares isolados em aves, indicando o método somente na estabilização em que os proprietários não se interessem pelo voo após o procedimento. Alegam como desvantagens em relação a outros métodos a grande capacidade de causar injúrias articulares e periarticulares, causando lesões aos ligamentos, tendões e anquiloses, culminando na perda parcial ou total da funcionalidade do membro (Martin e Ritchie, 1994; Degernes et al., 1998).

Outra característica desfavorável da utilização do pino intramedular em aves é a pequena densidade óssea encontrada nas metáfises, o que não proporciona fixação aceitável dos pinos (West et al., 1996). Contudo, a utilização de pinos intramedulares isolados ou múltiplos, continua sendo a técnica mais utilizada na estabilização de fraturas aviárias, mesmo, não anulando as forças rotacionais e axiais (Bolson e Schossler, 2004).

Os fixadores esqueléticos externos (FEE) são corriqueiramente utilizados em osteossínteses de aves. Jackson (1996) cita a utilização dos FEE em fraturas umerais, em especial nas expostas, por permitir o acesso fácil aos ferimentos, não obstante, causar reduzidos danos na vascularização óssea e ainda não atrapalhar os movimentos articulares.

Mesmo sendo utilizados corriqueiramente na maioria das aves, os FEE são mais indicados em indivíduos de médio e grande porte, por possuírem corticais ósseas mais espessas, facilitando a colocação dos implantes com mais facilidade e estabilidade, quando comparado com os animais pequenos e jovens, minimizando desta forma as chances de ocorrer fraturas ou fissuras (Bellangeon e Patat, 1984; Williams et al., 1987; Bolson e Schossler, 2008).

Para Coles (1985) e Bennett e Kuzma (1992) a técnica de FEE em aves é desaconselhada, em detrimento ao grande número de não uniões ósseas. Segundo esses autores tal complicação provavelmente ocorre em função da atrofia do membro por desuso. Em contrapartida, vários autores citam a utilização de FEE em fraturas de aves, seja em úmero ou tibiotarso, relatando em emas, pombos, psitacídeos entre outros, apresentando bons resultados, rápida consolidação e bom restabelecimento motor (Freitas et al., 2003; Leotte et al., 2004).

A utilização de placas e parafusos, em aves, não é muito difundida, devido à característica peculiar da baixa resistência e aspecto quebradiço das corticais ósseas, principalmente do úmero, não proporcionando desta forma bom anteparo para a estabilização e rigidez das placas, ainda mais nas aves que voam, pois são submetidas a cargas aerodinâmicas específicas (Levitt, 1989).

A grande desvantagem da utilização de placas, FEE e dos pinos intramedulares é que há maior morbidade quando comparado com outros implantes ou enxertos intramedulares, isso ocorre devido à necessidade de segunda intervenção cirúrgica para a remoção dos implantes (Yamazoe et al., 1994; Wander et al., 2000). Várias pesquisas investigam meios para solucionar as fraturas das aves utilizando técnicas e materiais que não necessitem de segunda intervenção para a remoção, minimizando intercorrências como, por exemplo, os riscos anestésicos, as infecções, estresse e custo do tratamento (Wander et al., 2000; Gaiga et al., 2002; Cunha et al., 2004; Bolson, 2005; Bolson e Schossler, 2008).

As cirurgias ortopédicas em aves devem ser realizadas utilizando-se instrumental delicado, que proporcione manipulação adequada sem causar danos iatrogênicos, complicando ainda mais a estabilização e o prognóstico da fratura. Porém, infelizmente não há atualmente no mercado nacional materiais específicos para cirurgias ortopédicas de aves, resultando desta forma, na maioria das vezes, em

improvisos utilizando materiais odontológicos e oftálmicos para auxiliar na manipulação, redução e estabilização óssea (Bolson, 2007; Bolson e Schossler, 2008).

No intuito de desenvolver um método de estabilização que aliasse a facilidade de aplicação e as vantagens biomecânicas dos pinos intramedulares, com a rigidez e bloqueio das forças atuantes no foco de fratura oferecidas pelas placas e parafusos, foi descrito por Modney, na década de 50, a técnica de haste intramedular bloqueada (Gupta, 2001).

A haste intramedular bloqueada (*Interlocking Nail*) nada mais é do que a adaptação da haste de Küntscher, sendo basicamente um pino intramedular com orifícios transversais, proximais e distais ao foco de fratura, em posições padronizadas, que permitem a colocação de parafusos, consequentemente bloqueando e anulando as forças de rotação e axiais (Denny e Butterworth, 2000; Schamedeck, 2007).

Na medicina veterinária as hastes intramedulares foram utilizadas pela primeira vez em 1990, quando Dueland na América do Norte, e Durall e Diaz, na Espanha, desenvolveram, de forma independente, hastes e instrumental para utilização clínica (Dueland, 1995). Posteriormente, Vanozzi e colaboradores na Itália; Duhautois na França e Endo e colaboradores no Japão também desenvolveram modelos de hastes bloqueadas (Durall et al., 2001; Cunha et al., 2004).

O sistema utilizado nas cirurgias ortopédicas veterinárias utiliza de guia externo que é acoplado à extremidade proximal da haste intramedular, e desta forma, auxilia a localização exata dos orifícios da haste para inserção dos parafusos, possibilitando sua utilização mesmo sem a presença de fluoroscópio. Após o bloqueio o guia é removido (McLaughlin, 1999).

Segundo Dueland et al. (1999) a haste deve ser escolhida baseando-se no comprimento do osso por meio de radiografia pré-operatória, utilizando gabarito impresso em folha transparente, colocado sobre o filme radiográfico. São inseridas na cavidade medular de maneira normógrada ou retrógrada, e norteado pelas marcações do guia, são realizados os procedimentos de perfuração, macheamento e bloqueio dos orifícios da haste atarraxando os parafusos (Durall et al., 2001; Johnson e Hulse, 2002; Khare e Mehra, 2002; Cunha et al., 2004).

A haste bloqueada, como é fixada ao osso por meio dos parafusos, minimiza as forças atuantes sobre o foco fraturário (Johnson e Hulse, 2002). Desta forma, as hastes bloqueadas são consideradas biomecanicamente superiores aos pinos intramedulares, às placas e aos FEE (Dueland et al., 1999; Horstman et al., 2004; Schmaedeck, 2007).

Por se alocar no eixo neutro das forças, pelo maior momento de inércia e pela conformação geométrica, as hastes proporcionam maior rigidez frente à força de flexão, quando comparada à placa, e também menor taxa de fadiga do material (Galuppo et al., 2002). Tal fato ocorre, pois, os implantes localizados no interior do canal medular possuem resistência à flexão maior do que aqueles localizados em outro local, sendo menos suscetíveis à deformação (Muir et al., 1995; Schmaedecke, 2007).

Vários trabalhos demonstram a utilização da técnica em animais. Dueland et al. (1999) utilizaram haste bloqueada em 134 cães, sendo 92 fraturas de fêmur, 23 de tíbia e 19 de úmero, relatando que 83% dos casos foram tratados sem nenhuma complicação e apenas um paciente não apresentou consolidação óssea. A haste também é citada para estabilização de cirurgias corretivas, fraturas cominutivas, pseudoartroses e casos de exposição óssea (Hay e Johnson, 1995; Muir e Johnson, 1996; Lillich et al., 1999; Fitch et al., 2001; Lopez et al., 2001).

Poucos trabalhos relatam o uso da haste bloqueada em aves, até o presente momento foram encontrados apenas 3 relatos de caso e um estudo clínico prospectivo. Os relatos de caso consistiram na osteossíntese tibiotársica em uma Águia-de-cabeça-branca (*Haliaeetus leucocephalus*) (Hollamby S et al. , 2004), osteossíntese de fêmur em um Peru (*Meleagris gallopavo*) (Langley Hobbs SJ e Friend E., 2002) e osteossíntese tibiotársica em um Cisne Negro (*Cygnus atratus*) (Stejskal, 2011).

Os relatos referentes a Águia e ao Cisne reportam sucesso cirúrgico (Hollamby S et al. , 2004; Stejskal, 2011), com a consolidação óssea avaliada radiograficamente ocorrendo em torno de 4 semanas após a cirurgia, não houve ressalva em relação à intercorrências no transoperatório e no pós-operatório, ambos os trabalhos não reportam explicitamente qual a composição da haste bloqueada. Em relação a fratura femoral do Peru, os autores reportam sucesso clínico sem especificar o tempo de

consolidação óssea, entretanto os 4 parafusos da haste quebraram na oitava semana de pós-cirúrgico, sem afetar negativamente o estado clínico do animal; o material da haste foi o titânio nesse relato.

Apenas um estudo clínico prospectivo (Cherobini et al. , 2017) reporta o uso de haste intramedular bloqueada em aves, empregando hastes de poliamida 12 em fraturas diafisárias de úmero induzidas por meio de serra odontológica irrigada em galos (Plymouth Rock Branca), não houve intercorrências clínicas no trans e pós-cirúrgico e a consolidação óssea foi observada entre 4 e 5 semanas por meio de raio-x.

Os erros de bloqueio da haste pelos parafusos além da quebra ou dobra da haste e do(s) parafuso(s) são eventuais complicações decorrentes do uso de haste intramedular bloqueada, os quais podem ocasionar não união ou união retardada, e infecções (Schmaedecke, 2007).

Atualmente busca-se o desenvolvimento de hastes por materiais mais leves, resistentes, de menor custo e com características biocompatíveis com o tecido ósseo (Van Der Elst et al., 1999).

1.4 Referências

Alievi, M. M.; Oliveira, A.N.C.; Ferreira, P.A.; Traesel, C; Guimarães, L. D; Flores, F; Silva, S. F; Schossler, J. E. W. Osteossíntese de úmero em pombos domésticos (*Columba livia*) associando-se pinos metálicos e polimetilmetacrilato intramedulares após osteotomia diafisária. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.4, p.843-850, 2008.

Bellangeon, M.; Patat, J. L. Osteossíntese das asas dos pássaros. **A Hora Veterinária**, v. 4, n. 21, p. 13-20, 1984.

Bennet, R. A. Patient preparation for avian surgery. In: **ACVS VETERINARY SIMPOSIUM**, 1992, Miami. Proceeding Miami: The American College of Veterinary Surgeons, 1992. p. 622-624.

Bennett, R. A.; Kuzma, A. B. Fracture management in birds. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, n. 23, p. 5-38, 1992.

Bolson, J. **Comportamento do polímero de mamona (*Ricinus communis*) em ossos de codornas domésticas (*Coturnix japonica*)**. 2005. 57 f. Dissertação (Mestrado em cirurgia) - Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

Bolson, J. **Osteossíntese umeral em pombos domésticos (*Columba livia*) com a utilização de pino ósseo homólogo conservado em glicerina a 98%**. 2007. 137 f. Tese (Doutorado em Cirurgia) - Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária (PPGMV), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

Bolson, J.; Machado, G.; Zembrzuski, F. B.; Ornes R. C.; Schossler, J. E. W. Osteossíntese umeral em Coruja Buraqueira (*Athene cunicularia*): relato de caso. In: **ENCONTRO DE ZOOLOGICOS DO RIO GRANDE DO SUL, 1., 2005, Cachoeira do Sul. Anais...** Cachoeira do Sul, 2005b.

Bolson, J.; Machado, G.; Zembrzuski, F. B.; Ornes, R. C.; Schossler, J. E. W.; Vasconcelos, A. Fratura umeral exposta e ruptura do nervo radial em coruja de orelha (*Rhipoptyns clamator*). In: **ENCONTRO DE ZOOLOGICOS DO RIO GRANDE DO SUL, Cachoeira do Sul, 2005a.**

Bolson, J.; Schossler, J. E. W. Osteossíntese umeral em araçari castanho (*Pteroglossus castanoti*) com uso de pino de aço intramedular: relato de caso. In: **SIMPÓSIO GAÚCHO SOBRE ANIMAIS SELVAGENS, 1., 2004, Santa Maria. Anais...** Santa Maria: Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2004.

Bolson, J; Schossler, J. E. W. Osteossíntese em Aves - Revisão da Literatura. **Arquivo Ciências Veterinárias Zoológicas Unipar**, Umuarama, v. 11, n. 1, p. 55-62, 2008.

Brückner M, Unger M, Spies M. Early Clinical Experience with a Newly Designed Interlocking Nail System-Targon(®) **Vet. Vet Surg.** 2016 Aug;45(6):754-63

Coles, B. H. Surgery. In: **Avian medicine and surgery**. Philadelphia: Blackwell Scientific Publications, 1985. p. 148-154.

Cunha, O.; Rios, A.; Taffarel, M.O.; Fernades, D.R.; Cavalcante, C.Z.; Camargo, G.V.H. DE; Victor, K.M.; Sovinski, A.I.; Giordano, T. Osteossíntese de úmero com êmbolo de seringa em pombos domésticos. **Medvop Revista científica de medicina**

veterinária pequenos animais e animais de estimação, Curitiba, v. 2, n. 6, abr./jun. p. 87-90, 2004

Cherobini, E.P. & Carvalho, L.L. & Garcia, D.O. & Gosuen, Fernanda & Malta, C.A.S. & Facin, A.C. & Mattos Junior, Ewaldo & Magalhães, G.M. & Dias, Luis Gustavo. (2017). Applicability of polyamide 12 intramedullary locked rods in the stabilization of induced humeral fracture in cockerels (white plymouth rock) - In vivo study. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 69. 771-776. 10.1590/1678-4162-9357.

Dalmolin, F.; Schossler J.E.; Bertoletti, B.; Vasconcelos, A.; Muller, D.; Schosller, D.R.; Gomes, K. Modificações do fixador externo para osteossíntese umeral em pombos domésticos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.2, p.443-449, 2007.

Déjardin LM, Guiot LP, von Pfeil DJ. Interlocking nails and minimally invasive osteosynthesis. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 2012 Sep;42(5):935-62, vi. doi: 10.1016/j.cvsm.2012.07.004. Erratum in: **Vet Clin North Am Small Anim Pract**. 2014 Sep;44(5):xiii

Denny, H. R.; Butterworth, S. J. **A Guide to canine and feline orthopaedic surgery**. 4th ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. 634p.

Dueland, R. T. History and indications of interlocking nail fixation. In: **ACVS Veterinary Symposium**, 1995, Chicago, 29 October-1 November, p. 279.

Dueland, R. T.; Berglund L.; Vanderby, R. Jr.; Chao, E. Y. Structural properties of interlocking nails, canine femoral, and femur-interlocking nail constructs. **Veterinary Surgery**, Philadelphia, v. 25, n.5, p. 386-396, 1996.

Dueland, R. T.; Johnson, K. A.; Roe, S. C.; Engen, M. H.; Lesser, A. S. Interlocking nail treatment of long-bone fractures in dogs. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 214, n. 1, p. 59-66, 1999.

Durall, I.; Diaz, M.C.; Franch, J. Clavos cerrojados, un Nuevo concepyo en la fijación intramedular. In: **Internacional De Ortopedia Em Animales Dr. Wade O. Brinker**, 1., 2001, Cancun.

Ferraz, V. C. M.; Ferrigno, C. R. A.; Cortopassi, S. R. G., Lopes, R. S.; Isaza, R.; Kim, S. Avaliação radiográfica e de função de vôo após fixação de osteotomias distais do úmero em pombas (*Columba livia*), com modelo de fixador externo articulado. **Pesquisa Veterinária Braileira**, v. 28, n.8, p.351-357, 2008.

Freitas, S. H.; Pires, M.; Carvalho, H. S. Redução fechada e fixador externo em fratura umeral de ema (*Rhea americana*): relato de caso. **Clínica Veterinária**, n. 45, p. 40-42, 2003.

Gaiga, L. H. **Osteossíntese de úmero por xenoenxerto ósseo preservado em glicerina a 98% ou mel em pombos domésticos (*Columba livia*)**. 2002. 45 f. Dissertação (Mestrado em Cirurgia) - Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária (PPGMV), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

Galuppo, L. D.; Stover, S. M.; Aldridge, A.; Hewes, C.; Taylor, K. T. An in vitro biomechanical investigation of an MP35N intramedullary interlocking nail system for repair of third metacarpal fractures in adults horses. **Veterinary Surgery**, v. 31, n. 3, p. 211-225, 2002.

Gouvêa. A. S.; Alievii, M. M; et al. Microplacas de titânio em fraturas de tibiotarso em pombos domésticos. **Ciência Rural**, v.41, n. 3 , p. 476-482, 2011.

Gupta, A. Dynamic compression nail: a preliminary report. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 2, n. 6, p 1-4, 2001.

Hay, C. W.; Johnson, K. A. Interlocking nail fixation o fan opening wedge corrective osteotomy for femoral malunion in a dog. **Veterinary Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 8, p. 218-221, 1995.

Horstman, C. L.; Beale, B. S.; Conzemius, M. G.; Evans, R. R. Biological osteosynthesis versus traditional anatomic reconstruction of 20 long-bone fractures using an interlocking nail: 1994-2001. **Veterinary Surgery**, v. 33, n. 3, p. 232-237, 2004.

Hollamby S, Dejardin LM, Sikarskie JG, Haeger J. Tibiotarsal fracture repair in a bald eagle (*Haliaeetus leucocephalus*) using an interlocking nail. **J Zoo Wildl Med**. 2004 Mar;35(1):77-81.

Jackson, D. A. Tratamento das fraturas umerais. In: BOJRAB, M. J. **Técnicas atuais em cirurgia de pequenos animais**. São Paulo: Roca, 1996. p. 710-724.

Johnson, A. L., Hulse, D. A. Fundamentals of orthopedic surgery and fracture management of and management specific fractures. In FOSSUM, T. W., HEDLUND, C. S., HULSE, D. A. **Small animal surgery**, 2nd ed. St. Louis: Mosby, 2002. p. 821-1017.

Khare, A.; Mehra, M.M. Retrograde femoral interlocking nail in complex fractures. **Journal of Orthopaedic Surgery**, v. 10, n. 1, p. 17-21, 2002.

Langley-Hobbs SJ, Friend E. Interlocking nail repair of a fractured femur in a turkey. **Vet Rec**. 2002 Feb 23;150(8):247-8.

Leotte, A. M.; Raiser, A. G.; Braga, F. A.; Krauspenhar, L.; Camargo, S. F.; Flores, F. N.; Gomes, K.; Scherer R. S. Fixação esquelética externa tipo Ia (unilateral-uniplanar) para osteossíntese diafisária de úmero em pombos domésticos (*Columba livia*). **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1865-1870, 2004.

Levitt, L. Avian orthopedics: **Compendium on Continuing Education for Practicing Veterinarian**, v. 11, n. 8, p. 899-929, 1989.

Lillich, J. D.; Rousch, J. K.; De Bowes, R. M.; Mills, M. J. Interlocking intramedullary nail for a comminuted diaphyseal femoral fractures in an alpaca. **Veterinary Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v.12, n.2, p. 81-84, 1999

Mc Laughlin, R. M. Internal fixation: intramedullary pins, cerclage wires, and interlocking nails. **The Veterinary Clinics of North America – Small Animal Practice**, v. 29, n. 5, p. 1097-1119, 1999.

Muir, P.; Johnson, K. A. Interlocking intramedullary nail stabilization of a femoral fracture in a dog with osteomyelitis. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 209, n. 7, p. 1262-1264, 1996.

Muir, P.; Johnson, K. A.; Markell, M. D. Area moment of inertia for comparison of implant cross-sectional geometry and bending stiffness. **Veterinary Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 8, n. 2, p. 146-152, 1995.

Quirós, J.R.; Gramser, A. G.; Pena, P. L. Valoración prequirúrgica de las fracturas. Traumatología en aves. **Canis et Felis**, n.59, p.21-37, 2002.

Reems MR, Pluhar GE, Wheeler DL. Ex vivo comparison of one versus two distal screws in 8 mm model 11 interlocking nails used to stabilize canine distal femoral fractures. **Vet Surg.** 2006 Feb;35(2):161

Salvador, C.R.; García, P.P.; Quirós, J. R. Anatomía ósea. Traumatología en aves. **Canis et Felis**, n.59, p.9-20, 2002.

Schmaedecke, A. **Avaliação biomecânica de diferentes bloqueios transcorticais de interlocking nail em relação às forças de torção, encurvamento e axiais atuantes em fraturas diafisárias de fêmur de cães – estudo *in vitro*.** 2007. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

Stejskal, Marko & Radišić, B. & Pećin, Marko & Maticic, Drazen & Smolec, Ozren & Kreszinger, Mario & Pirkic, Boris & Kardum, Pero. (2011). Interlocking nail for tibiotarsal fracture repair in a black swan (*Cygnus atratus*) - a case report. **Veterinarski Arhiv.** 81. 785-791.

Suber J.T. 2004. Two techniques for supplementing interlocking nail repair of fractures of the humerus, femur, and tibia: results in 12 dogs and cats. **Vet. Surg.** 33(6):673-680.

Van der Elst, M.; Klein, C.P.A.T.; De Blieck-Hogervorst, J.M. Bone tissue response to biodegradable polymers used for intra medullary fracture fixation: a long-term in vivo study in sheep femora. **Biomaterials**, v.20, n.2, p.121-128, 1999.

Vallefuoco R, Le Pommellet H, Savin A, Decambon A, Manassero M, Viateau V, Gauthier O, Fayolle P. Complications of appendicular fracture repair in cats and small dogs using locking compression plates. **Vet Comp Orthop Traumatol.** 2016;29(1):46-52

Wander, K. M.; Schwarz, P. D.; James, S. P.; Powers, B. E.; Taylor, B.; Wimsatt, J. H. Fracture healing after stabilization with intramedullary xenograft cortical bone pins: a study in pigeons. **Veterinary Surgery**, v. 29, n.3, p. 237-244, 2000.

Williams, R.; Holland, M.; Milton, J. L A comparative study of treatment methods for long bone fractures. **Companion Animal Practice**, v. 1, n. 4, p. 48-55, 1987.

Wissman, M. A. New tools, diagnostics aid in bone and beak repair in birds. **Veterinary Product News**, v. 11, n. 6, p. 44-45, 1999.

Yamazoe, K.; Hibino, C.; Kudo, T.; Yanai, T. The reduction of humeral fracture in pigeons with intramedullary poly (methyl methacrylate) and neutralization plate fixation. **Journal Veterinary Medical Science**, v. 56, n.4, p. 739-745, 1994.

2 Capítulo 2 - Avaliação de diferentes técnicas de osteossíntese umeral em galinhas (*Gallus gallus domesticus*) – Artigo*

2.1 Abstract:

Objetivo: Avaliar a reparação óssea em fraturas transversas induzidas na diáfise umeral de galinhas (*Gallus gallus domesticus*), utilizando haste intramedular bloqueada ou pino intramedular.

Design do estudo: Estudo experimental prospectivo controlado não randomizado e não cego.

Animais: Doze aves (*Gallus gallus domesticus*), sendo seis machos e seis fêmeas.

Métodos: Foram realizadas osteotomias no terço média da diáfise umeral direita de galinhas (*Gallus gallus domesticus*). No grupo 1 (G1) os fragmentos ósseos osteotomizados foram estabilizados com haste intramedular de titânio com 4 mm de diâmetro, bloqueadas com parafusos ortopédicos de titânio de 1,5 mm de diâmetro, e no grupo 2 (G2) utilizou-se pino intramedular de aço inoxidável cirúrgico com 4 mm de diâmetro. Avaliações clínicas e radiográficas foram realizadas até a completa consolidação óssea. Avaliação tomográfica foi realizada no post mortem.

Resultados: O tempo de consolidação óssea clínica nos dois grupos avaliados foi semelhante (entre 28 e 35 dias pós-operatório). Radiograficamente e tomograficamente, no G1 não houve formação de calo exuberante quanto no G2. Clinicamente não houve diferença entre os grupos.

Conclusão: Ambas as técnicas foram eficazes para promoverem consolidação óssea (média de 28 dias), contudo o uso de haste bloqueada promoveu menor formação de calo ósseo e menor perda de alinhamento da coluna óssea.

Significância clínica: O uso de hastes bloqueadas em osteossínteses de aves deve ser considerado, diante da estabilidade proporcionada pelo implante, exequibilidade cirúrgica e menor formação de calo ósseo.

* Este capítulo corresponde ao artigo científico a ser submetido à revista *Veterinary Surgery*.

Link de acesso: **Apêndice B**

2.2 Introdução

As aves ganharam espaço dentre os animais classificados como *pets*,¹ principalmente pela facilidade de manejo, transporte e pouco espaço requerido. Porém, assim como os cães e gatos as aves sofrem traumatismos, e desta forma, as osteossínteses estão entre os procedimentos mais corriqueiros na clínica cirúrgica aviária.²

Quando submetidas a lesões traumáticas, podem sofrer fraturas nos ossos longos, destacando-se as fraturas de úmero e tibiotarso. Em aves de cativeiro, elas advêm principalmente de quedas, enrosco e esmagamentos em gaiolas, já nas de vida livre, são traumatizadas por obstáculos e barreiras físicas, além de acidentes automobilísticos e por armas de fogo.¹

Um dos principais desafios do manejo de fraturas em aves é a reintrodução no antigo *habitat*, uma vez que necessitam de máxima recuperação anatômica e funcional do osso fraturado. O prognóstico nas aves de cativeiro é menos exigente, pois tais animais não requerem recuperação total da funcionalidade do membro afetado.^{3,4} Em aves de vida livre, há a necessidade de recuperação plena da deambulação e atividade de vôo, estreitando as opções terapêuticas de osteossíntese para as que tenham alta taxa de sucesso com baixo impacto em termos de peso adicionado e necessidade de procedimentos cirúrgicos seriados.

A haste bloqueada, atenua as forças atuantes sobre o foco fraturário.⁵ São implantes considerados biomecanicamente superiores aos pinos intramedulares, às placas e aos fixadores esqueléticos externos (FEE).^{6,7} Por se alocar no eixo neutro das forças as hastes proporcionam maior rigidez frente à força de flexão, quando comparada à placa, e menor taxa de fadiga do material em longo prazo.^{5,8,9}

Osteossínteses com o uso de placas, FEE e pinos intramedulares em aves requerem uma segunda intervenção cirúrgica, além de oferecerem uma maior taxa de fadiga do material, diante disso, várias pesquisas investigam meios para solucionar as fraturas das aves utilizando técnicas e materiais que não necessitem de segunda intervenção para a remoção dos implantes, minimizando intercorrências como, por exemplo, os riscos anestésicos, as infecções, estresse e custo do tratamento.^{1,10}

Busca-se o desenvolvimento de hastes por materiais mais leves, resistentes, de menor custo e com características biocompatíveis com o tecido ósseo.¹¹ Hastes de titânio seriam implantes ideais para utilização em osteossíntese de aves, já que esse material é leve e promove osteointegração, sem necessidade de posterior retirada.

Poucos trabalhos relatam o uso da haste bloqueada em aves, até o presente momento foram encontrados apenas 3 relatos de caso e um estudo clínico prospectivo. Os relatos de caso consistiram na osteossíntese tibiotársica em uma Águia-de-cabeça-branca (*Haliaeetus leucocephalus*),¹² osteossíntese de fêmur em um Peru (*Meleagris gallopavo*) e osteossíntese tibiotársica em um Cisne Negro (*Cygnus atratus*).^{13,14} Apenas um estudo clínico prospectivo reporta o uso de haste intramedular bloqueada em aves (Plymouth Rock Branca).¹⁵

O objetivo do estudo foi avaliar a reparação óssea de dois métodos de estabilização (haste intramedular e pino intramedular) de fraturas induzidas (osteotomia transversa) na diáfise umeral de galinhas, por meio de avaliação clínica, radiográfica e tomográfica.

2.3 Material e métodos

2.3.1 Animais

Foram utilizadas doze aves (*Gallus gallus domesticus*), sendo seis machos e seis fêmeas, clinicamente saudáveis, isentas de deformidades anatômicas macroscopicamente visíveis. A média de peso dos animais foi de 5 kg, sendo 5,65 kg a média do peso dos machos e 4,6 kg das fêmeas. A idade de todos os animais no momento da cirurgia era de 120 dias.

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (Universidade Estadual Paulista – FCAV UNESP Jaboticabal) (nº 4654/16).

Os animais ficaram acondicionados em ambiente coletivo, divididos em pares, em gaiolas de 2 m², com estrado vazado coberto por material emborrachado. Passaram por processo de adaptação ao ambiente durante dez dias, antes de iniciar os procedimentos cirúrgicos. Foram alimentados diariamente com ração comercial para frango de engorda e água *ad libitum*.

Os animais foram divididos em dois grupos (G1 e G2), cada um contendo 3 machos e três fêmeas, divididos por meio de sorteio. Os animais do grupo G1 foram nomeados com o prefixo “H” seguido dos números 1 a 6, enquanto que os animais do grupo G2 foram nomeados com o prefixo “P” seguido dos números 1 a 6 (Tabela 1). No G1 foram utilizadas hastes intramedulares bloqueadas para a estabilização dos fragmentos ósseos, confeccionadas em titânio, maciças, com formato cilíndrico, e com 4 mm de diâmetro. Para o bloqueio das hastes foram utilizados parafusos ortopédicos auto atarraxantes de titânio de 1,5 mm de diâmetro, com comprimento variando de acordo com a necessidade. No G2 utilizou-se pinos intramedulares como método de estabilização dos fragmentos ósseos, confeccionados em aço inoxidável cirúrgico (316L), com 4 mm de diâmetro. Em ambos os grupos os comprimentos dos implantes foram escolhidos de tal forma a ficarem alocadas de metáfise a metáfise (úmero).

2.3.2 Procedimentos comuns

Previamente ao procedimento cirúrgico, os animais foram submetidos a jejum alimentar de duas horas. As aves foram pré-medicadas utilizando-se 6 mg/kg de metadona pela via intramuscular. A indução anestésica foi realizada com isoflurano (5V%) diluído em 100% de oxigênio por meio de máscara facial. Os animais foram entubados (orotraqueal) e a anestesia foi mantida pelo mesmo agente e sua concentração expirada foi mantida entre 1,3 e 1,5V%. O bloqueio do plexo braquial foi realizado utilizando bupivacaína na dose de 0,4 mL/ kg, com auxílio de eletroestimulador.

A asa direita da ave foi posicionada perpendicularmente à quilha e as penas de todo o membro foram removidas por arrancamento, excluindo aquelas da face caudal, cujo canhão das penas era demasiadamente espesso, e foram cortados com auxílio de tesoura. Foi adotado, no transoperatório, o decúbito lateral esquerdo e a antisepsia foi realizada utilizando-se álcool 70% e clorexidina a 0,2% de forma alternada por três vezes.

O acesso cirúrgico ao úmero direito foi realizado pela face dorsolateral, e após a exposição da diáfise foi efetuada a osteotomia (manual) transversa da diáfise umeral, de forma completa, com serra odontológica (1 mm de espessura), sob irrigação com NaCl 0,9%.

2.3.3 Procedimentos grupo G1

Após a osteotomia da diáfise, procedeu-se incisão cutânea em nível do tubérculo maior por onde o canal medular foi acessado com auxílio de furadeira a bateria e broca de 2 mm de diâmetro. Em ato contínuo foram utilizadas brocas de 3 mm, 3,5 mm e por último com a de 4

mm de diâmetro, porém de forma manual (acopladas a introdutor de Jacobs) para proceder a perfuração retilínea e homogênea de ambos os fragmentos ósseos, para a introdução da haste. Após redução dos fragmentos ósseos, a haste foi introduzida no canal medular, já conectada ao guia externo de perfuração, preenchendo todo o comprimento da diáfise, incluindo proximalmente o tubérculo maior até a altura do côndilo umeral (metáfise/epífise distal).

Para o bloqueio dos parafusos foi utilizada furadeira ortopédica com baixa rotação (bateria) e broca de 1 mm de diâmetro.

Foram realizados dois bloqueios para cada fragmento ósseo, em sentido lateromedial do úmero.

A síntese das camadas incisadas foi realizada com fio absorvível (tecido muscular e subcutâneo) e com fio inabsorvível na cútis utilizando padrões de sutura simples interrompido.

2.3.4 Procedimentos grupo G2

Após a osteotomia da diáfise, realizada da mesma forma que no G1, foi realizado incisão cutânea e dissecação do tecido subcutâneo até permitir acesso ao tubérculo maior, que foi perfurado de forma normógrada, com auxílio de furadeira a bateria e broca de 2 mm de diâmetro. Ato contínuo, após redução dos fragmentos ósseos, o pino de 4 mm foi introduzido no canal medular, através da perfuração já realizada, desde o tubérculo maior até a altura do côndilo umeral, em seguida o pino foi cortado com auxílio de cortador de pinos, o mais próximo possível ao osso, e calcado com auxílio de recalador e martelo ortopédico.

A síntese cutânea, assim como no grupo G1, foi efetuada com aproximação das camadas incisadas com fio absorvível (tecido muscular e subcutâneo) e inabsorvível na cútis utilizando o mesmo padrão de sutura.

2.3.5 Pós-operatório comum

O pós-operatório consistiu de exame clínico-ortopédico diário da asa operada em todos os animais, e limpeza da ferida operatória com gaze e solução fisiológica (NaCl 0,9%) até a remoção da síntese de cútis aos sete dias.

Como analgesia pós-operatória foi empregado meloxicam (1 mg/kg), IM por quatro dias. Caso o animal ficasse inapetente, se isolasse seria realizado a aplicação de metadona (3 mg/kg), IM. A profilaxia antimicrobiana foi realizada com a administração de Enrofloxacina (20 mg/kg) por cinco dias.

2.3.6 Avaliação clínica

As avaliações clínicas e ortopédicas foram realizadas diariamente pelo mesmo observador. Atentou-se para a presença de secreções, mudança de coloração da cútis, possível deiscência de sutura, temperatura local, edema, mobilidade das articulações próximas à osteossíntese, assim como verificação por palpação de instabilidade e crepitação no foco de fratura, desvios angulares impróprios e sensibilidade dolorosa à palpação.

2.3.7 Avaliação radiográfica

As avaliações radiográficas foram efetuadas previamente ao procedimento cirúrgico para diagnosticar qualquer alteração anatômica/estrutural que descredenciasse a ave para o

estudo, imediatamente após o procedimento cirúrgico, logo as aves retomassem os parâmetros fisiológicos aceitáveis que permitissem o respectivo deslocamento para a sala de radiologia, e subseqüente, a cada sete dias até completa evidência radiográfica de consolidação óssea.

Em todas as avaliações as projeções foram realizadas no sentido craniocaudal, com posicionamento da ave sobre a mesa bucky em decúbito dorsal e asa estendida caudalmente, e mediolateral, com a ave posicionada de forma semelhante, porém com a asa operada abduzida. Em ambas as projeções o chassi foi colocado imediatamente abaixo do animal.

2.3.8 Avaliação da consolidação

Foi considerado consolidação óssea clínica quando houve a visibilização de no mínimo três corticais ósseas em duas projeções radiográficas ortogonais.¹²

2.3.9 Avaliação tomográfica

A avaliação tomográfica foi realizada após a eutanásia dos animais. As imagens foram adquiridas pelo aparelho Aquilion Start 16 canais da Canon Medical Systems, sendo as imagens reconstruídas em 3D para a avaliação qualitativa descritiva.

2.4 Resultados:

2.4.1 Cirurgia

Não houve complicações relacionadas à hemorragia nem intercorrências com a inserção e bloqueio dos implantes durante o transoperatório. Apenas em um caso no G1 (Animal H1) ocorreu erro de bloqueio de um parafuso (orifício distal do fragmento distal).

Tanto a haste quanto o pino intramedular apresentaram diâmetro adequado para o canal medular das aves, não havendo complicações relacionadas a fraturas e fissuras indesejadas no momento de perfuração, inserção dos implantes e bloqueios das hastes.

2.4.2 Avaliação clínica

No período pós-operatório não se observou nenhum tipo de complicação relacionado à deiscência de sutura cutânea ou sinais de infecção, todos os animais apresentaram selamento completo da pele aos dez dias pós-operatórios. Alguns animais apresentaram hematoma subcutâneo no local do foco da fratura, onde se observou pele azul-esverdeada durante 15 a 20 dias após a cirurgia, porém sem nenhuma secreção ou sinais de sensibilidade aumentada, ocorrendo resolução espontânea.

Não se observou nenhum sinal respiratório que indicasse pneumonia ou contaminação de saco aéreo em detrimento da perfuração óssea e do íntimo contato entre a medular óssea e os sacos aéreos, bem como não houve nenhuma complicação relacionada à embolia gasosa devido ao osso umeral ser pneumático.

2.4.3 Avaliação radiográfica

Os achados radiográficos referentes ao grupo G1 evidenciaram imagens do pós-operatório imediato com linha de fratura transversa gerada em terço médio da diáfise umeral

direita, com discreto deslocamento translacional craniocaudal e mediolateral, não comprometendo o alinhamento entre os fragmentos e articulações.

Visibilizou-se haste intramedular de 4 mm de diâmetro ocupando cerca de 80% do canal medular, a qual se localizava desde o tubérculo maior até o final da diáfise do osso, sem invadir a superfície articular (Figura 1). Os parafusos de bloqueio ficaram posicionados dentro do orifício de bloqueio das hastes, e em apenas um animal (H1) houve um erro de bloqueio.

Dentre outras alterações observadas no aparato de estabilização, denotando certa dificuldade na execução da técnica, destaca-se o comprimento demasiado de alguns parafusos de bloqueio.

Aos 7 (sete) dias de pós-operatório não se observou alterações evidentes referentes à atividade óssea e alinhamento, apresentando imagens idênticas ao pós-imediato. Apenas dois animais apresentaram discreto espessamento da cortical óssea na linha de osteotomia, sugerindo início de atividade óssea (Grupo G1, pacientes H2 e H5).

Aos 14 dias de pós-operatório visibilizou-se início de atividade óssea próximo ao foco de fratura com calo ósseo discreto em todos os animais. Aos 21 dias de pós-operatório se observou a evolução da atividade óssea com aumento discreto do calo ósseo também em todos os animais.

Imagens radiográficas aos 28 dias demonstraram presença de calo ósseo e consolidação clínica (fechamento de três corticais ósseas em duas projeções radiográficas) em três dos seis animais avaliados (H2, H5 e H6) (Tabela 1). Os demais apresentavam calo ósseo, mas com linha de fratura ainda evidente que veio a apresentar consolidação clínica aos 35 dias (Tabela 1)

Aos 35 dias de pós-operatório era possível visibilizar nas imagens radiográficas, início de remodelamento ósseo em 4 animais e linha de fratura discreta em dois animais.

As evidências radiográficas no pós-operatório imediato do G2 (Figura 2) foram semelhantes para a maior parte dos animais, denotando linha de fratura transversa em terço médio de diáfise umeral direita (confeccionada no período transoperatório), com leve deslocamento translacional craniocaudal e mediolateral entre os fragmentos, porém não houve comprometimento do alinhamento ósseo das articulações do ombro e cotovelo.

Observou-se pino intramedular de 4 mm de diâmetro ocupando cerca de 80% do canal medular, o qual se localizava desde o tubérculo maior até a metáfise/epífise distal, sem invadir a articulação distal.

Aos 14 dias pós-operatório pode-se visibilizar início de atividade óssea próximo ao foco de fratura. Calo ósseo parcial pode ser evidenciado no 21º dia de pós-operatório, no dia 28 havia presença de calo ósseo exuberante e consolidação clínica em quatro dos seis animais avaliados (P1, P3, P5 e P6) (Tabela 1), os outros dois animais apresentaram consolidação clínica aos 35 dias de pós-operatório. Na radiografia do 35º dia pós-operatório já era possível visibilizar início de remodelamento ósseo.

2.4.4 Avaliação tomográfica

A avaliação qualitativa da reconstrução 3D tomográfica (Figura 3), permitiu avaliar o volume do calo ósseo e o alinhamento ósseo intramedular. Imagens do grupo G2 indicaram a formação de calo ósseo exuberante ao redor da linha de fratura e no caso do paciente P4, notou-se que o calo ósseo se estendia de forma ostensiva em direção proximal, cenário distinto do observado no grupo das hastes, em que o calo ósseo apresentou menor volume, mais concentrado ao redor da linha de fratura e com densidade mais próxima ao do osso, indicando assim processo mais avançado de remodelamento ósseo.

Observou-se que no grupo das hastes, a coluna óssea se apresentava mais alinhada e no local do calo ósseo o processo de remodelação óssea apresentava-se mais avançado.

2.5 Discussão

A utilização de fixação interna rígida de fraturas em aves possui alguns inconvenientes quando comparada à osteossíntese de mamíferos, pois nas aves os ossos são bem mais frágeis, com corticais delgadas e maior diâmetro do canal medular,¹⁶ características essas que dificultam a fixação dos implantes ortopédicos.^{4,18}

Em nosso estudo não foi observado dificuldade na colocação dos implantes, com exceção apenas de um erro de bloqueio (H1) o que não comprometeu a consolidação óssea comparativamente aos demais animais do mesmo grupo.

Ainda relacionado a essas características particulares dos ossos das aves, raramente se consegue estabilização rígida que mantenha os fragmentos ósseos fraturados bem coaptados e estáveis, ainda menos promover a compressão interfragmentária e, por isso, a consolidação ocorre, na maioria das vezes, por segunda intenção.^{1,18} Desta forma, sempre haverá formação de calo ósseo exuberante, porém deve-se sempre almejar a estabilização óssea mais rígida possível, com intuito de evitar exuberância do calo a ponto de dificultar a execução da função do membro. Contudo, alguns autores salientam que aves podem apresentar um calo ósseo intramedular maior perante o calo periosteal,^{17,19} em nosso estudo tomográfico tal fenômeno não foi observado, percebemos que não houve formação significativa de calo intramedular em ambos os grupos.

A única complicação encontrada no presente estudo, em relação à implantação da haste bloqueada, foi o erro de bloqueio de um parafuso, porém sem comprometimento da estabilidade do sistema. Essa complicação é relatada na literatura em hastes de aço usada em animais de companhia.^{20,21}

No presente estudo não foi observado nenhuma complicação trans ou pós-operatória relacionada à presença de secreções e sangramento do trato respiratório, dispneia, pneumonia, nem mesmo embolia gasosa, mesmo tendo sido usado implantes intramedulares (G1 e G2), e no G1 o úmero ter sido perfurado manualmente com brocas de diferentes diâmetros. Uma hipótese que poderia explicar esse fenômeno seria a perfuração manual delicada e lenta, minimizando o trauma do osso pneumático.

Após a cirurgia, os animais de ambos os grupos (G1 e G2) movimentavam o membro normalmente com boa amplitude de movimento e sem aparentarem sensibilidade dolorosa, semelhante a relatos na literatura, ao utilizarem implantes semelhantes.^{15,17,19}

Além disso é importante que se tenha completa recuperação da função de voo em aves de vida livre para que sejam reintroduzidas no seu habitat.⁴ Como utilizamos galinhas no presente estudo, o voo não pode ser avaliado, porém os animais apresentaram completa recuperação dentro do considerado normal para a espécie. Radiograficamente e tomograficamente, no G1 não houve formação de calo ósseo exuberante comparativamente ao G2, devido a maior estabilidade proporcionada pelo sistema (haste bloqueada). Aventa-se que o calo ósseo menos exuberante, resultará em menor peso e principalmente menor interferência com os tecidos moles adjacentes da asa acometida, facilitando o voo em aves selvagens, além disso, o titânio por ser mais leve e biocompatível, denota vantagens em casos de infecção óssea.

Em relação ao alinhamento ósseo na avaliação tomográfica (Figura 3), percebe-se que o grupo cuja osteossíntese foi realizada por meio da haste bloqueada, apresentou menor perda do alinhamento da coluna óssea, aventa-se que isso ocorreu devido à maior estabilidade proporcionada pelo sistema bloqueado.

O tempo de consolidação óssea clínica nos dois grupos avaliados foi semelhante (entre 28 e 35 dias pós-operatório). Resultados similares foram atingidos em outro estudo com o uso de hastes bloqueadas em úmeros de galos.¹⁵ Vale ressaltar que até mesmo o G2 que utilizou somente o pino intramedular, mecanicamente mais limitado que o fixador externo, demonstrou mais precocidade de consolidação quando comparado aos autores acima citados.

Um estudo que avaliou a osteossíntese umeral em pombos,¹⁶ comparou quatro grupos utilizando pinos cruzados com e sem rosca e com ou sem utilização de metilmetacrilato no foco de fratura e concluíram que o uso do cimento ósseo proporcionou maior estabilidade, reduzindo o tempo de consolidação para 24 dias, contudo citaram desvantagens da técnica ao utilizarem o metilmetacrilato (não osteointegrável).

As desvantagens para uso de pino intramedular em aves concentram na falta de osso denso na metáfise e a presença de trabéculas ósseas finas ao longo do comprimento do osso, que permitem a migração do pino e a instabilidade rotacional da fratura.¹⁹ Diferentemente do afirmado por esses autores, não foi observada migração do pino em nenhum animal, e, apesar de não ter sido avaliada a estabilidade torcional, o tempo de consolidação no grupo de pino intramedular (G2) foi relativamente curto.

As hastes intramedulares bloqueadas, bem como os pinos intramedulares, foram métodos de estabilização eficazes para as fraturas induzidas nesse trabalho, desde que a perfuração do canal medular seja realizada de forma manual e lenta. Pode-se concluir também que o tempo de consolidação óssea clínica foi semelhante entre os grupos estudados (28-35 dias), contudo o uso de haste bloqueada, por ser implante mais rígido, promoveu menor formação de calo ósseo e menor perda de alinhamento ósseo.

É importante salientar que uma das limitações do estudo foi o uso de hastes intramedulares de ângulo não estável, ainda não disponíveis nessas dimensões no mercado brasileiro à época em que o estudo foi realizado. As hastes de ângulo estável proporcionam maior estabilidade no conjunto haste parafuso,²² diminuindo a mobilidade e movimento do implante, o que poderia minimizar o tempo de consolidação óssea no presente estudo, principalmente por se tratar de um osso (úmero) com alto grau de forças torcionais e axiais.

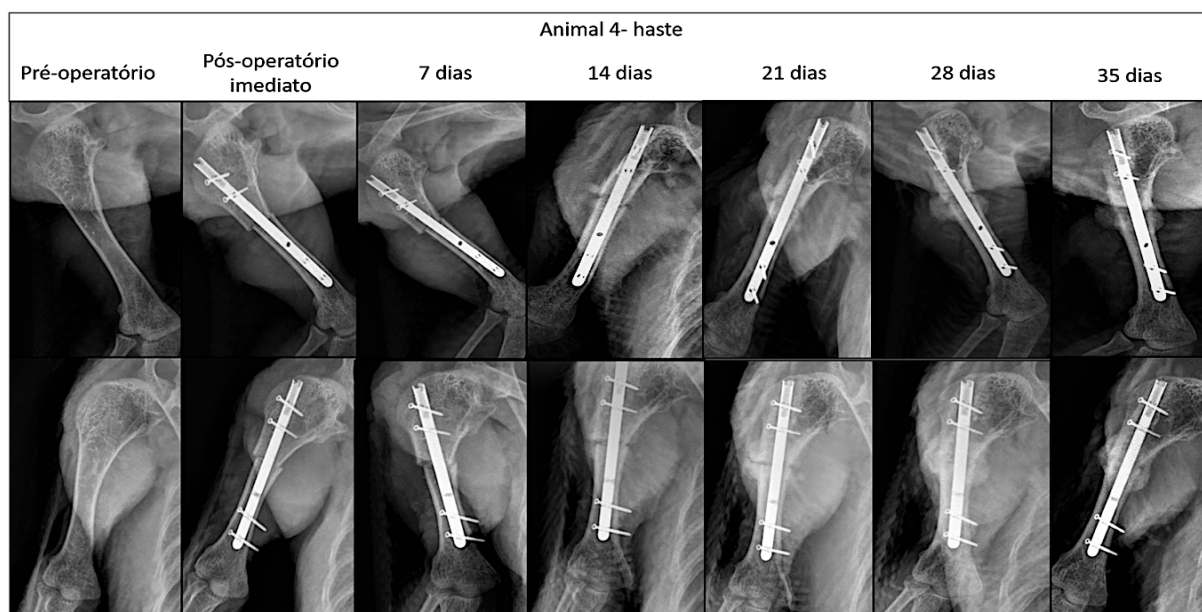


Figura 1 Radiografia do animal H4 do grupo G1.



Figura 2 Radiografia do animal P5 do grupo G2.

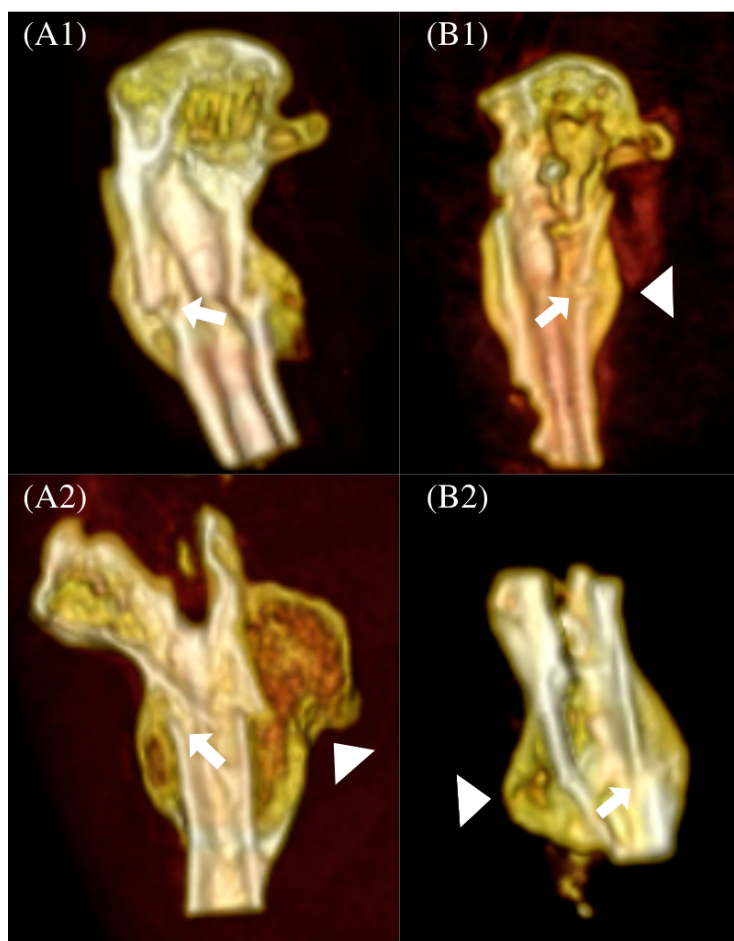


Figura 3 Reconstrução 3D tomográfica obtida das amostras dos pacientes P1 (A1), P4 (A2), H1 (B1) e H3 (B2). As pontas das setas indicam para a presença do calo ósseo e a setas inteiras para a endentação óssea.

Tabela 1 Tempo de consolidação em dias no Grupo G1 e G2.

Grupo G1	Tempo para consolidação em dias - G1	Grupo G2	Tempo para consolidação em dias - G2
Animal H1	35	Animal P1	28
Animal H2	28	Animal P2	35
Animal H3	35	Animal P3	28
Animal H4	35	Animal P4	35
Animal H5	28	Animal P5	28
Animal H6	28	Animal P6	28

2.6 Referências

1 - Bolson, J; Schossler, J. E. W. Osteossíntese em Aves - Revisão da Literatura. Arquivo Ciências Veterinárias Zoológicas Unipar, Umuarama, v. 11, n. 1, p. 55-62, 2008.

2- Salvador, C.R.; García, P.P.; Quirós, J. R. Anatomía ósea. Traumatología en aves. Canis et Felis, n.59, p.9-20, 2002.

3- Quirós, J.R.; Gramser, A. G.; Pena, P. L. Valoración prequirúrgica de las fracturas. Traumatología en aves. Canis et Felis, n.59, p.21-37, 2002.

4- Gouvêa. A. S.; Alievi, M. M.; Noriega, V.; Dal-Bó, Í. S.; Pinto, T. M.; Menezes, C. L. M.; Silva, R. B.; Silva, L. M.; Velasque, A. G.; Pinto, L. A. T.; Coelho, A. J. A. Microplacas de titânio em fraturas de tibiotarso em pombos domésticos. Ciência Rural, v.41, n. 3 , p. 476-482, 2011.

5 - Déjardin LM, Guiot LP, von Pfeil DJ. Interlocking nails and minimally invasive osteosynthesis. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2012 Sep;42(5):935-62, vi. doi: 10.1016/j.cvsm.2012.07.004. Erratum in: Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2014 Sep;44(5):xiii

6 - Horstman, C. L.; Beale, B. S.; Conzemius, M. G.; Evans, R. R. Biological osteosynthesis versus traditional anatomic reconstruction of 20 long-bone fractures using an interlocking nail: 1994-2001. Veterinary Surgery, v. 33, n. 3, p. 232-237, 2004.

7 - Schmaedecke, A. Avaliação biomecânica de diferentes bloqueios transcorticais de interlocking nail em relação às forças de torção, encurvamento e axiais atuantes em fraturas diafisárias de fêmur de cães – estudo in vitro. 2007. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

8 - Brückner M, Unger M, Spies M. Early Clinical Experience with a Newly Designed Interlocking Nail System-Targon® Vet. Vet Surg. 2016 Aug;45(6):754-63

- 9 - Vallefucio R, Le Pommellet H, Savin A, Decambren A, Manassero M, Viateau V, Gauthier O, Fayolle P. Complications of appendicular fracture repair in cats and small dogs using locking compression plates. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2016;29(1):46-52
- 10 - Cunha, O.; Rios, A.; Taffarel, M.O.; Fernandes, D.R.; Cavalcante, C.Z.; Camargo, G.V.H. DE; Victor, K.M.; Sovinsky, A.I.; Giordano, T. Osteossíntese de úmero com êmbolo de seringa em pombos domésticos. *Medvop Revista científica de medicina veterinária pequenos animais e animais de estimação, Curitiba*, v. 2, n. 6, abr./jun. p. 87-90, 2004.
- 11 - Van der Elst, M.; Klein, C.P.A.T.; DE Blicck-Hogervost, J.M. Bone tissue response to biodegradable polymers used for intra medullary fracture fixation: a long-term in vivo study in sheep femora. *Biomaterials*, v.20, n.2, p.121-128, 1999.
- 12- Hollamby S, Dejardin LM, Sikarskie JG, Haeger J. Tibiotarsal fracture repair in a bald eagle (*Haliaeetus leucocephalus*) using an interlocking nail. *J Zoo Wildl Med.* 2004 Mar;35(1):77-81.
- 13- Langley-Hobbs SJ, Friend E. Interlocking nail repair of a fractured femur in a turkey. *Vet Rec.* 2002 Feb 23;150(8):247-8.
- 14 - Stejskal, Marko & Radišić, B. & Pećin, Marko & Maticic, Drazen & Smolec, Ozren & Kreszinger, Mario & Pirkic, Boris & Kardum, Pero. (2011). Interlocking nail for tibiotarsal fracture repair in a black swan (*Cygnus atratus*) - a case report. *Veterinarski Arhiv.* 81. 785-791.
- 15 - Cherobini, E.P. & Carvalho, L.L. & Garcia, D.O. & Gosuen, Fernanda & Malta, C.A.S. & Facin, A.C. & Mattos Junior, Ewaldo & Magalhães, G.M. & Dias, Luis Gustavo. (2017). Applicability of polyamide 12 intramedullary locked rods in the stabilization of induced humeral fracture in cockerels (white plymouth rock) - In vivo study. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.* 69. 771-776. 10.1590/1678-4162-9357.
- 16 - Alievi, M. M.; Oliveira, A.N.C.; Ferreira, P.A.; Traesel, C; Guimarães, L. D; Flores, F; Silva, S. F; Schossler, J. E. W. Osteossíntese de úmero em pombos domésticos (*Columba livia*) associando-se pinos metálicos e polimetilmetacrilato intramedulares após osteotomia diafisária. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.60, n.4, p.843-850, 2008.
- 17 - Ferraz, V. C. M.; Ferrigno, C. R. A.; Cortopassi, S. R. G., Lopes, R. S.; Isaza, R.; Kim, S. Avaliação radiográfica e de função de vôo após fixação de osteotomias distais do úmero em pombas (*Columba livia*), com modelo de fixador externo articulado. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 28, n.8, p.351-357, 2008.
- 18 - Bennet, R. A. Patient preparation for avian surgery. In: *ACVS VETERINARY SIMPOSIUM*, 1992, Miami. Proceeding Miami: The American College of Veterinary Surgeons, 1992. p. 622-624.
- BOLSON, J; SCHOSSLER, J. E. W. Osteossíntese em Aves - Revisão da Literatura. *Arquivo Ciências Veterinárias Zoológicas Unipar, Umuarama*, v. 11, n. 1, p. 55-62, 2008.

19 - Dalmolin, F.; Schossler J.E.; Bertolotti, B.; Vasconcelos, A.; Muller, D.; D.R.; Gomes, K. Modificações do fixador externo para osteossíntese umeral em pombos domésticos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.37, n.2, p.443-449, 2007.

20 - Suber J.T. 2004. Two techniques for supplementing interlocking nail repair of fractures of the humerus, femur, and tibia: results in 12 dogs and cats. *Vet. Surg.* 33(6):673-680.

21 - Reems MR, Pluhar GE, Wheeler DL. Ex vivo comparison of one versus two distal screws in 8 mm model 11 interlocking nails used to stabilize canine distal femoral fractures. *Vet Surg.* 2006 Feb;35(2):161-7.

22- Déjardin LM, Cabassu JB, Guillou RP, Villwock M, Guiot LP, Haut RC. In vivo biomechanical evaluation of a novel angle-stable interlocking nail design in a canine tibial fracture model. *Vet Surg.* 2014 Mar;43(3):271-81.

3 CAPÍTULO 3 – Metodologia

3.1 Metodologia

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da instituição (Universidade Estadual Paulista – FCAV UNESP Jaboticabal) (nº 4654/16).

3.1.1 Descrição dos animais

Foram utilizadas doze aves (*Gallus gallus domesticus*), sendo seis machos e seis fêmeas, clinicamente sadias, isentas de deformidades anatômicas macroscopicamente visíveis. A idade de todos os animais no momento da cirurgia era de 120 dias.. Os animais ficaram acondicionados em ambiente coletivo, divididos em pares ou trios, em gaiolas de 2 m², com chão vazado coberto por material emborrachado. Passaram por processo de adaptação ao ambiente durante dez dias, antes de iniciar os procedimentos cirúrgicos. Foram alimentados diariamente com ração comercial para frango de engorda e água *ad libitum*.

3.1.2 Grupos

Os animais foram divididos em dois grupos (G1 e G2) (Apêndice A), cada um contendo 3 machos e três fêmeas. No G1 as hastes¹ utilizadas foram confeccionadas de titânio, maciças, com formato cilíndrico, e com 4 mm de diâmetro, com comprimento condizente com o canal medular dos úmeros. Para o bloqueio das hastes foram utilizados parafusos ortopédicos¹ auto atarraxantes de titânio de 1,5 mm de diâmetro, com comprimento variando de acordo com a necessidade. No G2 os pinos intramedulares foram confeccionados de aço inoxidável cirúrgico, com 4 mm de diâmetro, e o comprimento utilizado foi condizente com o canal medular dos úmeros.

3.1.3 Procedimento anestésico

Previamente ao procedimento cirúrgico, os animais foram submetidos a jejum alimentar de duas horas. As aves foram pré-medicadas utilizando-se 6 mg/kg de

metadona pela via intramuscular. A indução anestésica foi realizada com isoflurano (5V%) diluído em 100% de oxigênio por meio de máscara facial. Os animais foram entubados (orotraqueal) e a anestesia foi mantida pelo mesmo agente e sua concentração expirada foi mantida entre 1,3 e 1,5V%.

Todos os animais foram submetidos ao bloqueio do plexo braquial pela abordagem paravertebral (G1) e pela tradicional (G2), com intervalo mínimo de uma semana entre as anestésias. A ordem de execução foi realizada de forma aleatória, por sorteio, sendo que o avaliador não estava ciente da abordagem realizada. Para a realização do bloqueio tradicional, a asa da ave foi posicionada perpendicularmente à quilha e as penas ao redor da região da articulação do ombro foram removidas, sendo realizada antissepsia com clorexidina 0,2%. O plexo foi localizado com o auxílio de estimulador de nervos periféricos (Stimuplex HNS 12[®]), com configuração inicial de 1 mA e 1 Hz, cuja agulha foi inserida próxima à articulação escápulo-umeral, na musculatura peitoral a um ângulo de 90° entre o pescoço e a asa. A corrente foi gradativamente reduzida até se observarem contrações musculares com valores de 0,5mA, e ausência de com valores de 0,3 mA. O bloqueio foi realizado utilizando 0,4 mL/kg de bupivacaína 0,5% sem vasoconstritor.

Para a realização do bloqueio pela abordagem paravertebral, os animais foram posicionados em decúbito esternal e os nervos paravertebrais cervicais originados entre as vértebras C9-C12 foram localizados com o auxílio do estimulador de nervos periféricos, assim como descrito anteriormente. O bloqueio foi realizado com 0,2 mL/kg de bupivacaína 0,5% sem vasoconstritor.

3.1.4 Período pré-operatório

A asa direita da ave foi posicionada perpendicularmente à quilha e as penas de todo o membro foram removidas por arrancamento, excluindo aquelas da face caudal, cujo canhão das penas era demasiadamente espesso, e foram cortados com auxílio de tesoura. Foi adotado, no transoperatório, o decúbito lateral esquerdo e a antissepsia foi realizada utilizando-se álcool 70% e clorexidina a 0,2% de forma alternada por três vezes.

O acesso cirúrgico ao úmero direito foi abordado pela face dorsolateral, e após a exposição da diáfise foi efetuada a osteotomia transversa da diáfise umeral, de

forma completa, manualmente com serra odontológica (1 mm de espessura), sob irrigação com NaCl 0,9%.

3.1.5 Implantação das hastes (G1)

Após osteotomia da diáfise, procedeu-se incisão cutânea em nível do tubérculo maior, por onde o canal medular foi perfurado manualmente com auxílio de brocas de diferentes diâmetros, ou seja, inicialmente se utilizou broca de 2 mm de diâmetro acoplada a mandril (Jacobs), em ato contínuo prosseguiu-se em ambos os fragmentos ósseos (proximal e distal) com brocas de 3 mm, 3,5 mm e por último com a de 4 mm de diâmetro. Desta forma criou-se perfuração retilínea e homogênea, facilitando a implantação da haste sem necessitar de manobras adicionais. Após redução dos fragmentos ósseos, a haste foi introduzida no canal medular, já corretamente conectada ao guia externo de perfuração, preenchendo todo o comprimento da diáfise, incluindo proximalmente o tubérculo maior até a altura do côndilo umeral (distalmente).

Os fragmentos ósseos foram corretamente alinhados e estabilizados para perfuração óssea e bloqueio dos parafusos. A perfuração foi realizada com furadeira ortopédica com baixa rotação (bateria) e broca de 1 mm de diâmetro, perfurando as duas corticais ósseas, e para isso transpassou o orifício da haste guiada pelo guia externamente conectado à ela.

Foram feitas duas perfurações em cada fragmento ósseo, seguindo as orientações do guia externo. A direção das perfurações para os bloqueios de cada fragmento obedeceu ao sentido lateromedial do úmero. Após cada perfuração o comprimento do parafuso foi escolhido usando medidor de profundidade e, em seguida, o parafuso foi atarraxado. Após a colocação dos quatro parafusos de bloqueio removeu-se o guia externo de orientação das perfurações, desconectando a haste do aparato, permanecendo somente a haste no canal intramedular, bloqueada por quatro parafusos

A síntese no grupo G1 foi efetuada com aproximação das camadas incisadas com fio absorvível na musculatura e subcutâneo e inabsorvível na cútis utilizando padrões de sutura de rotina. O pós-operatório consistiu de exame clínico-ortopédico

diário da asa operada em todos os animais, e limpeza da ferida operatória com gaze e solução fisiológica (NaCl 0,9%) até a remoção da síntese de cútis com sete dias.

3.1.6 Implantação do pino intramedular (G2)

Após a osteotomia da diáfise, realizada da mesma forma que no G1, assim como incisão cutânea e dissecação do tecido subcutâneo até permitir acesso ao tubérculo maior, utilizou-se furadeira a bateria e broca de 2 mm de diâmetro para confeccionar o orifício de entrada do pino intramedular. Ato contínuo, após redução dos fragmentos ósseos, o pino de 4 mm foi introduzido no canal medular, através da perfuração já realizada, desde o tubérculo maior até a altura do côndilo umeral e, em seguida, o pino foi cortado com auxílio de cortador de pinos, o mais próximo possível ao osso, e em seguida foi calcado com auxílio de recalador e martelo ortopédico.

A síntese no grupo G2 assim como no G1 foi efetuada com aproximação das camadas incisadas com fio absorvível na musculatura e subcutâneo e inabsorvível na cútis utilizando padrões de sutura de rotina. O pós-operatório consistiu de exame clínico-ortopédico diário da asa operada em todos os animais, e limpeza da ferida operatória com gaze e solução fisiológica (NaCl 0,9%) até a remoção da síntese de cútis com sete dias.

3.1.7 Avaliação clínica diária

As avaliações clínicas e ortopédicas foram realizadas diariamente pelo mesmo observador. Atentou-se para a presença de secreções, mudança de coloração da cútis, possível deiscência de sutura, temperatura local, edema, mobilidade das articulações próximas à osteossíntese, assim como verificação por palpação de instabilidade e crepitação no foco de fratura, desvios angulares impróprios e sensibilidade dolorosa à palpação.

3.1.8 Manejo medicamentoso pós-cirúrgico

Como analgesia pós-operatória foi empregado meloxicam (1 mg/kg), IM por quatro dias. Caso o animal ficasse inapetente, se isolasse seria realizado a aplicação de

metadona³ (3 mg/kg), IM. A profilaxia antimicrobiana foi realizada com a administração de enrofloxacina⁵ (20 mg/kg) por cinco dias.

3.1.9 Avaliação radiográfica

As avaliações radiográficas (Apêndice A) foram efetuadas previamente ao procedimento cirúrgico para diagnosticar qualquer alteração anatômica/estrutural que descredenciasse a ave para o estudo, imediatamente após o procedimento cirúrgico, logo as aves retomassem os parâmetros fisiológicos aceitáveis que permitissem o respectivo deslocamento para a sala de RX. Posteriormente, os animais de ambos os grupos foram submetidos ao exame radiográfico a cada sete dias até completa evidência radiográfica de formação de calo ósseo. Em todas as avaliações as projeções foram realizadas no sentido craniocaudal, com posicionamento da ave sobre a mesa Bucky em decúbito dorsal e a asa estendida caudalmente, e mediolateral, com a ave posicionada de forma semelhante, porém com a asa operada abduzida. Em ambas as projeções o chassi foi colocado imediatamente abaixo do animal.

3.1.10 Eutanásia (G1 e G2)

Após o término das avaliações radiográficas (consolidação óssea), os animais foram submetidos à eutanásia por meio da inalação de altas concentrações inspiradas de isoflurano, diluído em oxigênio, por meio de máscara.

3.1.11 Avaliação Tomográfica

A avaliação tomográfica foi realizada após a eutanásia dos animais. As imagens (Apêndice A) foram adquiridas pelo aparelho Aquilion Start 16 canais da Canon Medical Systems, sendo as imagens reconstruídas em 3D para a avaliação qualitativa descritiva.

APÊNDICES

Apêndice A – Tabelas e Imagens

Configuração dos grupos

Tabela 1A Configuração dos animais do experimento

Grupo G1	Grupo G2
Animal H1	Animal P1
Animal H2	Animal P2
Animal H3	Animal P3
Animal H4	Animal P4
Animal H5	Animal P5
Animal H6	Animal P6

Imagens radiográficas

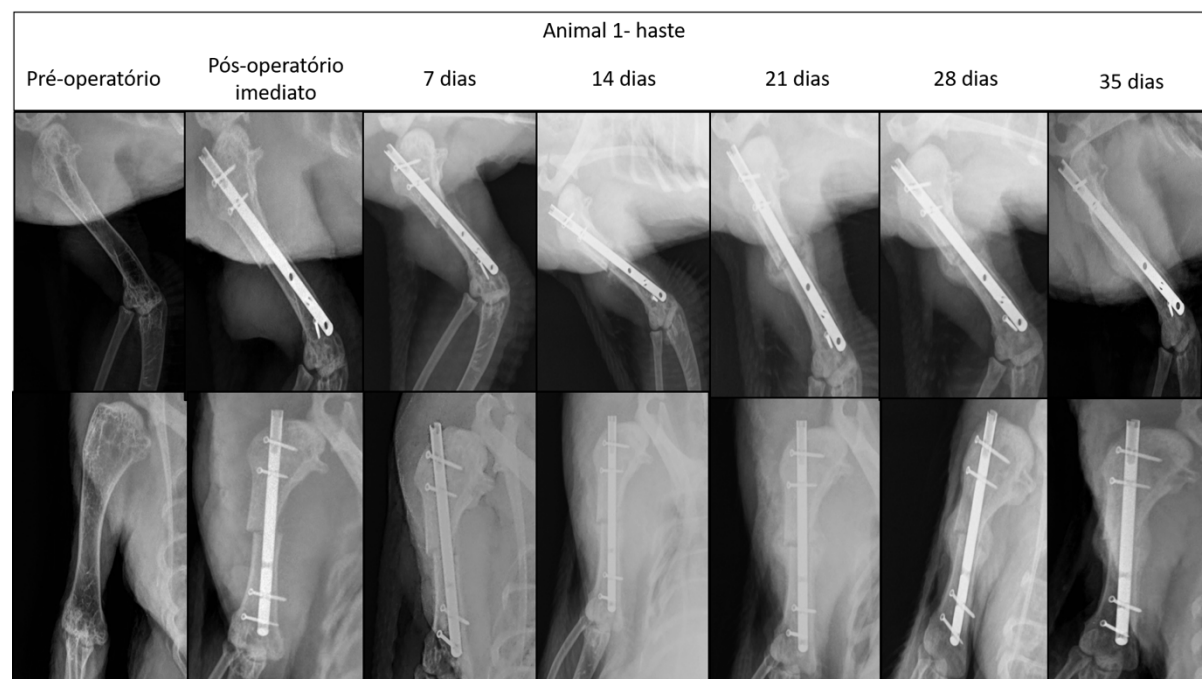


Figura 1A: Sequência radiográfica do Animal H1 do grupo G1.

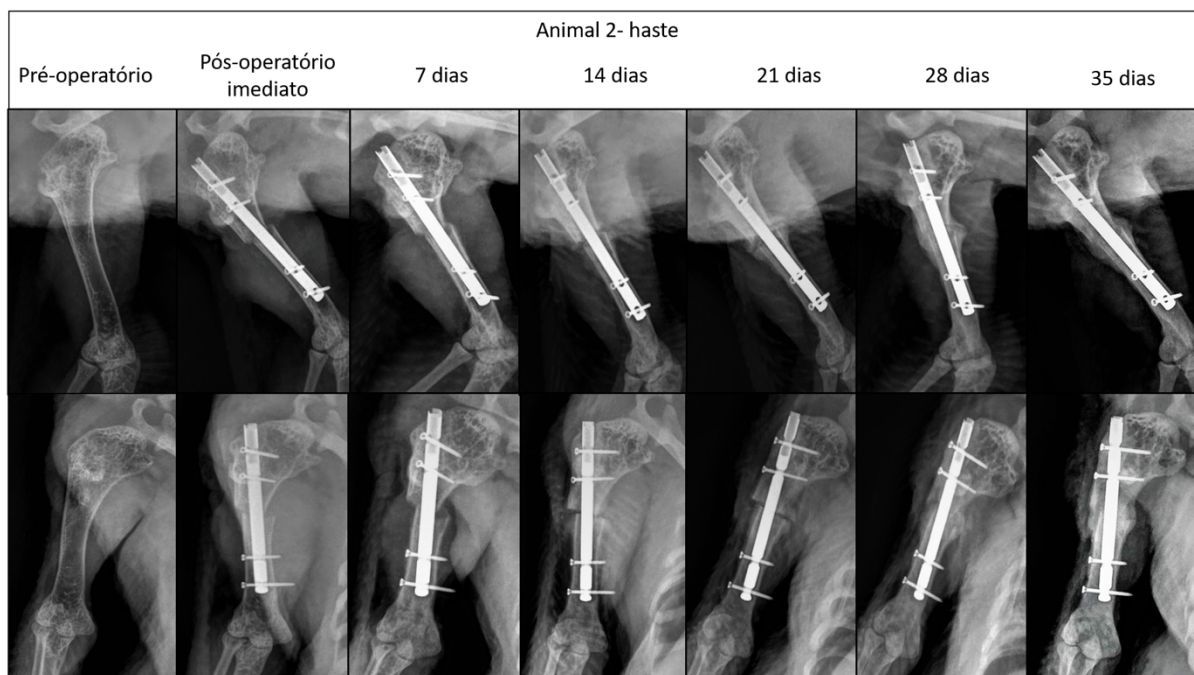


Figura 2A: Sequência radiográfica do Animal H2 do grupo G1.

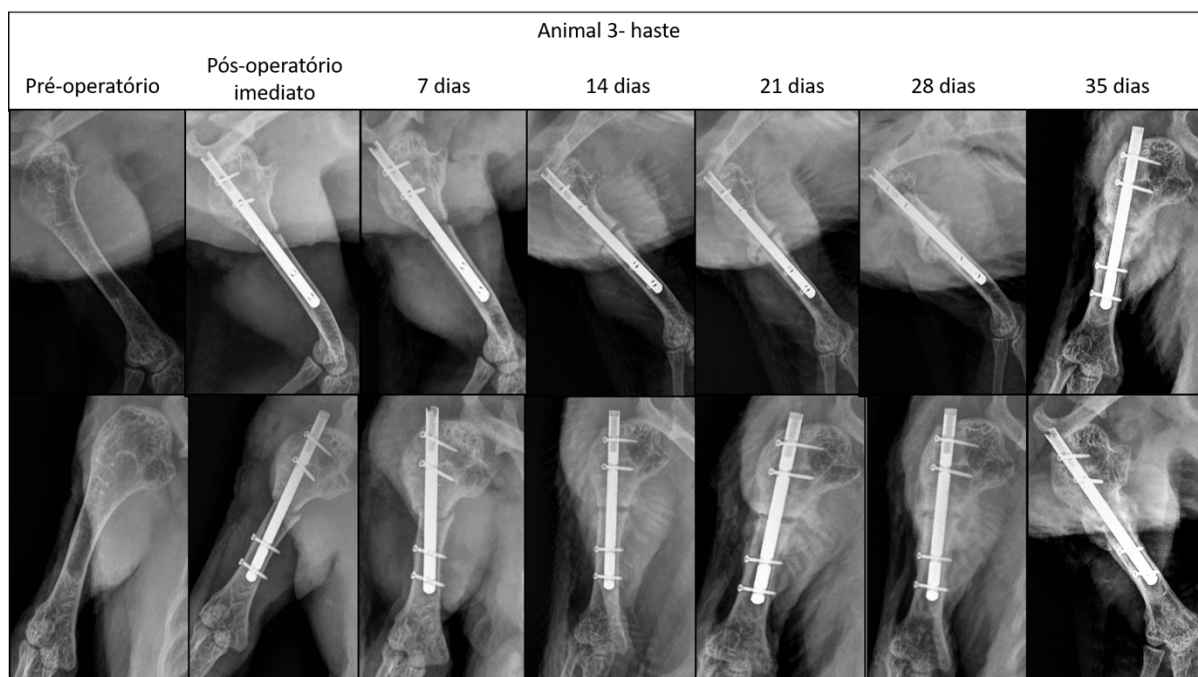


Figura 3A: Sequência radiográfica do Animal H3 do grupo G1.

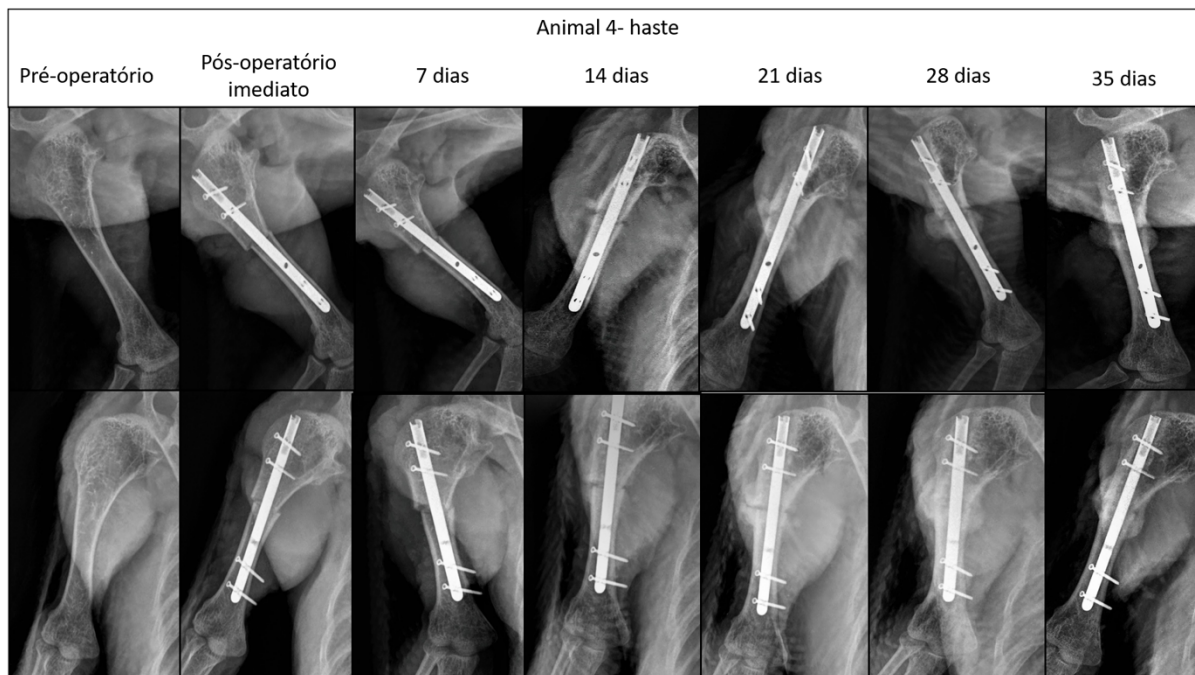


Figura 4A: Sequência radiográfica do Animal H4 do grupo G1.



Figura 5A: Sequência radiográfica do Animal H5 do grupo G1.

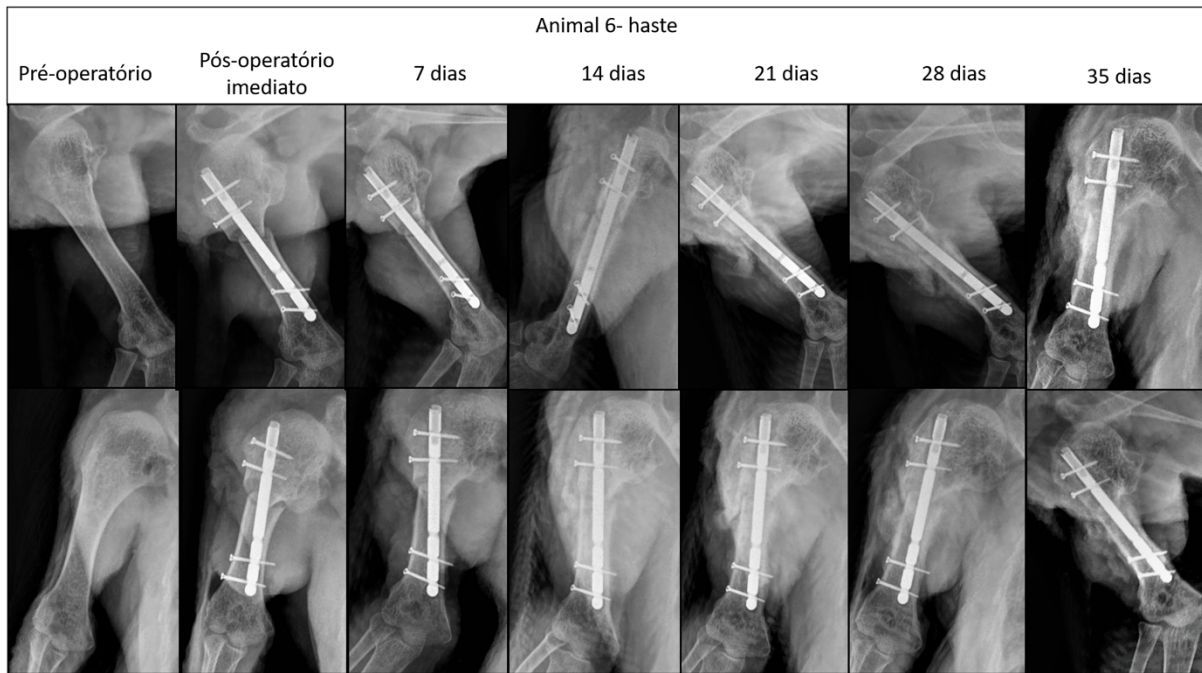


Figura 6A: Sequência radiográfica do Animal H6 do grupo G1.



Figura 7A: Sequência radiográfica do Animal P1 do grupo G2.

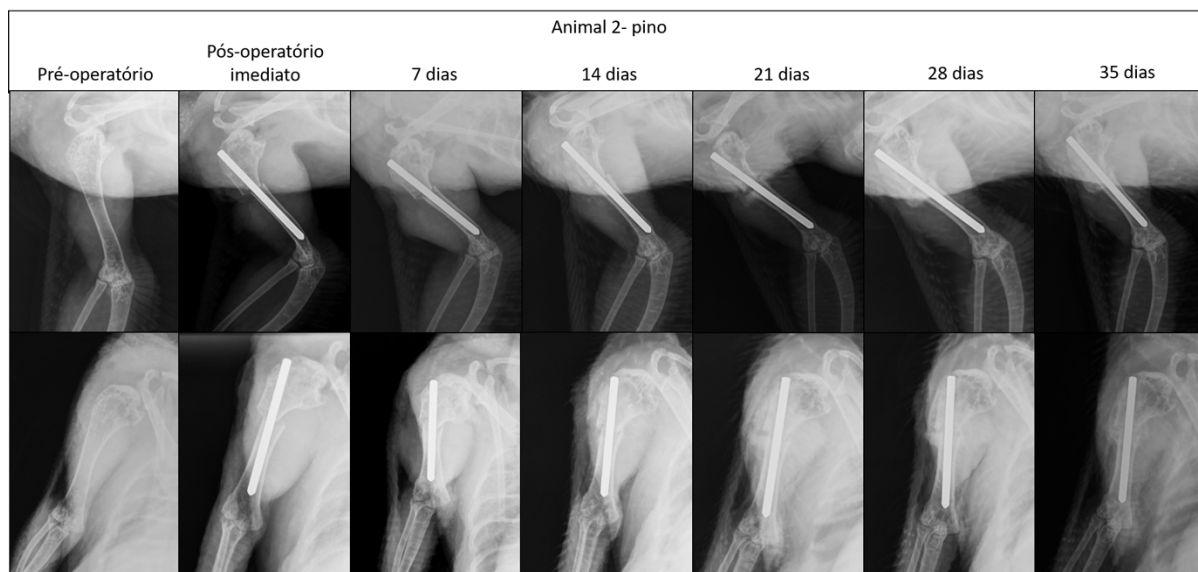


Figura 8A: Sequência radiográfica do Animal P2 do grupo G2.



Figura 9A: Sequência radiográfica do Animal P3 do grupo G2.

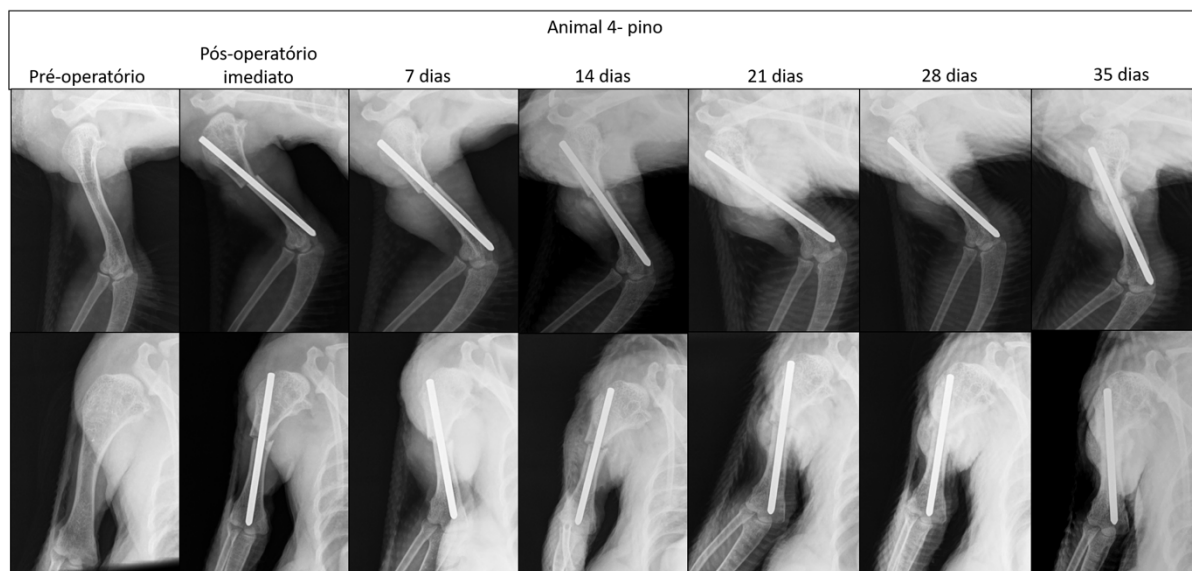


Figura 10A: Sequência radiográfica do Animal P4 do grupo G2.



Figura 11A: Sequência radiográfica do Animal P5 do grupo G2.



Figura 12A: Sequência radiográfica do Animal P6 do grupo G2.

Imagens Tomográficas

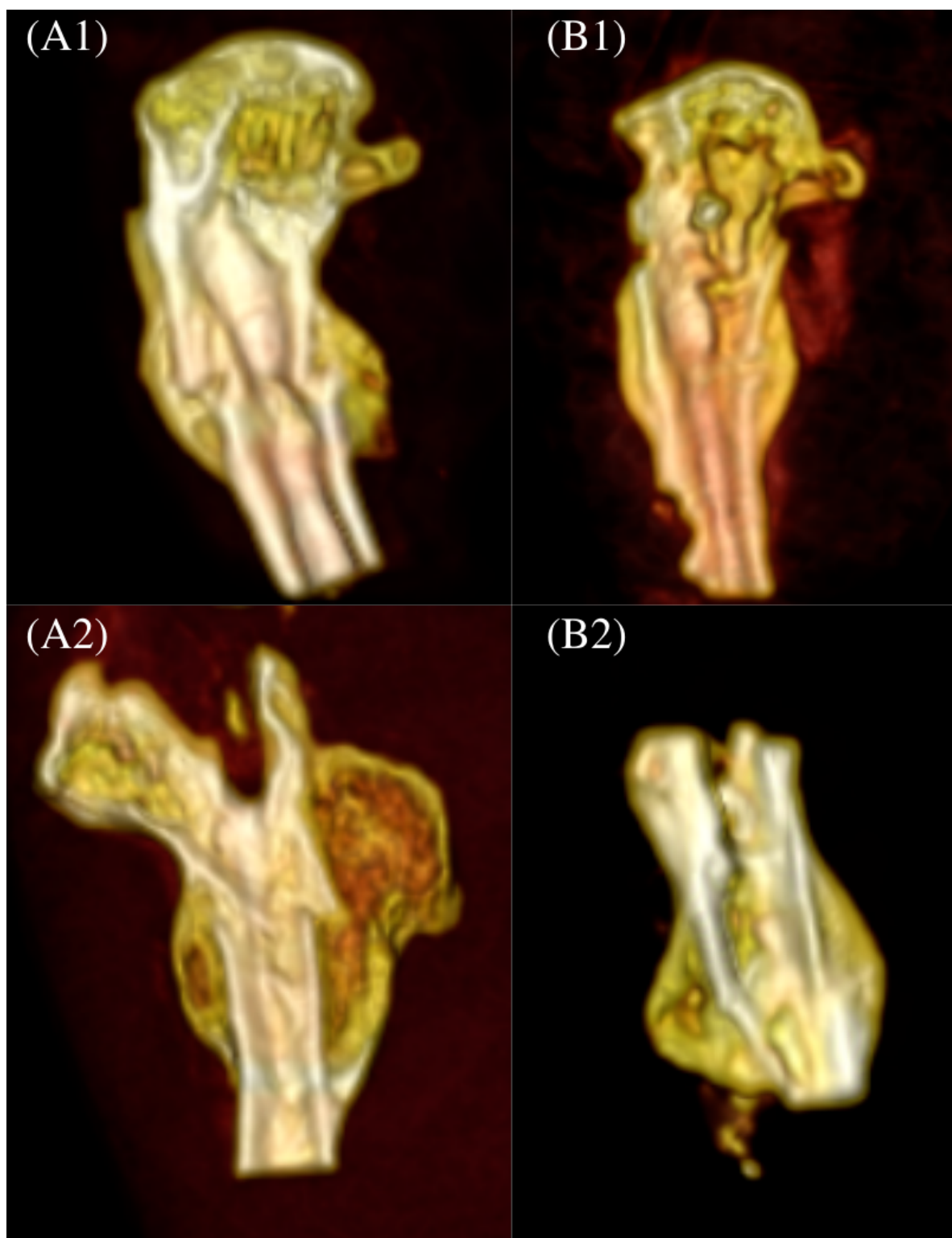


Figura 13A: Reconstrução 3D das imagens tomográficas obtidas do animal 1-pino (A1), animal 4-pino (A2), animal haste-1 (B1), animal haste-3 (B2).

Apêndice B – Link das normas do artigo da revista Veterinary Surgery

Link das normas da Veterinary Surgery

<https://onlinelibrary.wiley.com/page/journal/1532950x/homepage/forauthors.html>