

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
RESIDÊNCIA EM MEDICINA DE ANIMAIS SELVAGENS**

RAY CÉSAR SILVA

**OSTEOSSÍNTESE DE ÚMERO EM CARCARÁ (*Caracara plancus*):
RELATO DE CASO**

UBERLÂNDIA - MG

2023

RAY CÉSAR SILVA

**OSTEOSSÍNTESE DE ÚMERO EM CARCARÁ (*Caracara plancus*):
RELATO DE CASO**

Trabalho apresentado à banca
examinadora como requisito à obtenção do
título de especialização em medicina de
animais selvagens, do programa de
residência uniprofissional da
Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Cláudio Dantas Mota

UBERLÂNDIA - MG

2023

RAY CÉSAR SILVA

**OSTEOSSÍNTESE DE ÚMERO EM CARCARÁ (*Caracara plancus*):
RELATO DE CASO**

Trabalho apresentado à banca
examinadora como requisito à obtenção do
título de especialização em medicina de animais
selvagens, do programa de
residência uniprofissional da
Universidade Federal de Uberlândia.

Uberlândia, 28 de Fevereiro de 2023.

Prof. Dr. Francisco Cláudio Dantas Mota – Orientador -Professor adjunto FAMEV/ UFU/ MG

Prof. Dr. Márcio de Barros Bandarra - Membro da banca - Professor adjunto FAMEV / UFU/ MG

Profa. Dra. Líria Queiroz Luz Hirano – Professora adjunta FAV / UnB/ DF

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Carcará (*Caracara plancus*) jovem adulto, apresentando asa esquerda em posição mais baixa que a anatômica (seta).

Figura 2 - A) Radiografia apresentando fratura completa em diáfise de úmero esquerdo em projeção ventrodorsal (seta) e craniocaudal (círculo) (B).

Figura 3 - Paciente com imobilização de membro fraturado através de bandagem em oito associado a bandagem asa-corpo.

Figura 4 - Acesso venoso (seta) em veia metatarsiana medial.

Figura 5 - Paciente intubado para oxigenação e manutenção anestésica inalatória.

Figura 6 - Bloqueio anestésico em plexo braquial esquerdo (círculo).

Figura 7 - Posicionamento de membro anterior esquerdo em campo cirúrgico com o paciente em decúbito ventral, expondo face dorsal de úmero (seta) e o restante do membro envolto por atadura estéril (asterisco).

Figura 8 - Exposição de fragmentos em linha de fratura (círculo).

Figura 9- A) Inserção de pino em canal medular de fragmento proximal de maneira retrógrada (seta), com saída de ponta proximal de pino em articulação escapulo-umeral (círculo). B) Alinhamento de fragmentos (círculo) e inserção de pino em canal medular de fragmento distal.

Figura 10 - Inserção de pinos (setas) perpendiculares ao eixo ósseo em fragmento proximal (A) e distal (B). Pino intramedular (asterisco) já inserido.

Figura 11 - A) Dobragem de pino intramedular (círculo), anterior à dobragem de pinos dos fragmentos (asteriscos). B) Dobragem de pino de fragmento ósseo proximal (círculo) anterior à dobragem de pino de fragmento distal (asterisco), note o pino intramedular em seu local de saída em articulação proximal (seta branca) e já dobrado em direção ao eixo ósseo (seta preta).

Figura 12 - Junção de pinos através de presilhas plásticas (setas).

Figura 13 - Osteossíntese de úmero de carcará por meio de fixador esquelético externo na configuração de Tie-in, com pinos unificados por resina acrílica (asterisco).

Figura 14 - Paciente durante pós-cirúrgico com estabilização de membro por bandagem em oito associado a asa-corpo (seta), com porção externa de pino intramedular visível (círculo).

Figura 15 - Paciente em recuperação anestésica em ambiente com controle de temperatura através de aquecedor elétrico (seta).

Figura 16 - Radiografia apresentando alinhamento de fragmentos ósseos (círculos) e posicionamento adequado de pino em canal intramedular (asteriscos) em projeção dorsoventral (A) craniocaudal (B).

Figura 17 - Radiografias apresentando formação de calo ósseo (círculos) em linha de fratura em projeção dorso-ventral (A) crânio-caudal (B).

Figura 18 - Radiografias apresentando consolidação de fratura óssea (círculos) em projeção dorsoventral (A) e craniocaudal (B).

Figura 19 - Treino de voo em corredor amplo e fechado após total consolidação óssea e sessões de fisioterapia.

Figura 20 - Soltura do paciente após alta médica do CETRAS de Patos de Minas - MG.

SUMÁRIO

1.RESUMO	6
2.ABSTRACT	6
3.INTRODUÇÃO	7
4. REFERENCIAL TEÓRICO	7
5. RELATO DE CASO	10
6. DISCUSSÃO	29
7. CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

1. RESUMO

A constante e gradual proximidade de animais de vida livre com o meio urbano torna a rotina ortopédica em centros de atendimentos de animais selvagens cada vez mais intensa devido a colisões com automóveis e edificações. Os hospitais veterinários possuem grande casuística de recebimento de aves de rapina para avaliação veterinária, o carcará (*Caracara plancus*) está entre as espécies mais atendidas devido a sua alta incidência em grande parte do território brasileiro. Fraturas em ossos pneumáticos de aves, como o úmero, devem ser abordadas de maneira a alinhar e consolidar fragmentos ósseos com o objetivo de retomada completa de sua função, tal fator possui um peso ainda maior ao se tratar de animais predadores de vida livre, que, para exercerem seus hábitos alimentares necessitam de perfeitas condições, sobretudo de asas. Assim, o presente trabalho objetivou relatar uma osteossíntese utilizando pino intramedular e imobilização por bandagens em um carcará apresentando fratura completa em diáfise de úmero.

Palavras-chave: Aves, ortopedia, reabilitação, selvagens.

2. ABSTRACT

The constant and gradual proximity of free-living animals to the urban environment makes an orthopedic routine in wild animal care centers increasingly intense due to collisions with vehicles and buildings. Veterinary hospitals have a large number of birds of prey received for veterinary evaluation, the caracara (*Caracara plancus*) is among the most attended species due to its high incidence in the Brazilian territory. Fractures in pneumatic bones of birds, such as the humerus, must be approached in order to align and consolidate bone fragments with the objective of complete resumption of their function, this factor has an even greater weight when dealing with free-living predatory animals, which, to practice their eating habits experienced in perfect conditions, especially wings. Thus, the present work aimed to report an osteosynthesis using intramedullary pin and immobilization by bandages in a caracara presenting complete fracture in the diaphysis of the humerus.

Keywords: Birds, orthopedics, rehabilitation, wild.

3. INTRODUÇÃO

A rotina ortopédica na medicina de aves tem se tornado cada vez mais comum, aves de rapina ocupam um grande número de animais atendidos por fraturas em hospitais e clínicas veterinárias (CUBAS, RABELO, 2014; SOUZA et al., 2010).

A abordagem médica de animais de vida livre apresenta algumas particularidades quando comparada a abordagem de pets não-convencionais, como por exemplo a necessidade de completo reestabelecimento de função do membro fraturado para retorno à natureza (JOPPERT, 2014).

O prognóstico de aves fraturadas é dependente de algumas variáveis como tipo e grau de lesão, membro acometido, abordagem cirúrgica adequada, habilidade do médico veterinário e processos de reabilitação (FERRIGNO et al., 2014).

Objetivou-se com este trabalho relatar um caso de osteossíntese em fratura diafisária de úmero de um *Caracara plancus* (carcará), por meio de inserção de pino intramedular associado a imobilização do membro utilizando bandagem em oito e bandagem asa-corpo.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

A medicina veterinária de animais selvagens está em constante ascensão e possui suma importância na conservação de espécies, conscientização da sociedade, estudos epidemiológicos além de outras áreas de atuação como clínica e cirurgia (CARDOSO et al., 2010).

O Brasil detém a maior diversidade de espécies animais do planeta, espalhadas em seis biomas terrestres e três ecossistemas marinhos. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, existem no país cerca de 103.870 espécies animais, sendo pelo menos 1826 aves (MMA, 2015).

Apesar da diversidade abundante encontrada no Brasil, há diversos elementos de interferência humana que impactam diretamente na conservação de espécies animais e vegetais, como desmatamento e tráfico de animais (IBAMA, 2015). Esses fatores geram um desequilíbrio no habitat natural das espécies, causando o desaparecimento de presas habituais, logo, forçando uma migração de animais como rapinantes, canídeos, felídeos, serpentes dentre outros predadores, para locais urbanizados, deixando-os suscetíveis a caça ilegal, acidentes de captura,

agressões, intoxicações, atropelamentos e colisões contra edifícios e vidraças (ATHAYDE, 2007).

O considerável aumento de atendimento de animais selvagens na rotina veterinária é também uma consequência de traumas que geram luxação, fraturas, prostração, desidratação, anorexia por estresse de captura e septicemia (CUBAS & RABELO, 2014). Segundo Bastos et al., (2003), os traumatismos causados por seres humanos são os mais frequentes na rotina clínica de animais selvagens. Dentre os animais silvestres e exóticos atendidos, as aves possuem a maior casuística clínica, sendo comum o a ocorrência de traumas relacionados a projéteis de arma de fogo, manejo incorreto e colisão com veículos e edificações (SOUZA et al., 2010).

As consultas emergenciais em aves estão frequentemente relacionadas a fraturas próximas as articulações das asas, lesionando ossos alongados e finos como rádio, ulna e úmero (GOUVÊA et al., 2011). Estes ossos, na grande maioria das espécies de aves são considerados pneumáticos, que possuem seu interior conectado com sacos aéreos, promovendo um sistema esquelético leve, eficiente, adaptado e aerodinâmico (MACWHIRTER, 2009).

Apesar da rotina clínica ortopédica em aves silvestres ser frequente, esta área ainda se mostra desafiadora por alguns motivos como ausência de histórico clínico, inexperiência do médico veterinário em ortopedia de aves e gravidade da lesão (CANELAS et al., 2020). O nível de comprometimento tecidual causado por fraturas em aves silvestres de vida livre torna o desafio ainda maior para o veterinário, pois, a recuperação do membro afetado precisa ser completa e íntegra para que haja reabilitação e reintrodução das aves em seu habitat natural (SOUZA et al., 2010).

A integridade póstera do membro fraturado possui ainda mais relevância ao se tratar de aves de rapina de vida livre, como corujas, falcões, gaviões a carcarás (*Caracara plancus*), falconídeo de grande porte (cerca de 56 centímetros de comprimento e 123 centímetros de envergadura de asas) encontrado em quase todo território brasileiro (SICK, 1997). Essas aves podem se tornar inaptas a reintrodução em seu habitat natural por terem habilidades indispensáveis comprometidas como voos precisos, contenção de presas utilizando garras, capacidades de caça em geral, disputas por territórios e cuidados parentais (JOPPERT, 2014). Caso uma destas características seja prejudicada, o animal pode estar submetido à vida em cativeiro (SOUZA, et al., 2010).

O médico veterinário encarregado no tratamento de uma ave fraturada deve realizar uma avaliação minuciosa, levando em consideração diversos fatores condizentes com a realidade da área de animais selvagens como biologia da espécie, particularidades anatômicas, necessidade de retorno à função, estado de conservação, temperamento do animal, localização e gravidade da fratura, bem como os sinais clínicos subsequentes, como dor, deformidade angular do membro, crepitação, edema, mobilidade óssea anormal e impotência funcional do membro (FERRIGNO et al., 2014).

As aves possuem um sistema esquelético com diversas adaptações aerodinâmicas, entre elas está a pneumatização de ossos longos em algumas espécies como úmero e fêmur, que garante leveza e uma conexão destes ossos com o sistema respiratório através de sua ligação com sacos aéreos, podendo desenvolver distúrbios respiratórios desencadeados por fraturas em ossos pneumáticos; em úmero há uma ligação em sua extremidade proximal com sacos aéreos claviculares. (MACWHIRTER, 2009).

A classificação de fraturas em aves segue os mesmos princípios de cães e gatos, e, quando realizada de maneira correta interfere diretamente na escolha do método de tratamento mais adequado, devendo esse anular as forças mecânicas de flexão, rotação, compressão, cisalhamento e tração, que são exercidas sobre o foco de fratura (DECAMP et al., 2008). Uma fratura pode ser classificada de acordo com seu aspecto externo em aberta ou fechada, quando há ou não descontinuidade da pele; de acordo com a linha de fratura, se há descontinuidade simples ou complexa; e em relação a sua localização, se esta é articular ou diafisária (JOHNSON, 2005).

A radiografia é considerada o exame complementar mais oportuno em fraturas ósseas, auxiliando na avaliação e definição do tipo de fratura, local, gravidade, proporção, dimensão, envolvimento de outras estruturas, bem como realizar medições de fragmentos e estruturas ósseas, dados essenciais para decisão de abordagem terapêutica (DENNY & BUTTERWORTH, 2000).

Procedimentos cirúrgicos ortopédicos utilizando pinos intramedulares e fixadores externos são de grande aplicabilidade em fraturas de ossos em aves, que possuem uma maior fragilidade quando comparado ao osso de mamíferos, logo, evitando-se a utilização de placas ósseas. A associação de bandagem para correta mobilização de membro, repouso em gaiola, controle de dor, antibioticoterapia e fisioterapia, complementam a abordagem terapêutica em tratamentos de fraturas ósseas em aves (FERRIGNO et al., 2014).

5. RELATO DE CASO

Foi atendida no Setor de Animais Selvagens do Hospital Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia, uma ave, da Ordem dos Falconiformes, espécime de um carcará (*Caracara plancus*), de sexo e idade indeterminados, sendo um indivíduo jovem adulto, pesando 0,750 kg, encaminhado pela 9ª Companhia da Polícia Militar de Meio Ambiente do município de Ituiutaba – Minas Gerais, sem histórico, apresentando posicionamento de asas assimétricos, com a asa esquerda em postura mais baixa do que a anatômica, suspeitando-se de trauma (Figura 1).

Figura 1 - Carcará (*Caracara plancus*) jovem adulto, apresentando asa esquerda em posição mais baixa que a anatômica (seta).



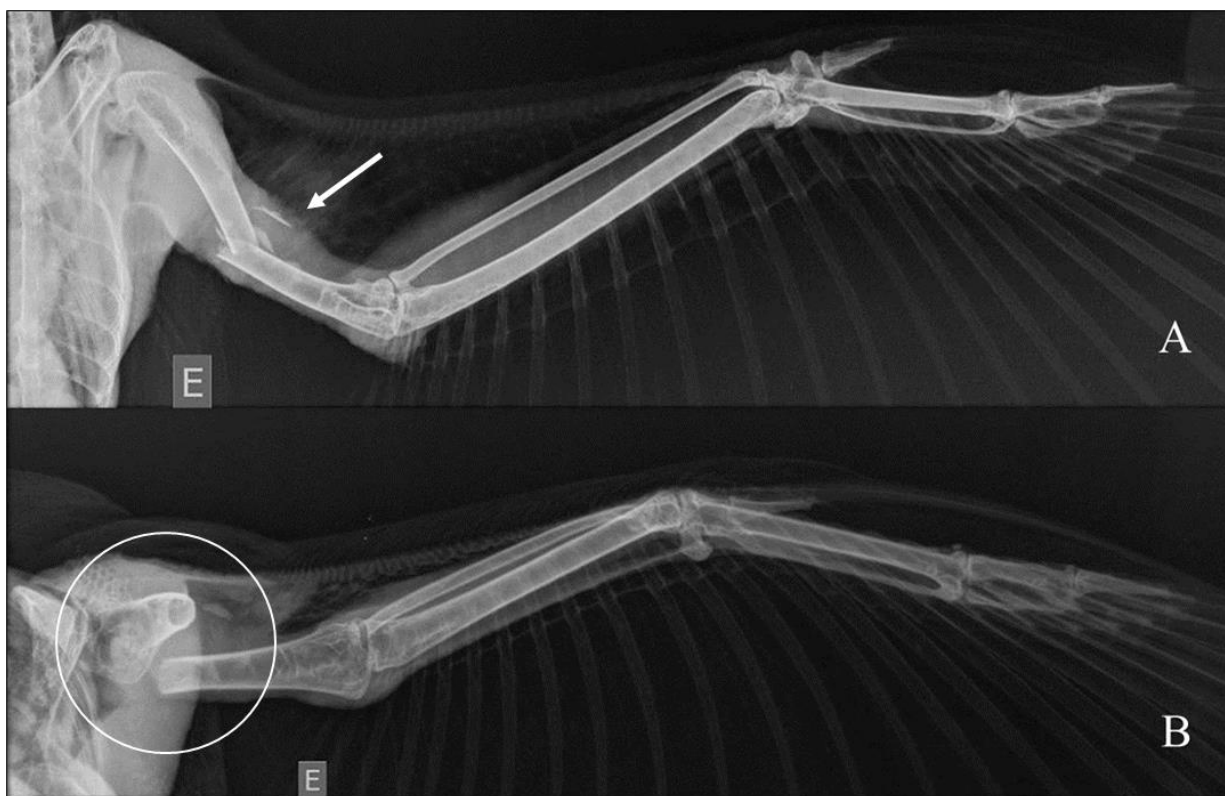
Fonte: Setor de Animais Selvagens HOVET-UFU.

Ao exame físico geral, o paciente demonstrou-se alerta, em estação, temperatura de 40,1 °C, frequência cardíaca de 230 batimentos por minuto (bpm), frequência respiratória de 32 movimentos respiratórios por minuto (mrpm), desidratação em 5% (turgor cutâneo levemente reduzido e mucosas oculares discretamente ressecadas), escore corporal (ECC) 2,5/5, mucosas (oral e cloacal) normocoradas e úmidas, tempo de preenchimento capilar (TPC) 1,5”, ausência

de ectoparasitas, bulhas cardíacas normofonéticas e normorrítmicas, campos pulmonares e sacos aéreos limpos, escoriações de pele em região ventral de articulação de rádio e ulna com carpometacarpo de ambas as asas, mobilidade em diáfise de úmero esquerdo com crepitação palpável em face dorsal do osso sugestivo de fratura.

Realizou-se exames radiográfico de ambas as asas do paciente em projeção médio-lateral e craniocaudal, além de cavidade celomática em projeção latero-lateral e ventrodorsal, onde observou-se descontinuidade óssea completa, simples, fechada, transversa em terço médio de úmero esquerdo com discretas esquirolas ósseas, aumento de radiopacidade e volume de tecidos moles adjacentes (Figura 2), caracterizando fratura em úmero esquerdo com edema de tecidos moles adjacentes. Demais estruturas musculoesqueléticas sem alterações radiográficas.

Figura 2 – A) Radiografia apresentando fratura completa em diáfise de úmero esquerdo em projeção ventrodorsal (seta) e craniocaudal (círculo) (B).



Fonte: Setor de Diagnóstico por Imagem HOVET-UFU.

Levando-se em consideração a dor gerada pela fratura e descompensação de parâmetros como desidratação e apatia, realizou-se a estabilização prévia do quadro clínico do paciente até o momento da abordagem cirúrgica (4 dias após o atendimento) com analgesia utilizando tramadol (8 mg/kg, BID), dipirona (50 mg/kg, BID) e meloxicam (1 mg/kg, SID), por via intramuscular (IM); antibioticoterapia utilizando enrofloxacino (15 mg/kg, BID) e ceftriaxona

(100 mg/kg, TID) por via IM, fluidoterapia com solução fisiológica NaCl 0,9% (25 mL/kg, SID) por via subcutânea (SC) e imobilização de membro afetado, realizando bandagem em oito associada a bandagem asa-corpo, como prevenção de uma possível exposição de fratura (Figura 3).

Figura 3 - Paciente com imobilização de membro fraturado através de bandagem em oito associada a bandagem asa-corpo.



Fonte: Setor de Animais Selvagens HOVET-UFU.

No dia 23 de maio de 2022, segunda-feira, por volta das 17:30 horas, o paciente foi submetido à procedimento cirúrgico para osteossíntese de úmero esquerdo no centro cirúrgico do Setor de Animais selvagens da UFU. O paciente não recebeu alimentação no dia do procedimento cirúrgico como forma de jejum pré-operatório. Foi solicitado a realização de hematócrito do paciente antes de iniciar os procedimentos anestésicos, apresentando um volume globular de 42%, estando dentro dos valores de referência para a espécie. Utilizou-se como medicação pré-anestésica butorfanol (0,4 mg/kg), cetamina (8 mg/kg) e midazolam (0,5 mg/kg), todos administrados por via IM, em músculo peitoral. Em seguida foi estabelecido acesso venoso utilizando cateter 24 G (0,7 x 19 mm) em veia metatarsiana medial direita (Figura

4), realizando antibioticoterapia profilática com ceftriaxona (100 mg/kg) e indução anestésica com propofol (1 mg/kg, administrado em dose-efeito) por via intravenosa (IV).

Figura 4- Acesso venoso (seta) em veia metatarsiana medial.



Fonte: Setor de Animais Selvagens HOVET-UFU.

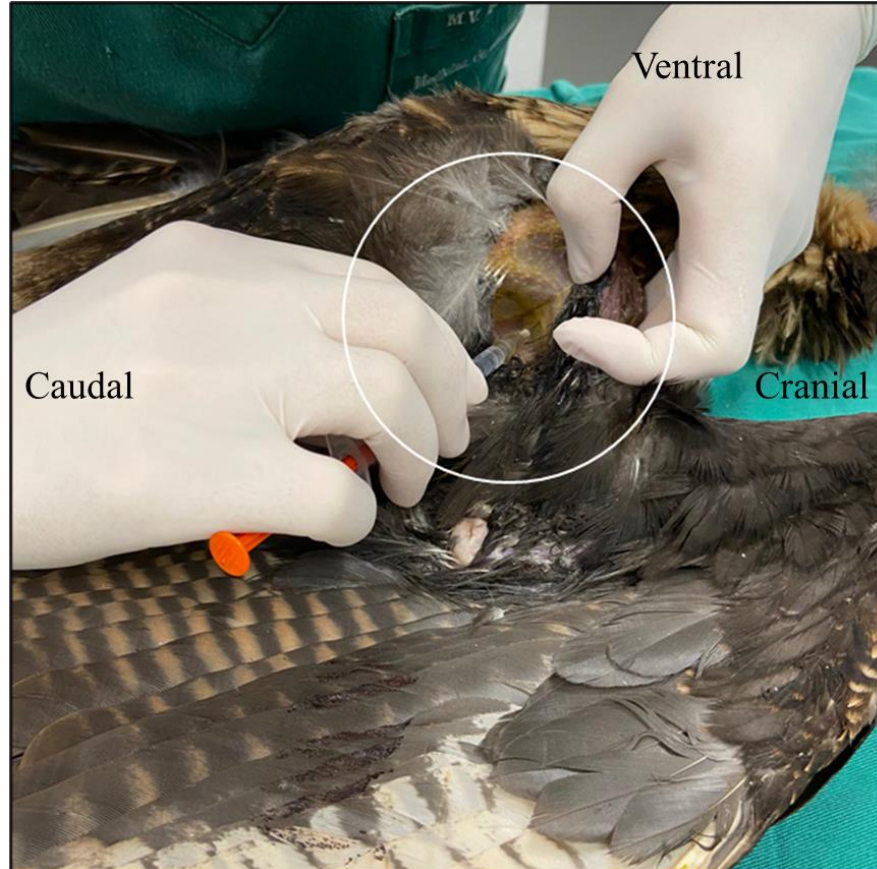
O paciente foi entubado com sonda esofágica nº 14 em razão da característica anatômica de anéis traqueais cartilagosos completos das aves não permitir intubação utilizando sondas traqueais com cuffs (Figura 5). A manutenção anestésica se deu por via inalatória com isoflurano (dose/efeito) em oxigênio na dose de 2 L/min, em ventilação espontânea. Foi realizado bloqueio anestésico de plexo braquial esquerdo com lidocaína (4 mg/kg) diluída em 0,5 mL de Solução Fisiológica NaCl 0,9% (Figura 6). O paciente foi mantido em fluidoterapia IV com Ringer Lactato em bolus, respeitando a taxa de 10 mL/kg/hr.

Figura 5 - Paciente intubado para oxigenação e manutenção anestésica inalatória.



Fonte: Setor de Animais Selvagens HOVET-UFU.

Figura 6 - Bloqueio anestésico em plexo braquial esquerdo (círculo).



Fonte: Setor de Animais Selvagens HOVET-UFU.

Por se tratar de um procedimento doloroso devido ao calibre e diâmetro dos folículos e canhões das penas de asas em aves, aguardou-se o animal estar em plano anestésico para a remoção por arrancamento das penas de cobertura de região média do membro anterior esquerdo e de rêmiges secundárias do mesmo membro, em seguida, posicionou-se o paciente em decúbito esternal. Depois de posicionado, realizou-se a avaliação de frequência cardíaca, respiratória, saturação de O₂ por oximetria de pulso e temperatura durante todo o procedimento.

Foi realizado anti-sepsia do campo cirúrgico, utilizando clorexidina degermante 4%, seguido de clorexidina alcoólico 0,4%, e clorexidina alcoólico 0,4%. O terço médio e final da asa esquerda do paciente foram envoltos com ataduras estéreis e em seguida o pano de campo com fenestra de 15,0 cm X 4,0 cm foi posicionado sobre o animal, expondo somente o membro anterior esquerdo em campo cirúrgico, fixando com o auxílio de pinça Backhaus (Figura 7).

Figura 7- Posicionamento de membro anterior esquerdo em campo cirúrgico com o paciente em decúbito ventral, expondo face dorsal de úmero (seta) e o restante do membro envolto por atadura estéril (asterisco).

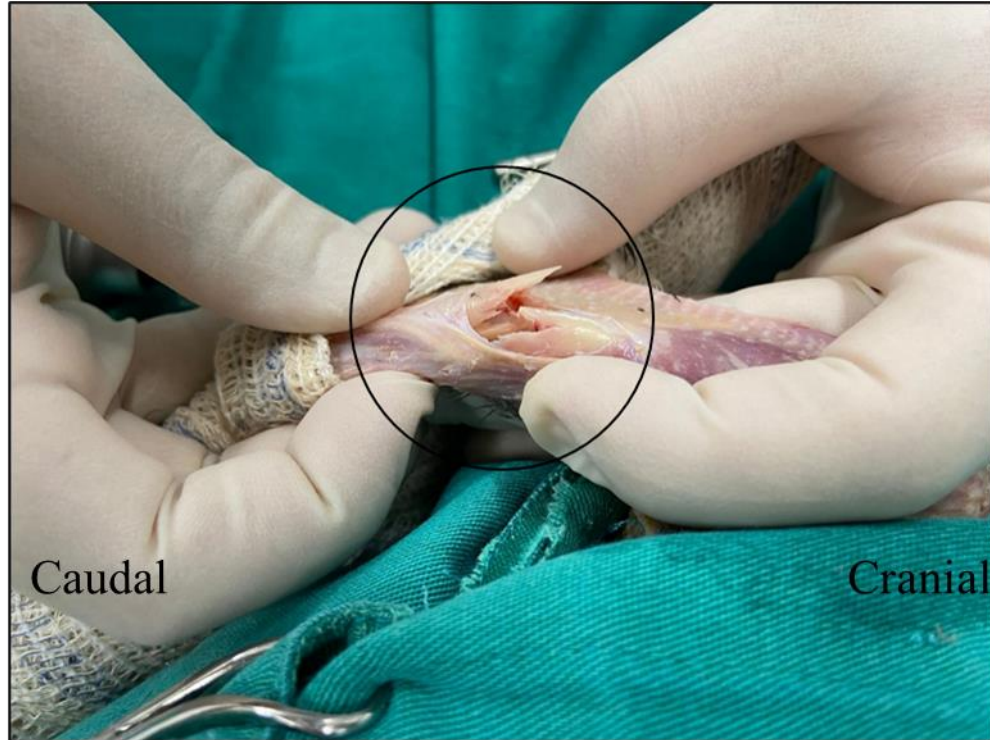


Fonte: Setor de Animais Selvagens HOVET-UFU.

Com o auxílio de um bisturi de cabo Nº 3 e lâmina Nº 15, foi realizada uma incisão linear de pele de aproximadamente 3,5 cm, de orientação longitudinal em região de face dorsal da diáfise do úmero esquerdo, seguida de divulsão dérmica e de tecido subcutâneo, o local incisado não é revestido por musculatura, possibilitando desta maneira a visualização da fratura

e exposição de ambos os fragmentos (Figura 8), com cautela para não lesionar o nervo radial que percorre diagonalmente sobre o aspecto dorsolateral do úmero.

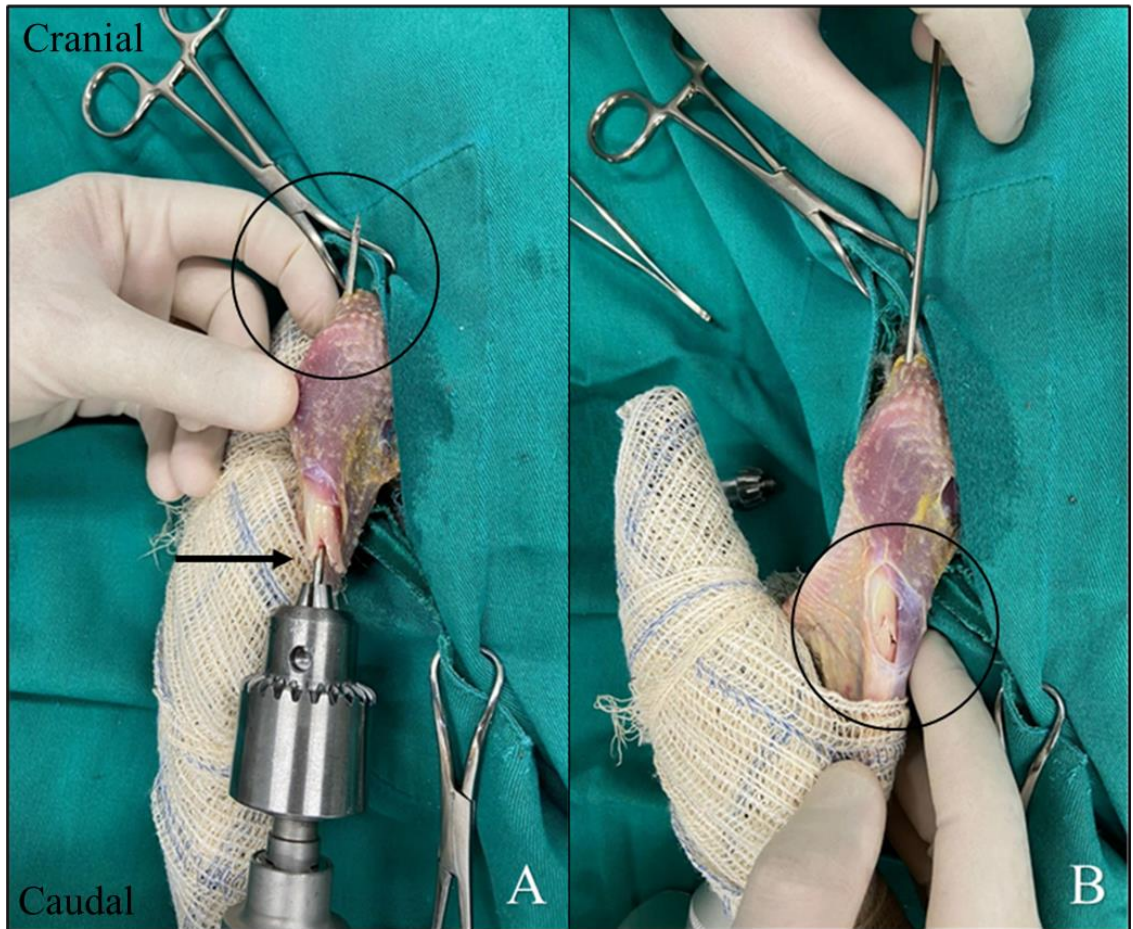
Figura 8 - Exposição de fragmentos em linha de fratura (círculo).



Fonte: Setor de Animais Selvagens HOVET-UFU.

Foi inserido de maneira retrógrada (através do foco da fratura) um pino de Steinmann de 1,5 mm no canal intramedular do fragmento proximal com o auxílio de uma perfuradora ortopédica de baixa rotação, até transpor a região de tubérculo maior do úmero e musculatura adjacente (Figura 9-A), retraindo o pino pelo local de saída até sua ponta distal estar ligeiramente adentrada no fragmento proximal do úmero, realizando assim o alinhamento dos fragmentos ósseos e a condução do pino, passando pela linha de fratura e adentrando o canal medular do fragmento distal, até a porção distal de úmero (Figura 9-B).

Figura 9- A) Inserção de pino em canal medular de fragmento proximal de maneira retrógrada (seta), com saída de ponta proximal de pino em articulação escapulo-umeral (círculo). B) Alinhamento de fragmentos (círculo) e inserção de pino em canal medular de fragmento distal.



Fonte: Setor de Animais Selvagens HOVET-UFU.

Após o alinhamento do eixo ósseo por meio do pino intramedular, realizou-se a inserção de dois pinos de Kirschner em face dorsal de úmero perpendicular ao sentido do osso. Os pinos foram inseridos no terço médio de ambos os fragmentos, atravessando as duas corticais, entretanto, na cortical trans o pino foi inserido apenas até que sua ponta estivesse discretamente palpável (Figura 10).

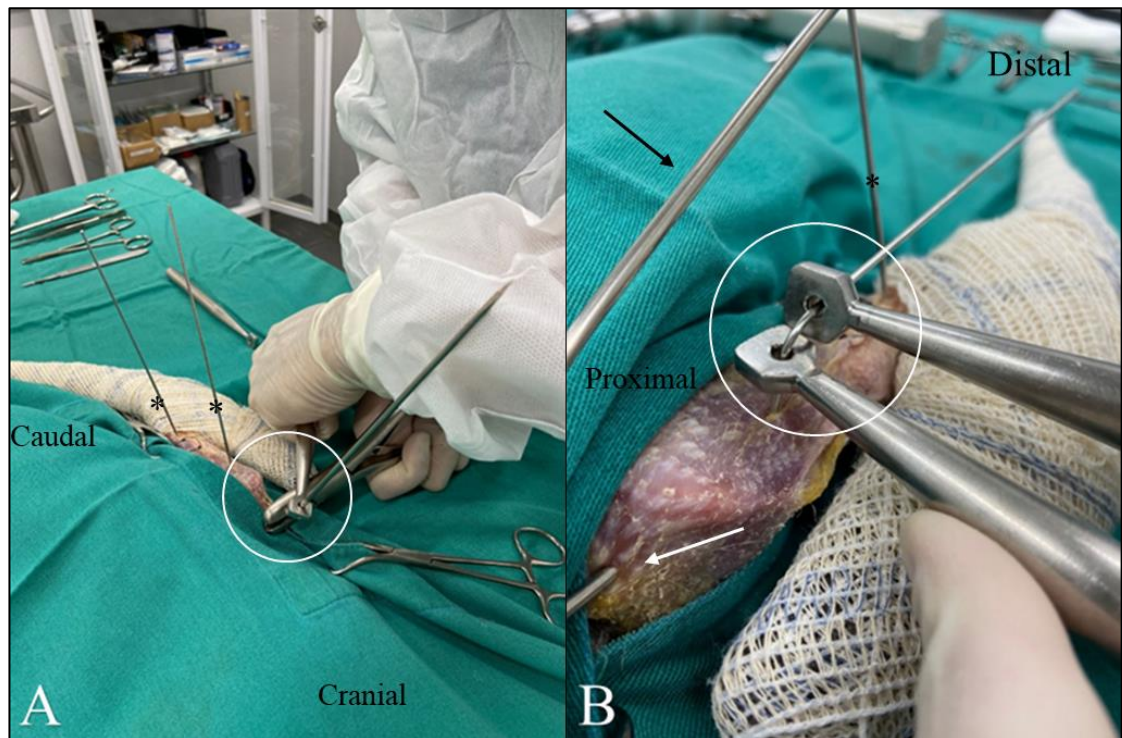
Figura 10 - Inserção de pinos (setas) perpendiculares ao eixo ósseo em fragmento proximal (A) e distal (B). Pino intramedular (asterisco) já inserido.



Fonte: Setor de Animais Selvagens HOVET-UFU.

Com o auxílio de um moldador de pinos e uma goiva, a parte externa do pino intramedular foi dobrada em direção a articulação úmero-radioulnar, alinhando na mesma orientação do úmero, o mesmo processo foi realizado com os demais pinos, sendo que o pino do fragmento proximal foi dobrado na mesma orientação do pino intramedular, e o pino do fragmento distal em direção oposta (Figura 11).

Figura 11 – A) Dobragem de pino intramedular (círculo), anterior à dobragem de pinos dos fragmentos (asteriscos). B) Dobragem de pino de fragmento ósseo proximal (círculo) anterior à dobragem de pino de fragmento distal (asterisco), note o pino intramedular em seu local de saída em articulação proximal (seta branca) e já dobrado em direção ao eixo ósseo (seta preta).



Fonte: Setor de Animais Selvagens HOVET-UFU.

Utilizou-se presilhas plásticas estéreis para promover a junção dos pinos, em seguida, os segmentos remanescentes dos pinos foram retirados com o auxílio de um cortador de pinos biarticulado (Figura 12). Para completar a estabilização externa da junção do pino intramedular e pinos dos fragmentos ósseos, utilizou-se resina acrílica de polimetilmetacrilato, mantendo os pinos unidos semelhante a configuração de Tie-in (Figura 13).

Figura 12 - Junção de pinos através de presilhas plásticas (setas).



Fonte: Setor de Animais Selvagens HOVET-UFU.

Figura 13 – Osteossíntese de úmero de carcará por meio de fixador esquelético externo na configuração de Tie-in, com pinos unificados por resina acrílica (asterisco).



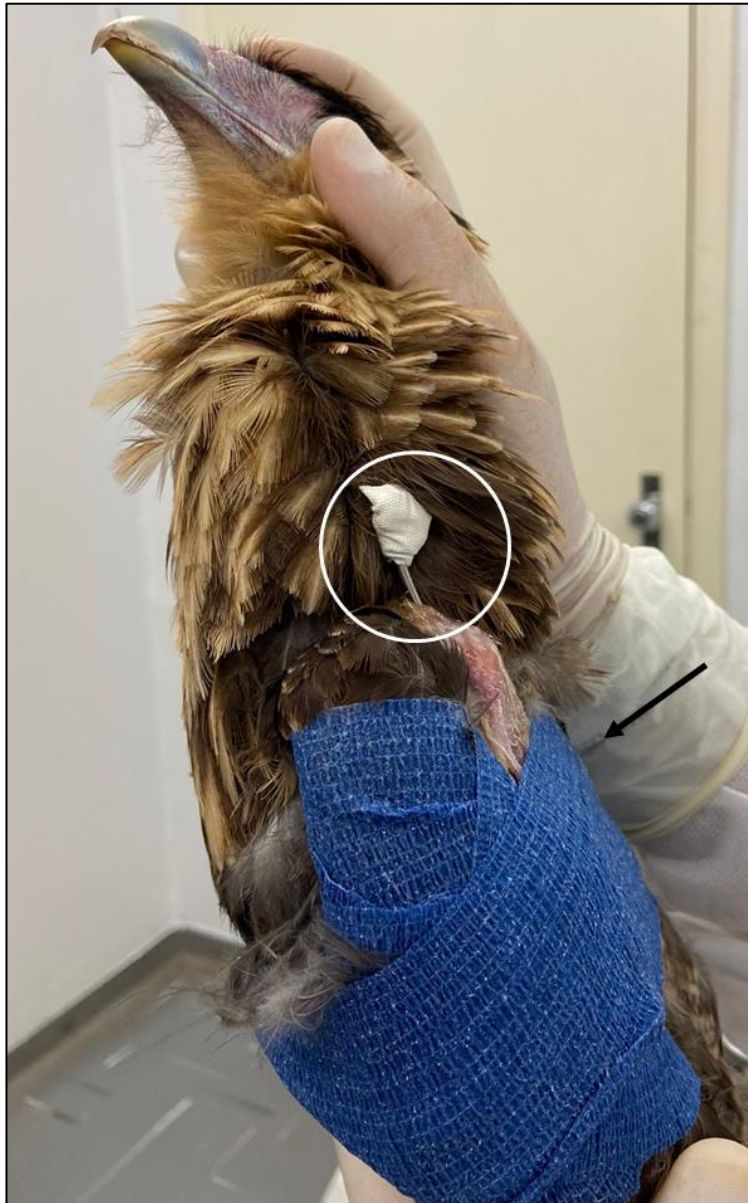
Fonte: Setor de Animais Selvagens HOVET-UFU.

O local de pele anteriormente incidido foi suturado em padrão simples separado, utilizando fio não-absorvível monofilamentado Nylon 4-0. Foi realizada a limpeza da ferida cirúrgica e locais de inserção de pinos com solução fisiológica e aplicou-se uma fina camada de pomada Vetaglós® encobrida por gaze. Ao final do processo de higienização, houve o deslizamento e soltura dos pinos dos fragmentos proximal e distal, permanecendo apenas o pino intramedular. Devido ao ocorrido, optou-se por cortar a parte externa do pino intramedular com o auxílio do cortador de pino biarticulado, restando aproximadamente 4 centímetros externos a articulação escapulo-umeral (Figura 14).

Com o paciente ainda sedado, realizou-se bandagem em oito na asa manipulada, associada com bandagem asa-corpo, utilizando atadura elástica, deixando espaço para limpeza de ferida cirúrgica sem a necessidade de retirada de tala (Figura 14); e monitoramento dos parâmetros fisiológicos de frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura e nível de

consciência. O paciente apresentou normalidade nos parâmetros avaliados, que se mantiveram estáveis nos demais momentos até sua completa recuperação anestésica.

Figura 14 - Paciente durante pós-cirúrgico com estabilização de membro por bandagem em oito associado a asa-corpo (seta), com porção externa de pino intramedular visível (círculo).



Fonte: Setor de Animais Selvagens HOVET-UFU.

Foi realizada medicação para analgesia pós-operatória imediata com meloxicam (1 mg/kg) e dipirona (50 mg/kg), ambos por via IM. Após recuperação anestésica o paciente foi acomodado em caixa de transporte com piso acolchoado colocada em ambiente aquecido (Figura 15), onde permaneceu durante a noite até a manhã do dia seguinte. Manteve-se estável com parâmetros dentro da normalidade para a espécie e apresentando apetite com alimentação espontânea 24 horas após o procedimento. Devido à instabilidade da fratura sem o uso de

bandagem em oito associada a asa corpo, optou-se por não realizar a radiografia imediata pós-operatória.

Figura 15 - Paciente em recuperação anestésica em ambiente com controle de temperatura através de aquecedor elétrico (seta).



Fonte: Setor de Animais Selvagens HOVET-UFU.

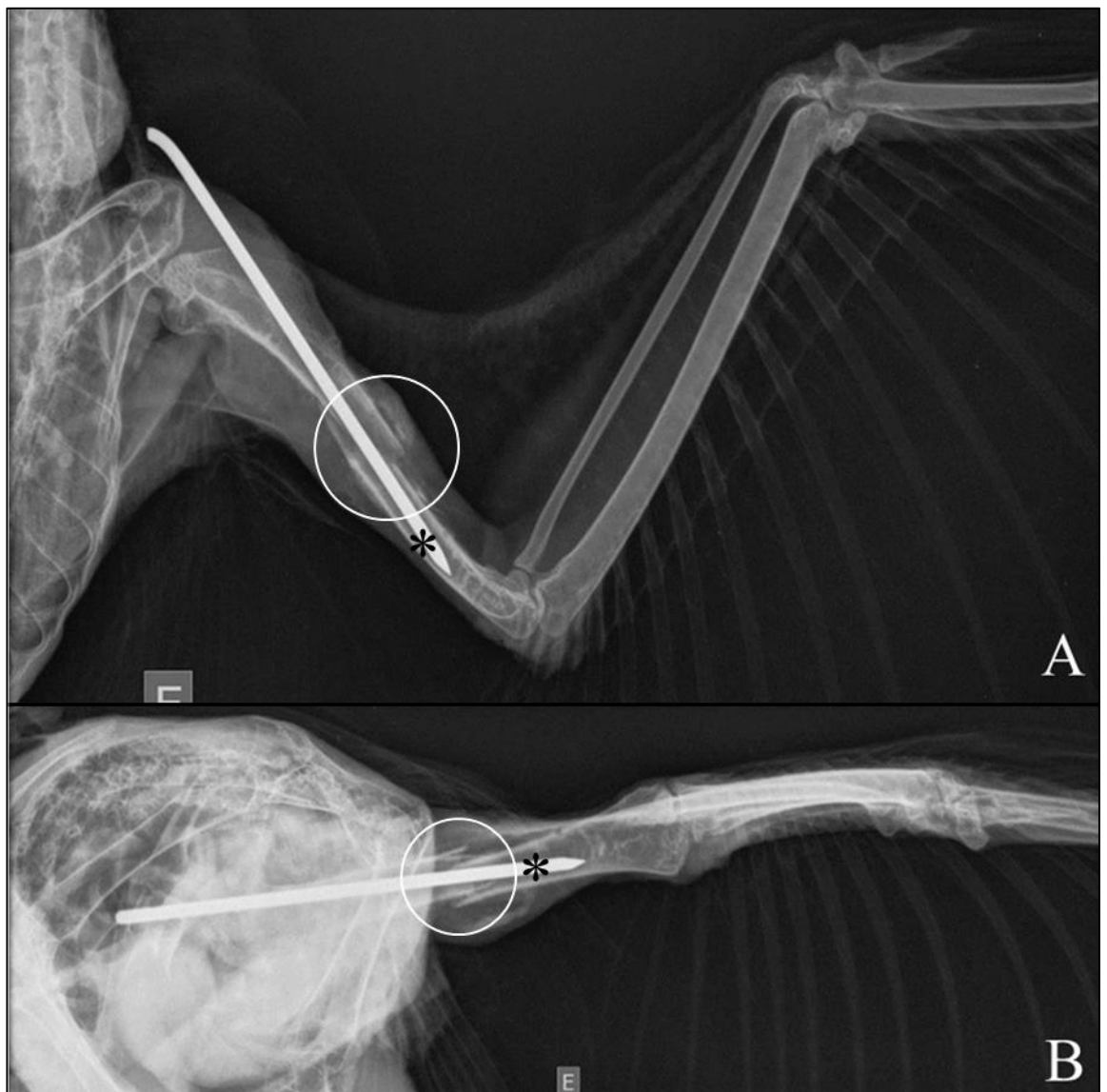
Foram prescritas no pós-operatório: analgesia com dipirona 50 mg/kg, BID, por via oral (VO), durante 7 dias, tramadol 7 mg/kg, BID, por via IV por 2 dias, e após a retirada de acesso venoso por mais 3 dias em via IM e meloxicam 1 mg/kg, 2 dias por via IV e mais 1 dia por via IM. Foi prescrita também antibioticoterapia com Enrofloxacino 15 mg/kg, BID, VO, durante 7 dias; e Ceftriaxona na dose de 100 mg/kg, TID, por via IV durante 2 dias em que o paciente permaneceu com acesso venoso, em seguida mais 3 dias por via IM, além de limpeza de ferida cirúrgica e local de inserção de pino com gaze umedecida em solução fisiológica NaCl 0,9%, seguida de aplicação de pomada a base de Sulfadiazina de Prata 1%, uma vez ao dia, até retirada dos pontos e pino.

Nos primeiros sete dias de pós cirúrgico o animal permaneceu em uma caixa de transporte plástica de proporções aproximadas de 1,0 metro de comprimento e 75 centímetros

de altura e largura, a fim de evitar lesões ao se debater e facilitar a contenção e manipulação do animal para administração de fármacos e higienizações. Após este período, foi realocado para recinto de aproximadamente 4,0 metros de comprimento x 3,0 metros de largura x 3,0 metros de altura, com poleiros instalados próximo ao solo para prevenção de lesões por quedas.

Realizou-se o exame radiográfico da asa esquerda 10 dias após o procedimento cirúrgico, com o intuito de avaliar alinhamento de fratura, formação de calo ósseo e posicionamento do pino intramedular. Constatou-se alinhamento dos fragmentos do úmero, visibilização de linha de fratura em terço médio, discreta irregularidade de contorno, aumento de volume e radiopacidade de tecidos moles adjacentes e demais estruturas musculoesqueléticas sem alterações radiográficas (Figura 16).

Figura 16 - Radiografia apresentando alinhamento de fragmentos ósseos (círculos) e posicionamento adequado de pino em canal intramedular (asteriscos) em projeção dorsoventral (A) craniocaudal (B).



Fonte: Setor de Diagnóstico por Imagem HOVET-UFU.

O paciente permaneceu em recinto com asa esquerda imobilizada, realizou-se avaliações visuais diárias de comportamento, coloração de mucosas oculares e tecidos de ranfoteca, posicionamento de asas e membros pélvicos em estação, alimentação e ingestão hídrica; todos os parâmetros observados estavam dentro do padrão de normalidade para a espécie, considerando o animal hígido e em adequada recuperação.

Outra radiografia foi realizada com 23 dias após procedimento cirúrgico, onde observou-se formação de calo ósseo sobre a linha de fratura no terço médio do osso, com esclerose, reação periosteal e neoformação óssea associadas (Figura 17), observou-se também cicatrização completa de ferida cirúrgica, optando pela retirada de pontos de pele.

Figura 17 - Radiografias apresentando formação de calo ósseo (círculos) em linha de fratura em projeção dorso-ventral (A) crânio-caudal (B).



Fonte: Setor de Diagnóstico por Imagem HOVET-UFU.

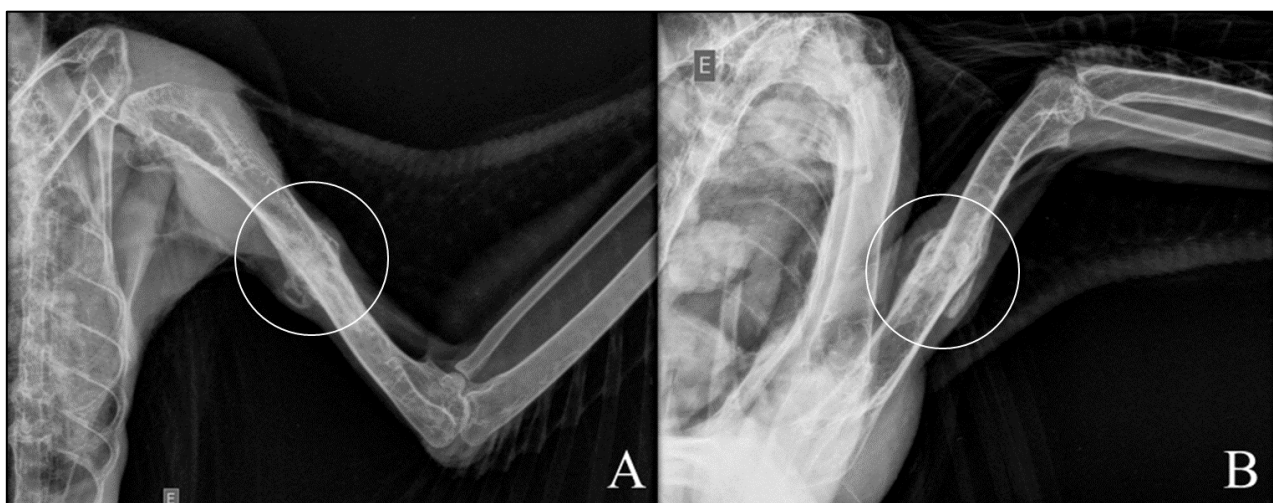
No exame radiográfico realizado 37 dias após o ato cirúrgico, observou-se completa formação de calo ósseo e ausência da linha de fratura, optou-se neste momento pela remoção do pino intramedular, seguindo recomendações da literatura para consolidação óssea adequada e prevenção de comprometimento de tecidos moles da asa imobilizada.

Após 6 semanas de procedimento cirúrgico a tala foi removida da asa do animal, onde observou-se simetria de posicionamento dos membros anteriores com o paciente em estação. Iniciou-se então o período de fisioterapia, realizando diariamente movimentos cautelosos de abdução, adução, extensão e flexão em asa esquerda, com o animal sob contenção física

adequada, durante 5 minutos, com o intuito de evitar estresse por manipulação e *imprinting* com seres humanos.

Outra radiografia foi realizada após completar 46 dias de colocação de pino em canal medular, onde observou-se remodelamento ósseo e reação periosteal em terço médio de úmero esquerdo (Figura 18).

Figura 18 - Radiografias apresentando consolidação de fratura óssea (círculos) em projeção dorsoventral (A) e craniocaudal (B).



Fonte: Setor de Diagnóstico por Imagem HOVET-UFU.

Com a constatação de consolidação de fratura, realizou-se adaptações progressivas em seu recinto, como a colocação de poleiros em níveis mais altos gradualmente a cada semana, além de treinos de voos semanais em corredor amplo (aproximadamente 3 metros de largura, 15 metros de comprimento e 2,5 metros de altura) após 2 meses de cirurgia, o animal apresentava capacidade eficiente de levantamento de voo, manutenção de suspensão do solo, pouso e empoleiramento (Figura 19).

Figura 19 - Treino de voo em corredor amplo e fechado após total consolidação óssea e sessões de fisioterapia.



Fonte: Setor de Animais Selvagens HOVET-UFU.

O paciente ganhou alta médica do Setor de Animais Selvagens do HOVET-UFU, e foi encaminhado para o Centro de Triagem e Reabilitação de Animais Silvestres – CETRAS/IEF de Patos de Minas - MG, para observação em recintos adequados e amplos, de capacidade de sobrevivência em vida livre como voo hábil e êxito na obtenção de alimentos. O animal apresentou potencial adequado e foi classificado como apto para soltura, sendo esta realizada em Patos de Minas – MG, acompanhada pelos profissionais responsáveis do órgão (Figura 20).

Figura 20 - Soltura do paciente após alta médica do CETRAS de Patos de Minas - MG.



Fonte: Centro de Triagem e Reabilitação de Animais Silvestres-CETRAS/IEF de Patos de Minas - MG.

6. DISCUSSÃO

O Carcará (*Caracara plancus*), espécie do paciente do presente relato, é uma ave de rapina pertencente à Família dos Falconidae amplamente distribuída pelo território brasileiro (FUCHS, et al., 2012). Seus hábitos alimentares são pouco seletivos, se enquadrando como um animal onívoro oportunista, podendo obter alimentos por caça, como pequenos répteis e mamíferos, crustáceos, ovos e filhotes de outras aves; por forrageamento para obtenção de polpas de frutas e por necrofagia, se alimentando de carcaças de animais mortos por atropelamentos, máquinas agrícolas e demais ações humanas, criando uma proximidade desta espécie com centros urbanos (MENQ, 2018).

O carcará relatado no presente trabalho foi entregue ao Setor de Animais Selvagens do HOVET-UFU pela 9ª Companhia da Polícia Militar de Meio Ambiente sem histórico, apenas com a informação de ter sido recolhido em área próxima a rodovia no município de Ituiutaba, região do triângulo mineiro, área predominantemente ocupada pelo Cerrado, bioma com alta

taxa populacional da espécie, sendo comum sua ocorrência em áreas urbanas (TUBELIS et al., 2019), reforçando a hipótese que o trauma do paciente possa ter sido causado por colisão contra veículos.

Fraturas por diversos tipos de traumas corroboram para que o atendimento ortopédico seja rotineiro na clínica de aves, os hábitos alimentares e distribuição geográfica de uma espécie pode favorecer a ocorrência de impactos contra edificações e veículos (HELMER E REDIG, 2006). Alguns autores relatam maior acometimento de membros anteriores em traumas que geram fraturas, como McCartney (1994), que sugere que as asas são afetadas em casos de fratura até o triplo de vezes em relação aos membros pélvicos, ou Redig (1986), que constata em um levantamento de aves de rapina operadas que 77% apresentavam fratura em membros anteriores e 23% em membros pélvicos, assim como no paciente relatado, em que os hábitos alimentares podem ter favorecido uma colisão contra veículos e consequente fratura em asa.

Até que o tratamento definitivo seja estabelecido, a abordagem emergencial do paciente deve envolver controle de dor, antibioticoterapia, manutenção de parâmetros dentro da normalidade e imobilização de membros fraturados utilizando bandagens, bem como realizado na abordagem do paciente relatado, que, por apresentar fratura em úmero, realizou-se a imobilização por bandagem em formato de oito associado a asa corpo, como prevenção de exposição de fragmentos ósseos, manipulação do animal por dor e como medida a se evitar a presença de ectoparasitas (CUBAS et al., 2014).

Há algumas particularidades na abordagem médica de animais oriundos de vida livre que podem ser potenciais desafios ao médico veterinário de animais selvagens responsável por intervenções ortopédicas, principalmente se tratando de predadores que necessitam ter suas habilidades de obtenção de alimentos 100% restabelecida para retornarem ao seu habitat (HELMER e REDIG, 2006). O prognóstico do paciente é dependente de diversas vertentes, como por exemplo o grau de fratura e exposição de fragmentos ósseos, tamanho do paciente, técnica cirúrgica abordada, material adequado e habilidade ortopédica do cirurgião (FERRIGNO et al., 2014). O paciente relatado apresentava fratura fechada, diminuindo o grau de contaminação do local, além de que a abordagem cirúrgica e fisioterapia para recuperação preconizaram a preservação de tecidos moles adjacentes e correto remodelamento ósseo, favorecendo o prognóstico de readaptação para soltura.

A escolha do método de osteossíntese pode variar a depender do local e tipo de fratura, porém, independente da técnica utilizada, o princípio da abordagem terá o intuito de propiciar

a cicatrização óssea com retorno de sua função e dos tecidos moles adjacentes (FOSSUM, 2014). Métodos de imobilização do membro utilizando talas e bandagens associados à métodos cirúrgicos como pinos intramedulares utilizados no animal do presente relato, além de diversos outros métodos como fixadores externos, placas e parafusos ósseos são considerados técnicas de tratamento de fraturas ósseas, sendo que abordagens cirúrgicas possuem vantagens como visualização mais ampla do foco de fratura, maior estabilidade na imobilização óssea, redução de infecção por remoção de tecidos contaminados e maior preservação de tecidos moles adjacentes (RITCHIE et al., 1997).

Devido a alta incidência e grave comprometimento do membro e de suas funções, fraturas em úmero assim como a relatada no presente trabalho são consideradas de grande importância na rotina ortopédica de aves, sobretudo no reestabelecimento de voo, sendo necessária a completa e adequada coaptação dos fragmentos gerados pela fratura (COLES, 2007).

O úmero é abordado cirurgicamente através de sua face dorsal, devido a ausência de musculatura (SCOTT, 2021). A colocação de pinos intramedulares geralmente é o método mais optado devido a simplicidade do procedimento cirúrgico e seu baixo custo, entretanto, não interrompe a rotação dos fragmentos ósseos (COLES, 2007). Em fraturas diafisárias como a do animal abordado no relato, recomenda-se associar o pino intramedular com fixador externo, podendo utilizar a técnica de “tie-in” ou fixação híbrida, onde o pino intramedular é curvado em 180% no seu local de saída na articulação proximal do úmero, de maneira que se encontre com os pinos colocados nos fragmentos de maneira transversal na face dorsal do úmero, que também serão externamente curvados a partir de alguns centímetros de sua inserção no membro, até que estejam paralelos ao eixo ósseo e ao pino intramedular anteriormente curvado, para que então sejam unidos através de presilhas e resina apropriada (HELMER e REDIG, 2006; COLES, 2007). Ao utilizar esta técnica, o cirurgião garante um dispositivo de imobilização relativamente leve, preserva tecidos moles adjacentes, o alinhamento, vascularização e comprimento do osso, além de impedir forças de cisalhamento, arqueamento, axiais e rotacionais (FREITAS et al., 2013), obedecendo os princípios de padrões biológicos de osteossíntese e favorecendo a recuperação tecidual completa do membro (DUHAUTOIS, 2003).

Utilizou-se o método “tie-in” no caso relatado no presente trabalho, respeitando as recomendações para a escolha do diâmetro do pino intramedular (de 60% a 80% do diâmetro

da parte mais estreita do canal medular) e dos pinos utilizados como fixadores externos (de 20% a 30% do diâmetro ósseo), como descritos por Ferrigno (2014). As condutas cirúrgicas realizadas no presente relato foram semelhantes às descritas por Scott (2021), realizando a introdução de um pino liso em canal intramedular de maneira retrógrada com saída em articulação proximal; e de um pino liso em cada fragmento ósseo, colocados em 90° em relação ao eixo ósseo através da face dorsal do úmero, transpassando por completo a cortical cis e até ter sua ponta palpável na cortical trans.

Ao final do procedimento cirúrgico, os pinos inseridos nos fragmentos distal e proximal se soltaram, permanecendo apenas o pino intramedular, tal fato ocorrido pode ser explicado devido a reduzida prensão mecânica no osso ao utilizar pinos lisos na angulação de 90° em relação ao membro abordado. Pinos rosqueados podem garantir uma melhor fixação quando inseridos perpendiculares ao eixo ósseo, caso a abordagem seja feita com pinos lisos, estes devem ser inseridos em face dorsal do osso em um ângulo de 30° a 40°, garantindo uma resistência e fixação mais adequada e prevenindo sua migração (EGGER,1998).

Manteve-se o pino intramedular no paciente abordado a fim de contrapor forças de arqueamento e promover o alinhamento de fragmentos e vascularização óssea, entretanto, com a migração de pinos utilizados como fixadores externos, o membro abordado ficou sujeito à carga compressiva de outras forças como a de rotação (FERRIGNO et al., 2014), optou-se então pela realização de bandagem em oito associada a bandagem asa-corpo de maneira minuciosa, acolchoando com várias camadas de atadura elástica durante sua confecção, além do correto controle de dor e antibioticoterapia durante o período pós-cirúrgico.

Realizou-se avaliações radiográficas do pino inserido em canal medular até completar 23 dias do procedimento cirúrgico, onde observou-se alinhamento e formação de calo ósseo no foco da fratura, retirando-o após 5 semanas de sua inserção, respeitando as premissas de preservação de tecidos moles adjacentes (CUBAS & RABELO, 2014).

Após 46 dias de procedimento cirúrgico, constatou-se por radiografia a consolidação óssea do local da fratura, dispensando também o uso de imobilizações externas e iniciando terapias não ortodoxas para continuação de tratamento como fisioterapia (realizando diariamente por aproximadamente 5 minutos, movimentos de abdução, adução, extensão e flexão do membro afetado), adaptação de poleiros de diferentes alturas em recinto e treinos de voo, todos os métodos respeitando as características biológicas da espécie de maneira a evitar estresse e dependência com o manipulador.

Após completa recuperação do membro anterior esquerdo, o paciente relatado foi encaminhado para o Centro de Triagem e Reabilitação de Animais Silvestres – CETRAS/IEF de Patos de Minas - MG onde passou por períodos de readaptação à habilidades de voo e obtenção de alimentos, onde este apresentou efetiva aptidão para retorno à natureza , sendo esta realizada no dia 10 de novembro de 2022 em Patos de Minas – MG, portanto, o presente relato apresenta um caso de completa resolução clínica de uma fratura umeral em ave de rapina, através da osteossíntese utilizando pino intramedular e imobilização por bandagem em oito e asa-corpo associado à procedimentos fisioterápicos.

7. CONCLUSÃO

A técnica de inserção de pino intramedular associada a bandagem em oito + bandagem asa-corpo com o correto manejo de reabilitação foi eficiente para osteossíntese de fratura em úmero da ave do presente estudo.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ATHAYDE, G.C. Tratamento de lesões traumáticas em sucuri (*Eunectes murinus*). 11 2007. 15 f. **Tese (Especialização em Clínica e Cirurgia de Animais Selvagens e Exóticos)** 12 – Universidade Castelo Branco.

BASTOS, R.P.; MOTTA, J.A.O.; LIMA, L.P., et al. **Anfíbios da floresta nacional de Silvânia, estado de Goiás**. 1ª Edição. Goiânia-GO: Editora Semarh, 2003. p. 29.

CANELAS, H. A. M.; NEGRÃO, A. S.; HAMOY, A. M.; CRUZ, P. S. C.; MATANGRANO NETO, R. et al. Osteossíntese de ossos longos em aves: Revisão. **PUBVET** v.14, n.8, a637, p.1-18, Ago., 2020. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n8a637.1-18>

CARDOSO, M.D.; ALBUQUERQUE, M.C.; CAMARGO, M.B., et al. **Estudo retrospectivo das afecções odontoestomatológicas em mamíferos selvagens e exóticos atendidos no Hospital Veterinário Firmino Mársico Filho, Universidade Federal Fluminense, RJ, Brasil**. In: V Simpósio Brasileiro sobre Animais Silvestres e Selvagens – UFV, 2010, Viçosa.

COLES, B. (2007). **Essential of avian medicine and surgery**. Blackwell Publishers Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470692349>

CUBAS, Z. S.; RABELO, R. C. Terapêutica de Emergência em Aves 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. 1898-1946.

DECAMP C.E; JOHNSTON S.A; DÉJARDIN L.M; SCHAEFER S.L. Fractures: Classification, Diagnosis, and Treatment. **Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair**. 5th edition. Elsevier. p. 24-152. 2008. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-2364-9.00011-2>

DENNY, H. R., & BUTTERWORTH, S. J. (2000). **A guide to canine and feline orthopaedic surgery**. Blackwell Science. <https://doi.org/10.1002/9780470699027>

DUHAUTOIS, B. Use of veterinary interlocking nails for diaphyseal fractures in dogs and cats: 121 cases. **Veterinary Surgery**, [S.l.], p. 8-20, 2003. <https://doi.org/10.1053/jvet.2003.50008>

EGGER, E. L. Fixação esquelética externa. In: SLATTER, D. **Manual de cirurgia em pequenos animais. 2. ed.** São Paulo: Manole, v. 2, 1998. Cap. 123, p. 1944-1960.

FERRIGNO, C. R. A. A.; SCHMEADECKE, A.; FERRAZ, V. Ortopedia 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. 2095-2112.

FOSSUM, T. W. (2014). **Cirurgia de pequenos animais** (4th ed., Vol. 1). Elsevier Brasil.

FREITAS, S. H.; DORIA, R. G. S.; MINTO, B. W.; NARDI, A. B.; MELO, M. M.; CAMARGO, L. M.; SANTOS, M. D.; SHIMANO, A. C.; AMBROSIO, C. E. Haste intramedular modificada no tratamento de fratura diafisária de fêmur em cão - relato de caso. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, Rio de Janeiro, p. 323- 328, out./dez. 2013.

FUCHS, J.; JOHNSON, J. A.; MINDELL, D. P. Molecular systematics of the caracaras and allies (Falconidae: Polyborinae) inferred from mitochondrial and nuclear sequence data. **IBIS International Journal of Avian Science**, Oxfordshire, v. 154, n. 3, p. 520 - 532, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2012.01222.x>

GOUVÊA, A. S.; ALIEVI, M. M.; NORIEGA, V.; DAL-BÓ, I. S.; PINTO, T. M. et al. Microplacas de titânio em fraturas de tibiotarso em pombos domésticos. **Ciência Rural**, V. 41 (3), 2011. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000300018>

HELMER, P., & REDIG, P. T. (2006). Surgical resolution of orthopedic disorders. **Clinical Avian Medicine**, 2, 761–774.

IBAMA. **Lei de Crimes Ambientais**. 2015. Acessado em 23 jan. 2016. Disponível em: www.ibama.gov.br.

JOHNSON, A.L.; HOULTON, J.E.F.; VANNINI R. **AO Principles of Fracture Management in the Dog and Cat**. Alemanha. Publicado: Georg Thieme Verlag. 1. ed. 2005. 529 p.

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.

MACWHIRTER, P. (2009). Basic anatomy, physiology and nutrition. In T. N. Tully, G. M. Dorresteir, & A. K. Jones (Eds.), **Handbook of Avian Medicine** (pp. 1–25). Elsevier Saunders. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-2874-8.00002-X>

MCCARTNEY, W.T. Orthopaedic injuries in pigeons. **Veterinary Record**, v. 134, p. 305-307, 1994. <https://doi.org/10.1136/vr.134.12.305>

MENQ, W. Carcará (*Carcara plancus*) – **Aves de Rapina Brasil**. 2018. Acesso em: 26 de agosto de 2020. Disponível em: http://www.avesderapinabrasil.com/caracara_plancus.htm

MMA. **Ministério do Meio Ambiente. Biodiversidade – Fauna**. 2015. Acessado em 23 jan. 2016. Online. Disponível em: www.mma.gov.br/mma-em-numeros/biodiversidade

REDIG, P.T. A clinical review of orthopedic techniques used in the rehabilitation of raptors. In: FOWLER, M.E. **Zoo & wild animal medicine. 2ª Edição**. Philadelphia: W.B. Saunders, 1986. P. 388-401.

RITCHIE, B. W., HSARRISON, G. J., ZANTOP, D., & HARRISON R, L. (1997). **Avian medicine: principles and application**, abridged edition. Idaho Falls, ID: Wingers Publishing.

SCOTT, D. E. (2021) **Raptor medicine, surgery, and rehabilitation. Third edition** / David E. Scott, DVM, Staff Veterinarian, Carolina Raptor Center, Charlotte, North Carolina, USA.

SICK, H. / PACHECO, J. F. (coord). Ordem Falconiformes. In: **Ornitologia Brasileira**. 1.ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. p. 243-269.

SOUZA, L. A.; EURIDES, D.; DIAS, T. A.; OLIVEIRA, B.J.N.A; SILVA, L.A.F.; et al. Redução de fraturas ósseas em aves: Revisão de literatura. **PUBVET**, Londrina, V. 4 (1), Ed. 106, Art. 711, 2010.

TUBELIS, D. P. Aggregations of southern caracaras (*Caracara plancus*) in soybean plantations in central Cerrado, Brazil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 27, n. 1, p. 53-55, 2019. <https://doi.org/10.1007/BF03544447>