



DESENVOLVIMENTO DE HASTE INTRAMEDULAR BLOQUEADA COM BIOPOLÍMERO ATRAVÉS DA MANUFATURA ADITIVA PARA APLICAÇÃO NA CLÍNICA DE PEQUENOS ANIMAIS

Joice Kelly Novais, Joicek.novais@gmail.com¹
Victor Hugo Martins de Almeida, vhmalmeida@uesc.br¹
Elisângela Barboza da Silva, elisangelavet@yahoo.com.br²

¹ Universidade Estadual de Santa Cruz, Campus Soane Nazaré de Andrade, Rod. Jorge Amado, Km 16 - Salobrinho, Ilhéus - BA, 45662-900.

Resumo. *O desenvolvimento de novos equipamentos usando materiais de baixo custo disponíveis no mercado, pode ser uma alternativa viável para o tratamento de cirurgias de fraturas em ossos longos de pequenos animais. O objetivo deste presente estudo será avaliar a resistência mecânica de fêmures desses animais, imobilizados com hastes intramedulares bloqueadas, confeccionadas com o poli(ácido lático) – PLA, através da impressora 3D com o método de manufatura aditiva, utilizando os testes ex vivo. Para isso, serão realizados testes físicos de compressão e flexão, com o auxílio de uma máquina universal de ensaios, visando verificar o comportamento de ossos fraturados e instrumentados com hastes poliméricas, bem como com ossos íntegros, cujos resultados serão tomados como referência para comparações e verificação se a resistência desses ossos instrumentados se equivale aos ossos íntegros.*

Palavras chave: *Haste intramedular; Manufatura Aditiva, Poli(ácido lático); Impressora 3D*

1. INTRODUÇÃO

Fraturas ósseas são casos frequentes na medicina, sendo os ossos longos (ex. fêmur, tíbia, úmero) os mais acometidos, e por este motivo a ortopedia é uma área que demanda estudos para aprimorar as formas de tratamento desses casos.

Na Medicina Veterinária, as fraturas em ossos longos nos animais domésticos são também bastante frequentes. A fratura de tíbia é correntemente encontrada na clínica cirúrgica de pequenos animais, apresentando cerca de 20% das fraturas de ossos longos e 12% das fraturas apendiculares (Piermattei e Glo, 1999; Basinger e Suber, 2004). Estas fraturas comumente acontecem devido a quedas de lugares altos, ferimentos por projéteis balísticos e atropelamentos (Romano et al., 2008).

Quando há um rompimento da integridade óssea seja ela completa ou incompleta, ocasionalmente torna-se necessária a osteossíntese, proporcionando o alinhamento dos fragmentos ósseos, manutenção da biomecânica normal e sua restabilização (Bush, 1977; Williams et al., 1987).

A osteossíntese de fêmur pode ser efetuada por diversas técnicas de estabilização, entretanto, essas técnicas estão propensas a complicações, geralmente devido às lesões nos tecidos moles, ocasionando posteriormente em deiscência da sutura, infecções e problemas na consolidação óssea (Johnson e Hulse, 2002; Basinger e Suber, 2004).

A haste intramedular bloqueada é uma técnica que vem sendo utilizada nos tratamentos de fratura de ossos longos em humanos (Pietrzak et al., 1996; Bhat et al., 2006) e recentemente também empregada em animais domésticos como cães (Giordano et al., 2006) e gatos (Romano et al., 2008). Habitualmente, essas hastes têm sido elaboradas com aço inoxidável ou titânio, sendo muitos os casos de complicações ligados ao seu uso, tais como: erros de bloqueio dos parafusos, quebra dos parafusos e/ou da haste, não união ou união retardada, infecções, formações de pseudoartroses, neuropraxias, e contraturas musculares (Giordano et al., 2006). Soma-se ao fato de que o uso dessa haste metálica rígida tem custo elevado e pode desencadear reações do organismo por incompatibilidade do material com o organismo, restrição do desenvolvimento ósseo fisiológico em pacientes jovens e interferência no procedimento de acompanhamento pós-operatório (Pietrzak et al., 1996). Além disso, seu uso promove, a longo prazo, minoração da densidade mineral óssea (osteopenia), decorrente da presença do material metálico (Böstman, 1991). Assim, usualmente, um segundo procedimento cirúrgico deve ser realizado para retirada do implante após a solidificação da fratura (Van der Elst et al., 1999).

A busca por materiais mais leves, rígidos, de baixo custo e biocompatíveis tem sido recorrente (Van der Elst et al., 1999). Muitos polímeros biocompatíveis e/ou reabsorvíveis são gradualmente testados e introduzidos em procedimentos cirúrgicos, com ênfase para os implantes de reconstrução de tecido, e implantes ortopédicos. A utilização

desses materiais cessa a necessidade da retirada cirúrgica da haste, além de colaborar com a análise de imagens das fraturas (Paolucci, 2017).

Tendo em vista os altos preços dos equipamentos e materiais utilizados para a realização de uma cirurgia ortopédica em pequenos animais, foi pensado numa maneira de tornar esse procedimento mais viável e acessível, utilizando os biopolímeros como substituto das hastes de titânio ou aço inoxidável que são atualmente empregadas.

Além disso, como o uso dessas hastes de metais trazem complicações relacionadas à sua utilização a longo prazo, com a substituição pelos biopolímeros, vários desses fatores seriam diminuídos ou até mesmo extintos, além de não haver a necessidade da segunda cirurgia para a retirada do implante após a fratura se consolidar, pois, o mesmo seria desintegrado naturalmente pelo organismo.

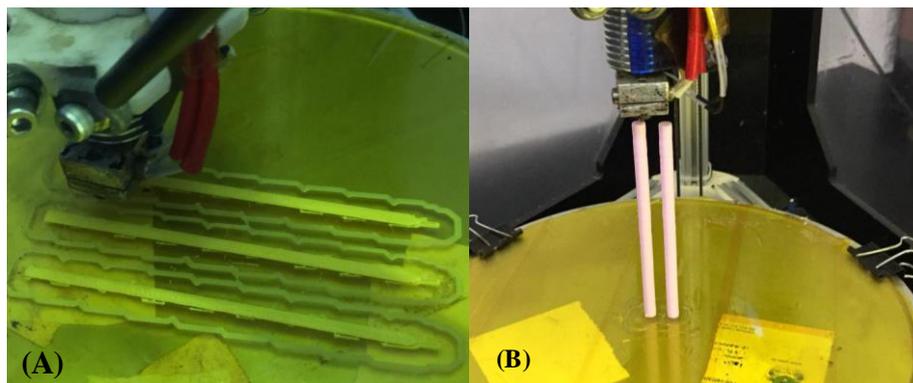
Com todos esses benefícios de baixo custo e a não necessidade da segunda cirurgia, esse procedimento seria de maior acessibilidade para todos os que necessitarem desse ato cirúrgico, visto que, a fratura em ossos grandes é relativamente comum na clínica cirúrgica de pequenos animais.

2. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foram utilizados 2 fêmures de um gato adulto, com peso médio de 4,1 kg, proveniente do centro de Zoonose da região de Ilhéus-Bahia.

As hastes em PLA utilizadas para o implante, foram impressas pelo método de manufatura aditiva em uma impressora 3D, modelo Delta, no Laboratório de Projetos Mecânicos e Tribologia da UESC. Afim de encontrar modelos de hastes mais resistentes para a realização do projeto, foram utilizados dois métodos de impressão, hastes impressas na horizontal, como na Figura 1.a, e na vertical, Figura 1.b.

Figura 1: Impressão das hastes na horizontal (a); Impressão das hastes na vertical (b). (Autores, 2019)



O diâmetro das hastes utilizadas para o implante foi de 4,5 mm, e para verificar sua força máxima e resistência à ruptura, foram impressas 5 hastes de cada tipo, e foram realizados ensaios de flexão e compressão, no Laboratório de Polímeros e Sistemas (LAPOS), utilizando uma máquina de ensaios universal EMIC linha DL, modelo 500, com célula de carga de 500N, a uma velocidade de 1 mm/min.

Após a confecção das hastes, foi feito o acesso ao foco de fratura na diáfise femoral para realinhamento dos fragmentos ósseos e fresagem do canal medular em sentido proximal e distal. Em seguida a fratura foi reduzida e fixada com pinças. Na sequência, a haste bloqueada feita pela impressora 3D com o poli(ácido lático) foi introduzida pela via normógrada a partir da fossa intertrocanterica após a perfuração com broca compatível com a largura da haste.

Com a haste implantada no canal medular, procedeu-se o bloqueio da mesma utilizando um pino de schanz acoplado em uma furadeira. Foram feitos 4 bloqueios, dois em cada extremidade do osso. Depois de implantados, os ossos passaram por exame físico de flexão e compressão.

Para os testes de flexão, os ossos foram apoiados em suporte de metal, para garantir o seu alinhamento do eixo longitudinal. A força foi aplicada no centro da diáfise, na face cranial, o que caracteriza um ensaio de flexão de 3 pontos. Para a realização desses ensaios, utilizamos a mesma máquina de ensaios universal, e uma força foi aplicada até que houvesse à ruptura, uma fissura do osso, deformação excessiva da haste em relação ao eixo longitudinal do osso ou até mesmo o desalinhamento dos fragmentos ósseos.

No ensaio de compressão, para garantir que a força aplicada seria incidente sobre o eixo longitudinal da amostra na vertical, as extremidades do osso foram acopladas à tampinhas de garrafas e preenchidos com resina ortofitálica, para evitar o deslizamento do osso durante o ensaio, e permitir o apoio do osso no plano, como mostra na Figura 2.

Figura 2: Osso com haste implantada, acoplado à tampinhas de garrafa com refina ortofitálica. (Autores, 2019)



Os testes de compressão e flexão eram iniciados com o contato da máquina sobre as amostras, o valor considerado para à análise foi a força máxima suportada pelo osso, onde era registrada até o momento que houvesse alguma mudança brusca de característica, como deslocamento expressivo sem que a carga fosse aumentada, ou até mesmo a perda de estabilidade da peça. Em ambos os testes, a velocidade de aplicação da carga foi de 1 mm min⁻¹).

Após coleta de todos os dados, foi com parados os resultados entre o osso íntegro e implantado, afim de promover uma comparação e testar a validade das hastes confeccionadas pelo biopolímero PLA.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

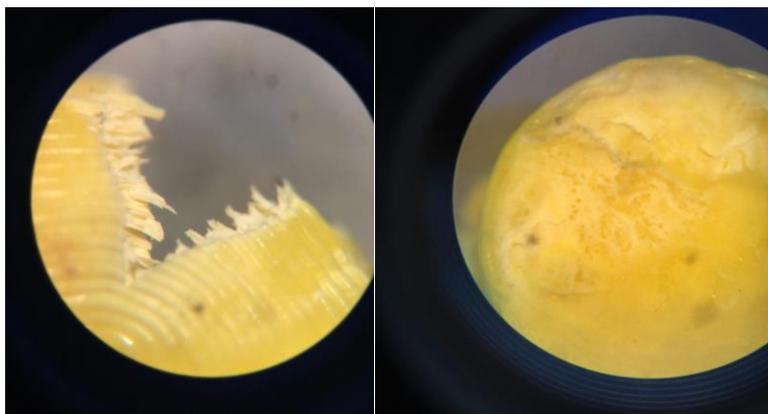
Para os ensaios com as hastes impressas verticalmente e horizontalmente, houve uma diferença significativa em relação à sua resistência à ruptura e força máxima suportada. As hastes impressas horizontalmente obtiveram uma maior resistência à flexão, como podemos observar na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Dados dos ensaios de flexão para as hastes

	Hastes Impressas	
	Verticalmente	Horizontalmente
Força Máx. (kgf)	2,78	4,48
Tensão Força Máx. (Mpa)	18,33	30
Tensão Ruptura (Mpa)	16,92	-

As hastes impressas horizontalmente não obtiveram os resultados de tensão à ruptura, pois as mesmas não romperam durante à realização do ensaio, elas deformaram significativamente, mas não causaram a ruptura completa, e por isso os ensaios tiveram que ser interrompidos quando a máquinas de ensaios universal chegou ao limite, ao contrário das hastes impressas verticalmente, que fraturaram rapidamente na divisão de uma das suas camadas de filamento, como podemos ver na Figura 3.

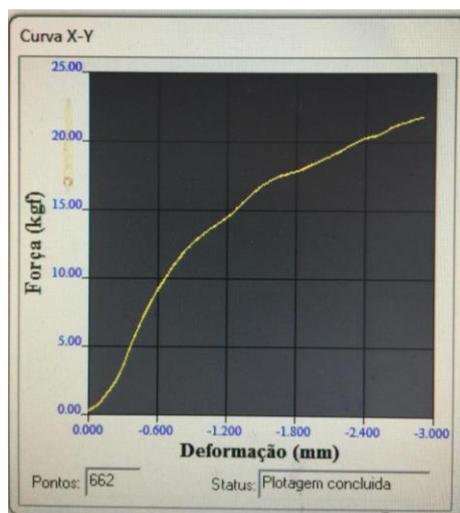
Figura 3: Modo como as hastes fraturaram. (Autores, 2019)



Nos ensaios de compressão, as hastes impressas horizontalmente obtiveram um ótimo valor de força máxima, suportando até 9 kg sem deformar. Devido à essa diferença de resultados, usamos apenas as hastes impressas horizontalmente nos implantes, afim de conseguir uma melhor resistência no sistema osso-implante.

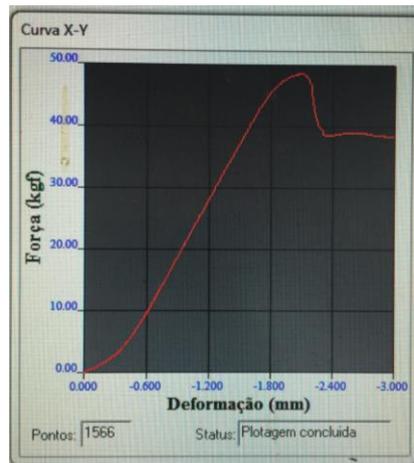
Após esse resultado, iniciamos o ensaio de compressão do osso implantado, que obteve uma força máxima de 22 Kgf, aproximadamente 22,4 kg, e não houve ruptura do sistema, porém, após uma perda de estabilidade da peça, o ensaio foi interrompido, como podemos observar na Figura 4.

Figura 4: Gráfico de deformação osso implantado. (Autores. 2019)



Com o osso íntegro, foi realizado um ensaio de flexão, e como esperado, ele possui uma resistência muito elevada se comparada com as hastes impressas, apresentou um resultado de 48,68 kgf, aproximadamente 49,67 kg. Podemos analisar no Figura 5, o comportamento do osso íntegro quanto a aplicação de força, ele possui um pico de força, e após uma pequena fratura, seus valores começam a cair, e aumentar sua deformação.

Figura 5: Comportamento osso íntegro no ensaio de flexão (Autores, 2019)



4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nesse projeto foram bastante satisfatórios, pois além de apresentarem números de resistências elevadas, as hastes impressas horizontalmente não causaram a ruptura, apesar de uma deformação considerável (Figura 6), após a retirada de aplicação da força, o sistema osso-implante retornou ao estado inicial.

Figura 6: Deformação do osso implantado no ensaio de compressão



Apesar das hastes apresentarem um número menor de força máxima quando comparado ao osso íntegro, se levarmos em consideração o peso do animal estudado (4,1 kg), essas hastes resistiriam tranquilamente à força a elas submetidas, ainda pensando que estamos analisando apenas uma pata do animal.

Analisando esses resultados, é concluído que seria possível aplicar esse método de hastes impressas na impressora 3D com PLA, em animais *in vivo*.

5. REFERÊNCIAS

- PIERMATTEI, D.L.; GREELEY, R.G. Atlas de abordagens cirúrgicas aos ossos do cão e gato. São Paulo: Manole, 1998; p.177-176.
- BASINGER, R. R.; SUBER, J. Two techniques for supplementing interlocking nail repair of fractures of the humerus, femur, and tibia: results in 12 dogs and cats. *Veterinary Surgery*, Philadelphia, v. 33, p. 673-680, 2004.
- ROMANO, L.; FERRIGNO, C. R. A.; FERRAZ, V. C. M.; DELLA NINA, M. I.; ITO, K. C. Avaliação do uso de haste bloqueada e bloqueio transcortical no reparo de fraturas diafisárias de fêmur em felinos. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 28(4), p. 201 – 206, 2008.

- BUSH M. 1977. External fixation of avian fractures. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 171(9):943-946
- WILLIAMS R., HOLLAND M., MILTON J.L. 1987. A comparative study of treatment methods for long bone fractures. *Companion Animal Practice*. 1(4):48-55.
- JOHNSON, A.L.; HULSE, A.D. Fundamentos da cirurgia ortopédica e tratamento de fraturas. In: FOSSUM, T. W., HEDLUND, C.S., HULSE, D.A. et al. *Cirurgia de pequenos animais*. São Paulo: Roca, 2002a. p.787-853.
- PIETRZAK, W.S. et al. Bioresorbable implants – practical considerations. *Bone*, v.19, suppl.1, p.109S-119S, 1996. Disponível em: <http://www.journals.elsevierhealth.com/periodicals/bon/article/S8756-3282%2896%2900139-1/pdf>. Acesso em: 01 jun. 2009.
- BHAT, A.K. et al. Mechanical failure in intramedullary interlocking nails. *Journal of Orthopaedic Surgery*, v.14, n.2, p.138-141, 2006. Disponível em: <<http://www.josonline.org/pdf/v14i2p138.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2009
- GIORDANO, P. P.; PADILHA FILHO, J. G.; LOLLI JUNIOR, J. Haste intramedular bloqueada modificada aplicada ao fêmur. Estudo clínico e experimental em cães. *ARS VETERINARIA*, v. 22(3), p. 184-191, 2006.
- BÖSTMAN, O. Osteolytic changes accompanying degradation of absorbable fracture fixation implant. *Journal of Bone and Joint Surgery*, v. 73-B, P. 679 – 682, 1991
- VAN DER ELST, M. et al. Bone tissue response to biodegradable polymers used for intra medullary fracture fixation: a long-term in vivo study in sheep femora. *Biomaterials*, v.20, p.121-128, 1999.
- PAOLUCCI, Leopoldo Augusto. ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE FIXAÇÃO DE IMPLANTES INTRAMEDULARES POLIMÉRICOS. 2017. 224 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.