



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE - UFAC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA,
INOVAÇÃO E TECNOLOGIA PARA A AMAZÔNIA – CITA

**CONFECÇÃO DE MODELOS 3D, DE FRATURAS
EPIFISÁRIAS DISTAIS DO RÁDIO, UTILIZANDO A
CLASSIFICAÇÃO DE SALTER-HARRIS, COMO
MÉTODO ALTERNATIVO NO ENSINO**

JOAB AGUIAR DO NASCIMENTO

RIO BRANCO - AC
Agosto - 2020

JOAB AGUIAR DO NASCIMENTO

**CONFECÇÃO DE MODELOS 3D DE FRATURAS
EPIFISÁRIAS DISTAIS DO RÁDIO UTILIZANDO A
CLASSIFICAÇÃO DE SALTER-HARRIS, COMO
MÉTODO ALTERNATIVO NO ENSINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia, da Universidade Federal do Acre, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências e Inovação Tecnológica**.

Orientador: Romeu Paulo Martins Silva

Co-orientadores: Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti

Yuri Karaccas de Carvalho

**RIO BRANCO - AC
Agosto - 2020**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

N244c Nascimento, Joab Aguiar do, 1995 -

Confecções de modelos 3D de fraturas epifisárias distais do rádio utilizando a classificação de Salter – Harris, como método alternativo no ensino / Joab Aguiar do Nascimento; Orientador: Dr. Romeu Paulo Martins Silva e Coorientador: Dr. Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti e Yuri Karaccas de Carvalho. -2020.
72 f.: il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia. Rio Branco, 2020.

Inclui referências bibliográficas e anexos.

1. Impressão 3D. 2. Epífise. 3. Classificação Salter - Harris. I. Silva, Romeu Paulo Martins. (Orientador). II. Meneguetti, Dionatas Ulises de Oliveira (Co-orientador). III. Carvalho, Yuri Karaccas de (Co-orientador). IV. Título.

CDD: 509

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, INOVAÇÃO E
TECNOLOGIA PARA A AMAZÔNIA – CITA

CONFECÇÃO DE MODELOS 3D DE FRATURAS EPIFISÁRIAS
DISTAIS DO RÁDIO UTILIZANDO A CLASSIFICAÇÃO DE
SALTER-HARRIS, COMO MÉTODO ALTERNATIVO NO ENSINO

JOAB AGUIAR DO NASCIMENTO

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: ____ / ____ / ____



Prof. Dr. Romeu Paulo Martins Silva
Presidente da Banca - Universidade Federal do Acre



Prof. Dr. Eduardo Paul Chacur
Membro Externo – Universidade Federal de Goiás



Prof. Dr. Zenon Silva
Membro Externo - Universidade Federal de Goiás

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me sustentado até aqui, anos bem difíceis, porém sempre colocando as pessoas certas em meu caminho para me ajudar.

As pessoas que mais me incentivam e muitas vezes acreditam mais em mim do que eu mesmo, meus pais **Rosenilda Aguiar do Nascimento, Aldeni Marques do Nascimento**, meus irmãos **Jodiel Aguiar do Nascimento e Sinayra Aguiar do Nascimento**.

Meus sinceros agradecimentos ao **Prof. Dr. Romeu Paulo Martins Silva** pela orientação, paciência, apoio científico, acompanhamento, incentivo e por acreditar em meu potencial.

Da mesma forma, sou grato ao **Prof. Dr. Yuri Karaccas de Carvalho** por participar na realização deste projeto, pela orientação, e apoio científico, deixo meus agradecimentos para sempre.

Agradeço ao **Laboratório Multifuncional**, que foi minha segunda casa durante este período, todos os amigos que fiz nele, que foram minha segunda família.

Muito obrigado ao **Laboratório de Tecnologias educacionais 3D**, e os seus colaboradores, em especial à **Agnes de lima Souza** e ao **Kleber dos Anjos Lucas**, foram essenciais para o desenvolvimento deste projeto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

Ao **Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia – Cita**, Universidade Federal do Acre, pela oportunidade de incorporar-me em seu corpo discente e desenvolver-me nesse curso de pós-graduação.

A todos do **Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia**, seus professores e coordenação, que foram fundamentais em minha formação.

Todos os colegas de turma do **PPG-CITA**, levarei cada um em meu coração, sempre com boas lembranças, em especial, **Hemilly Paixão, Franciarli Paz, Leandro Cavalcante, Camila Freire, Ellen Nobre, Laura Nadine, Fernanda Viana e Lucas Leonardo** vocês conseguiram deixar as manhãs chatas mais divertidas.

Aos meus queridos amigos, que me apoiaram, ampararam e me incentivaram em todas as etapas desta jornada **Caroliny Freitas, Thales Scherer, Tatiana**

Sahi, Tairine Holanda, Gleycinara Maia e Guerd Muller graças a vocês tudo ficou mais fácil.

Aos membros que compuseram a banca examinadora, pelas sugestões para melhoria do trabalho **Prof. Dr. Eduardo Paul Chacur** e ao **Prof. Dr. Zenon Silva**.

Agradeço a todos que, de alguma forma ou em algum momento, me ajudaram, muito obrigado Deus vos abençoe.

Grato!

RESUMO

As fraturas distais do rádio ocorrem em até três centímetros da articulação radiocarpal, sendo importante no contexto das lesões traumáticas, correspondendo a 35-45% das fraturas pediátricas. Este trabalho objetiva a criação e avaliação de modelos 3D, de fraturas epifisárias distais do rádio (3D FEDR) como instrumento no ensino de estudantes e profissionais da saúde. Possibilitando escrever uma Revisão Bibliográfica como capítulo de livro e um segundo capítulo, com uma pesquisa experimental. É realizado um levantamento bibliográfico associado à incidência e distribuição de fraturas físicas epifisárias em crianças, conforme a classificação de Salter-Harris, entre 1977 a 2019. Os artigos obtidos perfazem um total de 4.878 registros, sendo 263 deles na base Science Direct, 286 na base PubMed, 4.320 na base Google acadêmico e 9 registros na base SciELO, porém apenas são selecionados 27 para comporem a nossa amostra. Verifica-se que aproximadamente 63% dos acometimentos envolvem crianças do sexo masculino e as fraturas de membros superiores representam 62,97% de todas as fraturas, enquanto as de membros inferiores correspondem a 37,03%. As lesões da epífise radial correspondem a 64,70% e cerca de 28% dos artigos apresentam falhas de procedimentos, na redução, associadas à manipulação fechada, sendo necessária a exploração cirúrgica. A pesquisa é desenvolvida na Universidade Federal do Acre (UFAC) em três etapas. A primeira consiste na obtenção das imagens de tomografia computadorizada. A segunda, envolve a construção dos modelos de fraturas. A terceira é realizada no Centro de Diagnóstico por Imagem de Rio Branco quando ocorre a radiografia dos modelos. O modelo de base 3D, do rádio, apresenta uma conformação semelhante à imagem tomográfica inicial, com o mesmo comprimento e largura, reproduzindo as estruturas que identificam o osso. Nesse contexto, consegue-se uma boa representação das conformações ósseas, observando estruturas que não são suficientemente reproduzidas e, portanto, não alcançando uma boa representação anatômica, especificamente para o forame nutrício. A produção dos modelos 3D FEDR leva 19,6 h, utilizando-se 107,1 g de filamento (ABS), com um custo equivalente a US \$ 4,31. As imagens radiográficas dos modelos 3D FEDR revelam nítidas zonas radiopacas e regiões radiolúcidas, caracterizando as conformações anatômicas pretendidas e permitindo observar e identificar regiões correspondentes, que possibilitem determinar os pontos de fratura, segundo a classificação de Salter-harris. Os 3D FEDR são uma fonte alternativa de material educacional, para o ensino na área da saúde. Porém, seu potencial educacional só será conhecido quando utilizados durante o processo de aprendizagem de alunos e profissionais.

Palavras-chaves: Impressão 3D, Epífise, Classificação Salter-Harris, Radiografia.

ABSTRACT

Distal radius fractures occur up to three centimeters from the radiocarpal joint, being important in the context of traumatic injuries, corresponding to 35-45% of pediatric fractures. This work aims to create and evaluate 3D models of distal epiphyseal fractures of the radio (3D FEDR) as an instrument in the teaching of students and health professionals. Making it possible to write a Bibliographic Review as a book chapter and a second chapter, with an experimental research. A bibliographic survey is carried out associated with the incidence and distribution of physical epiphyseal fractures in children, according to the Salter-Harris classification, between 1977 and 2019. The articles obtained make up a total of 4,878 records, 263 of which in the Science Direct database, 286 in the PubMed database, 4,320 in the Google academic database and 9 records in the SciELO database, however only 27 are selected to compose our sample. It appears that approximately 63% of the affections involve male children and fractures of the upper limbs represent 62.97% of all fractures, while those of the lower limbs correspond to 37.03%. The lesions of the radial epiphysis correspond to 64.70% and about 28% of the articles have failures in procedures, in reduction, associated with closed manipulation, requiring surgical exploration. The research is carried out at the Federal University of Acre (UFAC) in three stages. The first is to obtain computed tomography images. The second involves the construction of fracture models. The third is performed at the Rio Branco Diagnostic Imaging Center when the models are radiographed. The base 3D model of the radio presents a conformation similar to the initial tomographic image, with the same length and width, reproducing the structures that identify the bone. In this context, a good representation of bone conformations is achieved, observing structures that are not sufficiently reproduced and, therefore, not achieving a good anatomical representation, specifically for the nutritional foramen. The production of 3D FEDR models takes 19.6 h, using 107.1 g of filament (ABS), with a cost equivalent to US \$ 4.31. The radiographic images of the 3D FEDR models reveal clear radiopaque zones and radiolucent regions, characterizing the intended anatomical conformations and allowing the observation and identification of corresponding regions, which make it possible to determine the fracture points, according to the Salter-harris classification. 3D FEDR is an alternative source of educational material for teaching in the health field. However, its educational potential will only be known when used during the learning process of students and professionals.

Keywords: 3D printing, Epiphysis, Salter-Harris classification, Radiography.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Capítulo I	
Figura 1. Fluxograma da seleção de artigos para revisão sistemática sobre incidência e distribuição de fraturas físicas epifisárias em crianças de acordo a classificação de Salter-Harris.....	24
 Capítulo II	
Figura 1. Fluxograma da Criação dos 3D FEDR.....	42
Figura 2. A: Software de conversão <i>InVesalius</i> [®] . B: Software de Modelagem Computacional 3D <i>Meshmixer</i> [®]	43
Figura 3. Modelagem e composição de fraturas por meio do Software de Modelagem Computacional 3D <i>Meshmixer</i> [®] . A: Salter-Harris I Fratura através da placa de crescimento. B: Salter-Harris II Fratura através da placa de crescimento e metáfise. C: Salter-Harris III Fratura através da placa de crescimento e epífise. D: Salter-Harris IV Fratura através da placa de crescimento, epífise e metáfise. E: Salter-Harris V Lesão por esmagamento ou compressão da placa de crescimento.....	44
Figura 4. Classificação das fraturas epifisárias distais de rádio por localização.....	45
Figura 5. A: Impressora 3D usa a tecnologia FDM e Filamento 3D (Branco marfim, ABS. B: Arquivo 3D FEDR pronto para ser impresso. C: 3D FEDR no interior da impressora após o processo de finalização da impressão.....	46
Figura 6. A: Ímãs de Neodímio. B: Aplicação de ímãs em um modelo 3D FEDR.....	46
Figura 7. Rádio Humano, A. Imagem tomografia computadorizada - Visão: Ântero-posterior; B. Modelo 3D de base - Visão: Ântero-posterior. 1 – Processo estilóide do rádio; 2 – Face articular para os ossos do carpo escafoide e semi-lunar; 3 – Incisura ulnar do rádio; 4 – Linha interóssea; 5 – Tuberosidade do rádio; 6 – Colo do rádio; 7 – Cabeça do rádio; 8 – Diáfise do rádio.....	48
Figura 8. Modelos 3D de fraturas epifisárias distais de rádio. AP , Vista Ântero-posterior; L , Vista Lateral. A: Salter-Harris I; B: Salter-Harris II; C: Salter-Harris III; D: Salter-Harris IV; E: Salter-Harris V. As setas vermelhas indicam os respectivos focos de fratura.....	50
Figura 9. Radiografia dos 3D FEDR. AP , Vista Ântero-posterior; L , Vista Lateral. A: Salter-Harris I; B: Salter-Harris II; C: Salter-Harris III; D: Salter-Harris IV; E: Salter-Harris V. As setas vermelhas indicam os respectivos focos de fratura.....	52

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Capítulo I	Pág.
Tabela 1. Artigos encontrados na busca da literatura para revisão sistemática sobre Incidência e distribuição de fraturas físicas epifisárias em crianças de acordo a classificação de Salter-Harris.....	23
Tabela 2. Quantidade de artigos selecionados na busca da literatura para revisão sistemática sobre incidência e distribuição de fraturas físicas epifisárias em crianças de acordo a classificação de Salter-Harris.....	24
Quadro 1. Descrição sobre fraturas físicas epifisárias em crianças de acordo com a classificação de Salter-Harris.....	26
Capítulo II	
Quadro 1. Classificação das fraturas epifisárias distais de rádio por localização.....	44
Tabela 1. Valores para criação e impressão de modelos anatômicos 3D de fratura epifisária distal de rádio em Tempo (horas), Gasto com material (gramas), Consumo de Filamento e Energia Elétrica (US\$), por respectivo modelo e custo total dos modelos.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS

3D FEDR	Modelos 3D de Fraturas Epifisárias Distais do Rádio
STL	Stereolithography (Estereolitografia)
CAD	Computer Aided Design (Desenho Assistido por Computador)
FDM	Fused Deposition Modeling (Modelagem por <i>Deposição Fundida</i>)
ABS	Acrilonitrila Filamento de Termoplástico de Butadieno Estireno
TC	Tomografia Computadorizada
RM	Ressonância Magnética
TEP	Tomografia por Emissão de Pósitrons
TCEFU	Tomografia Computadorizada de Emissão de Fóton Único
US	Ultra-Som
3D	Terceira Dimensão
PUBMED	National Institute of Health
SciELO	Scientific Electronic Library Online
BVS	Biblioteca Virtual em Saúde
DECs	Descritores em Ciências da Saúde
FRD	Fratura do Rádio Distal
kV	Quilovolts
mA	Miliampère
h	Horas
g	Gramas
R\$	Reais
US\$	Dólar
kW	Quilo
W	Watts
ms	milissegundos

AP	Ântero-posterior
L	Lateral
DICOM	Digital Image Communications in Medicine
CO ₂	Gás Carbônico

SUMÁRIO

	Pág.
APRESENTAÇÃO.....	13
1. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2. OBJETIVOS.....	19
2.1 Objetivo Geral.....	19
2.2 Objetivos Específicos.....	19
CAPÍTULO I.....	20
1.1 INTRODUÇÃO.....	21
1.2 METODOLOGIA.....	23
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
1.4 CONCLUSÃO.....	33
1.5 REFERÊNCIAS.....	33
CAPÍTULO II.....	37
1. INTRODUÇÃO.....	40
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
2.1 Delineamento do Estudo.....	42
2.2 Obtenção das imagens para confecção dos 3D FEDR.....	42
2.3 Criação dos 3D FERD.....	43
2.4 Impressão 3D.....	45
2.5 Cálculo do Custo dos modelos impressos 3D.....	46
2.6 Estudo Radiográfico dos 3D FEDR.....	47
3. RESULTADOS.....	48
4. DISCUSSÃO.....	53
5. CONCLUSÃO.....	57
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
ANEXO I.....	61
ANEXO II.....	64
ANEXO III.....	65
ANEXO IV.....	69

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação, é elaborada e redigida para defesa de mestrado acadêmico, segundo critérios de organização em capítulos científicos, sendo abordada, no primeiro capítulo, uma revisão literária sobre como é realizada a Descrição de fraturas físicas epifisárias em crianças, de acordo com a classificação de Salter-Harris.

As fraturas epifisárias físicas são muito comuns em crianças e o tema abordado no presente estudo surgiu com foco na identificação de estudos que abordassem o diagnóstico dessas fraturas, discorrendo, na íntegra, sobre a classificação das fraturas, idade e sexo dos acometidos, local, mecanismo de lesão e tratamento.

O segundo capítulo do respectivo trabalho trata de pesquisa experimental, visando a Criação de modelos 3D, de fraturas epifisárias distais do rádio, como possível instrumento no ensino de estudantes e profissionais da área da saúde.

A pesquisa é desenvolvida na Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, AC, Brasil, laboratório de tecnologias educacionais em 3D, onde são desenvolvidos os modelos anatômicos em 3D, de fraturas epifisárias distais do rádio (3D FEDR), com base na classificação de Salter-Harris.

Assim, a pesquisa está estruturada com um capítulo de revisão bibliográfica versando sobre a temática apresentado. E um segundo capítulo experimental, que explora a importância da utilização da impressão 3D, como possível instrumento no processo de ensino/aprendizagem.

1. REVISÃO DA LITERATURA

Em meados do século XV, um ferreiro alemão, Johannes Gutenberg, surpreende o mundo inventando a primeira prensa tipográfica. A impressora Gutenberg produzia surpreendentes 3500 páginas impressas por dia, este marco fica conhecido como a “*invenção mais importante do segundo milênio*”, dando início a revolução da impressão. Anos depois, por volta de 1984, o norte americano Charles Hull inventou o primeiro modelo de impressora 3D, inaugurando uma nova era, um passo significativo da impressão, em papel, para imprimir objetos (HULL 1986; SCHUBERT et al., 2013; KARAGÖL, 2015).

Hull (1986) descreve a estereolitografia como sendo a impressão de materiais sobreposta uns aos outros em camadas sucessivas para formar um objeto 3D. Um ano depois, em 1987, ele patenteia a estereolitografia. A primeira máquina de modelagem por deposição fundida (MDF) é produzida, pela empresa Stratasys Limited, em 1991. Essa tecnologia utiliza uma extrusora e plástico, camadas são depositadas em uma cama de impressão (HULL 1986; SCHUBERT et al., 2013).

Os métodos empregados na aquisição de dados de imagens multidimensionais, para facilitar a visualização e interpretação, com precisão, das características fenotípicas de um paciente, manipulação e análise das informações capturadas, são descritos como “*Modelagem Tridimensional (3D)*”. São consideradas como fontes de imagens multidimensionais digitais: a tomografia computadorizada (TC), a ressonância magnética (RM), a tomografia por emissão de pósitrons (TEP), a tomografia computadorizada de emissão de fóton único (TCEFU), a ultra-som (US) e imagens de fonte magnética e varredura de luz de superfície (UDUPA & HERMAN 1999; FARAHANI et al., 2017).

A tecnologia de impressão 3D permite a geração de objetos projetados por computador, por meio de um mecanismo de modelagem de deposição fundida, em conjunto com um material termoplástico. Por conseguinte, esta tecnologia consegue criar objetos em 3D de qualquer maneira imaginável e as aplicações em medicina estão se expandindo rapidamente para revolucionar o planejamento no campo da cirurgia (VELASCO et al., 2017).

As operações de modelagem tridimensional dividem-se em quatro etapas distintas: I) *Pré-processamento*, quando é definido o sistema de objetos, II) *Visualização*, que permite visualizar e compreender a estrutura e dinâmica do sistema de objetos, III) *Manipulação*, operação que possibilita a realização de alterações virtuais nos objetos. IV) *Análise*, quando é quantificada a morfologia e/ou informações funcionais sobre o sistema de objetos (FADERO et al., 2014).

Existem múltiplos usos potenciais para a impressão 3D, na área médica, vindo proporcionar um impacto, significativo, na mudança de formas de tratamentos dos pacientes, sob várias condições, no futuro. Dentre elas: *Cultura de células, vasos sanguíneos e redes vasculares, bandagens, ossos, orelhas, exoesqueletos, traqueia, próteses dentárias* entre outros (SCHUBERT et al., 2013).

A Anatomia é essencial para as profissões médicas e de saúde. Entende-se que aprendendo Anatomia, os estudantes de medicina aprendem sobre as estruturas do corpo humano, fornecendo os meios básicos, necessários para compreender a patologia e os problemas clínicos. No século passado, dissecações e palestras formaram a base da educação em Anatomia, através do mundo (VACARREZZA & PAPA, 2015).

O ensino tradicional de Anatomia fundamentado em Anatomia Estrutural Topográfica, ministrada em palestras e em aulas de dissecação, foi substituído por uma variedade de métodos de estudo, acrescentando o aprendizado baseado em problemas, e modelos de plástico e/ou aprendizado assistido por computador (LOUW et al., 2009).

O campo anatômico é fortemente confiante de que os corpos doados, ainda, podem beneficiar significativamente novos estudantes de medicina, e que os procedimentos de dissecação realizados e pró-secção não podem ser subestimados em um currículo médico moderno (LOUW et al., 2009).

No entanto, o armazenamento de corpos humanos torna-se oneroso, de modo que outros problemas possam ocorrer, tais como: a preservação e a adequação inerentes à dissecação, devido a doenças, idade ou obesidade, podem se constituir em um problema; além disso, a dissecação cuidadosa consome muito tempo e os equipamentos de microscopia podem ser caros. Além de questões biológicas e metodológicas, a dissecação traz questões relativas à considerações

éticas e restrições legais ou simplesmente problemas logísticos, devido à falta de espaço, fundos, recrutamento ou móveis e equipamentos adequados (MCHANWELL et al., 2008).

Uma abordagem inovadora, que pode se tornar um recurso valioso no ensino de Anatomia, é a impressão 3D, devido à redução de custos. A prototipagem rápida envolve a criação de um modelo 3D físico, a partir de um molde computadorizado. Os modelos também podem ser analisados e modificados antes do planejamento da produção (GIBSON et al., 2010).

A fundamentação da prototipagem rápida, nada mais é que tornar um modelo 3D, de computador, em um modelo 3D físico, pela adjunção de camadas de material. (GIBSON et al., 2010). Com a fabricação aditiva, o equipamento lê e interpreta as informações de um desenho CAD e determina a liberação de camadas sucessivas de líquido, pó ou outro material escolhido, dessa maneira, começa a ser confeccionado o modelo a partir de uma série de seções transversais, essas camadas correspondem às mesmas seções transversais do desenho virtual CAD, de maneira que seja criada a forma final do modelo (GIBSON et al., 2010).

A utilização da impressão 3D, em medicina pode ser classificada em 4 aplicações: *Criação de modelos* para planejamento cirúrgico; *Criação de próteses implantáveis*; *Engenharia de tecidos biológicos*; *Prática de ensino* (GIBSON et al., 2010; RENGIER et al., 2010).

Com o passar dos anos, as imagens médicas passaram por uma evolução extraordinária; entretanto, a classe médica, ainda, continua limitada ao uso de telas planas, para a visualização de imagens em 3D. A impressão 3D pode, efetivamente, ultrapassar essas limitações produzindo objetos 3D compreensíveis ((VACARREZZA & PAPA 2015).

A criação de modelos físicos anatomicamente adaptados em 3D servirá como uma ferramenta valiosa, para fins de prática e ensino, possibilitando a reprodução física de deformidades e/ou lesões, a facilitar o estudo de estruturas anatômicas e apreciação de conformações estruturais, como forma de auxílio na interação médico-paciente, servir de apoio ao diagnóstico, planejamento cirúrgico, entre outras finalidades (KAI et al., 1998; OLIVEIRA et al., 2007; RENGIER et al., 2010; VACARREZZA & PAPA 2015).

Esses modelos de plástico podem ser utilizados no ensino de Anatomia, como ferramenta de ensino e também como método para melhorar o currículo e inovar no campo dada aprendizagem estabelecida, integrando a Anatomia à Radiologia (SMITH et al., 2017; MASSARI et al., 2019).

Assim, deve-se ressaltar a importância da utilização da impressão 3D, no processo de ensino/aprendizagem, de modo a possibilitar um aprendizado dinâmico. Todavia, observa-se, através de nossas pesquisas, a ausência de estudos que utilizem modelos em 3D, de fraturas do rádio, voltados para o ensino. Assim sendo, o objetivo dessa pesquisa é a criação e avaliação de modelos em 3D, de fraturas epifisárias distais, do rádio (Salter-Harris), como possível instrumento facilitador no ensino/aprendizagem de estudantes e profissionais da área da saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FADERO, P. E.; SHAH, M. Three dimensional (3D) modelling and surgical planning in trauma and orthopaedics. **The Surgeon**. v. 12, n. 6, p. 328–333, 2014.

FARAHANI, N.; BRAUN, A.; JUTT, D.; HUFFMAN, T.; REDER, N.; LIU, Z.; YAGI, Y.; PANTANOWITZ, L. Three-dimensional Imaging and Scanning: Current and Future Applications for Pathology. **Journal of Pathology Informatics**. v. 36, n. 8, p. 1-10, 2017.

GIBSON, I.; ROSEN, D.W.; STUCKER, B. Additive manufacturing technologies. Rapid prototyping to direct digital manufacturing. **Springer, New York**. 2010.

HULL C. Apparatus for Production of Three-Dimensional Object by Stereolithography. U. S. Patent 4, 575, 330, 1986.

KAI, C. C.; MENG, C. S.; CHING, L. S. Rapid prototyping assisted surgery planning. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 14, n. 9, p. 624–630, 1998.

KARAGÖL, B. 3D Printing: What does it offer and for whom? **STPS-Science and Technology Policy Studies Center**, p. 01-18, 2015.

LOUW, G.; EIZENBERG, N.; CARMICHAEL, S.W. The place of anatomy in medical education: AMEE Guide no 41. **Medical Teacher**, v. 31, n. 5, p. 373–386, 2009.

MASSARI, C. H. A. L.; PINTO, A. C. B. C. F.; DE CARVALHO, Y. K.; SILVA, A. F.; MIGLINO, M. A. Volumetric computed tomography reconstruction, rapid prototyping and 3D printing of opossum head (*Didelphis albiventris*). **International Journal of Morphology**. v. 37, n. 3, p. 838- 844, 2019.

MCHANWELL, S.; BRENNER, E.; CHIRCULESCU, A. R. M.; DRUKKER, J.; VAN MAMEREN, H.; MAZZOTTI, G., PAIS, D.; PAULSEN, F.; PLAISANT, O.; CAILLAUD, M. M.; LAFORET, E.; RIEDERE, B. M.; SANUDO, J. R.; BUENO-LOPEZ, J. L.; DONATE-OLIVER, F.; SPRUMONT, P.; TEOFILOVSKI-PARAPID, G.; MOXHAM, B. J. The legal and ethical framework governing Body Donation in Europe - A review of current practice and recommendations for good practice. **European Journal of Anatomy**. V. 12, n. 1, p. 1-24, 2008.

OLIVEIRA, M. F.; MAIA, I.A.; NORITOMI, P. Y.; NARGI, G.C.; SILVA, J.V.L.; FERREIRA, B.M. P.; DUEK, E.A.R. Construção de Scaffolds para engenharia tecidual utilizando prototipagem rápida. **Revista Matéria**, v. 12, n. 2, p. 373–382, 2007.

RENGIER, F.; MEHNDIRATTA, A.; VON TENGG-KOBLIGK, H.; ZECHMANN, C. M.; UNTERHINNINGHOFEN, R.; KAUCZOR, H. U.; GIESEL, F. L. 3D printing based on imaging data: review of medical applications. **International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery**, v. 5, p. 335–341, 2010.

SCHUBERT, C.; VAN LANGEVELD, M. C.; DONOSO, L. A. Innovations in 3D printing: a 3D overview from optics to organs. **British Journal of Ophthalmology** v. 98, n. 2, p. 159–161, 2013.

SMITH, C. F.; TOLLEMACHE, N.; COVILL, D.; JOHNSTON, M. Take away body parts! An investigation into the use of 3D-printed anatomical models in undergraduate anatomy education. **Anatomical Sciences Education**. v. 11, n. 1, p. 44–53, 2017.

UDUPA, J.K.; HERMAN, G.T. **Imagem 3D em Medicina**. 2nd ed. Filadélfia, Pensilvânia: CRC Press, 1999.

VACCAREZZA, M.; PAPA, V. 3D printing: a valuable resource in human anatomy education. **Anatomical Science International**, v. 90, p. 64–65, 2015.

VELASCO, I.; RAMOS, H.; VAHDANI, S. Manejo quirúrgico de tumor mandibular asistido con la tecnología de impresión tridimensional: nota técnica y reporte de caso. **Revista Chilena de Cirugía**. v. 69, n. 4, p. 332–340, 2017.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Criação e avaliação de modelos 3D, de fraturas epifisárias distais do rádio (Salter-Harris), como possível instrumento no ensino de estudantes e profissionais da área da saúde.

2.2 Objetivos Específicos

2.2.1 Identificar as estruturas anatômicas apresentadas nas peças digitalizadas em 3D.

2.2.2 Qualificar os diferentes graus de fraturas em peças anatômicas e radiográficas.

2.2.3 Avaliar se os modelos 3D apresentam estruturas morfológicas semelhantes às anatômicas, em estrutura e forma.

CAPITULO I

INCIDÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DE FRATURAS EPIFISÁRIAS EM CRIANÇAS DE ACORDO A CLASSIFICAÇÃO DE SALTER-HARRIS: REVISÃO SISTEMÁTICA

Artigo enviado no modelo de revisão literária à editora, para publicação no formato de capítulo no livro Saúde e Qualidade de Vida.

CAPÍTULO nº 1

Incidência e distribuição de fraturas físicas epifisárias em crianças de acordo com a classificação de Salter-Harris: revisão sistemática

Joab Aguiar do Nascimento¹

Caroliny Izabel Araújo de Freitas²

Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti³

Carolina Freitas da Silva⁴

Zenon Silva⁵

Eduardo Paul Chacur⁶

Anibal Monteiro Magalhães Neto⁷

Yuri Karaccas de Carvalho⁸

Romeu Paulo Martins Silva⁹

1.1 - INTRODUÇÃO

Fraturas ósseas podem ocorrer a partir da submissão do osso a um estresse de curta duração (SANTILI *et al.*, 2010). As fraturas da placa epifisária são observadas, com maior incidência, em indivíduos jovens, sendo a lesão mais frequente em crianças e adolescentes (SANTILI *et al.*, 2010; PODESZWA; MUBARAK, 2012).

¹Graduado em Fisioterapia pela FAMETA, Rio Branco/AC. Mestrando em Ciência, Inovação e Tecnologia para Amazônia pela Universidade Federal do Acre (UFAC). E-mail: joabaguiar1@hotmail.com

²Graduada em Nutrição pela UFAC, Rio Branco/AC. Mestre em Ciências da Saúde na Amazônia Ocidental pela Universidade Federal do Acre (UFAC). E-mail: carolinyiaf@hotmail.com

³Doutor em Biologia Experimental pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR); Mestre em Genética e Toxicologia Aplicada pela Universidade Luterana do Brasil (ULBRA); Coordenador do Laboratório de Medicina Tropical (LABMEDT); Docente da Universidade Federal do Acre (UFAC). E-mail: dionatasmenguetti@hotmail.com

⁴Graduada em Medicina pela UFAC, Rio Branco/AC. Mestranda em Ciências da Saúde na Amazônia Ocidental pela Universidade Federal do Acre (UFAC). E-mail: romeupms@gmail.com

⁵Doutor em Ciências Morfofuncionais pelo Instituto de Ciências Biomédicas (I.C.B.) da Universidade de São Paulo/SP; Graduado em Ciências Biológicas pela Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu (UNESP). E-mail: zenon_silva@ufg.br

⁶Doutor em Promoção da Saúde pela Universidade de Franca (UNIFRAN); Mestrado em Fisioterapia pelo Centro Universitário do Triângulo (UNITRI); Docente das disciplinas de Anatomia Humana e Bases Morfofisiológicas do curso de Medicina da Universidade Federal de Goiás (UFG)/Regional Catalão. E-mail: eduardochacur@ufg.br

⁷Doutor em Genética e Bioquímica pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU); Mestre em Genética e Bioquímica pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU); Docente da Universidade Federal de Mato Grosso. E-mail: profesoranibal@yahoo.com.br

⁸Doutor em Anatomia pela Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia pela Universidade de São Paulo (USP); Mestrado em Anestesiologia pela Faculdade de Medicina de Botucatu; Docente da Universidade Federal do Acre (UFAC). E-mail: ykaraccas@yahoo.com.br

⁹Doutor em Genética e Bioquímica pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU); Mestre em Genética e Bioquímica pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU); Docente das disciplinas de Anatomia Humana, Embriologia e Patologia na Universidade Federal de Catalão. E-mail: romeupms@gmail.com

Salter e Harris (1963), tomam como base a natureza da linha de fratura e as conformações adjacentes envolvidas, para classificarem as fraturas da placa de crescimento, dividindo-as em cinco diferentes grupos: Salter-Harris tipo I, quando ocorre a separação completa da placa de crescimento; Salter-Harris tipo II onde a linha de fratura envolve toda a placa de crescimento e uma parte da metáfise; Salter-Harris tipo III, inclui o comprometimento da superfície articular que se estende através da placa de crescimento e epífise; Salter-Harris tipo IV, quando ocorrem fraturas através da placa de crescimento, comprometendo parte da epífise e metáfise, frequentemente atingem as superfícies articulares; Salter-Harris tipo V são as fraturas por compressão da placa de crescimento (WOOD *et al.*, 2013).

As epífises e a metáfise são as principais estruturas responsáveis pelo crescimento ósseo, mediado pelo mecanismo de ossificação endocondral, as composições cartilaginosas dessas localidades são responsáveis pelas conformações ósseas assim como seu crescimento (CAINE *et al.*, 2006; YANAGUIZAWA *et al.*, 2018, CHOI *et al.*, 2018).

Muitas afecções, que acometem o esqueleto imaturo, podem comprometer a epífise e a metáfise, causando complicações, dessas estruturas, desde a interrupção do crescimento ósseo, encurtamento ou deformidades angulares dos membros e a formação de pontes ósseas transfisárias (CAINE *et al.*, 2006; YANAGUIZAWA *et al.*, 2018). Condições decorrentes de trauma agudo resultando, muitas vezes, em fraturas, em crianças, são as causas predominantes de lesões da placa de crescimento. Outras afecções podem acometer a placa epifisária, como lesões por estresse repetitivo, processos infecciosos, tumores, doenças metabólicas, lesões térmicas, lesões por irradiação, entre outras (CAINE *et al.*, 2006; YANAGUIZAWA *et al.*, 2018). As fraturas de origem fisária representam uma parcela significativa, no contexto das lesões decorrentes de traumas, compondo cerca de 15% de todas as fraturas em crianças (ROGERS *et al.*, 1994; YANAGUIZAWA *et al.*, 2018).

As modalidades de diagnóstico por imagem são imprescindíveis na avaliação desses pacientes, sendo capazes de fornecer informações importantes quanto a caracterização do tipo de fratura, sua localização e o grau de comprometimento da fise, entre outras comorbidades (KODRON *et al.*, 1996; YANAGUIZAWA *et al.*, 2018). Entretanto, a falha na identificação de fraturas é a intercorrência mais comum nos departamentos de acidentes e emergências e pode ser responsável por 41 a 80% dos erros de diagnóstico (PINTO *et al.*, 2010; WOOD *et al.*, 2013).

Dessa forma, objetiva-se, com este estudo, fazer uma revisão da literatura sobre a incidência e distribuição de fraturas físicas epifisárias, em crianças, utilizando a classificação de Salter-Harris.

1.2 - METODOLOGIA

O presente estudo envolve uma revisão sistemática, conforme as diretrizes disponíveis, baseadas em Galvão e Pereira (2014). Trata-se de uma revisão focada na identificação de estudos que abordem o diagnóstico de fraturas epifisárias, em crianças, em conformidade com classificação de Salter-Harris e obedecendo ao seguinte protocolo:

- a) **Elaboração do questionamento:** Como é realizada a descrição das fraturas físicas epifisárias, em crianças, utilizando a classificação de Salter-Harris?
- b) **Busca na literatura:** Os artigos são selecionados nas seguintes plataformas de bases científicas: *National Institute of Health (PUBMED)*, *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*, *Science Direct* e *Google Acadêmico* utilizando, para tanto, os descritores previamente estabelecidos em (Descritores em Ciências da Saúde – DECs “*Salter-Harris fractures*” and “*epiphyses*” and “*child*”. As pesquisas são realizadas mediante combinação e somatória de todos os descritores, unidos pela palavra "and", no período entre 1977 e 2019. Foram incluídos no estudo artigos publicados nos idiomas inglês, português e espanhol que atendessem aos seguintes critérios de inclusão: *texto completo disponível*, conteúdo principal envolvendo *fraturas epifisárias; Salter-Harris; crianças*. A totalidade de artigos obtidos perfizeram um total de 4.878 registros, sendo 263 deles na base *Science Direct*, 286 na base *PubMed*, 4.320 na base *Google acadêmico* e 9 registros na base *SciELO*, todos representados na tabela a seguir.

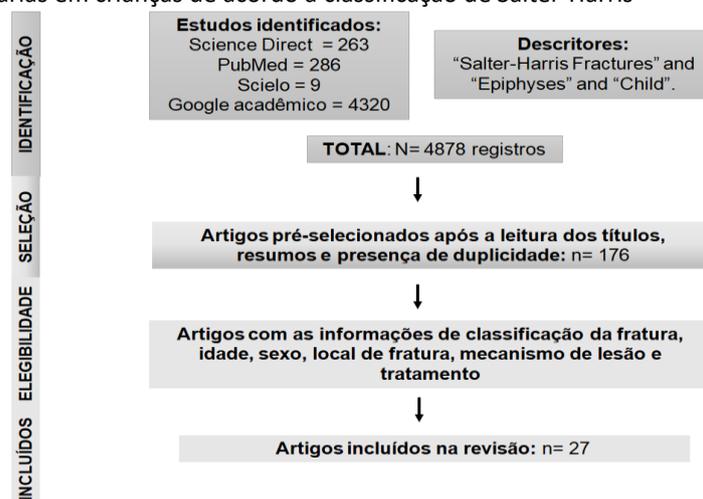
Tabela 1 – Artigos encontrados na busca da literatura, para revisão sistemática sobre Incidência e distribuição de fraturas físicas epifisárias em crianças de acordo a classificação de Salter-Harris

Artigos	PubMed	SciELO	Science Direct	Google Acadêmico	Total
Total encontrado	286	9	263	4.320	4.878

Fonte: Autores (2020).

- c) **Seleção dos artigos:** A cargo do coordenador do projeto, a seleção dos artigos obedece ao seguinte protocolo: *Dos critérios para exclusão:* Entre os registros encontrados, é realizada a leitura dos títulos e resumos, identificando e eliminando aqueles que não atendiam ao objetivo proposto, e os que apresentavam duplicidade (encontrados em mais de uma base de busca). Destarte são pré-selecionados 176 artigos compatíveis com o propósito da pesquisa. Dentre os quais, 27 são selecionados, cujo conteúdo abrange todas as informações preconizadas: *classificação da fratura, sexo do paciente, idade, local de fratura, mecanismo de lesão e tratamento* os quais foram utilizados. (Figura 1);

Figura 1 – Fluxograma da seleção de artigos para revisão sistemática sobre incidência e distribuição de fraturas físicas epifisárias em crianças de acordo a classificação de Salter-Harris



Fonte: Autores (2020).

- d) **Compilação dos dados:** Após a avaliação cuidadosa dos artigos pré-selecionados, 27 deles são considerados congruentes com os objetivos propostos, cujos resultados são analisados no presente estudo. Além dos artigos específicos, outros foram utilizados para ilustrar o capítulo de introdução, sendo alguns resgatados para ilustrar a discussão;

Tabela 2 – Quantidade de artigos selecionados na busca da literatura para revisão sistemática sobre incidência e distribuição de fraturas físicas epifisárias em crianças de acordo a classificação de Salter-Harris

Artigos	PubMed	SciELO	Science Direct	Google Acadêmico	Total
Total encontrado	286	9	263	4.320	4.878

Selecionados	9	2	3	13	27
Fonte: Autores (2020).					

- e) **Síntese dos resultados:** Os resultados são organizados em tabelas e descritos de acordo a com a sua classificação.
- f) **Discussão dos resultados e redação :** A descrição dos resultados e a discussão, estão no tópico 1.3 do presente trabalho.

1.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, o Quadro 1 contém o resumo descritivo dos estudos que atenderam aos critérios propostos e que ssao selecionados para análise. Esses artigos são desenvolvidos em diferentes países, de forma descritiva, envolvendo estudos de caso abrangentes que descrevem fraturas físicas epifisárias, em crianças, nos quais é utilizada a classificação de Salter-Harris para descrever o tipo de fratura.

Após a análise dos resultados na presente revisão, verifica-se que entre os cinco tipos de separação de fraturas, categorizados por Salter-Harris, dos 27 artigos utilizados, 11 estudos (40,74%) apresentam o tipo II de fratura, seguido pela Salter-Harris tipo III, com 7 estudos (27,92%).

Fischer e McElfresh (1994) sugerem que as lesões de Salter-Harris tipo II são as mais comuns, seguido pelo tipo III. Beslikas *et al.* (2005) relatam que entre os cinco tipos de separação de fraturas, categorizados por Salter-Harris, o tipo II é o mais frequente, compreendendo 75% das separações de fraturas em crianças. Os demais tipos mostram-se menos prevalentes.

Quadro 1 – Descrição sobre fraturas físicas epifisárias em crianças de acordo com a classificação de Salter-Harris

CLASSIFICAÇÃO SALTER-HARRIS	LOCAL DE FRATURA	IDADE	SEXO	MECANISMO DE LESÃO	TRATAMENTO	REFERÊNCIA
I	Fêmur distal	11 anos	Feminino	Realizou hiperextensão de joelho enquanto brincava em um trampolim.	Devido à falha na redução fechada da fratura, o paciente foi submetido à cirurgia para remoção de fragmento periosteal, confirmando o diagnóstico.	MOURA, M.V.T 2012
I	Separação epifisária do úmero proximal esquerdo	03 anos	Feminino	Sofreu lesão no ombro esquerdo após uma queda de altura enquanto brincava.	Uma tentativa de redução fechada sob anestesia geral foi realizada sem êxito. Realizou-se a redução aberta sendo fixada com fio de Kirchner e Wxation. O paciente foi imobilizado com tipoia e bandagem corporal por quatro semanas.	NUGPOC <i>et al.</i> , 2010
I	Lesão epifisária do rádio distal	10 anos	Masculino	Queda de altura de cerca de 10 metros.	Sob anestesia geral, foi realizada uma redução fechada. A fratura do rádio distal foi manipulada e estabilizada sendo fixado com dois fios K percutâneos. A cabeça radial e a ulna foram reduzidas por meios fechados. O braço foi imobilizado com gesso. Após quatro semanas os fios de Kirschner e o gesso foram removidos.	NATARAJ <i>et al.</i> , 2011
I	Epífise radial distal	12 anos	Masculino	Queda sobre mão estendida.	Foi realizada uma tentativa de redução fechada sem êxito, uma vez que a posição anatômica da epífise foi impedida por uma dobra de periósteo, o que impedia redução fechada da fratura. Realizou-se a redução aberta. A fratura foi reduzida e fixada com dois fios Kirschner. Os fios foram removidos seis meses depois.	BESLIKAS <i>et al.</i> , 2005
I	Separação epifisária úmero proximal esquerdo	02 anos	Masculino	Queda de seu carrinho.	Foi realizada uma tentativa de redução fechada sob controle fluoroscópico. A redução foi realizada colocando o úmero na posição zero. A redução foi estabilizada com dois fios Kirschner lisos e percutâneos. O ombro foi imobilizado três semanas depois, e posteriormente os fios de Kirschner foram retirados.	WINMOON <i>et al.</i> , 2003
II	Epífise tibial distal	11 anos	Masculino	Queda ao chão.	Uma tentativa de redução fechada não logrou êxito. Na redução aberta, o periósteo lacerado e o tendão do m. tibial posterior foram interpostos entre a metáfise tibial e a epífise. Depois que o tendão foi desviado para sua posição normal, a separação por fratura da epífise tibial distal foi facilmente reduzida.	MURAKAMI <i>et al.</i> , 1994

II	Fratura do úmero proximal	03 anos	Feminino	Atropelamento por um táxi.	O úmero proximal foi reduzido colando-se o polegar sobre a face lateral do fragmento proximal e os dedos indicadores na superfície medial da haste umeral. A fratura foi então fixada com dois fios K de 1,6 mm.	SIKHAULI <i>et al.</i> , 2013
II	Fratura do eixo da ulna com separação epifisária no rádio	11 anos	Masculino	Apresentou um histórico de queda.	O paciente foi operado sob redução aberta da fratura ulnar proximal com fio K. A separação epifisária do rádio proximal foi abordada pela manobra de Kocher e fixada com dois fios K, enquanto na separação epifisária do rádio distal foi realizada redução aberta e fixação interna.	SINGH <i>et al.</i> , 2016
II	Região proximal do úmero esquerdo	07 anos	Feminino	Queda de altura de aproximadamente 1,5 metro.	Após a redução fechada guiada por fluoroscopia sob anestesia geral não ter êxito, a cirurgia aberta foi realizada. Com uma incisão deltopeitoral, a linha de fratura e cápsula articular foram expostas. Observou-se que a cabeça do úmero havia se movido sob a glenoide. A fratura foi reduzida e a fixação foi assegurada com dois fios K. Após quatro semanas os fios foram removidos.	ISIK <i>et al.</i> , 2013
II	Fratura de epífise radial	08 anos	Masculino	Queda de altura.	A redução fechada não era aceitável devido à flutuação do eixo radial e instabilidade da ulna. Primeiro, a fratura diafisária da ulna foi estabilizada com redução aberta e fixação interna com placa e parafusos. Segundo, foi realizada uma redução fechada e pinagem percutânea com fios K para a fratura epifisária radial distal e metafisária ulnar. Por fim, tentou-se uma redução fechada da fratura da metáfise radial proximal, utilizando um método percutâneo. Técnica de pinagem e foi fixado com dois fios K. A redução aberta não era necessária para as fraturas do rádio proximal e distal. Um braço longo foi aplicado com o cotovelo em flexão de 90° e rotação neutra.	SONG <i>et al.</i> , 2004
II	Fratura distal do rádio e ulna	11 anos	Feminino	Caiu de um balanço de 1,8 metro de altura.	Sob anestesia geral, utilizando abordagem dorsolateral, a ulna foi reduzida e fixada. O pescoço radial foi reduzido sob visão direta. A fratura do punho foi manipulada e uma redução satisfatória foi alcançada. O braço foi	SOOD <i>et al.</i> , 2008

					imobilizado acima do cotovelo em 90° de flexão em uma posição central.	
II	Fratura do rádio distal e da ulna	05 anos	Masculino	Queda com a mão estendida.	A fratura do rádio distal foi manipulada e estabilizada com fio K. A cabeça radial foi realocada pelo método fechado, garantindo adequada redução da supinação total, estabilizada com um fio radio-capitular, uma vez que a realocação da cabeça radial ficou-se instável. A fratura da ulna permaneceu bem alinhada e, portanto, foi tratada com procedimento não operatório.	WILLIAMS <i>et al.</i> , 2014
II	Fratura de metáfises radiais distais e ulnar	11 anos	Masculino	Cair de telhado com uma altura de cerca de 3 metros.	A redução por manipulação fechada não foi obtida, exigindo a exploração cirúrgica.	ARORA <i>et al.</i> , 1999
II	Epífise proximal da fíbula	11 anos	Masculino	Queda de bicicleta.	O joelho permaneceu estável. A epífise fibular foi localizada com intensificação de imagem. "O joelho foi flexionado a 90", quando a pressão direta produziu a redução pelo movimento da epífise em uma direção pósteromedial. A redução foi mantida em um cilindro de gesso por três semanas.	BRENKEL <i>et al.</i> , 1987
II	Fratura radial distal	1 ano e 6 meses	Masculino	Caiu de uma altura de 1,8 metro enquanto brincava no parque.	Tratou-se inicialmente como uma fratura simples com gesso, sendo removido após três semanas. Quatro semanas após a lesão o paciente teve uma sensação de instabilidade no pulso. Por causa das impressões clínicas e radiológicas da instabilidade do segmento, a exploração cirúrgica foi realizada.	GIDDINS <i>et al.</i> , 1994
II	Lesão deslocada da epífise proximal e distal da tíbia	04 anos	Feminino	Lesões no membro inferior direito, em acidente envolvendo veículo a motor.	A anastomose usando enxertos autógenos de veias, juntamente com redução e estabilização de fraturas com um fio de Kirschner foi tentada. No entanto, não ocorreu a reperfusão do membro e posteriormente o mesmo se tornou gangrenoso. Uma desarticulação através do joelho foi realizada posteriormente.	GUPTA <i>et al.</i> , 2004
III	Lesão epifisária tibial distal	11 anos	Masculino	Atropelamento por um carro.	Foi tratado com um gesso sem suporte de joelho fundido com o tornozelo. O gesso foi removido após sete	PRASAD <i>et al.</i> , 2013

	do maléolo medial				semanas, quando a união radiológica das fraturas em posição satisfatória era evidente.	
III	Primeiras falanges proximais do pé	10 anos	Feminino	Fratura induzida por estresse não cicatricial.	A fratura no lado esquerdo foi reduzida por tração suave e os fragmentos foram fixados temporariamente com a inserção de um fio K. A fixação definitiva foi alcançada através da inserção de um parafuso Herbert (3,0 × 18 mm). Após o fechamento do lado esquerdo, a fratura do lado direito foi reduzida da mesma forma.	CSONKA <i>et al.</i> , 2016
III	Lesão da epífise umeral proximal	12 anos	Feminino	Apresentou ombro doloroso após cair de um cavalo.	A articulação do ombro foi explorada através de uma incisão deltopeitoral. O grande fragmento epifisário, compreendendo dois terços da superfície articular, situava-se anteroinferior à cavidade glenoide. A redução por manipulação do braço falhou porque alterou a posição do fragmento epifisário. A redução foi alcançada alavancando o fragmento. O fragmento foi fixado com fio K percutâneo.	SMITH <i>et al.</i> , 1992
III	Região distal da epífise radial	08 anos	Masculino	Após queda em pista de esqui seco.	Sob anestesia geral, duas tentativas de redução fechada foram mal sucedidas. A redução aberta foi realizada sob controle de torniquete usando uma abordagem palmar. O ligamento transversal do carpo foi dividido, o nervo mediano foi encontrado contuso, mas intacto. O ligamento capsular palmar do carpo foi lacerado e a sua borda distal foi utilizada para possibilitar a redução. A redução ficou estável na flexão e extensão do punho. Fixação interna não foi utilizada. O ligamento capsular palmar do carpo foi reparado e a pele fechada.	SHARMA <i>et al.</i> , 2007
III	Côndilo femoral lateral	12 anos	Masculino	Atropelamento por um carro.	Foi decidido tratar a lesão epifisária femoral distal e fratura do eixo femoral direito cirurgicamente. Depois de dois dias, o paciente foi levado para realizar pregagem elástica fechada da fratura do eixo femoral e redução aberta e fixação interna do côndilo femoral lateral usando parafusos canulados.	RAFEE <i>et al.</i> , 2006

III	Fratura-luxação da epífise umeral proximal esquerda	10 anos	Masculino	Sofreu uma lesão no ombro esquerdo caindo sobre as barras de sua bicicleta.	Não foi tentada uma redução fechada por medo de causar lesão neurovascular. Foi realizada uma redução com fixação interna da fratura através de uma abordagem deltopeitoral. O fragmento da cabeça deslocado anteriormente foi identificado na axila, reduzido e estabilizado com dois parafusos de latência de 4,0 mm.	WANG <i>et al.</i> , 1997
III	Fratura do côndilo femoral lateral	10 anos	Masculino	Tropeçou e caiu com o joelho esquerdo no chão.	O paciente foi colocado em uma perna longa com o joelho mobilizado em extensão para suportar o peso. Radiografias e tomografias obtidas uma semana após a aplicação do molde não revelou mais deslocamento da fratura do fêmur. A imobilização foi removida seis semanas depois. O paciente foi submetido à redução aberta e fixação interna da fratura do fêmur distal por via anterolateral. Três parafusos interfragmentários foram colocados a partir da superfície anterolateral não articular do côndilo do fêmur direcionado posteriormente para engajar o fragmento condilar fraturado. A fratura foi consolidada sem intercorrências.	SABHARWAL <i>et al.</i> , 2008
IV	Fratura-luxação da epífise da falange proximal do hálux	09 anos	Masculino	Bateu em um poste de metal que se projetava de uma parede.	O paciente foi submetido à redução aberta e fixação interna. Após a redução ter sido confirmada fluoroscopicamente, dois fios de Kirschner de 0,032 polegadas foram colocados percutaneamente para manter a fratura reduzida. Após oito semanas, os pinos foram removidos.	BUCH <i>et al.</i> , 1995
IV	Superfície articular da cabeça radial	12 anos	Masculino	Caiu sobre o cotovelo direito, que estava flexionado enquanto jogava beisebol.	O gesso foi aplicado com o cotovelo em flexão de 90°. O paciente foi tratado em um braço longo por três semanas. Depois de 11 semanas, e apresentando dor persistente e as radiografias mostravam atraso na união da fratura. Foi realizada uma redução aberta através de uma abordagem póstero-lateral (Kocher). A fratura foi reduzida e fixada com um pino absorvível com diâmetro de 1,5 mm.	MORIYA <i>et al.</i> , 2007

IV	Fratura da cabeça radial	12 anos	Feminino	A vítima escorregou e caiu no gelo sobre o cotovelo direito.	A paciente foi tratada de forma conservadora.	PADMAN <i>et al.</i> , 2004
V	Compressão do côndilo femoral lateral esquerdo	10 anos	Feminino	Atropelamento por um carro.	Um molde de gesso foi aplicado por seis semanas. Após a remoção, o joelho apresentou-se estável, porém a paciente ainda apresentava uma posição em valgo devido à redução realizada. A posição era evidente quando observado oito meses após o acidente e tornando-se cada vez mais aparente, um ano após o acidente foi tomada a decisão para interromper a distorção progressiva por meio de uma epifisiodesse realizada dois meses mais tarde.	SKAK <i>et al.</i> , 1989

Fonte: Autores (2020).

A análise dos resultados mostra características interessantes e importantes em relação às fraturas, evidenciando que aproximadamente 63% dos acometimentos envolvem crianças do sexo masculino, esta proporção está em conformidade com citações verificadas na literatura. Assim, Guarniero *et al.* (2011), mostram que o acometimento de meninos em relação às meninas é de aproximadamente três meninos para cada menina (72,5% para 27,4%), enquanto Rodrigues *et al.* (2019) relatam que as fraturas infantis ocorrem, em sua maioria, entre crianças do sexo masculino (61-63%) e, em sua minoria, no sexo feminino (37-39%).

Dias e Pontes (2013) consideram que, no que diz respeito ao sexo, predominam as ocorrências no sexo masculino, em relação ao feminino (64 e 36%, respectivamente). Os mesmos Autores apresentam como justificativas, para o predomínio masculino, a maior exposição a situações de risco para o trauma, bem como comportamento estereotipado aprendido dos progenitores e reforçado pela TV. Os Autores acrescentam que a escola poderia também estar relacionada à maior exposição à atividades envolvendo maior risco por parte de meninos.

Após análise observa-se que dos 27 artigos utilizados 17 estudos apresentam fraturas de membros superiores, compondo 62,97% da amostra, enquanto as fraturas de membros inferiores representam (37,03%), de modo que dos, 17 estudos 11, (64,70%) descrevem lesões comuns na epífise radial.

Guaniero *et al.* (2011) observam que o maior acometimento das fraturas ocorre nos membros superiores, em relação aos membros inferiores, sendo 404 fraturas nos membros superiores (com 11 luxações), representando, 76,09%, e 127 nos membros inferiores, que compõem 23,91%.

Analisando os dados encontrados na presente revisão percebe-se que vários tratamentos são descritos na literatura, tanto cirúrgicos, como conservadores, incluindo a imobilização, com braço longo, excisão de fragmentos, redução aberta, fixação interna com fio Kirschner (fio K), utilização de parafusos canulados, imobilização gessada, entre outros. Nota-se que cerca de 28%, dos artigos, apresentam falha no procedimento de redução, por manipulação fechada, sendo necessária a realização de exploração cirúrgica.

Beslikas *et al.* (2005) descrevem que, em casos de falha na redução fechada, repetidas manipulações bruscas devem ser evitadas, devido ao risco de danificar a fise.

Liao *et al.* (2019) expressam suas considerações cirúrgicas, salientando que a redução aberta, de uma fise deslocada, deve ser realizada após 1 ou 2 tentativas fracassadas de redução fechada para minimizar mais lesões à placa de crescimento.

1.4 - CONCLUSÃO

Com base no exposto, observa-se que as fraturas físicas epifisárias são muito comuns em crianças.

As fraturas físicas epifisárias, apresentam maior incidência nas crianças do sexo masculino.

Dentre as inúmeras afecções que podem prejudicar a placa de crescimento, as lesões traumáticas são as mais frequentes.

Há necessidade de estudos prospectivos mais amplos que seriam de grande valor clínico/cirúrgicos.

1.5 - REFERÊNCIAS

ARORA, A.; ADEPOB, A.O.; SHAW, D.L. Unusual distal radial epiphyseal injury in a child. **Injury, International Journal of the Care of the Injured**, v. 30, p. 149–150, 1999.

ASHKAN, K.; O'CONNOR, D.; LAMBERT, S. Dislocation of the pisiform in a 9-year-old child. **Journal of Hand Surgery (British and European)**, v. 23, n. 2, p. 269–270, 1998.

BESLIKAS, T.A.; DADOUKIS, D.J.; NENOPOULOS, S.P. et al. A completely displaced Salter-Harris I fracture of the distal radial epiphysis with intact ulna: a case report and review of the literature. **Acta Chirurgica Belgica**, v. 105, n. 5, p. 539–542, 2005.

BRENKEL, I.J.; PROSSER, A.J.; PEARSE, M. Salter type 2 fracture separation of the proximal epiphysis of the fibula. **Injury: the British Journal of Accident Surgery**, v. 18, n. 6, p. 420-422, 1987.

BUCH, B.D.; MARK, M.S. Salter-Harris type IV epiphyseal fracture of the proximal phalanx of the great toe: a case report. **Foot & Ankle International**, v. 16, n. 4, p. 216–219, 1995.

CAINE, D.; DIFIORI, J.; MAFFULLI, N. Physeal injuries in children's and youth sports: reasons for concern?. **British Journal of Sports Medicine**, v. 40, n.9, p. 749–760, 2006.

CANNON, S.R.; POOL C.J.F. Traumatic separation of the proximal femoral epiphysis and fracture of the mid-shaft of the ipsilateral femur in a child. **Injury: the British Journal of Accident Surgery**, v. 1, n. 3, p. 156–158, 1983.

CASTELLANOS, J.; RAMÍREZ-EZQUERRO, C.; DE SENA, L. et al. Irreducible fracture-separation of the distal ulnar epiphysis in the Galeazzi equivalent fracture—a case report. **Acta Orthopaedica Scandinavica**, v. 70, n. 6, p. 634-636, 1999.

CHOI, D.; MOORE, M.; BRIAN, J. The primary physis. *Seminars in musculoskeletal*. **Radiology**, v. 22, n. 01, p. 095-103, 2018.

CSONKA, A.; SIKARINKUL, E.; GARGYAN, I. et al. Operative management of bilateral Salter–Harris type III fractures of the proximal phalanges of the great toes of a 10-year-old female ballet dancer. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, v. 25, n. 4, p. 393-396, 2016.

DIAS, G.A.S.; PONTES, L.S. Perfil epidemiológico de fratura traumática isolada de rádio em crianças. **Revista Paraense de Medicina**, 2013.

FISCHER, M.D.; MCELFFRESH, E.C. Physeal and periphyseal injuries of the hand. Patterns of injury and results of treatment. **Hand Clinics**, v. 10, n. 2, p. 287-301, 1994.

GALVÃO, T.F.; PEREIRA, M.G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, n. 1, 2014.

GIDDINS, G.E.B.; SHAW, D.G. Lunate subluxation associated with a Salterharris type 2 fracture of the distal radius. **Journal of Hand Surgery (British and European)**, v. 19, p. 193-194, 1994.

GUARNIERO, R.; GODOY, J.; AMBROSINI, J.E. et al. Estudo observacional comparativo de fraturas em crianças e adolescentes. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 46, 32-37, 2011.

GUPTA, S.P.; AGARWAL, A. Concomitant double epiphyseal injuries of the tibia with vascular compromise: a case report. **Journal of Orthopaedic Science**, v. 9, n. 5, p. 526-528, 2004.

ISIK, M.; SUBASI, M.; CEBESYOY, O. et al. Traumatic shoulder fracture-dislocation in a 7-year-old child: a case report. **Journal of Medical Case Reports**, v. 7, n. 156, p. 1-3, 2013.

KONRON, A.E.V.; HERNANDEZ, A.J.; COSTA, A.J.F. et al. Importância da ressonância magnética na avaliação das lesões traumáticas da placa de crescimento epifisária. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 31, p. 435-440, 1996.

LIAO, J.C.Y.; CHONG, A.K.S. Pediatric hand and wrist fractures. **Clinics in Plastic Surgery**, v. 46, n. 3, p. 425-436, 2019.

MORIYA, K.; MAKI, Y.; KOUUDA, H. Intra-articular radial head fracture in a child with an open physis: a case report. **Hand Surgery**, v. 12, n. 3, p. 159-163, 2007.

MOURA, M.V.T. Trapped periosteum in a distal femoral physeal injury: magnetic resonance imaging evaluation. **Radiologia Brasileira**, v. 45, n. 3, p. 184-186, 2012.

MURAKAMI, S.; YAMAMOTO, H.; FURUYA, K. et al. Irreducible Salter-Harris type II fracture of the distal tibial epiphysis. **Journal of Orthopaedic Trauma**, v. 8, n. 6, p. 524-526, 1994.

NATARAJ, A.R.; SREENIVAS, T. Type III Monteggia fracture with ipsilateral epiphyseal injury of the distal radius. **European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology**, v. 21, n. 3, p. 185-187, 2011.

NUGPOK, O.; MENON, J.; SATYANARAYANA, P. Fracture dislocation shoulder in a 3-year old. **European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology**, v. 20, n. 4, p. 333-334, 2010.

PADMAN, M.; FERNANDES, J.A. Oddity of a pediatric radial head fracture a case report. **Injury**, v. 35, n. 5, p. 534-536, 2004.

PINTO, A.; BRUNESE, L. Spectrum of diagnostic errors in radiology. **World Journal of Radiology**, v. 2, p. 377–83, 2010.

PODESZWA, D.A.; MUBARAK, S.J. Physeal fractures of the distal tibia and fibula (Salter Harris type I, II, III and IV fractures). **Journal of Pediatric Orthopedics**, v. 32, 2012.

PRASAD, K.S.R.K.; VALI, H.; HUSSAIN, A. Hawkins Group I fracture of neck of talus and Salter Harris Type III tibial epiphyseal injury of medial malleolus. **The Foot**, v. 23, n. 2-3, p. 96–99, 2013.

RAFEE, A.; KUMAR, A.; SHAH, S.V. Salter–Harris type III fracture of the lateral femoral condyle with a ruptured posterior cruciate ligament: an uncommon injury pattern. **Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery**, v. 127, n. 1, p. 29–31, 2006.

RODRIGUES, J.B.; RIBEIRO, R.; WERNECK, A.L. Perfil de crianças submetidas ao tratamento de fratura de antebraço. **Revista de Enfermagem UFPE**, v. 13, n. 5, p. 1270–1277, 2019.

ROGERS, L.F.; POZNANSKI, A.K. Imaging of epiphyseal injuries. **Radiology**, v. 191, p. 297–308, 1994.

SABHARWAL, S.; HENRY, P.; BEHRENS, F. Two cases of missed Salter-Harris III coronal plane fracture of the lateral femoral condyle. **The American Journal of Orthopedics®**, v. 37, n. 2, p. 100–103, 2008.

SALTER, R.; HARRIS, R.B. Injuries involving the epiphyseal plate. **The American Academy of Orthopedic Surgeons**, v. 45, n. 3, p. 587–622, 1963.

SANTILI, C.; GOMES, C.M.O.; AKKARI, M. et al. Fraturas da diáfise da tíbia em crianças. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 18, n. 1, p. 44–48, 2010.

SHARMA, T.; AZZOPARDI, M.; SIBINSKI et al. Volar lunate dislocation associated with a salter-harris type iii fracture of the distal radial epiphysis in an 8 year-old child. **The Journal of Hand Surgery**, v. 32 n. 1, p. 77–79, 2007.

SIKHAULI, N.R. O 'braço flutuante' pediátrica ou fratura do úmero segmentar - relato de caso. **SA ortopédico Jornal**, v. 12, n. 1, p. 35–37, 2013.

SINGH, D.; AWASTHI, B.; PADHA, V. et al. A very rare presentation of type 1 Monteggia equivalent fracture with ipsilateral fracture of distal forearm-approach with outcome: case report. **Journal of orthopaedic case reports**, v. 6, n. 4, p. 57–61, 2016.

SKAK, S.V. A case of partial physeal closure following compression injury. **Archives Orthopaedic and Trauma Surgery**, v. 108, p. 185–188, 1989.

SMITH, G.S.J.; WHITE, S.H. Salter-Harris III fracture-dislocation of the proximal humeral epiphysis. **Injury: the British Journal of Accident Surgery**, v. 23, n. 3, p. 199–200, 1992.

SONG, K.S.; BAE, K.C. Type III Monteggia equivalent fracture with ipsilateral distal radial epiphyseal and ulnar metaphyseal fracture in a child: case report. **Journal of the Korean Orthopaedic Association**, v. 39, n. 5, p. 563–565, 2004.

SOOD, A.; KHAN, O.; BAGGA, T. Simultaneous monteggia type I fracture equivalent with ipsilateral fracture of the distal radius and ulna in a child: a case report. **Journal of Medical Case Reports**, v. 2, n. 1, p. 1–4, 2008.

WANG, P.J.; KOVA, K.J.; LEHMAN, W. et al. Salter-Harris type III fractures-dislocation of the proximal humerus. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, v. 6, p. 219–222, 1997.

WILLIAMS, H.L.; MADHUSUDHAN, T.R.; SINHA, A. Type III monteggia injury with ipsilateral type II Salter Harris injury of the distal radius and ulna in a child: a case report. **BMC Research Notes**, v. 7, n. 1, p. 156, 2014.

WINMOON, C.; SATHIRA-ANGKURA, V.; KUNAKORNSAWAT, S. et al. Fracture-dislocation of the glenohumeral joint in a 2-year old child: case report. **The Journal of Trauma, Injury, Infection, and Critical Care**, v. 54, p. 372–375, 2003.

WOOD, G.; KNAPP, K.M.; ROCK, B. et al. Visual expertise in detecting and diagnosing skeletal fractures. **Skeletal Radiology**, v. 42, n. 2, p. 165–172, 2013.

YANAGUIZAWA, M.; TABERNER, G.S.; AIHARA, A.Y. et al. Avaliação por imagem das lesões da placa de crescimento. **Radiologia Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 199-204, 2008.

CAPITULO II

CONFECÇÃO DE MODELOS 3D, DE FRATURAS EPIFISÁRIAS DISTAIS DO RÁDIO, UTILIZANDO A CLASSIFICAÇÃO DE SALTER-HARRIS, COMO MÉTODO ALTERNATIVO NO ENSINO

Artigo enviado a revista “Folia Morphologica” Fator de Impacto 0,941.

- Qualis CAPES B2 – Área: Interdisciplinar.

CONFECÇÃO DE MODELOS 3D, DE FRATURAS EPIFISÁRIAS DISTAIS DO RÁDIO, UTILIZANDO A CLASSIFICAÇÃO DE SALTER-HARRIS, COMO MÉTODO ALTERNATIVO NO ENSINO.

Joab Aguiar do Nascimento⁴, Caroliny Izabel Araújo de Freitas⁶, Kleber dos Anjos Lucas², Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti^{3,4,5}, Yuri Karaccas de Carvalho², Romeu Paulo Martins Silva^{1, 3,4}.

¹Centro de Ciências da Saúde e do Desporto. Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, Brasil.

²Laboratório de Tecnologias Educacionais 3D. Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, Brasil.

³Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências da Saúde na Amazônia Ocidental. Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, Brasil.

⁴Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência, Inovação e Tecnologia para Amazônia. Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, Brasil.

⁵Colégio de Aplicação, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, Brasil.

⁶Mestre em Ciências da Saúde da Amazônia Ocidental, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, Brasil.

RESUMO:

Introdução: As fraturas distais do rádio são descritas ocorrendo até três centímetros proximais da articulação rádio-cárpica, exercendo um papel importante no contexto das lesões traumáticas, correspondendo a 35 a 45% das fraturas pediátricas. Este artigo objetiva a criação e avaliação de modelos 3D, de fraturas epifisárias distais de rádio (3D FEDR) como possível instrumento no ensino de estudantes e profissionais da área da saúde. **Material e Método:** A pesquisa é desenvolvida na Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, AC, Brasil, em três etapas: A primeira etapa refere-se à obtenção das imagens de tomografia computadorizada. A segunda, à construção dos modelos de fraturas. A terceira são realizadas as radiografias dos modelos. **Resultados:** O modelo de base 3D, do rádio apresenta uma conformação semelhante à imagem tomográfica inicial, mantendo o mesmo comprimento e largura, além de reproduzir as estruturas que identificam o osso. Embora se tenha alcançado uma boa representação observam-se estruturas que não foram suficientemente reproduzidas, p.e., o forame nutrício. A produção dos modelos 3D FEDR leva 19,6 h, utiliza 107,1 g de filamento (ABS) e custou US \$ 4,31. As imagens radiográficas dos 3D FEDR revelam nítidas zonas radiopacas e regiões radiolúcidas, as quais permitiram caracterizar as conformações anatômicas pretendidas, das fraturas, possibilitando observar e identificar regiões correspondentes, para determinar os pontos de fraturas, de acordo com a classificação de Salter-harris. **Conclusão:** Os 3D FEDR constituem uma possível fonte alternativa de material educacional, para o ensino de estudantes e profissionais da área da saúde. Porém, seu potencial educacional só

será conhecido quando utilizados durante o processo de aprendizagem desses alunos e profissionais.

Palavras-chaves: Impressão 3D, Fratura Epifisária, Classificação Salter-Harris, Radiografia.

ABSTRACT:

Introduction: Fractures of the distal radius are described occurring up to three centimeters from the radio-carpal joint, playing an important role in the context of traumatic injuries, corresponding to approximately 35 to 45% of pediatric fractures. This aimed at creating and evaluating 3D models of distal radio epiphyseal fractures (3D FEDR) as a possible instrument in the teaching of students and health professionals. **Material and Method:** The research was carried out at the Federal University of Acre (UFAC), Rio Branco, AC, Brazil, in three stages. The first step is to obtain computed tomography images. The second stage is the construction of fracture models. The third stage was the radiography of the models. **Results:** The base 3D model of the radius presented a conformation similar to the initial tomographic image, maintaining the same length and width, in addition to reproducing the structures that identify the bone. Although a good representation was achieved, structures were observed that were not sufficiently reproduced, specifically the nutritional foramen. The production of the 3D FEDR models took 19.6 h, used 107.1 g of filament (ABS) and cost US \$ 4.31. The radiographic images of the 3D FEDR revealed clear zones of radiopacity and radiolucent regions, in which they allowed to highlight and characterize the intended anatomical conformations of the fractures, allowing to observe and identify corresponding regions, making it possible to determine the fracture points according to the Salter-harris classification. **Conclusion:** 3D FEDR is a possible alternative source of educational material for teaching students and health professionals. However, their educational potential will only be known when used during the learning process of these students and professionals.

Keywords: 3D printing, Epiphyseal fracture, Salter-Harris classification, Radiography.

1. INTRODUÇÃO

As fraturas distais do rádio (FRD) são descritas como ocorrendo até três centímetros proximais da articulação radiocarpal. Estas apresentam grande importância e despertam interesse, pois correspondem a um sexto de todas as fraturas atendidas nos serviços de emergências e evidenciam um problema de saúde pública, de alta incidência além de custo socioeconômico elevado para o Sistema Único de Saúde - SUS (TELES et al., 2004; BARBOSA et al., 2009; CLÉ et al., 2011).

Exercendo um papel importante no contexto das lesões traumáticas, estima-se que, face às mudanças demográficas que vêm ocorrendo no mundo, com o passar dos anos, o aumento da população idosa e elevação da expectativa de vida, a incidência dessa fratura venha aumentar em 50% até 2030 (CLÉ et al., 2011).

As fraturas envolvendo o rádio, em seu terço distal, correspondem à aproximadamente, 35 / 45% das fraturas pediátricas, constituindo a lesão mais comum nessa população (DIAS & PONTES, 2013; WIDNALL & COLIN, 2018).

As fraturas de Salter-Harris denominadas de fraturas físicas, referem-se às fraturas através da placa de crescimento, também denominada fise e, portanto, são especificamente aplicadas às fraturas ósseas em crianças (LEVINE et al., 2020).

O sistema Salter-Harris classifica as fraturas da placa de crescimento em cinco grupos distintos: *Salter-Harris tipo I* quando ocorre a separação completa da placa de crescimento; *Salter-Harris tipo II*, onde a linha de fratura envolve toda a placa de crescimento e uma parte da metáfise; *Salter-Harris tipo III* quando inclui o comprometimento da superfície articular, que se estende através da placa de crescimento e epífise; *Salter-Harris tipo IV*, quando ocorrer fraturas através da placa de crescimento, comprometendo parte da epífise e metáfise e, finalmente, *Salter-Harris tipo V*, que são fraturas por compressão da placa de crescimento (SALTER & HARRIS, 1963; BROWN & DELUCA, 1992; WOOD et al., 2013).

O conhecimento da Anatomia é essencial para as profissões médicas e outras da área de saúde: aprendendo Anatomia, os estudantes aprendem sobre as

estruturas do corpo humano, proporcionando-lhes a base para a compreensão de patologias (VACARREZZA & PAPA, 2015).

A aplicabilidade médica da impressão tridimensional (3D), possui vantagens significantes para realização de procedimentos médicos, além de tornar o processo de aprendizagem mais simples, sendo também categorizadas na aplicação prática do ensino (AKIBA et al., 2014; VACARREZZA & PAPA, 2015; ATALAY & ALTUNRENDE, 2017).

Através da impressão tridimensional (3D) aplicada ao ensino é possível ilustrar a Anatomia de maneira satisfatória, reproduzindo as conformações de forma fidedigna, tornando sua abordagem inovadora, e constituindo recurso valioso na área da pedagogia médica e educacional sem comprometer a qualidade do Ensino (VACARREZZA & PAPA, 2015).

A utilização destes modelos representativos, não apenas para planejamento cirúrgico, mas, principalmente, para fins de ensino, poderia restringir as questões éticas que regem o uso do corpo humano (VACARREZZA & PAPA, 2015).

A otimização da fabricação de espécimes em 3D é relativamente barato quando comparado com os métodos tradicionais e de fácil replicação, podendo tornar-se uma fonte real e valiosa de modelos, que poderiam ser de primordial importância. Em tais casos proporcionaria às escolas médicas alternativas quase idênticas à Anatomia real (MCMENAMIN et al., 2014; VACARREZZA & PAPA, 2015).

Deste modo, a impressão 3D representa uma tecnologia inovadora e com grande potencial se constituir uma, possível, fonte de materiais de ensino, de alta qualidade e baixo custo, capaz de atender as expectativas de métodos alternativos, podendo funcionar como facilitador do aprendizado de estudantes e profissionais da área da saúde. Desta maneira, este trabalho teve como objetivo a criação e avaliação de modelos 3D, de fraturas epifisárias distais do rádio (Salter-Harris) (3D FEDR) como possível instrumento de ensino para estudantes e profissionais da área da saúde.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Delineamento do estudo

A pesquisa é desenvolvida na Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, AC, Brasil, em três etapas. A primeira etapa é composta pela obtenção das imagens de tomografia computadorizada. A segunda etapa é desenvolvida no laboratório de tecnologias educacionais 3D, curso de medicina veterinária e corresponde à construção dos modelos de fraturas. A terceira etapa é realizada no Centro de Diagnóstico por Imagem de Rio Branco quando são realizadas as radiografias dos modelos (Figura 1). A pesquisa é registrada e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas do Acre – HCA/FUNDHACRE, com número do parecer 3.235.845.

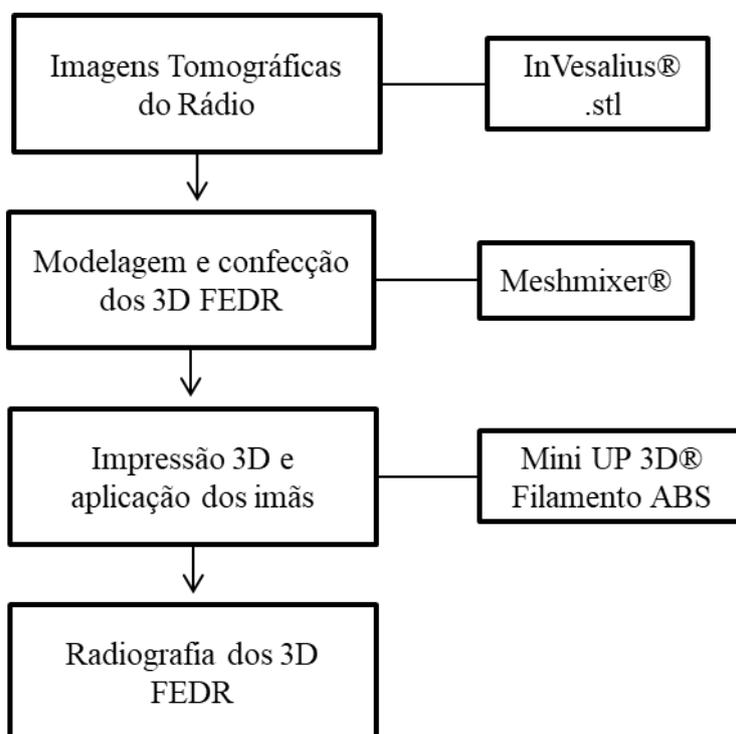


Figura 1. Fluxograma da Criação dos 3D FEDR.

2.2 Obtenção das imagens para elaboração dos 3D FEDR

Os arquivos são obtidos a partir de imagens de tomografia computadorizada, **Ossos do antebraço**: rádio e ulna de uma criança de aproximadamente 06 anos de idade, as imagens foram cedidas por uma empresa privada Centro de Diagnóstico por imagem de Rio Branco, após verificação de

bancos de dados da empresa, que cataloga os arquivos por data de expedição de modo à manter a confidencialidade dos pacientes.

2.3 Criação dos 3D FEDR

Os arquivos digitais, de tomografia computadorizada, são salvos em formato de arquivo estereolitográfico (.stl), para isso é utilizado o software InVesalius[®] versão 3.1.1 (© 2007-2017 Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer - CTI), o qual faz a conversão de imagens DICOM (Digital Image Communications in Medicine), em modelos virtuais, em três dimensões (3D). Estes modelos virtuais, posteriormente, são Importados para um software de criação e manipulação 3D, Autodesk Meshmixer[®], versão 3.1 (Autodesk Inc. ©, Califórnia, Estados Unidos), quando, através de ferramentas próprias, é viabilizada a reprodução das principais deformidades ósseas, correspondentes a cada um dos graus da Fratura Epifisária Distal (Figura 2).

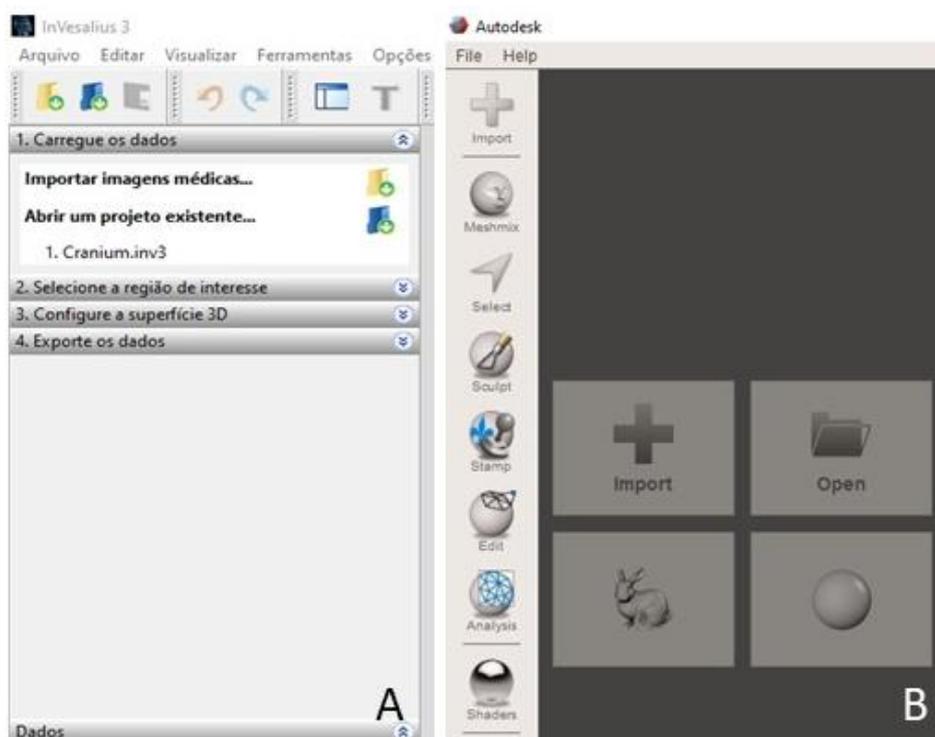


Figura 2: **A:** Software de conversão *InVesalius*[®]. **B:** Software de Modelagem Computacional 3D *Meshmixer*[®].

A área de interesse para produzir às alterações correspondentes a representatividade das fraturas descritas na literatura (Figura 3), é definida e

isolada, em seguida impressa em impressora 3D com tecnologia FDM (Fused Deposition Modeling) (Figura 5).

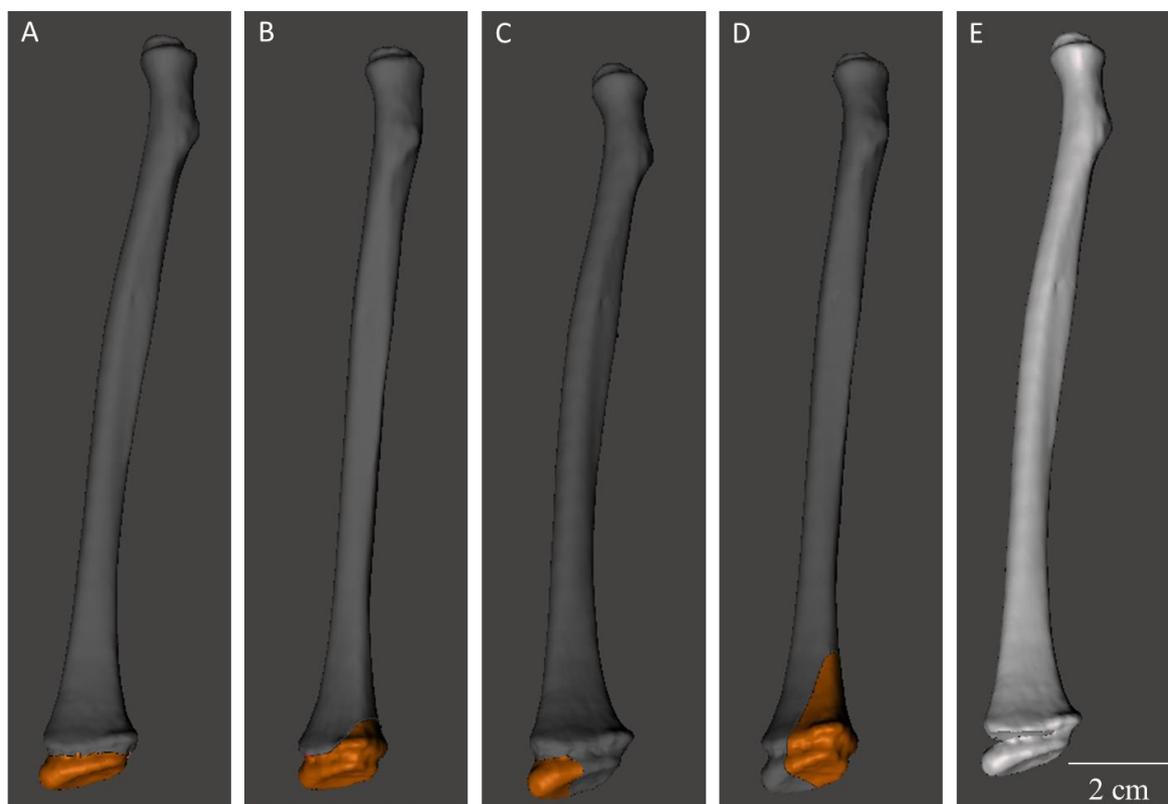


Figura 3. Modelagem e composição de fraturas por meio do Software de Modelagem Computacional 3D *Meshmixer*®. **A:** Salter-Harris I Fratura através da placa de crescimento. **B:** Salter-Harris II Fratura através da placa de crescimento e metáfise. **C:** Salter-Harris III Fratura através da placa de crescimento e epífise. **D:** Salter-Harris IV Fratura através da placa de crescimento, epífise e metáfise. **E:** Salter-Harris V Lesão por esmagamento ou compressão da placa de crescimento.

Todas as características das fraturas reproduzidas dos 3D FEDR são fundamentadas em estudos científicos (SALTER & HARRIS, 1963; BROWN & DELUCA, 1992; WOOD et al., 2013; BRIAN et al., 2018) (Quadro 1 e Figura 4).

Quadro 1. Classificação das fraturas epifisárias distais de rádio por localização.

TIPOS	Características
I	Fratura através da placa de crescimento
II	Fratura através da placa de crescimento e metáfise
III	Fratura através da placa de crescimento e epífise
IV	Fratura através da placa de crescimento, epífise e metáfise
V	Lesão por esmagamento ou compressão da placa de crescimento

Fonte: (SALTER & HARRIS, 1963; BROWN & DELUCA, 1992; WOOD et al., 2013; BRIAN et al., 2018).

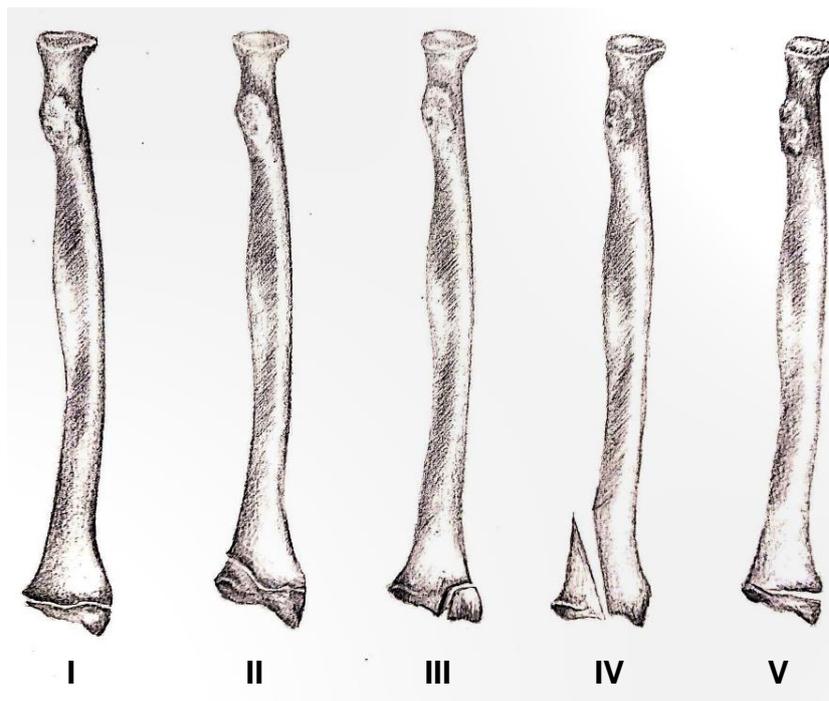


Figura 4 - Classificação das fraturas epifisárias distais de rádio por localização.
Fonte: Autoria Própria (2020).

2.4 Impressão 3D

Verificado que as deformações de cada grau são alcançadas, os dados são salvos em formato reconhecido pelo software da impressora 3D e enviados para a impressão. Os arquivos são impressos separadamente em um Mini Up 3D[®] impressora (Beijing Tiertime Technology Co. Ltd., Beijing, China), que utiliza o método de prototipagem MDF (modelagem de deposição fundida) (Figura 5).

Para criação de modelos 3D, é utilizado o Filamento termoplástico de ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) pelo fato de possuir qualidade fina, preenchimento interno de 99% e espessura da camada de 0,2 mm. O fator mais importante para as propriedades mecânicas do ABS são a resistência ao impacto, a tenacidade, a alta densidade de radiodifusão e o baixo custo.

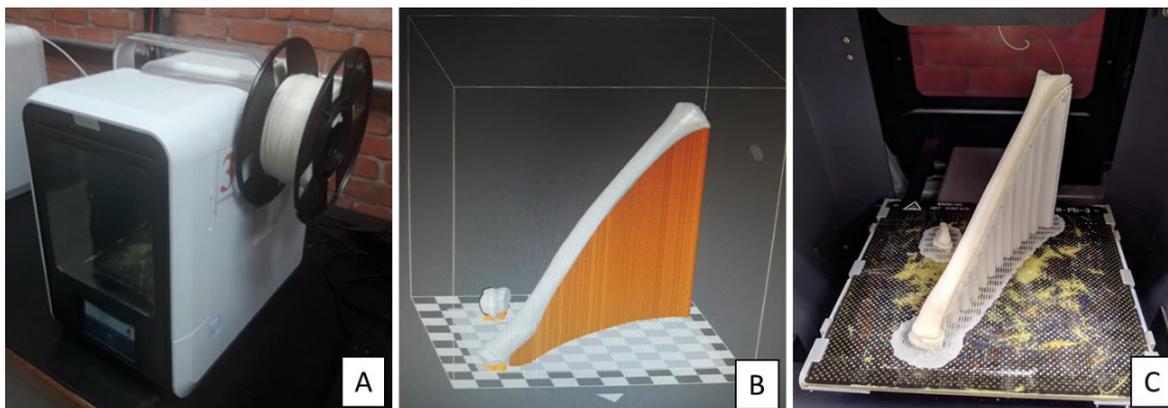


Figura 5. A: Impressora 3D: usa a tecnologia FDM e Filamento 3D (Branco marfim, ABS; **B:** Arquivo 3D FEDR, pronto para ser impresso; **C:** 3D FEDR no interior da impressora após o processo de finalização da impressão.

Entre as fraturas são inseridos ímãs de neodímio, de 4 e 5 mm de diâmetro e 2 mm de altura, que viabilizam, ao usuário, a possibilidade de montagem e desmontagem das peças (Figura 6).

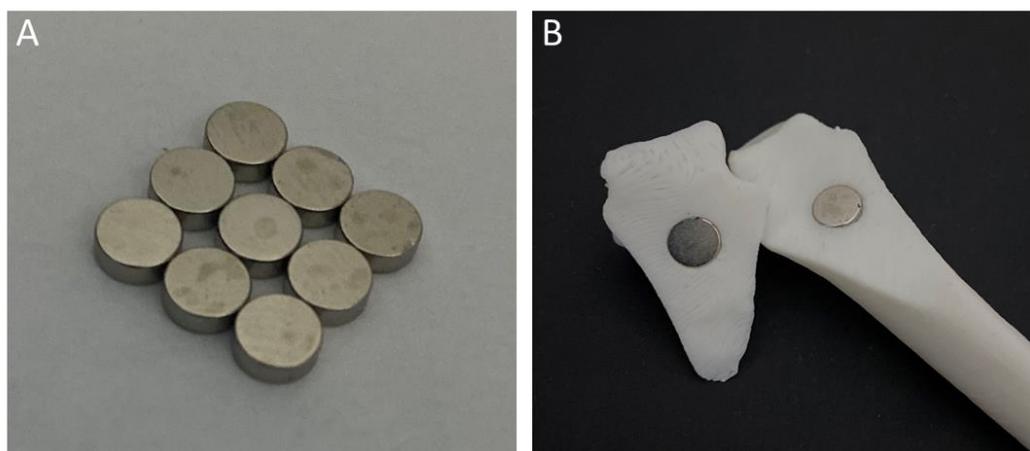


Figura 6. A- Ímãs de Neodímio; **B-** Aplicação de ímãs em um modelo 3D FEDR.

2.5 Cálculo de Custo, dos modelos impressos em 3D

Após o preparo dos modelos 3D, são utilizadas as Fórmulas de *regra de três simples* e *Cálculo do Consumo de Energia Elétrica*, com o objetivo de determinar os custos para a criação dos respectivos modelos.

Fórmula regra de três simples:

$$\frac{\text{Filamento (1000g)}}{\text{Filamento Utilizado (g)}} \cdot \frac{\text{US\$ 32.00}}{\text{Preço da Quantidade Utilizada}}$$

Aplica-se a regra de três simples para determinar o valor dos modelos, levando-se em consideração somente a quantidade de filamentos utilizada, por impressão, e que o custo de cada 1000 gramas de filamento é igual a US\$ 32.00. O valor obtido por peça é obtido, a partir da relação entre os valores do filamento utilizado e o custo do mesmo filamento.

Fórmula para Cálculo do Consumo de Energia Elétrica:

Realiza-se um cálculo complementar, com o intuito de mensurar o consumo de eletricidade, para confecção dos modelos 3D, posteriormente faz-se a conversão destes valores para reais:

$$\text{Consumo em US\$} = \frac{\text{Potência (W)} \times \text{Horas (h)} \times \text{Tarifa} \left(\frac{\text{US\$}}{\text{kW}} \right)}{1000}$$

Para calcular o consumo em US\$, é necessário multiplicar a potência (W) do equipamento pelo tempo de funcionamento em horas (h), para a impressão de cada peça, assim encontra-se o consumo de energia elétrica por peça impressa. O consumo de energia elétrica (W) por peça deve ser convertido para (kw) e então, efetua-se a divisão por 1000. O consumo em US\$ é verificado pela multiplicação do (kw) pela tarifa vigente, homologada pela prestadora do serviço de fornecimento de energia.

2.6 Estudo Radiográfico dos 3D FEDR

Após concluída a fase de construção dos Modelos 3D, os exemplares são levados ao Centro de Diagnóstico por Imagem, aonde são radiografados. Todos os Modelos 3D são submetidos ao teste radiográfico, em equipamento de Raio-X da marca VMI Tecnologias modelo Apolo D Setrus (VMI Tecnologias Ltda. Brasil), com exposições nas condições de 44 quilovolts (kV) de intensidade de radiação de 20 miliampères (mAs) por 32 milissegundos (ms).

Cada 3D FEDR é submetido a dois posicionamentos radiográficos, a saber: Ântero-posterior (AP) e Lateral (L) (BOISSON, 2007; BONTRAGER & LAMPIGNANO, 2015).

3. RESULTADOS

O modelo de base 3D do rádio, nesta pesquisa, apresenta uma conformação semelhante à da imagem tomográfica inicial, mantendo o mesmo comprimento e largura, além de reproduzir as estruturas que identificam o osso. Observam-se as seguintes estruturas anatômicas: *Processo estilóide do rádio*; *Face articular para os ossos escafóide e semi-lunar*; *Incisura ulnar do rádio*; *Linha interóssea*; *Tuberosidade do rádio*; *Colo do rádio*; *Cabeça do rádio*; *Diáfise do rádio* (Figura 7).

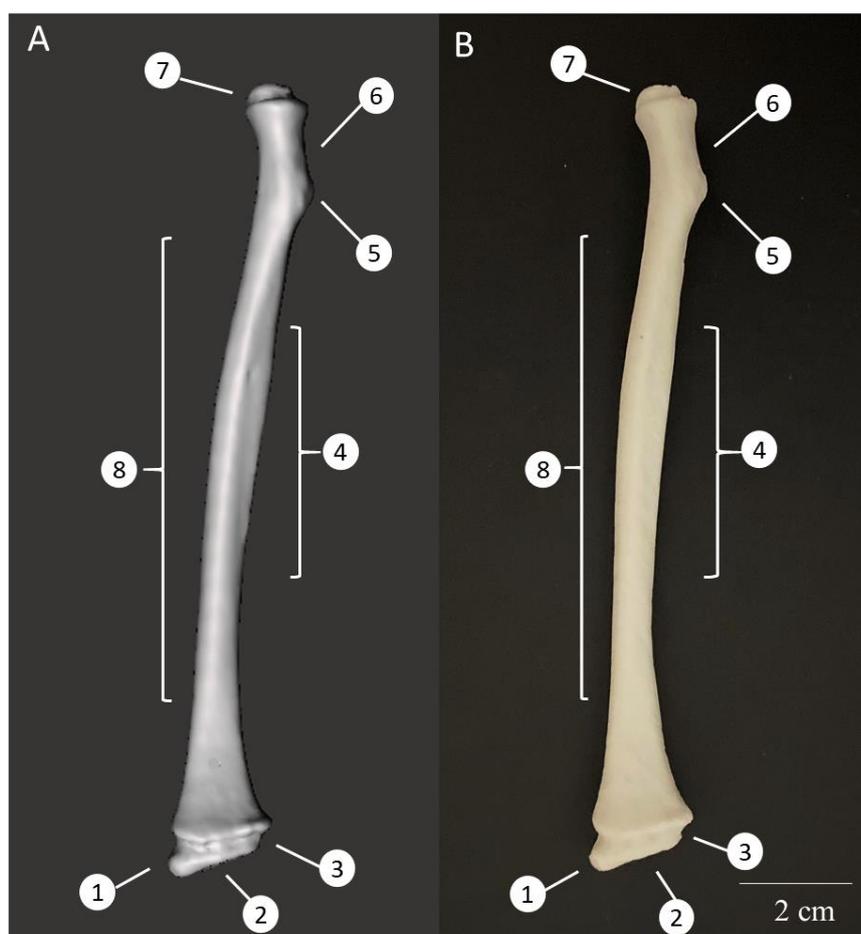


Figura 7. Rádio Humano, **A.** Imagem tomografia computadorizada - Visão: Ântero-posterior; **B.** Modelo 3D de base - Visão: Ânterior **1** – Processo estilóide do rádio; **2** – Face articular para os ossos do carpo escafóide e semi-lunar; **3** – Incisura ulnar do rádio; **4** – Linha interóssea; **5** – Tuberosidade do rádio; **6** – Colo do rádio; **7** – Cabeça do rádio; **8** – Diáfise do rádio.

Embora se tenha alcançado uma boa representação das conformações ósseas no nosso modelo base do rádio humano, observam-se estruturas que não

são, suficientemente, reproduzidas, não alcançando uma boa representação anatômica, especificamente o forame nutrício.

Após a criação de todos os modelos, é estimado o tempo utilizado para produzir cada modelo, considerando o trabalho realizado para atingir as conformações estruturais, em cada peça, o tempo de impressão de cada uma, a quantidade de material consumido. Estas informações estão expostas na Tabela 1, permitindo uma apreciação do custo em US\$ de cada modelo, do material utilizado, consumo de filamento e energia elétrica em dólares, e o custo total dos 3D FEDR.

Tabela 1. Valores para criação e impressão de modelos anatômicos 3D de fratura epifisária distal de rádio, em Tempo (horas), Gasto com material (gramas), Consumo de Filamento e Energia Elétrica (US\$), por cada modelo e o custo total dos modelos.

Classificação de Salter-Harris	Tempo de criação (h)	Tempo de impressão(h)	Material utilizado (g)	Custo (US\$)
Tipo I	1.0	4.2	23.2	0.93
Tipo II	1.3	4.2	23.5	0.94
Tipo III	1.1	3.8	19.3	0.78
Tipo IV	1.3	4.1	22.4	0.89
Tipo V	1.8	3.3	18.7	0.77
Total 3D FEDR	6.5	19.6	107.1	4.31

(h) - Horas; (g) - Gramas; (US\$) – US Dólar; Referência US\$ 1.00 = R\$ 5.40; Filamento US\$ 32.00

O tempo de criação dos modelos representativos, em 3D, equivale ao processo de manipulação das imagens no software, relativo à obtenção dos arquivos, com vistas à posterior impressão. O tempo de impressão corresponde ao período necessário para construção dos 3D FEDR. A quantidade de material utilizado representa a massa total do filamento utilizado para construção da estrutura de suporte e de cada modelo.

Os valores das impressões sucedem da produção de cada modelo, a quantidade de filamento utilizado, e o consumo de energia elétrica. Contudo, não são contabilizados os custos iniciais referentes a aquisição com equipamentos (impressora 3D).

Cinco 3D FEDR são impressos, cada modelo representando as diferentes fraturas epifisárias no rádio (Figura 8).



Figura 8. Modelos 3D de fraturas epifisárias distais de rádio. **AP**, Vista Ântero-posterior; **L**, Vista Lateral. **A**: Salter-Harris I; **B**: Salter-Harris II; **C**: Salter-Harris III; **D**: Salter-Harris IV; **E**: Salter-Harris V. As setas vermelhas indicam os respectivos focos de fratura.

Para o 3D FEDR (Tipo I) é realizado um corte transversal separando-o, em duas porções. Em cada porção é criado um encaixe para a colocação do ímã o qual permite a montagem e desmontagem.

Para o 3D FEDR (Tipo II), um corte transversal é feito, envolvendo toda a placa de crescimento e uma parte da metáfise, separando-o em duas porções. Em cada parte do osso é criado um encaixe para a colocação do ímã.

Para o 3D FEDR (Tipo III) um corte em avulsão, através da placa de crescimento e parte epífise, é feito, separando-o em duas porções. Em cada porção cria-se um encaixe para o ímã.

Para o 3D FEDR (Tipo IV) realiza-se um corte oblíquo, através da placa de crescimento, comprometendo parte da epífise e metáfise, separando-o o osso em duas porções. Em cada parte é criado um encaixe para a colocação do ímã.

Para o 3D FEDR (Tipo V) um corte de fratura impactada comprimindo a placa de crescimento é feito não sendo necessário separá-lo. Neste caso não há necessidade de criar encaixe para os ímãs, porque a placa fisária não é separada.

Para evitar artefatos de imagens, que viessem dificultar a visualização das linhas de fraturas removem-se os ímãs, Substituindo os mesmos por uma fita transparente (Figura 9).

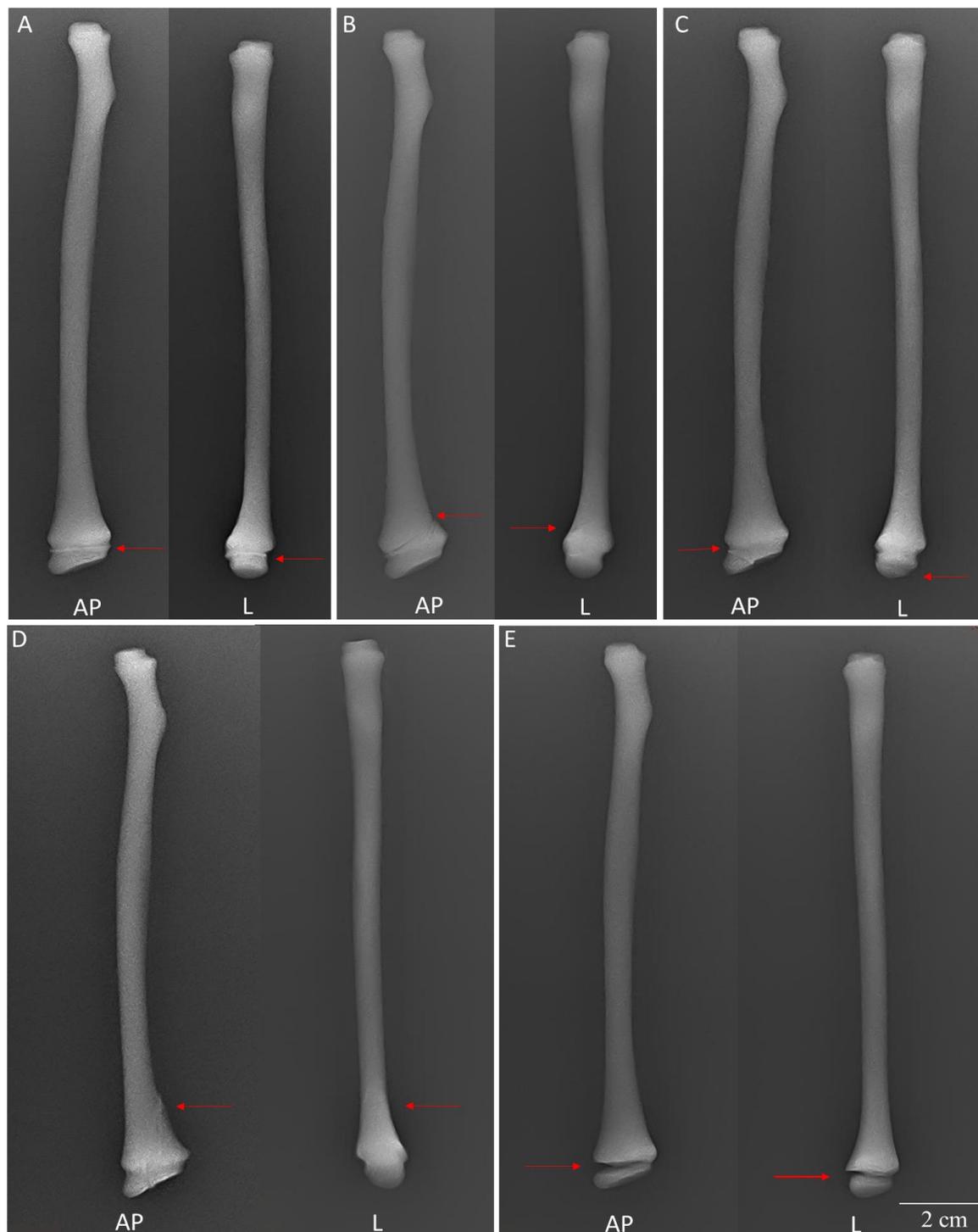


Figura 9. Radiografia dos 3D FEDR. **AP**, Vista Ântero-posterior; **L**, Vista Lateral. **A:** Salter-Harris I; **B:** Salter-Harris II; **C:** Salter-Harris III; **D:** Salter-Harris IV; **E:** Salter-Harris V. As setas vermelhas indicam os respectivos focos de fratura.

As imagens radiográficas dos 3D FEDR revelam nítidas zonas radiopacas e regiões radiolúcidas, nas quais é possível evidenciar e caracterizar as conformações anatômicas pretendidas.

As radiografias AP evidenciam os focos de fraturas de forma mais nítida do que as radiografias no posicionamento lateral, face à sobreposição de estruturas.

4. DISCUSSÃO

A Criação dos 3D FEDR, nessa pesquisa, tem com base a necessidade de representar, com o máximo de clareza, as fraturas epifisárias do rádio humano, uma vez que essa condição representa quase um terço das fraturas de ossos longos, em crianças, envolvendo a placa de crescimento (FLYNN et al., 2015; SABHARWAL & SABHARWAL, 2018).

O processo de elaboração dos 3D FEDR se inicia a partir de arquivos de imagens de tomografia computadorizada. Massari et al. (2019) descrevem que obtiveram melhores resultados em modelos impressos com imagens de ossos digitalizados a partir de tomografia computadorizada, quando comparados com a preparação a partir de uma peça anatômica natural através de técnicas anatômicas tradicionais.

Radzi et al. (2020) elaboraram modelos 3D de corações plastinados, a partir de imagens de tomografias computadorizadas e os resultados mostraram que os modelos apresentaram riqueza de detalhes anatômicos, incluindo a visualização dos ramos finos das artérias coronárias, sugerindo que o processo de segmentação se mostrou eficaz e confiável. Porém, entre as quinze medições realizadas, cinco mostraram diferenças significativas, quais sejam, as artérias coronárias continham uma maior quantidade de erros quando comparado com outras estruturas anatômicas.

Embora se tenha alcançado uma boa representação das conformações ósseas em nosso modelo base, observa-se estruturas que não são, suficientemente, reproduzidas, não alcançando uma boa representação anatômica, especificamente, para o forame nutrício. Esses achados são semelhantes aos relatados por Li et al. (2018), quando não foi possível visualizar o forame nutrício, do fêmur e vértebra cervical de bovinos, em um arquivo digital.

O tempo total para a impressão de todos os 3D FEDR foi igual a 19,6 h., Nesse sentido, fica claro que o tempo envolvido com a impressão é, relativamente,

baixo, uma vez que o objetivo é alcançado em curto espaço de tempo. Reis et al. (2019), descrevem que o tempo necessário para produzir esses modelos é uma vantagem quando comparado ao tempo necessário para obter ossos e prepará-los para o uso dos alunos em laboratório. Nunez et al. (2020) ao reproduzir displasia coxofemoral de caninos apresentam um tempo total de impressão, relativamente alto, de, aproximadamente, 73,5 horas, devendo-se levar em consideração a complexidade do modelo, seu tamanho, largura e quantidade de peças impressas.

Os valores referentes ao custo, para confecção dos 3D FEDR, são comparados com outros estudos, considerando-se, como critério, a utilização de técnicas similares de impressão e utilização de materiais semelhantes. No estudo de Lima et al. (2019), utiliza-se, para reproduzir fraturas de mandíbula canina, 150,1g de filamento (ABS), totalizando um custo de US \$ 5,83. O material utilizado para a elaboração dos modelos, no presente estudo, é o mesmo filamento termoplástico (ABS), sendo empregadas 107.1g, perfazendo um custo de US \$ 4,31.

Nesse contexto, Wu et al. (2018) reproduzem modelos 3D, de ossos da coluna vertebral, membros superiores e inferiores e pelve humana, cujo custo do material foi de aproximadamente US \$ 0,15 por grama. Portanto, o custo dos modelos de coluna, membros superiores e membros inferiores foi de aproximadamente US \$ 16,50, e o modelo da pelve custou aproximadamente US \$ 90, esse custo está diretamente relacionado ao peso da peça, de aproximadamente 600g. Rogers-Vizena et al. (2017) afirmam que uma vantagem de utilizar um modelo impresso em 3D é que este não tem um custo, significativamente, alto.

Os custos envolvidos na fabricação dos 3D FEDR incluem o filamento ABS e o material de suporte, descartado ao final do processo., demonstrando ser uma ferramenta com potencial para reduzir custos, quando comparado a produção de peças anatômicas por meio de técnicas inerentes ao laboratório de Anatomia. Corroborando com Mostafaei (2020), Gebler et al (2014) quando salientam que a utilização de modelos, em dimensão 3D, está relacionado ao desenvolvimento sustentável, envolvido no processo de fabricação. Seus estudos apontam uma perspectiva global de sustentabilidade e quantifica as mudanças no custo de vida, reduzindo-o em US \$ 170 a 593 bilhões e suprimindo a utilização de energia

primária em 2,54 a 9,30 assim como a emissões de CO₂ em 130,5 a 525,5 em nível global até 2025.

Marro et al. (2016) e Nunez et al. (2020) descrevem que a tecnologia de impressão 3D, quando combinada à imagens medicas torna-se uma importante ferramenta de diagnóstico, alcançando um efeito significativo para obtenção de modelos anatômicos e ensino para treinamento de habilidades específicas e oportunizar um ambiente mais realista e seguro.

Em trabalho publicado por García-Valadez et al. (2017) são estudados dez pacientes pré-operatórios, com diagnóstico de fratura distal de rádio. Antes do procedimento cirúrgico são elaborados modelos 3D das referidas fraturas, evidenciando que os pacientes puderam compreender, de forma mais clara sua condição. Destarte, os médicos retratam uma melhora de 42%, ao classificar as fraturas e 90% destes profissionais referem à impressão 3D como uma ferramenta pré-operatória eficaz.

As imagens radiográficas dos 3D FEDR mostram nítidas zonas radiopacas e regiões radiolúcidas, nas quais é possível identificar e caracterizar as conformações anatômicas pretendidas, permitindo observar e identificar regiões correspondentes e possibilitando determinar os pontos de fratura, em conformidade com a classificação de Salter-harris.

Entretanto, essa técnica apresenta algumas desvantagens a saber: a sobreposição de outras estruturas, limitando a sensibilidade e especificidade na determinação das fraturas; ampliação e distorção ao longo da imagem, entre outras. As radiografias com incidência AP evidenciam, claramente, os focos de fratura, porém as imagens em posicionamento lateral, devido a sobreposição de estruturas limitam a determinação dos pontos de fraturas (PAPAIZ & CARVALHO, 1998; VIDIGAL et al. 2014; VALENTE et al. 2016).

Vergara-Amador et al. (2016) ao avaliarem radiografias de paciente saudáveis e pós operatórios, do punho, objetivando visualizar a superfície articular distal do rádio, mencionam que essas radiografias padrão, apresentam falhas, problemas de interpretação relacionados à interposição de imagens, impossibilitando definir, com clareza, a posição dos parafusos.

A radiopacidade e a radioluscência relativas aos modelos 3D FEDR não correspondem, necessariamente, às densidades ósseas presentes na radiografia do rádio humano natural. Este fato pode ser explicado pelas técnicas utilizadas, para a confecção dos modelos, pelo material utilizado e pelos parâmetros de impressão.

Outros fatores que podem ter influenciado no resultado das imagens radiográficas, são: a utilização do material termoplástico, por não ser de uso convencional não se tem parâmetros recomendados para esta aplicação; os ajustes na intensidade de radiação e tempo de exposição do equipamento feitos manualmente.

Para a realização das radiografias foi necessário remover os imãs de neodímio para evitar artefatos, que pudessem limitar a qualidade da imagem e dificultar a visualização das linhas de fratura. Para substituir os imãs, introduziu-se uma fita transparente entre as linhas de fratura (PANTA & YAGA, 2016; LIMA et al., 2019).

A presença dos imãs, unindo as porções ósseas, tornou os 3D FEDR mais reais vez que, esse mecanismo permite a movimentação e visualização em diferentes ângulos, além de possibilitar a montagem e desmontagem de suas peças.

As aulas de Anatomia, com as peças anatômicas impressas, facilitam a utilização em salas de aula, por se tratarem de modelos constituídos de material termoplástico, cujo o peso é consideravelmente menor, se comparado aos ossos in natura.

Por outro lado, a aplicabilidade dos modelos artificiais é preferível quando as aulas são executadas em outros ambientes, que não um laboratório, como feiras expositivas e ou em locais com infraestrutura inadequada, que extrapolem um ambiente especificamente preparado como os laboratórios de Anatomia (REIS et al., 2019; SANTOS et al., 2019).

A utilização de modelos artificiais se torna uma boa alternativa, uma vez que não há a necessidade de recipientes adequados para armazená-los, por serem livres de conservantes, e toda a comunidade escolar poder acessá-los com

segurança. As aulas podem se desenvolver em uma sala de aula comum, rotineiramente utilizada para atividades teóricas, sem necessidade de maiores recursos (SANTOS et al., 2019).

Embora o foco desse estudo tenha sido testar a viabilidade de imprimir um modelo de 3D, de fraturas epifisárias distais do rádio, isso poderia ser estendido, para aplicabilidade em pacientes, onde os modelos podem ser criados, em casos específicos e usados para auxiliar os médicos a explicarem as diferenças estruturais dos ossos e suas condições. Radzi et al. (2020) e García-Valadez et al. (2017) salientam que as impressões 3D prometem ser uma ferramenta, não apenas para melhor entendimento e classificação das fraturas distais do rádio, mas também para melhor compreensão para os pacientes.

5. CONCLUSÃO

Os modelos 3D FEDR confirmam a possibilidade de reproduzir as estruturas anatômicas e caracterizar os diferentes tipos de fraturas epifisárias distais do rádio humano.

As imagens radiográficas mostram que os 3D FEDR podem ser visualizados em radiografias convencionais.

Os modelos são uma possível fonte alternativa de material educacional para o ensino de estudantes e profissionais da área da saúde, porém, seu potencial educacional só será inteiramente conhecido quando utilizados, rotineiramente, durante o processo de aprendizagem de alunos e profissionais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKIBA, T; INAGAKI, T; NAKADA, T. Three-Dimensional Printing Model of Anomalous Bronchi before Surgery. **Annals of Thoracic Cardiovascular Surgery**, v. 20, p. 659–662, 2014.

ATALAY, H. A.; ALTUNRENDE, F. Impact of personalized three-dimensional (3D) printed pelvicalyceal system models on patient information in percutaneous nephrolithotripsy surgery: a pilot study. **International Brazilian Journal of Urology**, v. 43, n. 3, p. 470–475, 2017.

BARBOSA, P. S. H.; TEIXEIRA-SALMELA, L. F.; CRUZ, R. B. Reabilitação das fraturas do rádio distal. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 17 n. 3, p. 182–18, 2009.

BOISSON, L.F. **Técnica Radiológica Médica: Básica e Avançada**. São Paulo: Atheneu, 2007.

BONTRAGER, L.K.; LAMPIGNANO, J.P. **Tratado de posicionamento radiográfico e anatomia associada**. 8 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

BRIAN, J.; MOORE, M.; CHOI, D. The Primary Physis. Seminars in Musculoskeletal. **Radiology**, v. 22, n. 01, p. 095–103, 2018.

BROWN, J. H; DELUCA, S.A. GROWTH PLATE INJURIES: SALTER-HARRIS CLASSIFICATION. **American Family Physician**, v. 46, n. 4, p. 1180–1184, 1992.

CLÉ, P. G. V.; TASSO, L. E.; BARBOSA, R. I.; FONSECA, M. C. R.; ELUI V. M. C.; RONCAGLIA F. B.; ET AL. Estudo retrospectivo do estado funcional de pacientes com fratura do rádio distal submetidos à osteossíntese com placa LCP. **Acta Fisiátrica**, v. 18, n. 4, p. 163-168, 2011.

DIAS, G. A. S.; PONTES, L. S. Perfil Epidemiológico de Fratura Traumática Isolada de Rádio em Crianças. 2013.

FLYNN, J. M.; SKAGGS, D. L.; WATERS, P. M. **Rockwood & Wilkins' Fractures in Children**. 8th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; p. 1288, 2015.

GARCÍA-VALADEZ, L.R.; ESPINOZA-GUTIÉRREZ, A.; RIVAS-MONTERO, J.A.; HERNÁNDEZ-MÉNDEZ-VILLAMIL E.; SANTIAGO-GARCÍA, A.; BANEGAS-RUIZ, R.; CÉSARJUÁREZ, A.A.; PALMIERI-BOUCHAN, R.B. Impresión de modelos 3D para fracturas de rádio distal: un estudio piloto en el Instituto Nacional de Rehabilitación. **Revista Sanidad Médico-Militar**, v.71, n.4, p.366-373, 2017.

GEBLER, M.; SCHOOT, U.; ANTON, J.M.; VISSER, C. "A global sustainability perspective on 3D printing technologies, **Energy Policy, Elsevier**, v. 74, p.158-167, 2014.

LEVINE, R. H.; FORIS, L. A.; NEZWEK, T. A.; WASEEM, M. Salter Harris Fractures. In: **StatPearls [Internet]**, 2020.

LI, F.; LIU, C.; SONG, X.; HUAN, Y.; GAO, S.; JIANG, Z. Production of accurate skeletal models of domestic animals using three-dimensional scanning and printing technology. **Anatomical Science Education**, v. 11, n. 1; p. 73-80, 2018.

LIMA, A.S.; MACHADO, M.; PEREIRA, R.C.R.; CARVALHO, Y.K. Printing 3D models of canine jaw fractures for teaching undergraduate veterinary medicine. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 34, n. 9, 2019.

MARRO, A.; TAHA, B.; MAK, W. 3D Printing and Medical Imaging: A Review of the Methods and Applications. **Current Problems in Diagnostic Radiology**, v. 45, n.1, p. 2-9, 2016.

MASSARI, C. H. A. L.; PINTO, A. C. B. C. F.; DE CARVALHO, Y. K.; SILVA, A. F.; MIGLINO, M. A. Volumetric computed tomography reconstruction, rapid prototyping and 3D printing of opossum head (*Didelphis albiventris*). **International Journal of Morphology**, v. 37, n. 3, p. 838- 844, 2019.

MCMENAMIN, P. G.; QUAYLE, M. R.; MCHENRY, C. R.; ADAMS, J. W. The Production of Anatomical Teaching Resources Using Three-Dimensional (3D) Printing Technology. **Anatomical Sciences Education**, v.7, n. 6, p. 479-486, 2014.

MOSTAFAEI, A.; ELLIOTT, A.M.; BARNES, J.E.; LI, F.; TAN, W.; CRAMER, C.L.; NANDWANA, P.; CHMIELUS, M. Binder jet 3D printing – process parameters, materials, properties, and challenges. **Progress in Materials Science**, 2020.

NUNEZ, R.Y.G.; ALBUQUERQUE, L.K.; PEREIRA, R.C.R.; SILVA, R.P.M.; PERUQUETTI, P.F.; CARVALHO, Y.K. D. printing of canine hip dysplasia: anatomic models and radiographs. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 72, n. 3, p. 769-777, 2020.

PANTA, P.; YAGA, U.S. Metal in mandible. **Pan African Medical Journal**, v. 23, n. 192, p. 01, 2016.

PAPAIZ, E. G.; CARVALHO, P. L.; Métodos recentes de diagnóstico através da imagem. In: FREITAS, A., ROSA, J. E., FARIA E SOUZA, I. **Radiologia odontológica**. 4. ed. São Paulo: Artes Médicas, 1998.

RADZI, S.; TAN, H.K.J.; GERALD JIT SHEN TAN, G.J.S.; YEONG, W.Y.; FERENCZI, M.A.; NAOMI LOW-BEER, N.; MOGALI, S.R. Development of a three-dimensional printed heart from computed tomography images of a plastinated specimen for learning anatomy. **Anatomy Cell Biology**, v.53, n.1, p.48-57, 2020.

REIS, D. A. L.; GOUVEIA, B. L. R.; JÚNIOR J. C. R.; NETO, A. C. A. Comparative assessment of anatomical details of thoracic limb bones of a horse to that of models produced via scanning and 3D printing. **3D Printing in Medicine**, v. 5, n. 13, p. 1-10, 2019.

ROGERS-VIZENA, C. R.; SPORN, S. F.; DANIELS, K. M.; PADWA, B. L.; WEINSTOCK, P. Análise de custo-benefício de modelos craniofaciais tridimensionais para distração médio-facial: um estudo piloto. **The Cleft Palate-Craniofacial Journal**, v. 54, n. 5, p. 612-7, 2017.

SABHARWAL S, SABHARWAL S. Growth plate injuries of the lower extremity: Case examples and lessons learned. **Indian Journal of Orthopaedics**, v.52, n.5, p. 462-469, 2018.

SALTER, R.; HARRIS, R.B. Injuries involving the epiphyseal plate. **The American Academy of Orhopic Surgeons**, v. 45, n. 3, p. 587–622, 1963.

SANTOS, J.O.J.; PERUQUETTI, P.S.F.; CARVALHO, Y.K. Fabrication and Assesment of Resin Kidney Models for Anatomical Teaching. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v.6, n.1, p. 107-117, 2019.

TELES, F.; BELANGERO; Fraturas do rádio distal: avaliação das classificações. **Revista da Associação Médica Brasileira**. v. 50, n. 1, p. 55–61, 2004.

VACCAREZZA, M.; PAPA, V. 3D printing: a valuable resource in human anatomy education. **Anatomical Science International**, v. 90, p. 64–65, 2015.

VALENTE, N. A.; SOARES, B. M.; SANTOS, E. J. C.; SILVA, M. B. F. The importance of CBCT in supernumerary teeth diagnosis and location. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 73, n. 1, p. 55-59, 2016.

VERGARA-AMADOR, E.; PENAGOS, R.; PINILLA, E. Evaluación radiológica de muñeca para visualizar la superficie articular del radio. **Acta Ortopédica Mexicana**, v. 30, n. 5, p. 246-250, 2016.

VIDIGAL, B. C. L.; ABREU, S. G.; SILVA, F. A.; MOREIRA, G. P.; MANZI, F. R. Use of Cone Beam CT in the evaluation of root fractures. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 71, n. 2, p. 152-155, 2014.

WIDNALL, J.; COLIN.; B. Paediatric forearm fractures. **Orthopaedics and trauma**. v. 32, n. 5 p. 372-377, 2018.

WOOD, G.; KNAPP, K. M.; ROCK, B.; COUSENS, C.; ROOBOTTOM, C.; WILSON, M. R. Visual expertise in detecting and diagnosing skeletal fractures. **Skeletal Radiology**, v. 42, n. 2, p. 165–172, 2013.

WU, A. M.; WANG, K., WANG, J. S., CHEN, C. H., YANG, X. D., NI, W. F.;HU, Y. Z. The addition of 3D printed models to enhance the teaching and learning of bone spatial anatomy and fractures for undergraduate students: a randomized controlled study. **Annals of Translational Medicine**, v. 6, n. 20, p. 403–403, 2018.

ANEXO I

Parecer Consubstanciado do CEP

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DO
ACRE - HCA/FUNDHACRE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: CONFECÇÃO DE MODELOS 3D DE FRATURAS EPIFISÁRIAS DISTAIS DO RÁDIO UTILIZANDO A CLASSIFICAÇÃO DE SALTER-HARRIS, COMO MÉTODO ALTERNATIVO NO ENSINO.

Pesquisador: JOAB AGUIAR DO NASCIMENTO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 09237118.5.0000.5009

Instituição Proponente:

Patrocinador Principal: Universidade Federal do Acre- UFAC

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.235.845

Apresentação do Projeto:

O projeto encontra-se bem estruturado.

Objetivo da Pesquisa:

Criação e avaliação de modelos 3D, de fraturas epifisárias distais (Salter-Harris), no ensino de discentes de medicina pré-internato.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Este estudo visa à criação de modelos anatômicos com excelente qualidade que representam fielmente a conformação estrutural da fratura epifisária capaz de servir como uma alternativa aos modelos didáticos convencionais e dessa forma, contribuir com o aperfeiçoamento do processo de aprendizagem do ensino, articulando as várias disciplinas nas quais o modelo anatômico 3D apresentará a possibilidade de reproduzir as diferentes variações anatômicas e patológicas, que caracterizam os graus de fratura epifisária de rádio, podendo ser utilizado para aprimoramento do conteúdo teórico, pela capacidade de representação e classificação da gravidade da doença, tornando mais fácil para os estudantes e profissionais olhar, manipular, e avaliar os modelos anatômicos representativos familiarizando-se com os aspectos anatomopatológicos da região, tornando o estudo muito mais dinâmico e interessante para o discente ao aliar a teoria à prática.

Endereço: BR 364 - Km 02

Bairro: Distrito Industrial

CEP: 69.914-217

UF: AC

Município: RIO BRANCO

Telefone: (68)3226-4809

Fax: (68)3226-4809

E-mail: cep.hc@ac.gov.br

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DO
ACRE - HCA/FUNDHACRE



Continuação do Parecer: 3.235.845

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

E um estudo de grande relevância científica e acadêmica.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Dentro dos padrões de exigências do CEP.

Recomendações:

Publicar os resultados da pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há.

Considerações Finais a critério do CEP:

Conforme item XI.1, do Capítulo XI, da Resolução CNS nº 466/2012, a responsabilidade do pesquisador é indelegável e indeclinável e compreende os aspectos éticos e legais. Portanto, cabe ao pesquisador responsável:

- Desenvolver o projeto conforme delineado;
- Elaborar e apresentar os relatórios parciais e final;
- Apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento;
- Manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa;
- Encaminhar os resultados da pesquisa para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico integrante do projeto; e
- Justificar fundamentadamente, perante o CEP ou a CONEP, interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

OBS.: O parecer consubstanciado, emitido pelo colegiado, encontra-se disponível na árvore lateral esquerda de arquivos, na pasta "pareceres".

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1273582.pdf	23/02/2019 17:09:04		Aceito
Outros	AUTORIZACAO_ACESSO_ARQUIVO.	23/02/2019	JOAB AGUIAR DO	Aceito

Endereço: BR 364 - Km 02
 Bairro: Distrito Industrial CEP: 69.914-217
 UF: AC Município: RIO BRANCO
 Telefone: (68)3226-4809 Fax: (68)3226-4809 E-mail: cep.hc@ac.gov.br

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DO
ACRE - HCA/FUNDHACRE



Continuação do Parecer: 3.235.845

Outros	pdf	17:07:53	NASCIMENTO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	TERMO_AUTORIZACAO_INSTITUCIONAL.pdf	23/02/2019 17:06:37	JOAB AGUIAR DO NASCIMENTO	Aceito
Outros	TERMO_COMPROMISSO.pdf	23/02/2019 17:04:03	JOAB AGUIAR DO NASCIMENTO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	23/02/2019 17:03:03	JOAB AGUIAR DO NASCIMENTO	Aceito
Outros	CARTA_ENCAMINHAMENTO.pdf	23/02/2019 17:02:28	JOAB AGUIAR DO NASCIMENTO	Aceito
Outros	DECLARACAO_FINS_DA_PESQUISA.pdf	23/02/2019 17:01:48	JOAB AGUIAR DO NASCIMENTO	Aceito
Outros	DECLARACAO_INICIACAO_DA_PESQUISA.pdf	23/02/2019 16:55:19	JOAB AGUIAR DO NASCIMENTO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	DETALHAMENTO_PROJETO.doc	23/02/2019 16:47:16	JOAB AGUIAR DO NASCIMENTO	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA_DETALHADO.docx	11/12/2018 21:42:10	JOAB AGUIAR DO NASCIMENTO	Aceito
Orçamento	DETALHAMENTO_ORCAMENTO.docx	11/12/2018 21:14:29	JOAB AGUIAR DO NASCIMENTO	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_ROSTO.pdf	11/12/2018 18:12:52	JOAB AGUIAR DO NASCIMENTO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO BRANCO, 01 de Abril de 2019

Assinado por:
Maria José Lucas Mortari
(Coordenador(a))

Endereço: BR 364 - Km 02
Bairro: Distrito Industrial CEP: 69.914-217
UF: AC Município: RIO BRANCO
Telefone: (68)3226-4809 Fax: (68)3226-4809 E-mail: cep.hc@ac.gov.br

ANEXO II

Autorização de Acesso à Arquivo



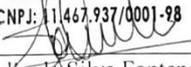
AUTORIZAÇÃO DE ACESSO A ARQUIVO

Eu, **Sandra da Silva Fontenele**, Gerente de Recursos Humanos da Empresa Prorad Diagnósticos, tenho ciência e dou autorização de acesso ao nosso arquivo ao pesquisador Joab Aguiar do Nascimento, RG: 1157312-0 SSP/AC e CPF: 017.697.212-90 para a realização da pesquisa intitulada, "*confeção de modelos 3D de fraturas epifisárias distais do rádio utilizando a classificação de salter-harris, como método alternativo no ensino*", nas seguintes condições:

- a) O acesso aos dados registrados em nosso arquivo, para fins da pesquisa científica, será permitido somente após aprovação do projeto de pesquisa pelo CEP;
- b) O acesso aos dados será supervisionado por uma pessoa que esteja plenamente informada sobre as exigências de confiabilidade;
- c) Devido à impossibilidade de obtenção do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido do sujeito, o pesquisador indicado, deverá assinar um Termo de Consentimento de Uso de Banco de Dados, para garantir o direito do sujeito.

Rio Branco, 15 de Fevereiro de 2019.

Sandra Fontenele
PRORAD DIAGNÓSTICOS
CNPJ: 11.467.937/0001-98



Sandra da Silva Fontenele
(Gerente de Recursos Humanos)
(Assinatura e Carimbo)

ANEXO III

Instruções para submissão no livro Saúde e Qualidade de Vida

CAPÍTULO nº

Título do capítulo

Autores¹
(Fonte 11 em itálico)

Introdução

NORMAR PARA PUBLICAR (Fonte 12)

Os capítulos deverão ser elaborados observando a temática da obra.

Cada capítulo poderá ter 3 (três) autores, sendo que se for um grupo de pesquisa até 5 (cinco) autores, com justificativas em nota de rodapé. Só que como norma da ANAP, um dos autores deverá ter obtido o título de doutor.

Cada autor deve apresentar sua titulação, bem como, identificar a instituição na qual estão vinculados e o e-mail de contato na nota de rodapé.

Cada capítulo poderá ter de 15 (quinze) a 20 (vinte) páginas com as referências inclusa.

Ainda, utilizar fonte Calibri, espaço entre linhas 1,5 cm e layout da página já está no template

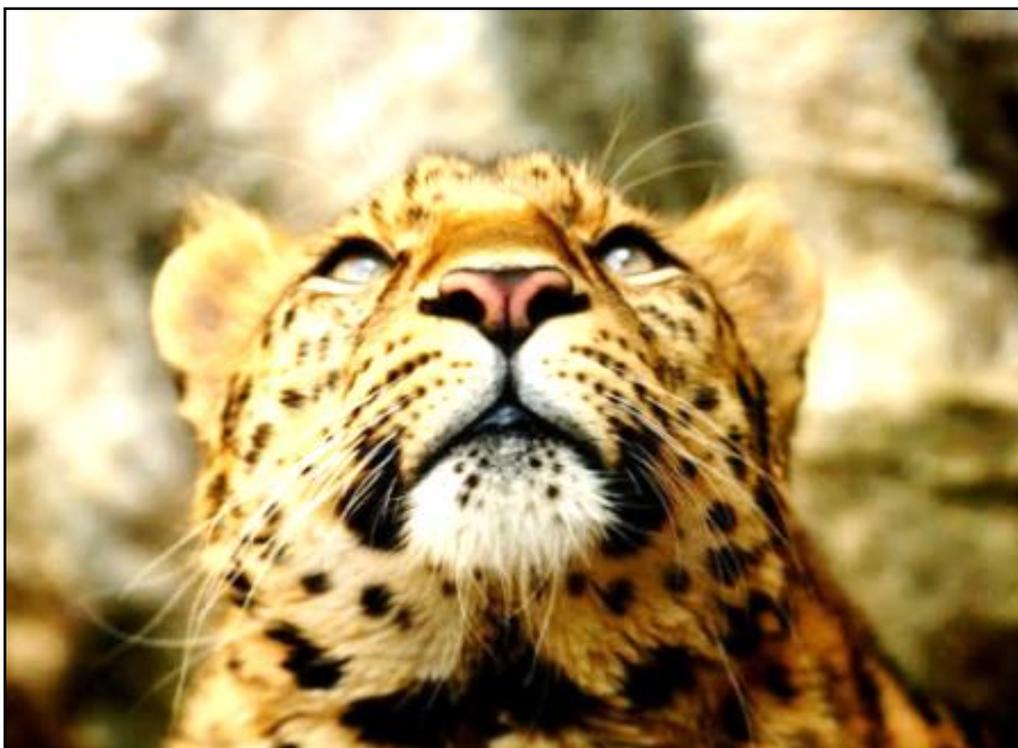
Para as citações o autor deverá seguir as recomendações da ABNT. No caso das citações diretas com mais de três linhas, deve ter destaque de 4 (três) cm do parágrafo. O espaçamento entre linhas deve ser simples.

Qualquer desenho, esquema, fluxograma, fotografia, gráfico, mapa, organograma, planta, quadro, retrato, dentre outros, sua identificação deve aparecer na parte superior e

¹Titulação, Vínculo Acadêmico ou Profissional. E-mail: **campo obrigatório**

a fonte na parte inferior. A ilustração deverá ser inserida próximo do trecho a que se refere, conforme o projeto gráfico a seguir.

Figura 1 – (Fonte 10)(bordas nas fotos e figuras da Google com cor preta e largura 1 pt)



Fonte: Exemplo, 2014 (Fonte 10).

Tabela 1 – Exemplo de tabela (Fonte 10)

Títulos	Título das colunas	Título das colunas	Título das colunas	Título das colunas
Título da linha	01	01	01	01
Título da linha	01	01	01	01
Título da linha	01	01	01	01
Título da linha	01	01	01	01
Total	04	04	04	04

Fonte: Exemplo, 2014 (Fonte 10).

Quadro 1– Exemplo de Quadro (Fonte 10)

Títulos	Título das colunas	Título das colunas
----------------	---------------------------	---------------------------

Título da linha	Folha	Folha
Título da linha	Folha	Folha
Título da linha	Folha	Folha

Fonte: Exemplo, 2014 (Fonte 10).

Lembra-se que o capítulo tem que apresentar as conclusões correspondentes aos objetivos e resultados.

As referências devem seguir as normas da ABNT, com fonte 10 e espaçamento simples conforme exemplo abaixo:

REFERENCIAS (Fonte 10)

AVÓLIO, E. G. **Da (i)licitude das queimadas da palha da cana-de-açúcar**. 2002. 218 f. Dissertação (mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

BORGES, M. D.; ARANHA, J. M.; SABINO, J. A fotografia de natureza como instrumento para educação ambiental. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 1, p. 149-161, 2010.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 15 nov. 2019.

BRASIL. **Decreto Federal 2.661**, de 08/07/1998. Regulamenta o [parágrafo único do art. 27 da Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965 \(Código Florestal\)](#), mediante o estabelecimento de normas de precaução relativas ao emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2661.htm. Acesso em: 18 nov. 2019.

BRASIL. **Decreto Federal 99.274**, de 06/06/1990. Regulamenta a [Lei 6.902, de 27 de abril de 1981](#), e a [Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981](#), que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D99274.htm. Acesso em: 18 nov. 2019.

BRASIL. **Lei Federal 4.771**, de 15/09/1965. Institui o Novo Código Florestal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm. Acesso em: 18 nov. 2019.

BRASIL. MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - SECRETARIA DE PRODUÇÃO E AGROENERGIA. Departamento da Cana-de-Açúcar e Agroenergia. **Produção e produtividade de cana-de-açúcar no Brasil**, out. 2015. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos-precos/area-colhida-producao-e-productividade-de-cana-de-acucar-no-brasil.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balanço nacional da cana-de-açúcar e agroenergia**. Secretaria de Produção e Agroenergia. Brasília: MAPA/SPA, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Primeiro levantamento - Safra 2018/19, Brasília, v. 5, n. 1. Brasília: Conab, 2018. Disponível em:

<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/Downloads/BoletimZCanaZ1ZLevantamentoZ18-19.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2019.

DUBOIS, P. **O ato fotográfico e outros ensaios**. 14. ed. Campinas: Papirus, 2011. 368 p.

KOSMINSKY, D. Visualidade e visualização: olhar, imagem e subjetividade. In: SZANIECKI, B.; DIAS LESSA, W.; MARTINS, M. et al. **Dispositivo fotografia e contemporaneidade**. Rio de Janeiro: NAU; PPD ESDI/UERJ, 2013. p. 90-109

LOPES, S. F.; VALE, V. S.; SCHIAVINI, I. Efeito de queimadas sobre a estrutura e composição da comunidade vegetal lenhosa do cerrado sentido restrito em Caldas Novas, GO. **Revista Árvore** [online], v.33, n.4, p.695-704, 2009.

OLIVEIRA, L.; BARROCAS, R. Vantagens e desvantagens na queimada da cana, no Estado de São Paulo, Brasil. (2001). **Anais VIII EGAL** (Encontro de Geógrafos da América Latina). Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal8/Geografiasocioeconomica/Geografiaagricola/04.pdf>. Acesso em: 3 fev. 2019.

ANEXO IV

Instruções para submissão na revista *Folia Morphologica*

Journal follows editorial recommendations of International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) (available at <http://www.icmje.org/recommendations/>).

Via Medica strongly recommends journal editors to adhere to the principles of Committee on Publication Ethics (COPE), particularly to deal with acts of ethical misconduct. For more information Authors, Readers and Editors may visit the COPE website: <http://publicationethics.org/>.

Submission of manuscripts

In order to support the continued publication of the Journal the authors will be charged 270.60 EUR for published article not exceeding 7 final pages (14 pages of original manuscript), including pictures and tables. Color illustrations are included in the price of the basic fee. Each figure is treated as 1100 characters, each table as 1100 characters - added to submitted manuscript characters count. Finally, the manuscript characters in total with added for figures and tables should not exceed 29400. Exceeding 7 pages (29400 characters) will increase the fee by 36.90 EUR per each additional final page (extra pages also contain 4200 characters). To make the calculations easy and accurate, there is a calculator tool included that must be used while sending the manuscript via online system. After accepting the article to be published by Editor-in-Chief, the author will be obliged to complete the payment which will make the publication process able to complete.

If manuscript is accepted for publication authors will be notified (via email) about the amount due and payment method, within 4 weeks time after the acceptance.

All articles should be submitted to FM electronically online at www.fm.viamedica.pl where detailed instruction regarding submission process will be provided.

Legal aspects

In sending the manuscript the author(s) confirm(s) that (s)he has (they have) not previously submitted it to another journal (except for abstracts of no more than 400 words) or published it elsewhere. The author(s) also agree(s), if and when the manuscript is accepted for publication, to automatic and free transfer of copyright to the Publisher allowing for the publication and distribution of the material submitted in all available forms and fields of exploitation. A Transfer of Copyright Form will be sent to the corresponding author at the time of either preliminary or final acceptance. It must be completed and returned to the publisher. The author(s) accept(s) that the manuscript will not be published elsewhere in any language without the written consent of the copyright holder, i.e. the Publisher.

All manuscripts submitted should be accompanied by a covering letter including signed confirmation of the above and confirming that this publication has been approved by all co-authors (if any), as well as by the responsible authorities at the institution where the work has been carried out. The cover letter should be sent as a separate file while sending the main file of the article via electronic system. Accepted formats are doc, pdf, jpg. Cover letter, printed and signed must be sent via post to the editorial office.

Additionally, the author(s) confirm(s) that (s)he is (they are) familiar with and will observe the 'Instruction to Authors' included in 'Folia Morphologica' and also that all sources of financial support have been fully disclosed. Materials previously published should be accompanied by written consent for reprinting from the relevant Publishers. In the case of photographs of identifiable persons, their written consent should also be provided. Any potential conflict of interest will be dealt with by the local court specific to the Publisher. Legal relations between the Publisher and the author(s) are in accordance with Polish law and with international conventions binding on Poland.

Anonymous review

All manuscripts will be subject to a process of anonymous editorial review (the name of authors and their affiliations will be disclosed to the referees only when the review process

is complete). In order to achieve this, the first page and the acknowledgements page will be removed from the manuscripts sent to referees.

Authorship

All collaborators who have made significant and substantial contributions to a study are considered coauthors. The nature and level of contribution of all authors of accepted manuscripts must be indicated, i.e. conception, design, execution and interpretation of the data being published, wrote the paper. An author may list more than one contribution, and more than one author may have contributed to the same aspect of the work. Other contributions to the work, such as providing of reagents or analytic tools, should be listed in the Acknowledgements. Ghostwriting and guest-authorship are forbidden. In case of detecting ghost written manuscripts, actions will be taken involving both the submitting authors and the participants involved.

Preparation of manuscripts

Articles must be written in English, with either British or American spelling used consistently throughout. Authors not entirely familiar with English usage are advised to seek the assistance of an English speaker; correct style is the responsibility of the authors.

- The length of original article should not exceed 14 printed pages including text, illustrations, tables, and references.
- Manuscripts should be typed, double-spaced, and fully corrected. Allow a margin at least 3 cm at the top, bottom and left side of the page. Text should not be justified, but flush left.
- The first page of each paper should indicate: the author's name, title of the paper, the institute where the work was conducted (not in capital letters); complete name and address for correspondence with telephone and fax numbers, and e-mail address if available; running head not exceed 40 characters including space.
- The second page should contain only the title and running head. This page will serve as the cover when the manuscript is sent to referees.
- The third page contains the abstract which should not exceed one type-written page. Every abstract should be written in an informative style. Avoid generalizations and give essential details of research findings. For indexing purposes, a list of 3–10 key words in English and not included in the title should be typed below the abstract.
- The textual material of the article should be organized in a standard form with separate: Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Conclusions, and References. Review articles should be divided into sections and subsections as appropriate without numbering. The desired position of figures and tables should be indicated in the margin.
- Do not underline in the text. Avoid footnotes. When essential, they are numbered consecutively and typed at the foot of the appropriate page.
- All dimensions and measurements must be specified in the metric system.
- The source of any drug and special reagent should be identified.
- Particular attention needs to be paid to the selection of appropriate analysis of data and the results of statistical test should be incorporated in the results section.
- The nomenclature used should conform to the current edition of the *Nomina Anatomica*, *Nomina Anatomica Veterinaria* or to the *Nomina Anatomica Avium*, Eponyms (e.g., Fallopian tube, Eustachian tube) should not be used.
- Acknowledgements should be made in a separate sheet following Discussion and before References. These should contain a list of dedications, acknowledgements, and funding sources.
- Legends of figures should be typed on separate sheet.
- Tables (numbered in Roman numerals) and illustrations (numbered in Arabic numerals) should be prepared on separate sheets.
- The editor reserves the right to make corrections

Tables

- Tables require a brief but descriptive heading.

- The major divisions of the table should be indicated by horizontal rules.
- Explanatory matter should be included in footnotes, indicated in the body of the table in order of their appearance.
- Tables must not duplicate material in the text or in illustration.

Illustrations

- The desired position of the figures and tables in the text should be indicated in the left margin.
- The maximum figure size is 84 mm or 174 mm for use in a single or double column width, respectively.
- When possible, group several illustrations on one block for reproduction, and also prepared on a separate sheet. Like all other figures, block should be prepared within a rectangular frame to fit within a single or double column width of 84 and 174 mm, respectively, and a maximum page height of 226 mm.
- Each figure should include scale magnification bar; do not use magnification factors in the figure legends.
- All figures, whether photographs, graphs or diagrams, should be numbered consecutively throughout. Do not give explanations on a back of illustrations.
- Only good drawings and original photographs can be accepted; negatives, photocopies or xeroopies cannot be used.
- On the back of each illustration indicate its number and top.
- Color illustrations can be included and the costs are covered by the price of main manuscript (270.60 EUR).

References

The list of references (written on a separate sheet) should include only those publications that are cited in the text. Avoid citation of academic books, manuals and atlases. References may be arranged **alphabetically** and numbered consecutively. Numbers in square brackets should give citation of literature references in the text at the appropriate places. The recommended style for references is of Index Medicus/NLM (http://www.nlm.nih.gov/bsd/policy/cit_format.html).

References should be written as follows:

Journal papers: initials and names of first three authors following et al., full title of paper, journal abbreviation (according to Index Medicus), year of publication, volume (in Arabic numerals), first and last page (example below):

1. Olabarria M, Goldman JE. Disorders of Astrocytes: Alexander Disease as a Model. *Annu Rev Pathol.* 2017; 24(12):131-152, doi: 10.1146/annurev-pathol-052016-100218.

Book and monographs: initials and names of all authors, full title, edition, publisher, place, year (examples below):

1. Pollack RS. Tumor surgery of the head and neck. Karger, Basel 1975.
2. Amaral DG, Price JL, Pitkänen A, Carmichael ST. Anatomical organization of the primate amygdaloid complex. In: Aggleton JP (ed.). *The amygdala.* Wiley-Liss, New York 1975: 1–66.

Please note, that references students' atlases and textbooks commonly used in didactics should not be cited.

Reference to articles that are accepted for publication may be cited as "in press", whereas manuscripts that are still in preparation or submitted for publication should be referred to as "unpublished data".

This journal should be cited in lists as *Folia Morphol.*

e.g. Tetiker H, Cimen M, Kosar MI. Fenestration of the vertebral artery: case presentation. *Folia Morphol.* 2004; 73(1): 84–86, doi: 10.5603/FM.2014.0012.

Proofs

Authors should keep a copy of their article, as proofs will be sent to them without the manuscript. Corrections to the proofs should be restricted to printer's errors only; other alterations will be charged to the authors. In order to maintain rapid publication, proofs should be returned within 48 hours after receipt, preferably by fax or e-mail. If the Publisher

receives no response from the authors after 48 hours, it will be assumed that there are no errors to correct and the article will be published.

Ethical consideration

Papers describing animal experiments can be accepted for publication only if the experiment conforms to the legal requirements in Poland and EU Directive 2010/63/EU of the European Parliament and the Council of 22 September 2010 as well as the requirement of National Research Council 2011 “Guide for the Care and Use of Laboratory Animals: Eighth Edition. Washington, DC: The National Academies Press (<https://doi.org/10.17226/12910>)”. Authors must provide a full description of their anesthetics and surgical procedures. Papers describing experiments on human subjects must include a statement that experiments were performed with the understanding and consent of each subject, with the approval of the appropriate local ethics committee.

If the submission uses cadaveric tissue, please acknowledge the donors in an acknowledgement at the end of the paper.