

IMPRESSÃO TRIDIMENSIONAL DE PEÇAS ANATÔMICAS PARA ENSINO DOS ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS DA EMBRIOLOGIA NA ENFERMAGEM

THREE-DIMENSIONAL PRINTING OF ANATOMICAL PARTS FOR TEACHING MORPHOPHYSIOLOGICAL ASPECTS OF EMBRYOLOGY IN NURSING

Wellington Tenório Cavalcanti Júnior

wtcj@discente.ifpe.edu.br

Orientador (a): Ana Luíza Paula de Aguiar Lélis

ana.lelis@pesqueira.ifpe.edu.br

RESUMO

Objetivo: desenvolver peças anatômicas em 3D para ensino da embriologia humana no contexto da Enfermagem. **Metodologia:** estudo metodológico de cunho tecnológico, realizado nos laboratórios de informática e engenharia elétrica do Instituto de Educação Ciências e Tecnologia de Pernambuco – IFPE Campus-Pesqueira. Para impressão das peças anatômicas foi utilizada a impressora 3D XYZ Priting. **Resultados:** o processo de impressão de peças anatômicas foi constituído de quatro etapas necessárias, a saber: aquisição e seleção das imagens; tratamentos das imagens por meio de software apropriados para este fim; escolha do material; e impressão das peças. Por meio da técnica de impressão 3D foram impressas três peças anatômicas relacionadas à embriologia, a saber: um embrião humano referente a quarta semana gestacional, o processo de nidação do blastocisto, e o processo de fecundação. **Conclusão:** foram desenvolvidas quatro etapas pertinentes ao processo de impressão tridimensional das peças anatômicas, podendo estas serem replicadas e aplicadas a outros ramos da anatomia além da embriologia. Infere-se ainda que esta tecnologia configura-se como uma ferramenta de educação em saúde na prática da enfermagem.

Palavras-chave: Embriologia. Enfermagem. Impressão Tridimensional.

ABSTRACT

Objective: to develop 3D anatomical pieces for teaching human embryology in the context of Nursing. **Methodology:** methodological study of a technological nature, carried out in the informatics and electrical engineering laboratories of the Institute of Education Sciences and Technology of Pernambuco – IFPE Campus-Pesqueira. To print the anatomical parts, the 3D printer XYZ Priting was used. **Results:** the process of printing anatomical parts consisted of four necessary steps, namely: acquisition and selection of images; image treatments by means of appropriate software for this purpose; choice of material; and printing parts. Through the 3D printing technique, three anatomical parts related to embryology were printed, namely: a human embryo

referring to the fourth gestational week, the process of implantation of the blastocyst, and the process of fertilization. **Conclusion:** four stages relevant to the process of three-dimensional printing of anatomical parts were developed, which can be replicated and applied to other branches of anatomy besides embryology. It is also inferred that this technology is configured as a health education tool in nursing practice.

Keywords: Embryology, Nursing, Printing, Three-Dimensional

1 INTRODUÇÃO

Presentemente, muito se tem discutido acerca do uso de ferramentas indústrias no cenário da saúde. Diante dessa discussão, a Saúde 4.0 surge como importante motivo de debate, sendo esta compreendida como a possibilidade de empregar tecnologias da indústria para propor melhorias à saúde. Além do mais, ressaltam-se as possibilidades de aplicação dessas tecnologias em ambientes institucionais vislumbrando obter ainda mais destaque por meio das inovações que partem desses ambientes (MACEDO, MARTINS; TOURINHO, 2022).

Historicamente, a formação de profissionais da saúde é baseada em métodos pedagógicos tradicionais fundamentados numa formação conteudista e tecnicista onde o docente assume seu papel de detentor e transmissor do conhecimento, e o discente assume uma postura passiva retendo e reproduzindo o que recebeu. Partindo dessa perspectiva, infere-se que o processo de ensino-aprendizagem nesse modelo pode tornar-se pouco participativo, porém não desmerecido (COLARES; OLIVEIRA, 2019).

Diante disso, para aprimorar o ensino e a aprendizagem nas mais variadas áreas do conhecimento, é necessária a busca e implementação de diversas metodologias e recursos didáticos capazes de fortalecer e dar suporte ao processo educativo e aquisição do conhecimento por partes dos envolvidos, sendo estes recursos capazes de estimular a participação do aluno e torna-lo sujeito ativo na construção do seu conhecimento (MEIRA *et al.*, 2015).

Nos últimos anos, o avanço dos recursos tecnológicos interativos tem ocorrido de modo acelerado. Entre os diversos frutos parte desse avanço encontra-se a impressão tridimensional (3D) que atualmente é usada como um meio para inovação de recursos educacionais, formação e atualização de profissionais de diversas áreas da saúde no que diz respeito aos processos fisiológicos humanos (WHEN, 2016).

O uso da impressão 3D na educação surgiu mediante a revolução no ensino da medicina que visava à construção de um modelo pedagógico que priorizasse o aprendizado ativo, e conseqüentemente devido ao seu potencial, esse tipo de inovação tecnológica pode ser utilizada para estimular o estudante e familiarizá-lo com o problema a ser estudado (MUNIZ; MORAES, 2018).

O estudo da Embriologia Humana é considerado de caráter complexo. As rápidas alterações a nível micro e macroscópico tornam difícil à compreensão do processo do desenvolvimento pré-natal, aumentando assim a necessidade de uma interpretação da morfogênese humana mais aguçada por meios de imagens tridimensionais (MAIA *et al.*, 2016).

Além da complexidade dos eventos abordados, a embriologia integra conteúdos de varias disciplinas. Essa interdisciplinaridade exige dos discentes domínios teórico apurado e a habilidade de visualizar os acontecimentos espaciais e sequencias envolvidos no processo e desenvolvimento embriológico humano (MUNIZ; MORAES, 2018).

A confecção de peças anatômicas a partir da tecnologia de impressão 3D como recurso pedagógico é uma estratégia pouco difundida, sobretudo no cenário do ensino em Enfermagem. Além disso, a Embriologia Humana é um ramo da ciência que apresenta um grau significativo de complexidade no que tange a compreensão dos fenômenos envolvidos. Desse modo, o presente trabalho tem por objetivo: Desenvolver peças anatômicas em 3D para ensino da embriologia humana no contexto da Enfermagem.

2 DESENVOLVIMENTO

A impressão tridimensional, também conhecida como manufatura aditiva ou prototipagem rápida, foi inicialmente desenvolvida por Chales Hull em 1986. Desde então, diante do progresso e desenvolvimento dessa tecnologia, seu uso passou a ser cada vez mais explorado em diversas áreas do conhecimento, como na saúde e educação (MULFORD; BABAZADEH; MACKAY, 2016).

A tecnologia de impressão 3D é um método no qual um objeto sólido tridimensional é gerado a partir de um modelo digital por meio de softwares (AIMAR; PALERMO; INNOCENTI, 2019). Os objetos são produzidos a partir da fusão e deposição sequencial do material sobre uma superfície conforme as dimensões previamente definidas (VENTOLA, 2018). A fusão e deposição são os métodos mais utilizados pelas impressoras as quais podem variar de acordo o tipo da matéria prima (FIGUEIREDO; CESAR, 2022).

As impressoras 3D tem sido cada vez mais exploradas nos ambientes escolares e universitários como recurso complementar ao ensino. Mediante o uso dessa ferramenta tecnológica, a sala de aula tem se tornado um espaço de oportunidades para os estudantes aproximar-se do objeto de estudo da disciplina. Dessa forma o aprendizado aparte-se da esférica teórica e promove ao aluno um conhecimento mais prático, dinâmico e interativo (FAUSTINO; STOFFEL, 2021).

A aprendizagem significativa formulada por Ausubel leva em consideração o conhecimento prévio do aluno acerca de determinado assunto para construção de um novo saber. Entretanto, é valido destacar a importância de matérias didáticos apropriados para esse processo de aprendizagem. Outro fator essencial para desenvolver a aprendizagem significativa é a percepção acerca de qual modalidade de aprendizagem (visual, auditiva ou cenestésica) é mais relevante para determinado assunto. A partir desse princípio o educador elabora suas metodologias centradas na necessidade didático-metodológica para construção do conhecimento. (HORONATO; DÍAS; DÍAS, 2018)

Na embriologia humana o objeto de estudo é a origem e o desenvolvimento embrionário do ser humano, buscando explicar a formação de um zigoto até o nascimento do indivíduo, o que inclui uma série de processos complexos carregados de conceitos necessários para a compreensão da formação de um novo ser. Por esses motivos, por vezes o aluno não consegue perceber a relevância do estudo da

embriologia e as inter-relações existentes entre os conteúdos abordados, ou com outros componentes curriculares (MACEDO, 2020).

3 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo metodológico de cunho tecnológico, utilizando uma impressora 3D para confecção de peças anatômicas previamente tratadas em softwares específicos.

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizados dois laboratórios do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) – Campus-Pesqueira situado às margens da BR 232 no interior de Pernambuco, a saber: o laboratório de informática que dispõe de computadores nos quais se encontram instalados os software necessários para o desenvolvimento da pesquisa, e o laboratório de engenharia elétrica onde se encontra instalada a impressora 3D XYZ Priting.

Os programas Computer Aided Design, Computer Aided Engineering, Computer Aided Manufacture (CAD/CAE/CAM), necessários para ajustes das imagens, foram previamente instalados nos computadores do Campus. Para produção das peças foi usada a impressora XYZ Priting a qual permite o uso de filamentos como o Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) e um de coloração mais clara chamado Poli-ácido láctico (PLA), ambos compatíveis com as especificidades da máquina.

4 RESULTADOS E ANÁLISE

O processo relacionado à produção de peças anatômicas através da impressão tridimensional deve ser sistematizado a fim de favorecer a replicação da técnica e suas respectivas etapas. Desse modo, a seguir são apresentadas as etapas percorridas para impressão das peças anatômicas de acordo com as especificidades da presente pesquisa.

1. Seleção dos arquivos para impressão

A primeira etapa diz respeito a seleção e aquisição dos arquivos de imagens. Para isso deve ser considerado o formato compatível com as especificidades da impressora e os softwares envolvidos. Geralmente os formatos mais utilizados são *Standard Triangle Language* (STL) e *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM).

O formato STL é considerado como padrão ouro, sendo este compatível com diversos softwares de desenho digital e com a maioria das impressoras 3D, sendo também amplamente usado para prototipagem rápida. O formato DICOM padroniza as imagens de todos os tipos de exames (ressonância magnética, tomografia computadorizada ultrassonografia radiografia) armazenando em um formato único permitindo a troca de informações entre equipamentos diferentes (HENRIQUE, 2018; ORLANDO, 2022)

Para seleção dos arquivos da presente pesquisa elegeu-se os seguintes critérios: compatibilidade com o software da impressora e programas a serem utilizados para ajustes pertinentes, disponíveis para download em banco de imagens tridimensionais, e que apresentasse detalhes anatômicos mais fidedignos possível daqueles apresentados na literatura.

Além dos critérios determinados em relação ao arquivo, as imagens selecionadas para impressão foram escolhidas mediante a importância do fenômeno fisiológico representados por elas.

Foram selecionados três arquivos no formato *Standard Triangle Language* (STL), sendo um deles extraído da plataforma Sketchfab, enquanto os demais foram doados por outro pesquisador mediante solicitação de suporte para obtenção das peças, uma vez que as imagens almejadas não foram encontradas nos bancos de dados tridimensionais.

2. Tratamento (preparação) da imagem para manufatura aditiva

Após aquisição dos arquivos com as imagens a serem impressas, é necessário que sejam realizados ajustes pertinentes ao processo de impressão por meio de softwares específicos os quais, por vezes, tem relação com as características da impressora ou tipo de impressão.

Os programas necessários para o tratamento das imagens foram previamente instalados nos computadores do Campus, os quais possibilitaram o uso das técnicas de modelagem computadorizada por meio de softwares do tipo Computer Aided Design, Computer Aided Engineering, Computer Aided Manufacture (CAD/CAE/CAM), os quais também permitiram a comunicação com o programa Meshmixer, oriundo de uma empresa responsável por softwares de design e de conteúdo digital, a Autodesk.

Nesses programas de CAD/CAE/CAM, as imagens foram trabalhadas até se tornarem totalmente aptas por estarem dentro das adequações e proporções métricas para a impressora XYZprinting PRO, que foi a máquina específica utilizada no processo de impressão tridimensional.

3. Escolha do material

Considerando que existem variadas técnicas de impressão 3D, existem também diversos materiais utilizados conforme o objetivo e o tipo da impressão, e quando ligados ao sistema FDM recebem o nome de filamentos (HENRIQUE, 2018).

Os filamentos são a matéria prima base para o processo de impressão 3D aditiva, normalmente matérias termoplásticas que são aquecidos e extruídos. Os filamentos que são comumente mais utilizados são: são o Ácido Polilático (PLA) e Acrilonitrila butadieno estireno (ABS). Para confecção das peças anatômicas na presente pesquisa foram utilizados os dois tipos de filamentos ambos disponíveis na instituição no momento da impressão, entretanto o filamento de PLA foi o mais usado devido quantidade a maior quantidade disponível.

4. Execução da impressão

O processo de impressão acontece por meio da deposição em camadas do material escolhido que por intermédio de um cabeçote aquecido a 210°C libera o filamento derretido e maleável sob uma plataforma regulável também aquecida e que se adequa às proporções métricas que as peças vão adquirindo. É possível observar todo o processo através da porta transparente da impressora, além disso, a mesma dispõe de um monitor digital localizado na parte central da máquina que registra o progresso da impressão.

Devido às características métricas e os detalhes específicos, cada peça necessitou de uma quantidade de filamento e tempo de impressão distintos variando

entre 2 horas a 2 horas e 30 minutos contínuas até a conclusão. Essas informações estão detalhadas no quadro 1.

Quadro 1. Especificidades das peças tridimensionais produzidas.

Embrião humano de quatro semanas de gestação	5 x 4 x 3 cm	6m (ABS)	2 horas e 30 minutos
Processo de nidação	6,5 x 6,5 x 2,5 cm	9m (PLA)	2 horas
Processo de fecundação.	4,5 x 5,5 x 4 cm	8m (PLA)	2 horas

Fonte: Elaboração própria.

Após as impressões as peças foram resfriadas a temperatura ambiente, e em seguida iniciou-se o processo de acabamento que consiste em retirar as partes de suporte criadas automaticamente pelo software XYZ Maker Suit as quais conferem estabilidade e sustentação durante a impressão.

Além dos critérios determinados em relação ao arquivo, as imagens selecionadas para impressão foram escolhidas mediante a importância do fenômeno fisiológico ou características morfológicas representadas por elas.

Figura 01. Embrião humano referente à quarta semana de gestação.

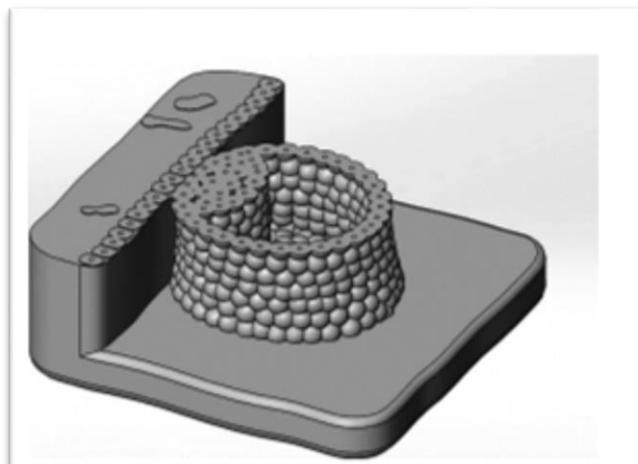


Fonte: Scketchfab

A figura 01 representa um embrião humano referente a quarta semana de gestação. É possível observar no modelo as características morfológicas evidenciadas nesse período gestacional, a saber: arcos faríngeos, brotos dos membros inferiores, eminência caudal e etc. Vale ressaltar que as principais mudanças na forma do embrião ocorrem durante a quarta semana (MOORE; PERSAUD; MARK 2016). Para essa impressão, foram utilizados aproximadamente 6 metros de filamentos de ABS, e o tempo estimado de impressão foi de 2 horas e 30 minutos. A peça impressa possui as seguintes dimensões: 4 cm de altura, e 3cm de largura, 5 cm de profundidade.

Figura 02. Blastocisto durante o processo de nidacão.

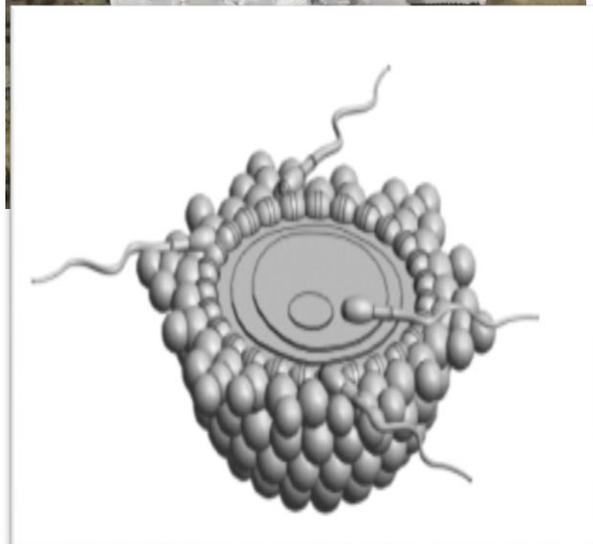




Fonte: OLIVA; DIAS; RODRIGUES, 2019.

Na figura 02, o modelo impresso representa um blastocisto durante o processo de nidação. Para fins explicativos, entende-se por nidação: processo em que o blastocisto adere à parede uterina, especificadamente, ao epitélio endometrial. Esse fenômeno acontece aproximadamente por volta do sexto dia após a fecundação (MOORE; PERSAUD; MARK, 2016). O filamento PLA foi a matéria prima usada nesta confecção, e o tempo de impressão foi de aproximadamente 2 horas. O modelo impresso apresenta as seguintes dimensões: 6,5 cm de altura, 6,5 cm de largura, e 2,5 cm de profundidade.

Figura 03. Fecundação.



Fonte: Oliva; Dias; Rodrigues, 2019.

A peça impressa representada na figura 03 refere-se ao processo de fecundação. Nela é possível observar os espermatozoides (gametas masculinos) penetrando a corona radiata do oócito (gameta feminino) por meio da ação de enzimas acrossômicas, e posteriormente, a zona pelúcida. A fecundação é uma sequência complexa de eventos moleculares coordenados que se inicia com o contato entre um espermatozoide e um oócito (MOORE; PERSAUD; MARK 2016). O material usado para produção desta peça foi o filamento de APL, e o tempo de impressão aproximadamente 2 horas. O modelo possui 4,5 cm de altura, 5,5 cm de largura, e 4,0 cm de profundidade.

Em analogia com o presente estudo, uma pesquisa de revisão apresentou cinco etapas pertinentes ao processo de impressão tridimensional, sendo elas: aquisição das imagens conforme o segmento desejado; segmentação; conversão no formato do arquivo; otimização do arquivo; seleção do material e impressão; validação e controle de qualidade da impressão (AIMAR; PALERMO; INNOCENTI, 2019).

Em contrapartida com os resultados apresentados em relação ao quantitativo de etapas descritas, estudo aponta cinco etapas que geralmente são seguidas para o processo de impressão tridimensional. A última etapa diz respeito ao pós-processamento que está relacionada ao acabamento do objeto impresso (FIGUEIREDO; CESAR, 2022).

Acerca do pós-processamento dos objetos impressos há pouca literatura que aborda o tema, no entanto sabe-se que existem métodos diferentes e que estes variam de acordo com o tipo de tecnologia de impressão 3D usada. Eles envolvem desde o lixamento ou limpeza, até a dissolução da superfície do objeto (HENRIQUE, 2018).

Pesquisa realizada com residentes da medicina pediátrica buscou investigar avaliar o impacto do uso da impressão 3D no ensino e compreensão de cardiopatias congênitas, especificadamente a Tetratologia de Fallot. Os resultados evidenciaram que os modelos físicos impressos em 3D aprimoram a educação dos residentes acerca da compreensão da patologia em estudo (LOK *et al.*, 2017).

Não obstante do presente estudo, pesquisa realizada com estudantes do curso de medicina objetivou desenvolver modelos em 3D de partes do sistema nervoso central (SNC) humano em diferentes fases do desenvolvimento embrionário para serem usadas nas aulas de embriologia, bem como avaliar a aplicabilidade desse recurso didático (MUNIZ; MORAES, 2018).

Estudo realizado com enfermeiros pediátricos e da cardiologia destacou que 86% dos participantes consideram os modelos anatômicos impressos em 3D satisfatórios para apreciação da anatomia cardíaca. Acrescido a isso, os modelos anatômicos em 3D são ferramentas úteis para treinamentos de enfermeiros cardíacos adultos e pediátricos (BIGLINO *et al.*, 2016).

Com o intuito de facilitar o ensino da anatomia, a Universidade de Macquarie e a Westens Sydney utiliza grande variedade de recursos pedagógicos nos cursos de medicina e ciências. Entretanto, ambas as instituições, atualmente, tem adotado o uso da impressão 3D para o ensino da anatomia óssea, e o sucesso desse recurso na educação tem sido objeto de estudo para implantação em diversos países (MATOZINHOS *et al.*, 2019).

Considerando a potencialidade da impressão 3D e a necessidade de obter o conhecimento teórico e prático fundamental para a compreensão dos exames de imagens, alunos do curso Radiologia confeccionaram a partir de uma imagem de Tomografia Computadorizada e da técnica de impressão tridimensional uma mandíbula para estudo da anatomia desse segmento (FAUSTINO. STOFFEL, 2021).

Diante das características pedagógicas atribuídas a impressão 3D, esta tecnologia tem sido explorada para estudos anatômicos em variadas áreas da medicina, como na ginecologia. Tal fato pode ser comprovado com a confecção de estruturas da pélvis feminina para fins didáticos (HENRIQUE, 2018).

Modelos físicos obtidos por meio de imagens médicas e posteriormente impressos podem ser usados na medicina fetal para fins didáticos. Além de contribuir no planejamento de intervenções médicas, os modelos impressos em 3D podem resultar em uma melhor compreensão de determinadas patologias por parte da equipe multidisciplinar (JÚNIOR *et al.*, 2016).

Peças anatômicas confeccionadas a partir da impressão 3D apresentam significativas vantagens, durabilidade e facilidades na produção são algumas delas. Além desses aspectos, as peças podem ser submetidas a redimensionamentos antes do processo de impressão tornando-as maiores ou menores, facilitando a visualização de estruturas desejadas por meio da ampliação (BARRETO, 2017). Diante disso é possível observar a relevância das peças impressas na presente pesquisa, uma vez que esta não apresentam possibilidades de serem obtidas em modelos in vivo ou cadavéricos, além do mais são eventos microscópicos que só poderiam ser visualizadas se submetidas à microscopia.

A alta precisão nos detalhes das peças impressas em 3D facilita a compreensão de estruturas anatômicas complexas sendo estas normais ou patológicas. Além disso, um ponto crucial que deve ser destacado é que esta tecnologia permite a criação de modelos físicos que são difíceis de obter (YE *et al.*, 2020).

O uso de diversas metodologias proporciona ao aluno melhor desenvolvimento do raciocínio e integração dos conteúdos. Dessa forma, é de suma importância que na educação seja incrementada o uso de metodologias ativas e inovadoras que possibilitem melhor mediação do conteúdo e que o torne mais atraente (MACEDO, 2020).

Como limitações da pesquisa destaca-se a ausência de coloração das peças, e dificuldade na aquisição das imagens relacionadas a embriologia humana e que atendesse ao objetivo determinado e aos critérios estabelecidos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram desenvolvidas quatro etapas pertinentes ao processo de impressão tridimensional de peças anatômicas para estudos dos aspectos embriológicos destinados a enfermagem os quais podem ser replicadas e aplicadas a outros ramos da anatomia.

O intuito de tornar partes do desenvolvimento embriológico em peças anatômicas centra-se na elevada exigência visual dos eventos microscópicos envolvidos na formação dos indivíduos, o que torna esse entendimento mais fortalecido se os detalhes desse processo forem observados com maior nitidez, ou seja, de forma macroscópica. Essa necessidade coloca a impressão 3D como uma ferramenta indispensável para esse intuito uma vez que esta tecnologia torna físicas imagens digitais, além disso, essa tecnologia proporciona que o processo de ensino-aprendizagem acompanhe a evolução tecnológica.

Mesmo não um sendo um objeto de estudo manuseável, em termo de aulas práticas laboratoriais ou técnicas, a embriologia é para a enfermagem um pilar que alicerça o conhecimento clínico ligado a ao desenvolvimento pré-natal e possíveis alterações na morfogênese humana o que implica dizer que, todo o conhecimento adquirido no estudo da embriologia permite ao futuro profissional que estes sejam aplicados na prática assistencialista. Além do mais, as peças anatômicas impressas em 3D podem servir com ferramenta para ações de educação em saúde com amplas finalidades, principalmente na prática do enfermeiro obstetra ou aqueles profissionais enfermeiros ligados à assistência pré-natal e planejamento familiar.

Em síntese, a presente pesquisa apresenta uma maneira de inovar o ensino na enfermagem a partir da inserção dos recursos tecnológicos disponíveis, uma vez que a enfermagem é uma ciência em constante evolução. Além disso, não foram encontradas evidências na literatura acerca da exploração da tecnologia de impressão 3D por parte da enfermagem. Diante disso, a presente pesquisa contribui para construção de novas propostas para exploração da tecnologia de impressão 3D em diferentes seguimentos da enfermagem.

REFERENCIAS

AUSTINO, J. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA -CAMPUS FLORIANÓPOLIS DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA DESENVOLVIMENTO DE MODELO DE MANDÍBULA EM IMPRESSÃO 3D PARA FINS DIDÁTICOS. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/2298/TCC_Juliana_e_Scarlet_2021.pdf?sequence=1>. Acesso em: 2 nov. 2022.

AIMAR, A.; PALERMO, A.; INNOCENTI, B. The Role of 3D Printing in Medical Applications: A State of the Art. *Journal of Healthcare Engineering*, v. 2019, p. 1–10, 21 mar. 2019.. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31019667/>. Acesso em: 11 de Nov, 2022

BARRETO, T. F. Uso de peças anatômicas em 3D como estratégia para o ensino da anatomia em curso médico. Bahiana.edu.br, 2017. Disponível em: <https://repositorio.bahiana.edu.br:8443/jspui/handle/bahiana/2201>. Acesso em: 11 de Nov, 2022.

BIGLINO, G. et al. Use of 3D models of congenital heart disease as an education tool for cardiac nurses. *Congenital Heart Disease*, v. 12, n. 1, p. 113–118, 26 set. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27666734/>. Acesso em: 28 de Out, 2022.

COLARES, K. T. P.; OLIVEIRA, W. D. Metodologias Ativas na formação profissional em saúde: uma revisão. *Revista Sustinere*, v. 6, n. 2, p. 300–320, 10 jan. 2019. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/sustinere/article/view/36910/27609>. Acesso em: 22 de Out, 2022.

FIGUEIRED, B; IGNÁCIO GIOCONDO CESAR, F. UM ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DA IMPRESSORA 3D NA ENGENHARIA E NA MEDICINA. *RECISATEC - REVISTA CIENTÍFICA SAÚDE E TECNOLOGIA - ISSN 2763-8405*, v. 2, n. 1, p. e2170, 23 jan. 2022. Disponível em: <https://recisatec.com.br/index.php/recisatec/article/view/70>. Acesso em 26 de Out, 2022.

HENRIQUE, L. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA CÂMPUS FLORIANÓPOLIS DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE SAÚDE E SERVIÇOS CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/419/TCC%20Larissa%20Henrique%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 2 nov. 2022.

HORONATO, C.A; DIAS, K.K; DIAS, K.C.B. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: Uma Introdução à Teoria SIGNIFICANT LEARNING: An Introduction to Theory. V.3 n.1, Goiás, 2018.

JOGO, D. UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA USO COMBINADO DE METODOLOGIAS NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE EMBRIOLOGIA HUMANA: ANIMAÇÃO GRÁFICA E CONSTRUÇÃO. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.profbio.ufmg.br/wp-content/uploads/2021/10/TCM-POLYANNE-RIBEIRO-DE-MACEDO-VERSAO-FINAL.pdf>>.

LOKE, Y.-H. et al. Usage of 3D models of tetralogy of Fallot for medical education: impact on learning congenital heart disease. *BMC Medical Education*, v. 17, n. 1, 11 mar. 2017. Disponível em: [https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28284205/#:~:text=Three%2Ddimensional%20\(3D\)%20models,Fallot%20following%20a%20teaching%20session..](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28284205/#:~:text=Three%2Ddimensional%20(3D)%20models,Fallot%20following%20a%20teaching%20session..) Acesso em: 29 de Out, 2022.

MACEDO, D.D.J; MARTINS P.R; TOURINHO F.S.V. A evolução no desenvolvimento de tecnologias e a saúde 4.0: disrupção do novo. v.1, 2022. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/artigos/a-evolucao-no-desenvolvimento-de-tecnologias-e-a-saude-40-disrupcao-do-novo>. Acesso em: 29 de Out, 2022

MATOZINHOS, I. P. et al. IMPRESSÃO 3D: INOVAÇÕES NO CAMPO DA MEDICINA. REVISTA INTERDISCIPLINAR CIÊNCIAS MÉDICAS, v. 1, n. 1, p. 143–162, 2 fev. 2017. Disponível em: <http://revista.fcmmg.br/ojs/index.php/ricm/article/view/14>. Acesso em: 30 de Out, 2022.

MEIRA, M. DOS S. et al. Intervenção com modelos didáticos no processo de ensino-aprendizagem do desenvolvimento embrionário humano: uma contribuição para a formação de licenciados em ciências biológicas. Ciência e Natura, v. 37, n. 2, p. 301–311, 2015. Acesso em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467546186014>. Acesso em: 30 de Out, 2022.

MOORE K; PERSAUD T.V.N, Torchia MG. Embriología clínica. 10ª ed. Elsevier Brasil, 2016.

MULFORD, J. S.; BABAZADEH, S.; MACKAY, N. Three-dimensional printing in orthopaedic surgery: review of current and future applications. ANZ Journal of Surgery, v. 86, n. 9, p. 648–653, 12 abr. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27071485/>. Acesso em: 30 de Out, 2022.

MUNIZ, A. DE L.; MORAES, S. G. UTILIZAÇÃO DE MODELOS 3D COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE EMBRIOLOGIA DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL. CIET:EnPED, 30 maio 2018. Disponível em: <https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2018/article/view/783>. Acesso em: 30 de Out, 2020.

OLIVEIRA, H.N.P; DIAS, R.N; RODRIGUES, H.G. DESIGN AND MANUFACTURE OF EMBRYOLOGICAL MODELS FOR DIDACTIC USE. Bioscience Journal, v. 35. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/42649>. Acesso em: 08 de Nov, 2022.

ORLANDO, G. S. [UNIFESP. Impressão 3D de imagens de Ressonância Magnética da pelve feminina para ensino em ginecologia. repositorio.unifesp.br, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/63244>. Acesso em: 30 de Out, 2022.

VENTOLA, C. L. Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses. P & T : a peer-reviewed journal for formulary management, v. 39, n. 10, p. 704–11, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4189697/>. Acesso em: 03 de Nov, 2022.

WEN, C. L. Homem Virtual (Ser Humano Virtual 3D): A Integração da Computação Gráfica, Impressão 3D e Realidade Virtual para Aprendizado de Anatomia, Fisiologia e Fisiopatologia. Revista de Graduação USP, v. 1, n. 1, p. 7, 18 jul. 2016. Disponível

em: <https://www.revistas.usp.br/gradmais/article/view/117669>. Acesso em: 03 de Nov, 2022.

WERNER JÚNIOR, H. et al. Applicability of three-dimensional imaging techniques in fetal medicine. *Radiologia Brasileira*, v. 49, n. 5, p. 281–287, out. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/309902010_Applicability_of_three-dimensional_imaging_techniques_in_fetal_medicine. Acesso em: 03 de Nov, 2022.

YE, Z. et al. The role of 3D printed models in the teaching of human anatomy: a systematic review and meta-analysis. *BMC Medical Education*. v. 20, n. 1, 29 set. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32993608/>. Acesso em: 08 de Nov, 2023.