



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**FACULDADE DE MEDICINA**  
**DEPARTAMENTO DE MORFOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MORFOFUNCIONAIS**

**Modelo 3D do Círculo Arterial do Cérebro Como Ferramenta de  
Ensino da Vascularização do Sistema Nervoso Central**

**CLÁUDIO SILVA TEIXEIRA**

**Fortaleza**

**2023**

**CLÁUDIO SILVA TEIXEIRA**

**Modelo 3D do Círculo Arterial do Cérebro Como Ferramenta de  
Ensino da Vascularização do Sistema Nervoso Central**

Tese apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Ciências Morfofuncionais da Universidade Federal do Ceará, como requisito à obtenção do título de Doutor em Ciências Morfofuncionais.

Área de concentração: Ensino e Divulgação das Ciências Morfológicas

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Santos Cerqueira

**Fortaleza**

**2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados  
fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S579m      Silva Teixeira, Claudio.

Modelo 3D do Círculo Arterial do Cérebro como Ferramenta de Ensino da  
Vascularização do Sistema Nervoso Central / Claudio Silva Teixeira. –  
2023. 97 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de  
Medicina, Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas, Fortaleza,  
2023.

Orientação: Prof. Dr. Gilberto Santos Cerqueira.

1. Anatomia. 2. Tridimensional. 3. Ensino. I. Título.

CDD 610

---

**CLAUDIO SILVA TEIXEIRA**

**Modelo 3D do Círculo Arterial do Cérebro como Ferramenta de Ensino da  
Vascularização do Sistema Nervoso Central**

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

**Prof. Dr. Gilberto Santos Cerqueira (Orientador)**

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

**Prof. Dr. José Erivan Façanha Barreto**

Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

**Prof. Dr. José Roberto Pimenta Godoy**

Universidade de Brasília (UNB)

---

**Profa. Dra. Valéria Paula Sassoli Fazan**

Universidade de São Paulo (FMRP- USP)

---

**Prof. Dr. Waltercides Silva Júnior**

Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

**“Ao examinar a doença, ganhamos sabedoria sobre anatomia, fisiologia e biologia. Ao examinar a pessoa com doença, ganhamos a sabedoria sobre a vida”**

**(Oliver Ascks)**

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, **Esvandir** (In memoriam) e **Iolanda**, por toda dedicação à minha criação, aos meus estudos e por caminharem juntos comigo sempre.

Ao amor da minha vida, **Vanessa Ribeiro**, por sempre acreditar nos meus sonhos e no meu potencial como profissional e educador. Às minhas filhas **Gabriela** e **Júlia**, vocês são as maiores bênção na minha vida. Vocês são o meu maior tesouro.

À minha família, em especial, às minhas irmãs **Solange** e **Lídia**, meu cunhado **Edmilson** e minhas sobrinhas **Barbara** e **Alice** que sempre estiveram ao meu lado encorajando e consolando em todos os momentos.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Gilberto Santos Cerqueira**, por todos os momentos compartilhados e por ser essa pessoa íntegra, generoso e bondoso. Com você o ambiente de trabalho torna-se um espaço leve, deixando sempre a rotina tranquila e prazerosa. O seu espírito fraternal de orientador, irei levar para o resto da vida.

Aos meus amigos, **José Roberto Godoy**, **Waltercides** e **Eduardus**, por toda atenção, paciência e ajuda e por sua verdadeira amizade.

A todos os amigos da anatomia e da Sociedade Brasileira de anatomia, o meu agradecimento por todas as contribuições e pela disponibilidade no aceite e participação nesse momento marcante da minha vida.

Ao Laboratório de Tecnologia 3 D e Educação Médica da Faculdade medicina da UFC pelo apoio e por ter me recebido de braços aberto.

À Universidade de Rio Verde que me proporcionou o afastamento para me dedicar a esta fase tão importante da minha vida.

A todos os meus amigos da UFC, em especial, **Helder Binda**, **Denis Gudeart**, **Domingos Morano**, **Francisco Orlando** obrigado por todo apoio, ajuda, conselhos, risadas, amor e companheirismo. Vocês tornaram essa jornada mais leve e me ensinaram muito sobre amizade verdadeira, serei eternamente grato.

A Aluno de Iniciação científica, **Rodrigo Ribeiro** pela ajuda na coleta de dados e atividade científica.

A todos os professores que ministraram disciplinas no Departamento de Morfologia da UFC e passaram o máximo de conhecimentos com excelentes aulas.

A todos os funcionários do Departamento de Morfologia da UFC mesmo de forma indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

## DEDICATÓRIA

A Deus, principalmente, por ter agraciado-me com saúde e sabedoria para enfrentar as dificuldades da vida diariamente; por sempre me fortalecer com esperança e perseverança nos objetivos mais difíceis; por nunca deixar nada me faltar nesta vida.

Aos meus pais, Esvandir Teixeira (in memorian) e Iolanda Amélia Teixeira aos quais devo absolutamente tudo.

À minha esposa, Vanessa, pela parceria e estímulo em todos os momentos. Às minhas filhas Gabriela e Júlia por me tornar em uma pessoa cada vez melhor diariamente.

## **Modelo 3D do Círculo Arterial do Cérebro Como Ferramenta de Ensino da Vascularização do Sistema Nervoso Central**

### **RESUMO**

O círculo arterial cerebral consiste em um circuito de anastomoses localizadas na base do crânio, responsável por unir as circulações encefálicas anterior e posterior com importância clínica e cirúrgica. Ademais, é notório que o uso de ferramentas alternativas e modernas de ensino, como impressões 3D, especialmente, para peças de difícil acesso em laboratórios de anatomia, como o círculo arterial cerebral, podem impactar positivamente na aprendizagem da anatomia humana. Dessa forma, o uso de impressão 3 D no ensino de anatomia torna-se uma importante ferramenta no processo de ensino e aprendizagem. Baseado nessas premissas, o objetivo desse trabalho foi investigar a eficácia do uso de modelos impressos 3D do círculo arterial cerebral sobre o aprendizado de alunos do curso de medicina. Foi realizado um estudo exploratório, quase experimental com abordagem quantitativa. Foram desenhados e impressos 15 modelos 3D em e, em seguida, foram distribuídos para grupos de 5 alunos. Além disso, junto a cada impressão, foram entregues duas cartilhas com sinalizações das marcações arteriais. Os alunos puderam levar as peças para estudo em domicílio e tiveram um momento presencial de estudo em grupo com auxílio de monitores da disciplina de Anatomia. Para mensuração da aprendizagem, foram usados testes estruturados com 15 questões antes e após o uso das peças. Para análise dos dados, foi utilizado o teste de Wilcoxon sendo considerados significativos dados que apresentaram o  $p < 0,05$ . Observou-se que a maior parte dos alunos era do sexo feminino com média de idade e 23 anos. O valor médio de acertos no pré-teste foi  $3,77 \pm 0,2$  quando comparados com o pós-teste com uma média de acertos de  $9,66 \pm 0,52$ . Dessa forma, observou-se uma diferença estatisticamente significativa  $p < 0,001$  no índice de acertos representando um ganho de 39,3% em desempenho em comparação ao teste anterior à utilização da peça. Constatou-se que o uso das peças 3D para o estudo da vascularização arterial do sistema nervoso central demonstrou aprendizagem significativa e melhoria de desempenho no teste, sendo possível inferir que o uso do modelo contribuiu positivamente para o aprendizado dos alunos.

Palavras chaves: Anatomia. Tridimensional. Ensino.

## ABSTRACT

The cerebral arterial circle consists of a circuit of anastomoses located at the base of the skull, responsible for joining the anterior and posterior brain circulations with clinical and surgical importance. Furthermore, it is clear that the use of alternative and modern teaching tools, such as 3D printing, especially for parts that are difficult to access in anatomy laboratories, such as the cerebral arterial circle, can positively impact the learning of human anatomy. Thus, the use of 3D printing in anatomy teaching becomes an important tool in the teaching and learning process. Based on these assumptions, the objective of this work was to investigate the effectiveness of using 3D printed models of the cerebral arterial circle on the learning of medical students. An exploratory, quasi-experimental study with a quantitative approach was carried out. 15 3D models were designed and printed and then distributed to groups of 5 students. In addition, along with each impression, two booklets were given with indications of arterial markings. Students were able to take the parts to study at home and had a face-to-face group study moment with the help of monitors from the Anatomy discipline. To measure learning, structured tests with 15 questions were used before and after using the pieces. For data analysis, the Wilcoxon test was used, with data that presented  $p < 0.05$  being considered significant. It was observed that most of the students were female with an average age of 23 years. The average value of correct answers in the pre-test was  $3.77 \pm 0.2$  when compared to the post-test with an average of correct answers of  $9.66 \pm 0.52$ . Thus, there was a statistically significant difference  $p < 0.001$  in the rate of correct answers, representing a gain of 39.3% in performance compared to the test prior to the use of the part. It was found that the use of 3D pieces to study the arterial vascularization of the central nervous system demonstrated significant learning and improved performance in the test, making it possible to infer that the use of the model contributed positively to the students' learning.

Keywords: Anatomy. Three-dimensional. Teaching.

## LISTA DE FOTOS

|  |
|--|
| <b>Foto 1.</b> Impressora 3D Anycubic Photon   |
| <b>Foto 2.</b> Monitor da Impressora 3D Anycubic Photon  |
| <b>Foto 3.</b> Parâmetros do Monitor da Impressora 3D Anycubic Photon  |
| <b>Foto 4.</b> Cura da peça 3D   |
| <b>Foto 5.</b> Impressão 3D do Círculo arterial do Cérebro (A e B) Círculo arterial do cérebro com suporte (C) Círculo arterial do cérebro sem suporte |

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

**Ilustração 1:** Thomas Willis (1621-1675). Licenciado sob uma marca de domínio público. Fonte: The Wellcome Collection Apud **Teive** HAG, Coutinho L, Camargo CHF, Munhoz RP, Walusinski O. Thomas Willis' legacy on the 400th anniversary of his birth. Arq Neuropsiquiatr. 2022 Jul;80(7):759-762.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Idades dos participantes. Para a análise estatística foi utilizado o teste de Mann Whitney., onde o \*\*  $p \leq 0,05$  comparado com o pré-teste, pós-teste.

**Figura 2.** Comparação de acertos durante o pré-teste e pós-teste dos alunos que tiveram aulas Impressão 3 D. Para a análise estatística foi utilizado o teste Wilcoxon, onde o \*\*\*\*  $< 0,0001$  comparado com o grupo.

**Figura 3.** Comparação de acertos durante o pré-teste e pós-teste dos alunos que tiveram aulas com grupo do ensino tradicional. Para a análise estatística foi utilizado o teste Wilcoxon, onde o \*\*\*\*  $< 0,0001$  comparado com o grupo.

**Figura 4.** Comparação de acertos durante o pré-teste e pós-teste dos alunos que tiveram aulas com grupo do Impressão 3 D. Para a análise estatística foi utilizado o teste Wilcoxon, onde o \*\*\*\*  $< 0,0001$  comparado com o grupo.

## LISTA DE QUADROS

**Quadro 1.** Resumo do processo de desenvolvimento do círculo arterial do cérebro:

**Quadro2.** Etapas da lavagem das peças

**Quadro 3.** Etapas da cura

**Quadro 04** - Critérios de seleção para juízes de conteúdo e aparência da peça 3D do Círculo Arterial Cerebral.

## LISTA DE TABELAS

|   |
|---|
| <b>Tabela 1</b> – Descrição dos dados sociodemográficos e de formação dos juízes especialistas. |
|---|

|   |
|---|
| <b>Tabela 2</b> – Avaliação dos juízes especialistas. |
|---|

|  |
|--|
| <b>Tabela 3.</b> Dados Sociodemográficos dos alunos. |
|--|

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1. Introdução .....                    | 17 |
| 2. Relevância e Justificativa .....    | 17 |
| 3. Revisão da literatura.....          | 21 |
| 3.1. Objetivo Geral .....              | 30 |
| 3.2. Objetivos Específicos .....       | 30 |
| 4. Artigo 1.....                       | 32 |
| 4.1. Artigo 2.....                     | 47 |
| 4.2. Introdução.....                   | 49 |
| 4.3. Metodologia.....                  | 50 |
| 4.4. Etapa da Impressão 3D.....        | 53 |
| 4.4.1. Máquina de lavagem e cura ..... | 54 |
| 4.4.2. Modo de lavagem .....           | 54 |
| 4.4.3. Etapas da cura .....            | 54 |
| 4.5. Participantes .....               | 57 |
| 4.5.1. Critério de inclusão .....      | 57 |
| 4.5.2. Critério de exclusão .....      | 57 |
| 4.6. Coleta e Análise de dados.....    | 57 |
| 4.7. Validação da impressão 3D.....    | 57 |
| 4.8. Considerações éticas .....        | 59 |
| 4.9. Análise estatística .....         | 59 |
| 5. Resultados .....                    | 60 |
| 5.1. Validação da Impressão 3D .....   | 60 |
| 6. Discussão .....                     | 68 |
| 7. Conclusão .....                     | 69 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 8. Referências.....               | 71 |
| Apêndice (TCLE) .....             | 79 |
| Apêndice (Questionário).....      | 82 |
| Anexos 2. (Certidão do CEP) ..... | 89 |
| Anexos 2. (Aceite ASE) .....      | 94 |

## 1. INTRODUÇÃO

A anatomia serve como ferramenta fundamental para a descrição de uma espécie e para a comparação entre espécies morfologicamente parecidas, bem como para resolução de problemas da prática clínica (PEREIRA et al., 2016).

A anatomia macroscópica é um componente desafiador, mas integral, da educação médica de graduação. Um desafio colocado pela dissecação anatômica regional é que as distribuições distais de vasos e nervos podem ser estudadas antes que as origens dessas estruturas tenham sido encontradas (POCHAT et al., 2011).

O adequado conhecimento da anatomia do ser humano é crucial para o desenvolvimento de uma técnica cirúrgica apurada e manobras clínicas. O treinamento com peças anatômicas no meio universitário, muitas vezes, é insuficiente para o aprendizado. Deste modo, o uso de cadáveres para o ensino de anatomia e habilidades cirúrgicas na graduação e pós-graduação tem sua importância reforçada, porém nos últimos anos há uma grande dificuldade de se obter novos cadáveres para o ensino de anatomia (VOHRA et al., 2011).

Devido a esse problema logístico, os alunos podem ter dificuldades em obter uma compreensão holística da continuidade das estruturas, desde suas origens até os destinos. Isso pode desafiar sua compreensão de relacionamentos anatômicos mais detalhados. Um método há muito utilizado para conectar regiões individuais a padrões mais amplos de organização envolveu a elaboração de diagramas de esquemas anatômicos em grande escala no quadro-negro usando desenho progressivo, onde um desenho dinâmico é criado em etapas a partir de um modelo em branco (STONINGTON, 2018). Além do modelo supracitado, as tecnologias educativas e metodologias ativas são importantes ferramentas para o processo de ensino e aprendizagem de anatomia.

As ciências anatômicas são fundamentais para as profissões de saúde, mas pouco se sabe sobre as qualificações dos educadores de anatomia e as tecnologias de ensino utilizadas no nível de graduação e profissional. Além disso, existe a preocupação de que o número de educadores de anatomia qualificados que estão sendo treinados possa ser insuficiente para atender à crescente demanda imposta por novos e ampliados programas em medicina e especialidades de saúde afins (SCHAEFER et al., 2019).

Os métodos de ensino de anatomia são constantemente revisados. No entanto, há uma série de debates ativos atualmente em curso na educação médica sobre métodos de ensino de anatomia. Os proponentes do uso de representações eletrônicas do corpo também se juntaram ao debate; no entanto, parece haver um amplo consenso de que esses recursos são atualmente insuficientes para ser outra coisa senão um apoio à aprendizagem de anatomia por outros meios (MCLACHLAN; PATENN, 2006). Dessa forma, diversas tecnologias como software e impressão 3D são importantes ferramentas para melhorar o ensino da anatomia.

O processo de ensino-aprendizagem na educação superior tem sido influenciado pela expansão da educação online e novas tecnologias. Essa tendência permite a busca de novos conhecimentos em ambientes digitais de aprendizagem, impressão 3D e aplicativos, incentivando a participação ativa do aluno, com um modelo de educação colaborativa, ativa e transformadora (GADIOLI et al., 2018; HOLANDA et al., 2013). Dentre esses modelos, o circuito arterial cerebral pode ser um componente de estudo anatômico usando a tecnologia de impressão 3D.

A impressão 3D é uma tecnologia de fabricação emergente que está sendo aplicada recentemente na área médica para o desenvolvimento de próteses ósseas, cultura de células e no ensino de ciências biológicas e da saúde (MARTINEZ-MÁRQUEZ et al., 2018).

A tecnologia de impressão tridimensional (3D) é uma nova abordagem que permite a regeneração de estruturas cartilaginosas e ósseas, utilizando células autólogas dispersas em uma estrutura de suporte biocompatível. A forma 3D da construção bioprintada pode ser muito precisa, o que é de grande importância para a reconstrução de estruturas anatômicas específicas, como o nariz, ossos e pavilhão auricular (APELGREN et al., 2017). Essa tecnologia pode ser aplicada na construção de vasos para ensino anatômico como o circuito arterial cerebral.

A circulação arterial cerebral apresenta diferenças anatômicas quando se compara o recém-nascido com o adulto. As artérias comunicantes e as partes da artéria cerebral que pertencem a esse circuito são relativamente delgadas nos adultos; daí a maior importância da oclusão de uma artéria carótida ou de uma artéria vertebral (NEVES et al., 2008).

O desenvolvimento embriológico da circulação arterial cerebral compreende sete fases. Determinadas alterações nesse processo podem levar a agenesia ou hipoplasia dos vasos carotídeos (NEVES et al., 2008). Além disso, variações anatômicas da circulação arterial cerebral são frequentes.

Os principais achados que acompanham esta anomalia são os aneurismas do circuito arterial do cérebro, as encefaloceles transesfenoidais e uma ampla *rete mirabilis* na base craniana. Os aneurismas intracranianos são encontrados em cerca 25% das agenesias de artéria carótida interna sintomáticas com manifestações de hemorragia intracraniana (BLUSTAJN et al., 1999; QUINT et al., 1992).

A avaliação de estrutura vascular do sistema nervoso permite a identificação de complicações clínicas que podem comprometer o estado de saúde do paciente, incluindo hemorragias, tromboembolismo, obstrução por placas de ateroma, insuficiência venosa e aneurisma dissecantes das artérias. A alteração das artérias do polígono de Willis pode sugerir a presença de acidentes vasculares cerebrais ou presença de aneurismas (BICKLEY, BATES, 2012).

Por meio da avaliação dessas artérias, é possível identificar as alterações anatomo-clínicas. Considerando a complexidade e relevância do sistema arterial, o aluno de graduação em medicina deve ser preparado para conhecer as estruturas anatômicas que compõem esse circuito arterial cerebral, sendo imprescindível para prática clínica do médico (SANTOS, 2017).

A avaliação de programas educacionais tornou-se uma rotina essencial no ensino anatômico e agora faz parte da reforma curricular. Isso é ainda mais importante por causa de um currículo renovado já planejado para todas as faculdades de medicina do Brasil (SILVA, 2021).

Em outras palavras, se por um lado, algumas mudanças têm facilitado o estudo da Anatomia, como o caso dos avanços da tecnologia digital; por outro, outras mudanças têm dificultado a aprendizagem da Anatomia (SILVA et al., 2018).

As mudanças pendentes em relação aos currículos médicos levaram diversos professores de anatomia a avaliar criticamente o ensino de anatomia com atenção especial à anatomia macroscópica e às aulas de dissecação (DISSABANDARA et al., 2015).

No entanto, existem alguns desafios para incorporar na melhoria do ensino tradicional de anatomia, principalmente, com tempo reduzido na sala de aula por conta das reformas curriculares (JABEEN; GHANI, 2015). Estes tempos reduzidos podem diminuir a aprendizagem dos alunos e aumentar a aprendizagem mecânica. Podem ainda, incluir redução da clareza visual em salas de aula grandes e aumentar as chances de ocorrer erros médicos por falta do conhecimento anatômico.

A anatomia é amplamente apreciada como estando entre os componentes mais significativos da educação médica e o estudo da anatomia através do cadáver dissecado é visto como a característica que define exclusivamente os cursos de medicina. No entanto, pode ser que estejamos agora entrando em um momento de mudança de paradigma, auxiliado por novas compreensões e novas tecnologias, e, como em todos esses tempos, as visões são mantidas fortemente e expressas com uso de novas tecnologias, impressão 3 D e software (MCLACHLAN; PATENN, 2006).

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 3.1 CÍRCULO ARTERIAL DO CÉREBRO (CAC)

O encéfalo é vascularizado pelas artérias carótidas internas e vertebrais que, na base do crânio, formam um polígono anastomótico, o círculo arterial cerebral (CAC), também conhecido como polígono de Willis, fundamental para a irrigação cerebral. É frequente a ocorrência de variações anatômicas no CAC, muitas das quais se correlacionam ao surgimento de doenças cerebrovasculares (PEIXOTO et al., 2015).

O CAC é uma rede anastomose entre as artérias que circunda a base do cérebro, fornecendo circulação colateral para evitar isquemia e irrigar o encéfalo. No entanto, há muito se estabeleceu que ele exibe considerável variação anatômica quando comparado ao círculo originalmente descrito por Thomas Willis (JONES et al., 2021).

O CAC foi descrito pela primeira vez no ano de 1664, em publicação do anatomista e fisiologista neurocientista britânico Thomas Willis (1621-1675), esse círculo tem forma poligonal e está localizado no espaço subaracnóideo da base do crânio, imerso na cisterna basal, onde mantém íntimas relações anatômicas com a fossa interpeduncular e substância perfurada anterior, circundando o quiasma óptico, infundíbulo da hipófise, tuber cinéreo, corpos mamilares e nervo oculomotor (SPINNATO et al., 1999; MOORE et al., 2019; NYASA et al., 2021).

Thomas Willis nasceu em Great Bedwyn, Wiltshire, Reino Unido, morreu em Londres e foi enterrado na Abadia de Westminster. Matriculou-se na Universidade de Oxford em 1637, estudando inicialmente no Christ Church College e obtendo o grau de Bacharel em Artes (Química) em 1639 e Mestre em Artes (Química) em 1642 (RENGACHARY et al., 2008).

Thomas Willis começou seus estudos médicos, mas sua educação foi interrompida após o início da guerra civil inglesa e Oxford foi transformada em uma cidade militar. Alinhou-se com os monarquistas e, por sua lealdade foi concedido o grau de Bacharel em Medicina em 1646, apesar de não ter uma educação médica tradicional (ele teve apenas 6 meses de educação médica formal). Em 1660, recebeu o título de Doutor em Medicina e Professor Sedleiano

de Filosofia Natural em Oxford (1660-1675). Ele foi eleito membro honorário do Royal College of Physicians de Londres em 1664 e tornou-se membro da Royal Society of London 3 anos depois (GARCÍA-MOLINA, A.; ENSEÑAT-CANTALLOPS, 2019; TEIVE et al., 2022).

Dedicado inicialmente ao estudo da neuroanatomia, Willis desenvolveu posteriormente a carreira de clínico, quando manifestou interesse pelas doenças do sistema nervoso. Em Oxford, iniciou a sua prática no The Angel, na Oxford High Street e, mais tarde, em Londres, tornando-se um médico de prestígio e de grande reputação, muitas vezes considerado “o médico mais famoso da Europa (TEIVE et al., 2022).

Suas contribuições para a anatomia dos sistemas nervoso central e periférico foram numerosas. Além do famoso círculo de Willis, ele descreveu várias estruturas do cérebro, como o estriado, a cápsula interna, os pedúnculos cerebelares, a comissura anterior, o claustro, o núcleo olivar inferior, o tálamo, as pirâmides e várias estruturas cranianas e nervos periféricos, criando uma nova classificação dos nervos cranianos (MEYER; HIERONS, 1964; RENGACHARY et al., 2008; TEIVE et al., 2022).

O CAC conhecido como epônimo *Círculo de Willis* é uma formação particular de vasos localizados na base do cérebro. Em 1664, recebeu o nome de Thomas Willis, um eminente cientista inglês que em seu trabalho, *Cerebri Anatome*, detalhou a anatomia do sistema nervoso como ninguém havia feito antes, principalmente, no que diz respeito à sua vasculatura. No entanto, o caminho histórico das descrições do polígono de Willis até antes de Willis é bastante longo. Muitos anatomistas, médicos e outros cientistas já haviam se aproximado dessa rede de artérias, anos ou mesmo séculos antes de Willis e, com avanço da medicina, diversas variações podem ser revistas através das tomografias (KARATAS et al. 2015).

Mais da metade da população exibe um CAC com alguma forma de variação. Para fornecer uma estimativa mais precisa da prevalência de variações, um sistema de classificação universal precisa ser estabelecido, comparando todo o trabalho de estudos de alta qualidade, para fornecer um banco de dados abrangente das variações do círculo (WESTPHAL et al., 2021).

O CAC é uma estrutura anatômica de importância clínica, principalmente, na avaliação de doenças neurovasculares como o aneurisma e acidentes vascular cerebral (AVC). Os indivíduos apresentam variações consideráveis na configuração anatômica do círculo de Willis (NYASA et al., 2021).

O CAC é formado por nove artérias, sendo duas artérias cerebrais posteriores (ACP), duas artérias comunicantes posteriores, duas artérias cerebrais anteriores (ACA), duas artérias carótidas internas (da origem da ACM até a bifurcação da carótida) e uma artéria comunicante anterior (MARTINS et al., 2015).



**Ilustração 1: Thomas Willis (1621-1675). Licenciado sob uma marca de domínio público. Fonte: The Wellcome Collection Apud Teive HAG, Coutinho L, Camargo CHF, Munhoz RP, Walusinski O. Thomas Willis' legacy on the 400th anniversary of his birth. Arq Neuropsiquiatr. 2022 Jul;80(7):759-762. Fonte: Teive et a., 2022**

A circulação anterior é provida pelas artérias carótidas internas, e em nível de C4 ocorre a bifurcação da carótidas normalmente. Penetram na base do crânio através do canal carotídeo, volta-se rostromedialmente e ascende lateralmente ao

osso esfenóide, perfurando a dura-máter basal e ramificando-se na artéria oftálmica, que irriga o nervo óptico e a porção interna da retina e coróideia anterior, responsável pela irrigação das estruturas diencefálicas e telencefálicas. Por fim, a ACI se bifurca no espaço subaracnoideo (cisterna quiasmática) em artérias cerebral anterior e cerebral média. As artérias cerebrais anteriores interconectam-se pela artéria comunicante anterior, cuja pressão permite potenciais shunts inter-hemisféricos (ou seja, latero-lateral) em casos de obstruções/estenoses na rede vascular. A anastomose entre os sistemas arteriais anterior e posterior do SNC fica a cargo das artérias comunicantes posteriores (ramo da porção comunicante da artéria carótida interna), que, de maneira semelhante, podem propiciar shunts ântero-posteriores à direita ou à esquerda, caso patentes. Estudos prévios mostram que pacientes que possuem variantes do círculo com circulação colateral eficiente têm um menor risco de ataque isquêmico transitório e acidente vascular cerebral do que pacientes sem essas colaterais (ARADAKANI et al., 2008; HOLANDA et al., 2014).

A circulação cerebral posterior é originada a partir das artérias subclávias onde se origina as artérias vertebrais direita e esquerda. As artérias vertebrais possuem um trajeto ascendente pelo forame transversário das vértebras cervicais e penetra no crânio através do forame magno e, aproximadamente, ao nível do sulco bulbo-pontino origina a artéria basilar. As artérias vertebrais originam, ainda, duas artérias espinais posteriores, a artéria espinal anterior (responsáveis pela vascularização da medula cervical) e as artérias cerebelares inferiores posteriores, que irrigam a porção inferior e posterior do cerebelo e a área lateral do bulbo. A artéria basilar termina se bifurcando nas artérias cerebrais posteriores direita e esquerda. Além desses ramos terminais, é importante destacar alguns ramos oriundos de seu trajeto: a artéria cerebelar superior; a artéria cerebelar inferior anterior e a artéria do labirinto (HOLANDA et al., 2014; SEIFERT-HELD et al., 2021; WU et al., 2022).

Um CAC incompleto tem sido associado a um maior risco de acidente vascular cerebral e pode afetar o fluxo colateral no acidente vascular cerebral por oclusão de grandes vasos (WESTPHAL et al., 2021).

A função do circuito arterial do cérebro é manter um fluxo sanguíneo adequado em caso de obstrução. Na maioria dos casos, há algumas variações dessa definição anatômica original. Em uma grande série de autópsias de

indivíduos normais, mais da metade apresentou CAC incompleto (PEIXOTO et al., 2015 apud CECIL, 2005).

As anomalias do circuito arterial do cérebro podem ter um papel importante no desenvolvimento de aneurismas, produzindo alterações hemodinâmicas do fluxo sanguíneo e induzindo pressão sobre o ponto fraco das artérias na bifurcação (HOLANDA et al., 2014; PEIXOTO et al., 2015.).

Assim, o desenvolvimento de novas técnicas de investigação como a angiografia por ressonância magnética, a RMN do encéfalo humano permitiu avanços no entendimento de algumas de suas doenças, como as cefaleias, aneurismas, demências e diversas doenças degenerativas do SNC (CICARELLI, 2014). Dessa forma, o conhecimento das bases anatômicas na graduação pode ser o início para geração de novos neurocirurgiões e neurocientistas.

### **3.2 Tecnologias no Ensino de Anatomia e Impressão 3D**

Nos últimos anos, têm-se observado muitos avanços tecnológicos que modificam diversas áreas na sociedade, incluindo a área educacional (ELKHAMISY, F. A. A.; WASSEF, 2021). Diversas estratégias de ensino contemporâneas como a gamificação, metodologias ativas e impressão 3 D são capazes de favorecer de forma significativa o aprendizado do estudante seja pelo aspecto emocional, social e cognitivo, surgem como uma demanda, em especial nas disciplinas que integram as ciências biomédicas como a anatomia, histologia e embriologia (SILVA et al., 2019).

A introdução de tecnologias digitais nas aulas de Ciências morfológicas requer a criação de recursos didáticos baseados em disseções cadavéricas, observação de lâminas histológicas e ou peças de desenvolvimento embrionários. Além disso, há a necessidade de capacitar e incentivar os professores a usarem esses recursos e incentivar programas de capacitação e formação docente para o uso das tecnologias educativas (WASSEF, 2021).

Além disso, o planejamento do ensino e estruturas mínimas são necessárias como software, mesas digitais, wifi e smartphone torna-se necessário para realização para implementação do ensino com as tecnologias no escopo de um curso teórico prático (DE FIALHO et al., 2018).

O amplo poder e versatilidade das ferramentas tecnológicas disponíveis para fazer e ensinar ciências têm indicado mudanças nas formas de explorar conceitos e resolver problemas diversos no ensino de ciências (FINARDI et al., 2013).

É importante lembrar que características dos smartphones como detecção de arritmia, guias anatômicos 3D para cirurgiões, monitoramento da artrite reumatoide e utilidades gerais relacionadas a prática clínica: resposta rápida aos resultados do diagnóstico, prevenção de erros médicos, melhor gerenciamento e acessibilidade de dados, planejamento de cirurgias entre outros (BARBOSA-NETO et al., 2021; NGUYEN, SILVA, 2016).

O ensino de anatomia em ciências de saúde tem sido historicamente baseado em aulas expositivas, dissecações cadavéricas e livros ilustrados para estudantes. Diversas Tecnologias como os vídeos 3D estereoscópicos agora são facilmente acessíveis via smartphone e acessíveis para os alunos (DE FIALHO et al., 2018). A incorporação de tecnologias educativas como impressão 3 D, mesa digital, vídeos 3D podem demonstrar um importante papel auxiliar nos currículos podendo ser interessante para melhorar os conhecimentos das relações anatômicas e o raciocínio entre os alunos

Alguns trabalhos de pesquisa confirmam que a anatomia é considerada a disciplina fundamental no currículo médico e nos procedimentos clínicos garantindo a prática médica segura por cirurgiões, médicos e uma ampla gama de especialistas médicos. Os anatomistas concordam que a compreensão dos detalhes anatômicos é essencial para obter uma compreensão abrangente dos métodos e técnicas cirúrgicas e de procedimentos rotineiros como curativo, sondagem e exame físico, fornecendo as informações necessárias, essenciais, contexto para garantir o diagnóstico preciso e o tratamento dos pacientes (KIRKNESS, SHARKEY, AVISON, 2021).

### **3.3 Impressão 3 D no ensino de Anatomia**

A anatomia é um componente chave de qualquer currículo médico e é a pedra angular da boa prática clínica, independentemente da especialidade clínica, a anatomia foi identificada como universalmente importante para habilidades de

exame clínico, interpretação de imagens médicas, e procedimentos cirúrgicos (DAVIS et al., 2014).

Com a capacidade de criar produtos personalizáveis para pacientes individuais, o uso de dispositivos médicos impressos em 3D aumentou rapidamente nos últimos anos. O uso de dispositivos médicos impressos em 3D é uma indústria crescente em todo o mundo, graças à personalização do produto, prazos de entrega curtos, eficiência de custos e capacidade de criar dispositivos exclusivos que não são possíveis com técnicas de fabricação tradicionais (RINDELAUB et al., 2019; VENTOLA, 2014).

Compreender a natureza tridimensional (3D) da forma humana é imperativo para a prática médica eficaz e o surgimento da impressão 3D cria inúmeras oportunidades para aprimorar aspectos do treinamento médico e de saúde e otimiza o processo de ensino e aprendizagem (SMITH et al., 2017).

A impressão 3D de modelos anatômicos requer tomada de decisão multifatorial para a fabricação ideal de modelos. Devido à natureza complexa do processo de impressão, muitas vezes, existem múltiplas potencialidades com base no objetivo final desejado. A tarefa de identificar a combinação ideal de variáveis de controle de impressão é inerentemente subjetiva e depende da boa intuição do operador (RAVI; CHEN, 2021).

Dispositivos 3D foram utilizados como nova técnica de fechamento do apêndice atrial esquerdo impressa em 3D com um novo dispositivo de fixação provou ser segura e viável em todos os suínos, demonstrando um processo de cicatrização benigno sem inflamação e danos às estruturas circundantes ou evidência de formação de novos trombos, demonstrando assim a eficácia deste novo e relativamente barato dispositivo essa nova tecnologia na prática clínica (BRZEZIŃSKI et al., 2016).

Esses modelos anatômicos impressos em 3D podem ser produzidos com sucesso a partir do conjunto de dados de TC, RMN, cadáveres ou pacientes. Esses modelos podem ser usados no ensino de anatomia como uma ferramenta de ensino por si só, bem como um método para aumentar o currículo e complementar as modalidades de aprendizado estabelecidas, como o ensino baseado em dissecação (SMITH et al., 2017). Verificando assim que a impressão 3D possui uma ampla gama de aplicações potenciais na educação e treinamento cirúrgico.

Em estudo de revisão sistemática YE e colaboradores (2020) quando comparou os alunos do grupo convencional, verificou que os do grupo de impressão 3D tiveram vantagens em precisão e tempo de resposta. Na prova de conhecimento anatômico, os resultados dos testes dos alunos do grupo 3D não foram inferiores (superiores ou iguais) aos do grupo convencional. Os resultados do teste pós-treinamento do grupo 3D foram superiores aos do grupo cadáver ou 2D. Mais alunos do grupo de impressão 3D ficaram satisfeitos com seu aprendizado em comparação com o grupo convencional.

Diment e colaboradores (2017) usaram um método descritivo-analítico para analisar a aplicação de modelos de impressão 3D em campos clínicos e propuseram que os modelos 3D têm aplicações efetivas.

Os resultados podem ser influenciados pela qualidade dos ensaios clínicos randomizados. Num quadro de rigor ético, espera-se que a aplicação do modelo de impressão 3D no ensino da anatomia humana cresça ainda mais (MARTÍN et al., 2018).

A impressão tridimensional (3D) é uma tecnologia emergente amplamente utilizada na educação médica. No entanto, seu papel no ensino da anatomia humana precisa de uma avaliação mais aprofundada (YE et al., 2020).

Bai et al. (2018) relataram em sua meta-análise que a cirurgia assistida por impressão 3D foi melhor do que a cirurgia convencional em termos de tempo de operação, perda de sangue e resultados favoráveis. Comparado com um grupo convencional, o grupo de impressão 3D mostrou um tempo de operação mais curto, menos perda de sangue intraoperatória e tempo de cicatrização mais rápido em pacientes com fraturas da tíbia, sugerindo que o tratamento baseado na tecnologia de impressão 3D era apropriado para fraturas do tibiais (Bai et al., 2018).

As metodologias ativas são ferramentas de aprendizagem que compreendem a implantação de uma nova forma de ensino na prática escolar, com objetivo de melhorar a aprendizagem, dentre elas, temos a aprendizagem baseada e problemas, desenho, Fishbowl e a impressão 3D (MARTÍN et al., 2018).

A impressão 3D é uma tecnologia de fabricação emergente que está sendo aplicada recentemente na área médica para o desenvolvimento de próteses ósseas, cultura de células e no ensino de ciências biológicas e da saúde. O

objetivo desse trabalho foi investigar o papel da impressão 3D e metodologias ativas como ferramenta no processo de ensino e aprendizagem de anatomia.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral:**

- Investigar o papel da impressão 3D como ferramenta didática no processo de ensino e aprendizagem de anatomia.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Desenvolver um modelo anatômico em 3 dimensões (3D), para facilitar o ensino e compreensão da vascularização do sistema nervoso central (SNC).
- Comparar a apreensão do conhecimento sobre a circulação arterial cerebral utilizando modelos 3D e ensino tradicional.
- Desenvolver e avaliar um quiz eletrônico em plataforma móvel para o ensino da vascularização do sistema nervoso central.

## I CAPÍTULO

Essa tese de doutorado está baseada no § 7º do Artigo 37º do Regimento Interno do Programa de Pós-Graduação em Ciências Morfofuncionais da Universidade Federal do Ceará, que regulamenta o formato alternativo para tese de doutorado. Essa resolução permite a inclusão de artigos científicos de primeira autoria do candidato ao doutorado. Este capítulo consta de uma cópia do Artigo Científico de autoria do candidato aceito no periódico Journal of Morphological Sciences (JMS) Qualis B4 no Novo Qualis CAPES, conforme exigência no § 8º do Artigo 37º no regimento da Pós-Graduação para defesa de Mestrado e Doutorado. Dessa forma, ainda há o segundo capítulo a ser submetido no Anatomical Sciences Education Qualis A1 na CAPES e fator de Impacto Fator de impacto: 6,652 JCR.

Por se tratar de pesquisa envolvendo seres humanos, o projeto de pesquisa referente a esta tese foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Ceará (PROPESQ) tendo sido aprovado sob número CAAE. 53771421.5.0000.5054 (Anexo 1).

#### **4. ARTIGO 1**

Este capítulo consta de uma cópia do Artigo científico de autoria do candidato aceito no periódico "Journal Morphological Science (JMS) Qualis B4 no Novo Qualis CAPES.

## Review Article

# THE ROLE OF 3D PRINTING AND IMAGE EXAMS IN HUMAN ANATOMY TEACHING

Claudio Silva Teixeira<sup>1,2</sup>, Renata Souza e Silva<sup>2</sup>, Vanessa Ribeiro de Souza<sup>1</sup>, Natchelly  
Cristina de Souza<sup>2</sup>, Valeria de Paula Fazan Sassoli<sup>3</sup>, Gilberto Santos Cerqueira<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Professor at the University of Rio Verde, Três Corações, MG, Brazil

<sup>2</sup> Postgraduate Program in Morphofunctional Sciences, Faculty of Medicine, Department  
of Morphology, Federal University of Ceará, Fortaleza, Brazil

<sup>3</sup> Department of Surgery and Anatomy at USP, Ribeirão Preto, SP, Brazil

<sup>4</sup> Department of Anatomy, Federal University of Ceará, Fortaleza, CE, Brazil

**Corresponding author:** Renata Souza e Silva. Morphology Department, Federal  
University of Ceará, Delmiro de Farias Street, 60430-170, Rodolfo Teófilo, Fortaleza - CE,  
Brazil. [renatasosi@alu.ufc.br](mailto:renatasosi@alu.ufc.br).

**ABSTRACT:**

**Introduction:** The teaching of anatomy is the basis for understanding the other disciplines taught during undergraduate courses in the medical field. For its teaching, the presentation of corpses is used as a gold standard. However, obtaining new cadaveric pieces has become increasingly scarce, due to several factors, such as ethical, cultural, among others. Therefore, new teaching tools have been applied, such as the use of parts developed by 3D printing and radiological examinations, and their application has had a positive impact on student learning. **Review:** For acquisition and evaluation of articles, the PICo strategy was used, which guided the selection of the following descriptors: anatomy, 3D printing, radiology and teaching. The databases used for the search of the articles were: PUBMED, Science direct and Scielo. A total of 487 articles were evaluated, 20 of which were included in this review, as they addressed the themes proposed by the review. 3D printing has been used for planning complex surgeries, creating custom prostheses, and in anatomical education and training. Therefore, 3D printing has been increasingly used in the process of teaching and learning anatomy in different ways, including a new perspective for the dissemination of the method in places where cadaveric parts and anatomical accidents and structures that are difficult to visualize are missing. **Conclusion:** It was found that most publications demonstrate that 3D printing has been used in teaching morphology and radiology for several purposes, including demonstrating structures that are difficult to dissect, accessing difficult cavities and for clinical correlation.

**Keyword:** Human anatomy; teaching; 3D printing; radiology.

**INTRODUCTION:**

Anatomy is one of the pillars common to all health courses, helping, a posteriori, in the understanding of subsequent disciplines<sup>1</sup>. Due to the intrinsically three-dimensional content of this discipline, in addition to reading materials and atlases, objects or pieces with volume are necessary for better learning of the content, most often detaching themselves from the use of cadavers, which are preserved in glycerin, formaldehyde or plastinated, as well as digital resources and images, whether illustrative or real<sup>2-5</sup>.

It should be noted, however, that obtaining some of these resources, especially cadavers and/or anatomical specimens of cadaverous origin, has been a challenge for many medical schools. This results not only from financial difficulties for the acquisition of specimens, but from a whole diversity of ethical, cultural and legal precepts related to this theme<sup>6,7</sup>.

It is also noteworthy that, even when cadavers are available, their storage and conservation are carried out, in most cases, using chemical substances, such as formaldehyde, which can pose risks to the health of students and professionals who manipulate them<sup>8</sup>. There are also factors intrinsic to the body donated to universities that can interfere with the quality and preparation of the pieces, among them we can mention rapid deterioration, obesity, age, and other factors that can prevent success in the production of quality pieces for classes<sup>9,10</sup>.

Considering these difficulties, one should think of other substitute or complementary methods for the use of cadavers. The use of different teaching methods has been shown to facilitate learning and motivation for students<sup>11,12</sup>. Among these alternative methods, the study in 3D parts and the use of radiological images were considered as tools to improve the teaching and learning process of students<sup>13,14</sup>.

Three-dimensional printing was introduced into practice in 1986 but has become more widely available in the last decade<sup>15</sup>. This is due to several factors: computers have become more powerful and, more importantly, software that handles 3D models has become more sophisticated and efficient<sup>16</sup>. As a result, its use has become increasingly common in medical courses, with research showing many applications in teaching cardiovascular diseases, human and animal anatomy<sup>17</sup>.

Despite the limited number of studies demonstrating and comparing the use of three-dimensionally printed parts with the traditional anatomy teaching methodology, the use of such utensils has had a positive impact<sup>18,19</sup>. Like anatomical structures that have already been used in scientific studies for comparative purposes of the aforementioned methods, we find bone structures such as skulls<sup>19</sup>, internal organs such as the nervous system<sup>20</sup> and even vascular and lymphatic structures<sup>21,22</sup>.

Likewise, radiological images, acquired from x-rays, computed tomography and magnetic resonance imaging, have also been applied as a complementary tool in the process of teaching human anatomy<sup>23</sup>. Studies have been demonstrating that the use of radiological images helps in a better spatial understanding of anatomical components<sup>24</sup>. In addition, the use of three-dimensional images, acquired from computed tomography, were able to guarantee long-term learning<sup>23-25</sup>.

Imaging exams are non-invasive, being the recommended method for an initial analysis, follow-up and diagnosis of pathologies. Thus, in addition to radiological images helping to ensure a better understanding and applicability of the anatomy learned in the classroom, it can help prepare health professionals to perform their duties with excellence<sup>26,27</sup>.

Some studies show that 3D printed models based on and the use of radiological images can accurately replicate complex anatomical structures of human anatomy and

pathologies of the cardiovascular and cerebrovascular system<sup>6,23</sup>. Therefore, the present work aims to evaluate the impact of 3D impressions and imaging examinations in the teaching-learning process of human anatomy, as a way to meet the need for studies related to this theme.

## **METHODOLOGY:**

In this analysis, the use of radiological images and 3D impressions was placed from the perspective of teaching human anatomy. For this, the PICO methodology was used to better determine the patterns evaluated during the research. This acronym corresponds to population (P), interest (I), context (C) and outcome (o)<sup>28</sup>. With this, the guiding question can be determined: What is the impact of using 3D impressions and radiological images on the teaching-learning process in human anatomy.

With that, a systematic review of the literature was carried out from the evaluation of scientific articles. This review has as its theme the “Use of 3D impressions and radiological exams in the teaching of human anatomy”. A systematic review consists of a review methodology that allows the evaluation and inclusion of various types of study, with the aim of grouping knowledge to understand the theme or phenomenon<sup>29</sup>.

To start the search, the Health Sciences Descriptors (DeCS) were investigated using Health Terminology, identifying the following descriptors: Teaching 3D printing and teaching with radiology. Finally, it was determined that the keywords for researching the articles would be: teaching, human anatomy, 3D printing and radiology.

The following inclusion criteria were used: quantitative and/or qualitative original articles, published in Portuguese or English, which were directly related to the keywords and published between January 2012 and December 2022. As exclusion criteria, we have: duplicate articles, outside the subject of the study, academic works (theses, dissertations

and monographs), abstracts, languages not listed in the inclusion criteria and review articles.

Initially, the abstracts of the articles and their keywords were evaluated, and the articles that presented items present in the exclusion criteria were removed from the analysis. Subsequently, the studies that were selected for complete evaluation were evaluated in terms of content, looking for information that answered the guiding question.

## **RESULTS:**

Of a total of 487 articles identified, 20 were excluded because they were duplicated. Subsequently, the process of selecting articles began with the application of screening tests, which were initially applied to 467 studies. After analyzing the titles and abstracts of each of the articles that were candidates for exclusion at this stage of the screening, 446 articles were excluded according to the criteria.

Of this total, there were 21 eligible articles, which were read in full and analyzed according to the criteria previously defined for this review, which did not allow the additional exclusion of other works. Therefore, the articles included in the qualitative synthesis to be worked on the subject of this study were represented in a total of 21 articles. There were no restrictions on the type of 3D printer. All literature and systematic review articles related to the topic were excluded from the study. Articles that went through the entire screening process were included in this study and are shown in Table 1. For a better visualization of the evaluation process of the articles present in this review, a Prism Flow was created, shown in Figure 1 <sup>30,31</sup>.

### **Figure 1 attached**

In Brazil, due to the Covid-19 pandemic in the country, there was a decrease in scientific production related to 3D printing, but in the world with everyone, several

scientific works were published. Many works published in Brazil are focused on veterinary anatomy or embryology, the works focused on clinical anatomy are incipient. In this document we demonstrate an overview of studies with 3D printing aimed at teaching human and animal anatomy as well as some clinical work involving anatomy and radiology, since many 3D parts are used for planning surgery in places with difficult surgical access or various infrequent anatomical features or implies is greater planning of the surgical intervention and thus 3D printing becomes an essential tool. In table 1 we can see the main summaries of works on 3D printing involving anatomy and radiology.

**Table 1 attached at the end of the text**

## **DISCUSSION:**

The knowledge of anatomy is one of the great bases for medical reasoning, therefore, it is necessary to use different pedagogical methods to optimize the teaching of anatomy and, consequently, for learning directed towards application in the clinical context<sup>24</sup>. Thus, imaging and 3D printing are important tools for teaching anatomy. Based on this, the use of diagnostic imaging tests, such as ultrasound, computed tomography and magnetic resonance imaging and 3D printing; proves to be an excellent tool for clinical and anatomical correlation<sup>32</sup>.

3D printing is an important tool in the teaching and learning process of health sciences, in particular anatomy, histology and embryology and has become more widely available in the last decade, its medical applications are growing rapidly<sup>6</sup>. The technology also has great potential in forensic sciences including forensic medicine and pathology<sup>33,34</sup>.

Three-dimensional (3D) printing technology is a layer-by-layer process for forming 3D objects from digital drawings and allows for the on-demand fabrication of objects of

virtually any shape and size. The introduction of this methodology in teaching improves the teaching and learning process in health sciences<sup>35</sup>.

In applied studies in veterinary medicine, researchers have demonstrated the potential of 3D printing technology to be effectively applied to spinal stabilization surgeries for small breed dogs, allowing for precise screw placement and minimizing peri- and postoperative complications, particularly in anatomical in which screw aisles are narrow and technically demanding. and the cause appeared to be related to the sub-optimal screw plate interface<sup>36</sup>.

Understanding the three-dimensional (3D) nature of the human form is imperative to effective medical practice and the emergence of 3D printing creates countless opportunities to enhance aspects of medical and healthcare training. 3D printed anatomical models can be successfully produced from cadaver tomography dataset. These models can be used in anatomy education as a teaching tool in its own right, as well as a method to augment the curriculum and complement established learning modalities such as dissection-based teaching<sup>37</sup>.

Brazilian researchers studying printed anatomical pieces that make up the base model showed great accuracy in replication, in which they observed that the printed bones maintain the same length, width and thickness as the bones in natura with rich details<sup>38</sup>. In the hip bone, the acetabulum the impressions maintained the depth and shape of the concavity of the acetabular fossa; the dorsal acetabular edges were perfectly visible and had the same thickness as the original bone; the obturator foramina maintained their oval shape and symmetry with each other, in addition to the other characteristic anatomical structures<sup>38</sup>.

In this way, we can say that 3D printing faithfully maintains the details of anatomical accidents, avoiding structural errors that occur in several synthetic parts sold on the market.

Among the benefits derived from 3D printing of models, we can highlight the low economic cost of manufacturing, biosafety and potential to favor the learning and teaching of morphology. However, it is necessary to analyze the perception and benefit in student learning resulting from the application of models through quantitative and qualitative assessment techniques<sup>39</sup>.

## **CONCLUSION:**

3D printing is a versatile tool in the anatomy teaching and learning process, it demonstrates several learning benefits for students of Medicine and Health Sciences. Applications for the development of technological teaching include the use of specific 3D models to demonstrate anatomical variations, structures that are injured during dissection and for the planning of surgeries as well as for undergraduate and graduate medical teaching. However, it is necessary to analyze the perception and benefits on student learning derived from the application of models through quantitative and qualitative assessment techniques and long-term knowledge retention. A limiting factor these days is the high price of printers and filaments and resins, associated with difficulties in replacing printer parts in the domestic market.

**Declaration of Competing Interest**

All the authors declare no conflicts of interest.

**Funding sources**

No Funding was received.

**ethical approval**

Not applicable.

**REFERENCE**

1. Oliveira, P. S. et al. The teaching of human anatomy in Brazil: the reality of northeast Brazil. *Inter Jour of Anat and Res* 2017;5:4623–4629.
2. Fang, X. Plastinated Human Samples Are Efficient Tools In Anatomy Teaching. *The FASEB Jour* 2020;34:1–1.
3. Narnaware, Y. R. & Neumeier, M. Use of a virtual human cadaver to improve knowledge of human anatomy in nursing students: research article. *Teach and Lear in Nurs* 2021;16;309–314.
4. Deng, X. et al. Effectiveness evaluation of digital virtual simulation application in teaching of gross anatomy. *An of Anat - Anatomischer Anzeiger* 2018;218;276–282.
5. Balta, J. Y., Cronin, M., Cryan, J. F. & O'Mahony, S. M. The utility of cadaver-based approaches for the teaching of human anatomy: A survey of British and Irish anatomy teachers. *Anat Sci Educ* 2017;10;137–143.
6. AbouHashem, Y., Dayal, M., Savanah, S. & Štrkalj, G. The application of 3D printing in anatomy education. *Med Educ On* 2015;20;29847.
7. Vieira, P. R. A Utilização do Cadáver para Fins de Estudo e Pesquisa Científica no Brasil. *Rev Bras Educ Med* 2021;25;60–63.
8. Medeiros, N. W. M., Brandolfi, J. de A. & Longen, W. C. Análise ergonômica dos postos de trabalho em um laboratório de anatomia humana: riscos ocupacionais inerentes à saúde do trabalhador. *Inova Saúde* 2017;6.
9. Pereira, K. F., Santos, F. F. dos, Minuzzo, L. G. & Salles, V. E. R. Dissecção anatômica como estratégia para estudo do sistema neurinal em fetos humanos. *Arq de Ciên da Saú da UNIPAR* 2023;27;291–312.

10. Mcmenamin, P. G., Quayle, M. R., Mchenry, C. R. & Adams, J. W. The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology. *Anat Sci Educ* 2014;7;479–486.
11. Fasel, J. H. D. et al. Adapting anatomy teaching to surgical trends: a combination of classical dissection, medical imaging, and 3D-printing technologies. *Surg and Rad Anat* 2015;38;361–367.
12. Bardeen, C. R. The Use of Radiology in Teaching Anatomy. *Radiology* 1927;8;384–386.
13. Silva, V. A., Vilela, D. M., Gonçalves, F. R. & Regacini, R. First-year medical undergraduate students opinion about the use of radiology in gross anatomy course. *Jour of Morph Scien* 2016;33;55–61.
14. Backhouse, S., Taylor, D. & Armitage, J. A. Is This Mine to Keep? Three-dimensional Printing Enables Active, Personalized Learning in Anatomy. *Anat Sci Educ* 2019;12;518–528.
15. Aimar, A., Palermo, A. & Innocenti, B. The Role of 3D Printing in Medical Applications: A State of the Art. *J Healthc Eng* 2019.
16. Vaccarezza, M. & Papa, V. 3D printing: a valuable resource in human anatomy education. *Anat Sci Int* 2015;90;64–65.
17. Sun, Z. & Lee, S.-Y. A systematic review of 3-D printing in cardiovascular and cerebrovascular diseases. *The Anat Jour of Cardio* 2017;17;423–435.
18. Li, Z. et al. Three-dimensional printing models improve understanding of spinal fracture—A randomized controlled study in China. *Sci Rep* 2015;5;11570.
19. Chen, S. et al. The role of three-dimensional printed models of skull in anatomy education: a randomized controlled trail. *Sci Rep* 2017;7.
20. Yi, X. et al. Three-Dimensional Printed Models in Anatomy Education of the Ventricular System: A Randomized Controlled Study. *World Neurosurg* 2019;125;e891–e901.

21. Su, W., Xiao, Y., He, S., Huang, P. & Deng, X. Three-dimensional printing models in congenital heart disease education for medical students: a controlled comparative study. *BMC Med Educ* 2018;18.
22. Hojo, D. et al. Utility of a Three-Dimensional Printed Pelvic Model for Lateral Pelvic Lymph Node Dissection Education: A Randomized Controlled Trial. *J Am Coll Surg* 2019;229;552-559.e3.
23. Weeks, J. K. et al. Harnessing Augmented Reality and CT to Teach First-Year Medical Students Head and Neck Anatomy. *Acad Radiol* 2021;28;871–876.
24. Phillips, A. W., Smith, S. G. & Straus, C. M. The Role of Radiology in Preclinical Anatomy: A Critical Review of the Past, Present, and Future. *Acad Radiol* 2013;20;297-304.e1.
25. Átila, A. P., Rodrigues, M. do S. de S., Alexandre, J. weliandre C. & Adriola, W. B. Tecnologia em radiologia: estudo comparativo do uso de métodos do diagnóstico por imagem no ensino da anatomia humana. *Educitec - Rev de Est e Pesq sobre Ensi Tecno* 2019;5;210–233.
26. Sérgio, A. V. B., Lima, F. T. V., Silva, L. R. & Silva, R. F. Importância da radiologia no diagnóstico do câncer no intestino grosso (colorretal). *Rev Bra Interd Saú* 2023;5;39–43.
27. Chagas Neto, F. A. das et al. A importância do diagnóstico por imagem na classificação dos endoleaks como complicação do tratamento endovascular de aneurismas aórticos. *Radiol Bras* 2010;43;289–294.
28. Santos, C. M. D. C., Pimenta, C. A. D. M. & Nobre, M. R. C. A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. *Rev Lat-Ame de Enf* 2007;15;508–511.
29. Galvão, T. F. & Pereira, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. *Epi e Serv de Saú* 2014;23;183–184.

30. Carmo, F. M. A. et al. The Didactic Contract from the Perspective of the Theory of Didactical Situations: An Integrative Review. *Int J Innov Educ Res* 2020;8;123–134.
31. Page, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Inter Jour of Sur* 2021;88;105906.
32. Marker, D. R., Bansal, A. K., Juluru, K. & Magid, D. Developing a Radiology-Based Teaching Approach for Gross Anatomy in the Digital Era. *Acad Radiol* 2010;17;1057–1065.
33. Blau, S., Phillips, E., O'Donnell, C. & Markowsky, G. Evaluating the impact of different formats in the presentation of trauma evidence in court: a pilot study. *Aust Jour of Fore Scien* 2018;51;695–704.
34. Baier, W., Warnett, J. M., Payne, M. & Williams, M. A. Introducing 3D Printed Models as Demonstrative Evidence at Criminal Trials. *J Forensic Sci* 2018;63;1298–1302.
35. Shin, S. et al. Development of a gastroretentive delivery system for acyclovir by 3D printing technology and its in vivo pharmacokinetic evaluation in Beagle dogs. *PLoS One* 2019;14;e0216875.
36. Kamishina, H. et al. Clinical application of 3D printing technology to the surgical treatment of atlantoaxial subluxation in small breed dogs. *PLoS One* 2019;14;e0216445.
37. 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. *Anat Sci Educ* 2018;11;44–53.
38. Nunez, R. Y. G. et al. 3D printing of canine hip dysplasia: anatomic models and radiographs. *Arq Bras Med Vet Zootec* 2020;72;769–777.
39. Toledo-Ordoñez, I. et al. Design and manufacturing of 3d printed models as a complement for medical histology practical classes. *Int. J. Morphol* 2022;40;355–359.

## Artigo 2

Será submetido a Revista Anatomical Sciences Education Qualis A 1

Fator de Impacto 6,652 JCR

### MODELO 3D DO CÍRCULO ARTERIAL DO CEREBRO COMO FERRAMENTA PARA ENSINO DE VASCULARIZAÇÃO DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL

### 3D MODEL OF THE CEREBRAL ARTERIAL CIRCLE AS A TOOL FOR TEACHING CNS VASCULARIZATION

Claudio Teixeira da Silva <sup>1,2</sup>, Rodrigo Ribeiro <sup>2,3</sup>, Antônio Miguel Furtado Leitão<sup>1</sup>,  
Valéria de Paula Sassoli Fazan <sup>3</sup>, Gilberto Santos Cerqueira<sup>3</sup>

1. Programa de Pós-Graduação em Ciências Morfofuncionais da Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, CE, Brazil.
2. Morphology Department of Federal University of Ceará – UFC, Fortaleza, CE, Brazil.
3. Medical School of University Center Christus, UNICHRISTUS, Fortaleza, CE, Brazil.
4. Programa de Pós-Graduação em Ciências Morfofuncionais da Universidade do Rio Verde, UNIRV, Rio Verde, GO, Brazil.

#### Corresponding address:

Gilberto Santos Cerqueira  
(cerqueira@ufc.br)

Programa de Pós-graduação em Ciências Morfofuncionais, Departamento de Morfologia da Universidade Federal do Ceará.

Rua Delmiro de Farias SN  
Rodolfo Teófilo (CE), Brasil.  
CEP 60430-160  
Tel: 55-85-3366-8001

#### Conflict of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest. All authors read and approved the final manuscript.

#### Acknowledgements

Medical School of University Center Christus, UNICHRISTUS, Fortaleza, CE, Brazil.

## RESUMO

O círculo arterial cerebral consiste em um circuito de anastomoses localizadas na base do crânio, responsável por unir as circulações encefálicas anterior e posterior com importância clínica e cirúrgica. Ademais, é notório que o uso de ferramentas alternativas e modernas de ensino, como impressões 3D, especialmente, para peças de difícil acesso em laboratórios de anatomia, como o círculo arterial cerebral, podem impactar positivamente na aprendizagem da anatomia humana. Dessa forma, o uso de impressão 3D no ensino de anatomia torna-se uma importante ferramenta no processo de ensino e aprendizagem. Baseado nessas premissas, o objetivo desse trabalho foi investigar a eficácia do uso de modelos impressos 3D do círculo arterial cerebral sobre o aprendizado de alunos do curso de medicina. Foi realizado um estudo exploratório, quase experimental com abordagem quantitativa. Foram desenhados e impressos 15 modelos 3D e, em seguida, foram distribuídos para grupos de 5 alunos. Além disso, junto a cada impressão, foram entregues duas cartilhas com sinalizações das marcações arteriais. Os alunos puderam levar as peças para estudo em domicílio e tiveram um momento presencial de estudo em grupo com auxílio de monitores da disciplina de Anatomia. Para mensuração da aprendizagem, foram usados testes estruturados com 15 questões antes e após o uso das peças. Para análise dos dados, foi utilizado o teste de Wilcoxon sendo considerados significativos os dados que apresentaram o  $p < 0,05$ . Observou-se que a maior parte dos alunos era do sexo feminino com média de idade 23 anos. O valor médio de acertos no pré-teste foi  $3,77 \pm 0,2$  quando comparados com o pós-teste com uma média de acertos de  $9,66 \pm 0,52$ . Dessa forma, observou-se uma diferença estatisticamente significativa  $p < 0,001$  no índice de acertos representando um ganho de 39,3% em desempenho em comparação ao teste anterior à utilização da peça. Constatou-se que o uso das peças 3D para o estudo da vascularização arterial do sistema nervoso central demonstrou aprendizagem significativa e melhoria de desempenho no teste, sendo possível inferir que o uso do modelo contribuiu positivamente para o aprendizado dos alunos.

Palavras-chave: Anatomia. Impressão 3D, Educação, Morfologia, Ensino.

## 4.2 INTRODUÇÃO

A anatomia é frequentemente ensinada usando uma variedade de espécimes cadavéricos, livros didáticos, sessões didáticas de ensino e modelos de plástico (Davis et al., 2014), bem como anatomia de superfície e ultrassonografia (Moscova et al., 2015; So et al., 2017). A criação de modelos tridimensionais de estruturas anatômicas vem sendo realizada nos últimos anos com as primeiras criações feitas de cera, ABS e resina.

A impressão tridimensional (3D) é o processo de criação de um objeto 3D real a partir de um modelo digital (CAD). É um tipo de tecnologia de fabricação aditiva que permite a produção rápida de cópias idênticas do mesmo modelo digital (CHAE et al., 2015, SANDER et al., 2017).

A impressão 3D está emergindo como uma ferramenta poderosa para a ensino de ciências morfológicas, permitindo a cultura de células 3D em arquiteturas biomiméticas 3D complexas, uso no ensino de embriologia e anatomia (ZHU et al., 2016).

Esses modelos podem ser usados no ensino de ciências morfológicas como uma ferramenta de ensino por si só, bem como um método para aumentar o currículo e complementar as modalidades de aprendizado estabelecidas, como o ensino baseado em dissecação (SMITH et al., 2017).

A impressão tridimensional é uma tecnologia emergente capaz de produzir prontamente modelos anatômicos precisos, no entanto, as evidências para o uso de impressões 3D na educação médica permanecem limitadas pelo seu alto custo ou desconhecimento das técnicas dos professores de anatomia (LIM et al., 2015).

Em estudo piloto realizado na Inglaterra, os autores chegaram à conclusão que o uso de impressões 3D não prejudica os alunos em relação aos materiais cadavéricos. No máximo, os resultados sugerem que a impressão 3D pode conferir certos benefícios ao aprendizado de anatomia e apoiar seu uso e avaliação contínua como suplementos para currículos baseados em cadáveres (LIM et al., 2015).

Nos últimos anos, o ensino da anatomia vem enfrentado dificuldade na aquisição de cadáver para aulas práticas, e algumas estruturas são de difícil observação por conta do tamanho e acesso cavitário associado a isso o futuro a utilização da impressão 3D parece envolver a impressão de modelos mais realistas usando diferentes materiais. Dessa forma, devido à escassez de estudo

utilizando peça 3D sobre a vascularização do sistema nervoso central e avaliando a aprendizagem a longo prazo o objetivo do nosso trabalho foi investigar o papel da impressão 3D como ferramenta no processo de ensino e aprendizagem de vascularização do SNC.

## **4.3 METODOLOGIA**

### **4.3.1 Desenho do Estudo**

Foi realizado um estudo analítico, descritivo, quase experimental com abordagem quantitativa. Optou-se pela pesquisa quase experimental, pois a mesma envolve a manipulação de tratamentos na tentativa de estabelecer relações de causa-efeito (THOMAS; NELSON, 1996).

### **4.3.2 Grupos experimentais**

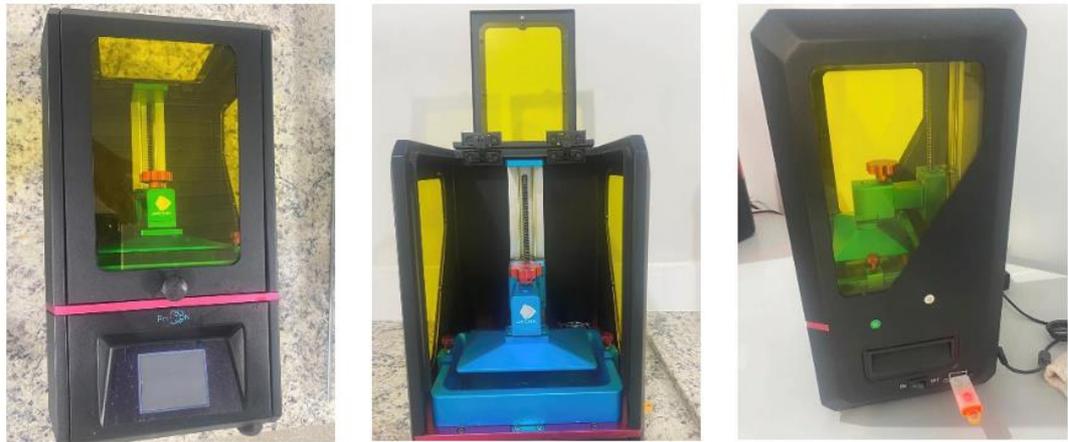
- **Grupo Tradicional** Esse grupo teve aulas tradicionais sem uso da impressão 3D. Mas, ao término do estudo, tiveram acesso a todas as tecnologias usadas pelo grupo impressão 3D.
- **Grupo Impressão 3D:** Esse grupo utilizou a impressão 3D intuito de melhorar o processo de ensino e aprendizagem de anatomia.

### **4.3.3 Local de Estudo**

Esse estudo foi realizado no Departamento de Morfologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará – UFC.

#### 4.3.4 Impressora 3D

Para realização da impressão 3D, foi utilizada a Impressora de Anycubic Photon. A impressora 3D “Anycubic Photon” com tecnologia DLP, volume de impressão 116mm X 65mm X 155mm, tamanho da máquina montada 220mm X 200mm X 400mm, resolução de camada 10-50 um, XY DPI 47 um com a tela de LCD de 2K (2560\*1440 HD) colorida, resolução do eixo Z 1,25 um, método de impressão cartão SD ou USB, velocidade máxima de impressão 20 mm/h, tela 2.8 polegadas (tela sensível ao toque), potência nominal 40Wum, a fonte de Luz UV integrado (comprimento de onda de 405nm), sistema operacional ANYCUBIC. A impressora pode ser observada nas fotos 1, 2 e 3 abaixo.



**Foto 1.** Impressora 3D Anycubic Photon

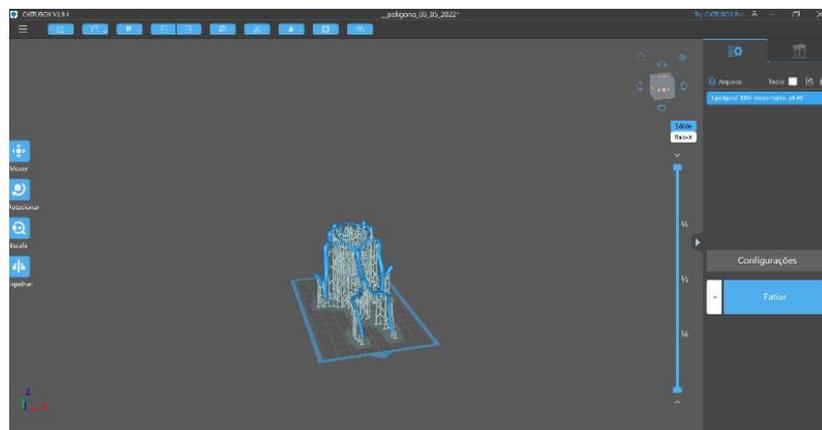
Fonte: Próprio Autor

Neste tipo de monitor da “Anycubic Photon”, temos uma menor passagem de raios UV, que são o fator endurecedor da resina de impressão 3D, e foi utilizada nesse dispositivo uma resina do tipo semiflexível, onde reduzimos a possibilidade de quebra das partes mais finas.

A impressão da arquitetura apresentada, após produzida sua malha para conferência e validação em 3D, foi submetida ao programa “Chitubox”, versão 1.8.1, onde foram projetados os métodos e estruturas para suportar a peça durante o processo de impressão, nesse ponto, utilizamos uma inclinação para que não existissem ângulos muito agudos na estrutura principal e foram criados

suportes do tipo cônico de força leve e média com 0,4mm de penetração na peça e densidade de 50% em todos os pontos que estivessem flutuantes ou com mais de 45° de inclinação. Após verificação de toda a malha, iniciamos o processo de configuração dos parâmetros de impressão de acordo com as configurações da resina e a da impressora.

A combinação de LCD com monitor foi verificado que a exposição ideal para o endurecimento do material é de 9s por camada e 1s de descanso para estabilização do material antes de solidificar a próxima camada, já para fixação na mesa, foi verificado que seriam necessárias 7 camadas com 81s de exposição e, também, com 1s de descanso para estabilização do material, essa configuração foi a ideal para solidificação do material utilizando resolução de 0,05 mm por camada.



**Foto 2.** Monitor da Impressora 3D Anycubic Photon

Fonte: Próprio Autor



**Foto 3.** Dados do Monitor da Impressora 3D Anycubic Photon

Fonte: Próprio Autor

#### 4.4. Etapas da impressão 3D

**Quadro 1.** Resumo do processo de desenvolvimento do círculo arterial do cérebro:

|   |
|---|
| 1ª etapa – desenvolvimento da modelagem foi usado um programa que se chama blender.   |
| 2ª etapa – depois da modelagem gerou um arquivo STL e com este arquivo envio para um programa que é o Chitubox, onde vou colocar os suportes e fatiar o círculo arterial do cérebro. Depois de fatiado salvo no pendrive levando para impressão |
| 3ª etapa – Na impressora 3D Anycubic Photon colocamos a resina para iniciar a impressão onde gastou 4h 30 min para cada círculo arterial do cérebro.  |
| 4ª etapa – Retirada do círculo arterial do cérebro da base da impressora para depois ser lavada.  |

|  |
|--|
| 5ª etapa – Lavagem do círculo arterial do cérebro na Creality UW-01.     |
| 6ª etapa – Cura na Creality UW-01  |
| 7ª etapa – Retirada dos suportes do círculo arterial do cérebro.         |
| 8ª etapa – Colocar o círculo arterial do cérebro no suporte de acrílico. |

#### 4.4.1. Máquina de lavagem e cura Creality UW-01

Foi utilizada para cura uma fonte de luz UV de dupla frequência, plataforma giratória magnética de 360°, recipiente de lavagem grande, velocidade ajustável de três modos, 2-90min opcional, botão de toque HD, sua velocidade ajustável de três modos e 2 a 90 minutos de operação com opção de três modos de velocidade, inclui lavagem e cura em uma mesma máquina. O tempo de lavagem e cura foi variável entre 2 e 90 minutos.

#### 4.4.2 Modo de lavagem

##### Quadro2. Etapas da lavagem das peças

|   |
|---|
| Método de lavagem flexível: a peça pode ser lavada separadamente na cesta de lavagem ou junto com as placas de fundo da máquina.  |
| Recipiente de lavagem selado de tamanho grande: a máquina de lavagem e cura 3D UW-01 suporta modelos de tamanho maior para limpeza. Com recipiente e tampa lacrados, evita a volatilização da solução de limpeza e armazena a solução de limpeza para uso repetido. |
| Suporte auto-ajustável: o nível de álcool para lavar o modelo depende do tamanho do recipiente de lavagem e do tamanho do modelo.   |

**Fonte:** Próprio autor

#### 4.4.3. Etapas da cura

##### Quadro 3. Etapas da cura

|  |
|--|
| Com fitas de LED embutidas (18 unidades de lâmpadas de LED de UV), a máquina de lavagem e cura UW-01 é compatível com a maioria das impressoras de resina. O design de 9 filetes de dupla fileira com uma área |
|--|

irradiada mais alta proporciona cura rápida e irradiação uniforme para o modelo maior.

Possui bandeja de cura 360° com força magnética e espelho reflexivo, aproveitando ao máximo a fonte de luz, que cura o modelo em todos os ângulos.

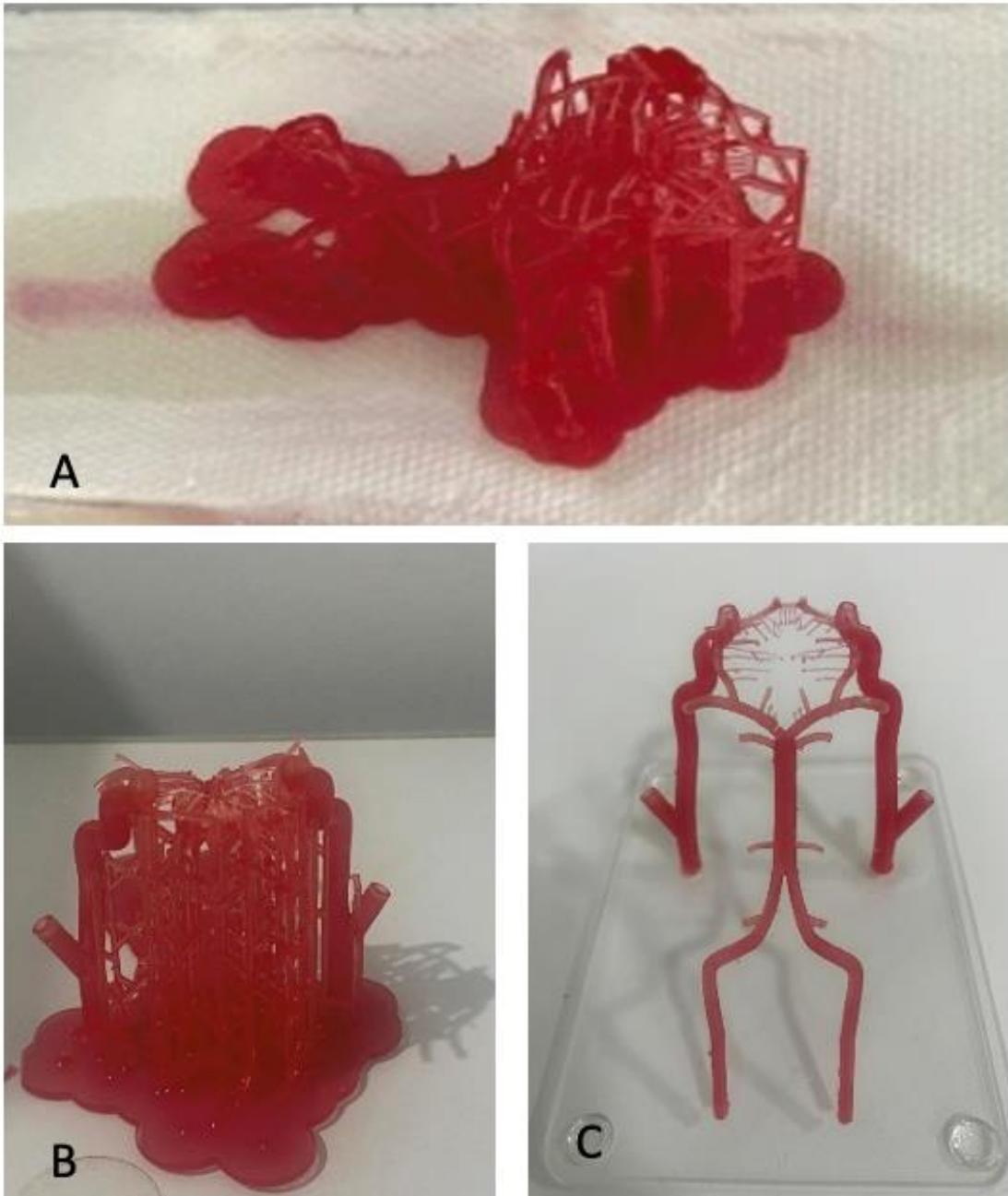
Assim que a tampa da máquina for removida durante o processo de cura, a máquina de lavagem e cura 3D UW-01 suspenderá imediatamente a cura, o que evita o brilho da fonte de luz e reduz a poluição luminosa.

**Fonte:** Próprio autor



**Foto 4.** Cura da peça 3D

Fonte: Próprio Autor



**Foto 5.** Impressão 3D do Círculo arterial do Cérebro (A e B) Círculo arterial do cérebro com suporte (C) Círculo arterial do cérebro sem suporte.

Fonte: Próprio Autor

## **4.5 Participantes**

### **4.5.1 Critérios de inclusão**

Alunos do 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> semestre do curso de medicina cursando anatomia, com idade maior que 18 anos.

### **4.5.2 Critérios de exclusão**

Alunos de outras Instituições de Ensino Superior (IES); alunos que estejam cursando outros semestres do Curso de Medicina menores de 18 anos e repetentes da disciplina.

## **4.6. Coleta e Análise dos dados**

O recrutamento dos participantes ocorreu através do convite realizado em sala de aula no módulo de Sistema Nervoso. Posteriormente, os alunos foram divididos aleatoriamente em dois grupos através de randomização. Foi realizado um pré-teste sobre vascularização do SNC, quatorze dias após a realização do pré-teste e, seis meses após a intervenção, foi aplicado o pós-teste com randomização das questões com a finalidade de verificar a retenção do conhecimento a longo prazo.

A validação foi realizada por professores que tinham experiência no ensino de anatomia para curso de medicina. Cada um recebeu uma peça 3D onde avaliou diversos parâmetros.

## **4.7. Validação da impressão 3D**

A validação da peça 3D permitiu a análise das dimensões, da qualidade e fidelidade da peça e presença de erros anatômicos. Verificou-se a necessidade de realizar a validação qualitativa da peça com objetivo de evitar erro no processo de ensino e aprendizagem e promover uma maior fidelidade anatômica. Nesta pesquisa, a validade foi realizada por meio de avaliação de juízes especialistas em anatomia, considerando o contexto em que estavam inseridos.

A etapa de validação visa avaliar se a peça 3D desenvolvida segue dos normas e padrões anatômicos. Os juízes selecionados pelo pesquisador foram considerados especialistas em anatomia.

Os juízes foram convidados mediante contato por correio eletrônico e WhatsApp nesse caso, disponibilizado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), uma ficha de caracterização sociodemográfica e de formação dos Juízes, o Instrumento de Avaliação da peça com diversos parâmetros.

Nesse sentido, observando a necessidade de se estabelecer parâmetros para que se possam selecionar os juízes, foi utilizado o sistema de classificação descrito por Joventino (2010) adaptado de Fehring (1994), em que foram selecionados os juízes que atingirem pontuação mínima de dez pontos.

#### **Quadro 04 - Critérios de seleção para juízes de conteúdo e aparência da peça 3D do Círculo Arterial Cerebral**

|   |                   |
|---|-------------------|
| Ser doutor  | 4 pontos          |
| Possuir tese na área de interesse                               | 2 pontos          |
| Ser mestre  | 3 pontos          |
| Possuir dissertação na área de interesse                        | 2 pontos          |
| Ser especialista na área de interesse                           | 2 pontos          |
| Possuir trabalhos publicados na área de anatomia                | 2 pontos/Trabalho |
| Experiência docente na área de anatomia                         | 2 pontos/ Ano     |
| Participação em grupos de pesquisa/projetos na área de anatomia | 2 pontos/ Ano     |
| Atuação prática na área de anatomia                             | 2 pontos/ Ano     |

Fonte: JOVENTINO (2010); FEHRING, (1994).

Para a validação da impressão 3D, foi elaborado um instrumento específico de coleta de dados composto por duas partes, a primeira referente a caracterização profissional e social dos juízes, e a segunda foi composta por quatro categorias referentes a impressão 3D. Assim, o instrumento de validação foi composto por 6 itens avaliados.

Os juízes analisaram o protocolo em relação a itens, subitens e possíveis respostas. Após a análise, classificaram cada item quanto à clareza,

segundo uma escala de quatro pontos: 1 = inadequado; 2 = adequado com alterações; 3 = adequado; 4 = totalmente adequado.

Caso os juízes assinalassem as opções 1 = inadequado ou 2 = adequado com alterações, os itens deveriam ser reformulados. Nesses itens, os juízes também poderiam fazer sugestões e desta forma, os conteúdos poderiam ser refeitos, aperfeiçoados e submetidos a uma nova avaliação.

Logo após a análise das peças 3D pelos juízes especialistas, foi calculado o índice de validação de conteúdo devendo apresentar valor maior ou igual a 0,78. Para realizar o cálculo do índice, foi feito o somatório de concordância dos itens marcados como “3” e “4” pelos especialistas e dividido pelo total de respostas.

#### **4.8. Considerações éticas**

O projeto foi enviado ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará/PROPESQ para apreciação, em concordância com as normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos da Resolução nº466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 2012). Os dados foram coletados após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE (Apêndice A). Esse projeto foi aprovado pelo CEP com número: CAAE. 53771421.5.0000.5054 (Anexo 1).

#### **4.9. Análise Estatística**

Foi realizado o teste de Shapiro Wilk para verificar a normalidade dos dados. Os resultados foram expressos como média  $\pm$  erro padrão da média (E.P.M). Os dados que obedecerem a uma distribuição paramétrica foram analisados pelo teste T de Student. Os dados não paramétricos foram analisados utilizando-se do teste de Wilcoxon. Foram considerados estatisticamente significativos que apresentam o  $p < 0.05$ .

### **5. RESULTADOS**

Neste capítulo, são apresentados os resultados da pesquisa. No primeiro momento, são apresentados os dados sociodemográficos dos estudantes (cor,

sexo e idade). Na sequência, analisamos o desempenho dos estudantes de ambos os grupos, utilizando a impressão 3D.

### 5.1. Validação da Impressão 3D

O perfil sociodemográfico dos juízes especialistas que validaram a impressão 3 D está apresentado a seguir (Tabela 1).

**Tabela 1 – Descrição dos dados sociodemográficos e de formação dos juízes especialistas.**

| Variáveis  | Número de avaliadores | %    |
|--|-----------------------|------|
| <b>Idade (anos)</b>  |                       |      |
| Média 50,4   | 17                    |      |
| <b>Possui tese ou dissertação na área da morfologia</b>        |                       |      |
| Sim  | 12                    | 70,6 |
| Não  | 5                     | 29,4 |
| <b>Atuação prática na área de Morfologia</b>                   |                       |      |
| Sim  | 17                    | 100  |
| <b>Experiência no ensino de morfologia</b>                     |                       |      |
| Sim  | 17                    | 100  |
| <b>Tempo de formação</b>                                       |                       |      |
| >10 anos   | 16                    | 85,7 |
| </= 10 anos  | 1                     | 14,3 |
| <b>Área de trabalho</b>  |                       |      |
| Docência em anatomia   | 17                    | 100  |
| <b>Tempo de trabalho na área</b>                               |                       |      |
| > 5 anos   | 16                    | 85,7 |
| <= 5 anos  | 1                     | 14,3 |
| <b>Titulação</b>   |                       |      |
| Mestrado   | 7                     | 41,1 |
| Doutorado  | 10                    | 58,9 |
| <b>Participação em grupos de pesquisa</b>                      |                       |      |
| Sim  | 14                    | 82,3 |
| Não  | 3                     | 17,7 |
| <b>Possui publicações de trabalhos relacionados a Anatomia</b> |                       |      |
| Sim  | 14                    | 82,3 |
| Não  | 3                     | 17,7 |

Fonte: Elaborada pelo autor com base em Santos et al. (2021).

De acordo com a Tabela 1, a média da idade dos juízes especialistas participantes é de 50,4 anos. Com relação ao tempo de formação, a maior parte

dos juízes 85,5% tinha maior que 10 anos de formação. Sobre a área de trabalho, 100% dos professores afirmaram ser professor de anatomia, 58,9% eram doutores, 82,3% participavam de grupo de pesquisa e possuíam publicações envolvendo anatomia.

Nenhum item foi julgado como inadequado. Foi verificado que em relação ao *design* do da peça 3D ser atraente, um juiz classificou como “adequado”, o que conferiu um IVC de 0,94. Sobre as dimensões qualidade das peças os juízes classificaram como “totalmente adequado”, o que conferiu um IVC de 1, também. No que concerne se o modelo 3D contempla as estruturas essenciais da irrigação encefálica os juízes classificaram como “totalmente adequado”, o que conferiu um IVC de 0,94.

Com relação ao processo de memorização das estruturas do CAC, os juízes classificaram como “totalmente adequado”, o que conferiu um IVC de 0,94. Já na elaboração dos objetivos e identificação das estruturas, os juízes classificaram ambos os itens como “totalmente adequado”, o que conferiu um IVC de 0,94 para ambos. Em relação ao material ser de fácil leitura, três juízes classificaram como “adequado” e cinco juízes classificaram como “totalmente adequado”, o que conferiu um IVC de 1,0.

Por fim, a avaliação da impressão 3D do CAC demonstrou alto índice de fidelidade e de confiabilidade aos olhos dos avaliadores especialistas. Todos os itens apresentaram IVC superior a 0,78 e, parcialmente, foi mostrado um IVC global de 0,96 considerando a impressão 3 D validada.

**Tabela 2 – Validação da peça 3 D pelos juízes especialistas**

|  | 1 | 2 | 3 | 4  | NA | IVC  |
|--|---|---|---|----|----|------|
| O modelo 3D despertou interesse no aprendizado.  | 1 |   | 4 | 12 |    | 0,94 |
| A dimensão e a qualidade do modelo 3D auxiliaram nos estudos de cada estrutura do círculo arterial cerebral (CAC).           |   |   | 6 | 11 |    | 1,0  |
| O modelo 3D contempla as estruturas essenciais da irrigação encefálica.  |   | 1 | 4 | 12 |    | 0,94 |
| O modelo 3D auxiliou no processo de memorização das estruturas da irrigação encefálica e do círculo arterial cerebral (CAC). |   | 1 | 4 | 12 |    | 0,94 |
| Os objetivos propostos estão adequados estruturalmente no modelo 3D.   |   | 1 | 4 | 12 |    | 0,94 |
| O modelo 3D auxiliou na identificação das estruturas da irrigação encefálica e do círculo arterial cerebral (CAC).           |   | 1 | 3 | 13 |    | 0,94 |

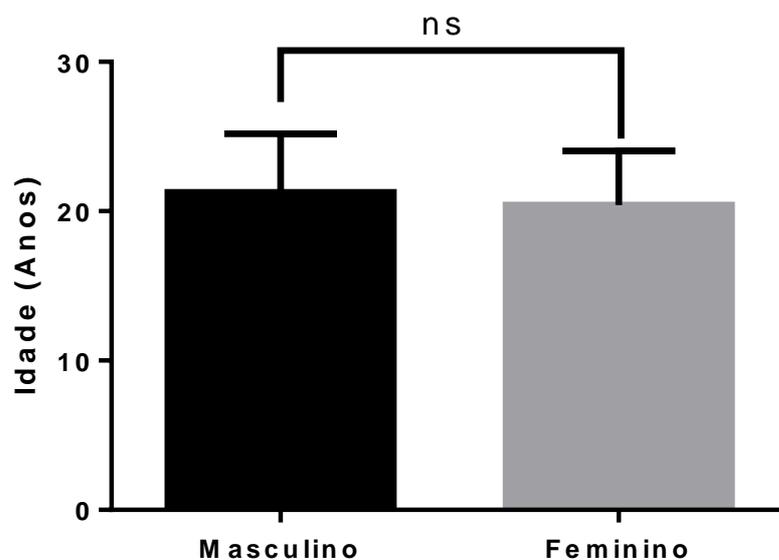
Fonte: Elaborada pelo autor com base em Santos et al. (2021).

Com relação ao sexo, verificou-se que 61,97% pertenciam ao sexo masculino, enquanto que 38,03% pertenciam ao sexo feminino. No que concerne à cor, 49,5% se declaram branco, 47,88% se declararam pardo e 2,81% afirmaram que eram negros (Tabela 1).

**Tabela 3.** Dados Sociodemográficos dos alunos

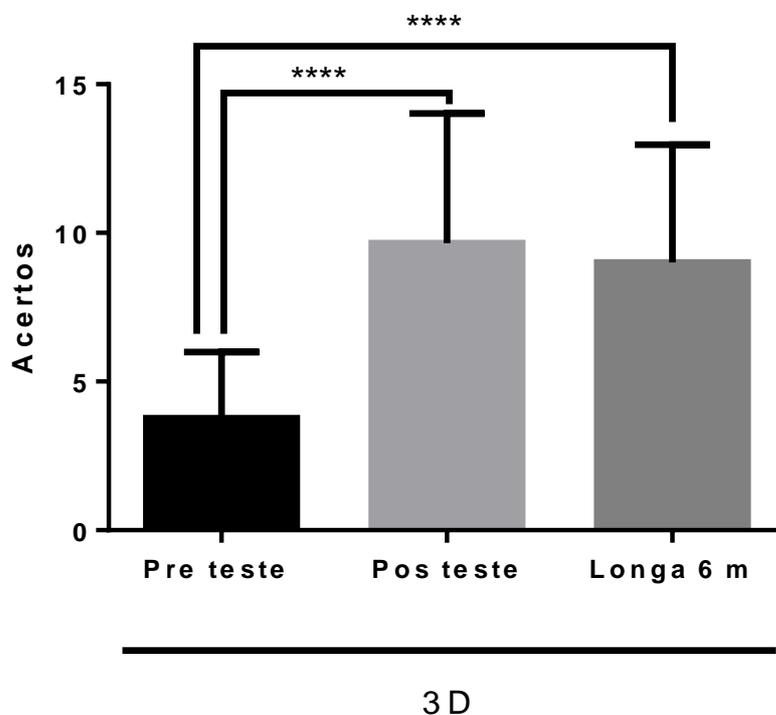
| <b>Dados</b> | <b>n</b> | <b>%</b> |
|--------------|----------|----------|
| <b>Sexo</b>  |          |          |
| Masculino    | 44       | 61,97    |
| Feminino     | 27       | 38,03    |
| <b>Cor</b>   |          |          |
| Branco       | 35       | 49,30    |
| Pardo        | 34       | 47,89    |
| Negro        | 2        | 2,81     |

Fonte: Elaborado pelo autor



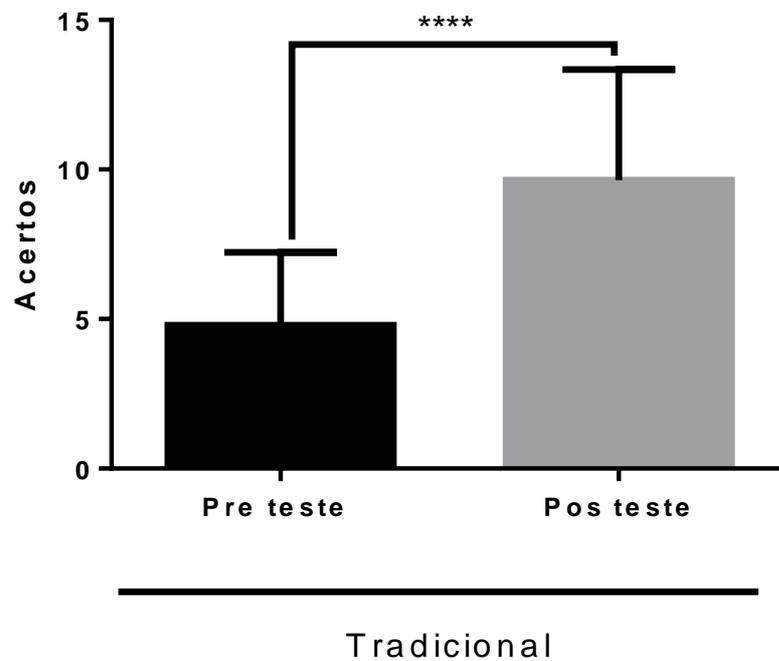
**Figura 1.** Idades dos participantes. Para a análise estatística foi utilizado o teste de Mann Whitney., onde o \*\*  $p \leq 0,05$  comparado com o pré-teste, pós-teste.

Verificou-se (figura 1) que a média de idade dos entrevistados foi de  $21,88 \pm 0,46$  para mulheres e  $21,75 \pm 0,77$  para homens (tabela 1). Verificou-se que não houve diferença estatisticamente significativas entre a idade dos entrevistados com relação ao sexo (Figura 1).



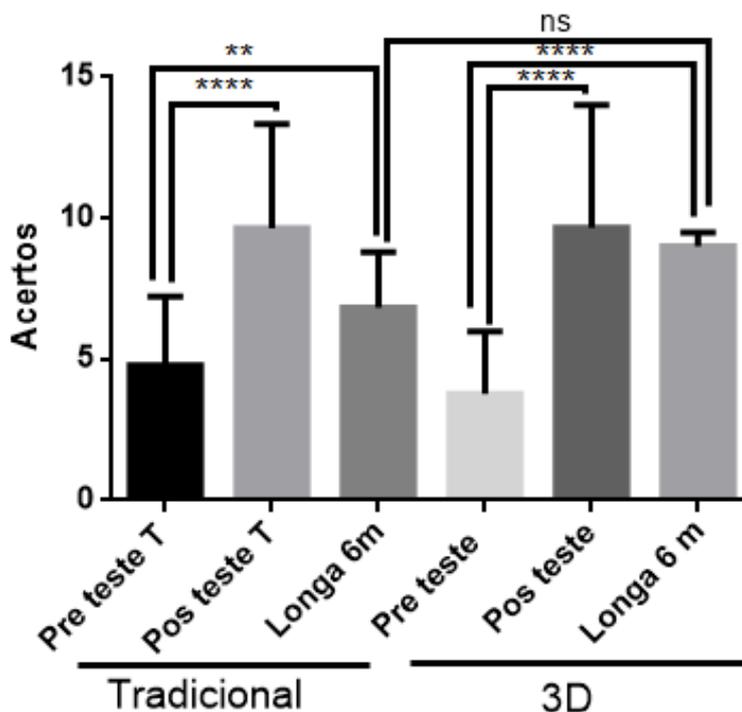
**Figura 2.** Comparação de acertos durante o pré-teste e pós-teste dos alunos que tiveram aulas Impressão 3 D. Para a análise estatística, foi utilizado o teste Wilcoxon, onde o \*\*\*\* < 0,0001 comparado com o grupo.

Observou-se que houve diferença estatisticamente significativa de acertos quando comparado o pré-teste com o grupo pós-teste após o uso da impressão 3D como ferramenta de ensino ( $p < 0,0001$ ). Ainda assim, notou-se que mesmo após 6 meses da intervenção que existe diferença estatisticamente significativa entre o pré-teste e longa duração, demonstrando assim que o conhecimento está consolidado mesmo após seis meses da intervenção com a impressão 3D ou seja, os alunos aprenderam e retiveram o conhecimento. Sendo assim, constatou-se que a utilização da impressão 3 D demonstra ser uma excelente ferramenta de aprendizagem (figura 2).



**Figura 3.** Comparação de acertos durante o pré-teste e pós-teste dos alunos que tiveram aulas com grupo do ensino tradicional. Para a análise estatística, foi utilizado o teste Wilcoxon, onde o \*\*\*\* < 0,0001 comparado com o grupo.

Verificou-se uma diferença estatisticamente significativa após a realização do ensino tradicional em relação ao conhecimento pré-teste quando comparado com o pós-teste ( $p < 0,0001$ ) após a exposição à metodologia tradicional com uso de cadáveres humanos durante a aula de vasos. Sendo assim, constatou-se que a utilização do cadáver é uma estratégia que promove aprendizagem significativa (figura 3).



**Figura 4.** Comparação de acertos durante o pré-teste e pós teste dos alunos que tiveram aulas com grupo do Impressão 3D com o tradicional. Para a análise estatística foi utilizado o teste Kruskal Wallis seguindo do teste de Dunns. Onde o \*\*\*\* < 0,0001 comparado com o grupo tradicional,  $p < 0,001$ \*\*\* comparado com o grupo tradicional.

Na figura 4 podemos observar uma diferença estatisticamente significativa quando comparamos o pré-teste com os pós teste em ambos os grupos tradicional e impressão 3D. Além disso, podemos observar que ambos os grupos promovem aprendizagem a longo prazo. Contudo, não obtivemos diferenças estatisticamente significativa quando comparamos com o grupo tradicional pós-teste longo prazo com impressão 3D pós-teste a longo prazo.

## 6. DISCUSSÃO

A educação em ciências é mais eficaz quando oferece experiências autênticas que refletem práticas e abordagens profissionais que abordam questões relevantes para a vida e as comunidades dos alunos (HANSEN, et al., 2020).

O Ensino de anatomia tem usado uma variedade de ferramentas auxiliares de ensino (HISAM et al., 2023). Os espécimes humanos requerem um alto custo de conservação e aquisição, precisam de instalações específicas para armazenamento e muitas vezes fornecem reconhecimento ineficaz de estruturas vasculares por conta das fragilidades das peças e escurecimento pela glicerina (ELLIS, 2002; YAN et al., 2018).

Com o desenvolvimento da tecnologia de computador, tecnologia da informação e tecnologia de reconstrução 3D do corpo humano médico, a tecnologia do corpo humano digital virtual 3D para a saúde humana tem sido amplamente utilizada em vários campos da medicina, especialmente, no ensino de estudantes de aplicação e anatomia (YIN et al., 2022).

A anatomia é essencialmente um conteúdo tridimensional e o aprendizado de suas estruturas, por meio de impressões 3D, por exemplo, é de notável importância, principalmente quando os métodos tradicionais de ensino, apesar de altamente eficaz, ainda tem algumas limitações (BARRETO et al., 2022).

Os modelos anatômicos são importantes ferramentas de treinamento e ensino no ambiente clínico e são usados rotineiramente na pesquisa de imagens médicas. Avanços em algoritmos de segmentação e maior disponibilidade de impressoras tridimensionais (3D) possibilitaram a criação de modelos econômicos específicos para ensino de diversas estruturas anatômicas do corpo humano (BÜCKING, et al., 2017). Além disso, a impressão 3D introduzida no ensino de anatomia, vem trazendo diversas vantagens, como precisão, estudo personalizado, fácil manuseio e identificação estruturas de difícil acesso nos cadáveres (BARRETO et al., 2022).

Nos últimos anos o acesso à tecnologia de impressão 3D aumentou devido à queda de preços, avanços tecnológicos, diminuição da cadeia de custo e formação de mestres e doutores com o conhecimento da tecnologia e aumento dos cursos de técnicas anatômicas no Brasil.

Nesse contexto, os estudos têm evidenciado que o uso de impressão 3D no ensino de anatomia cujos objetivos vão além da melhoria do ensino constituem umas excelentes ferramentas que permitem interação entre os alunos e aprofundamentos dos conhecimentos detalhados de estruturas anatômicas que não seria possível a visualização no cadáver. Portanto, a utilização de recursos de impressão 3 D torna-se uma estratégia de ensino e aprendizagem essencial na prática docente.

Em nosso trabalho, comparamos o modo de ensino tradicional, a impressão 3D como ferramenta no ensino de anatomia dos vasos cerebrais de forma comparativa com o ensino tradicional neuroanatomia.

Embora reconheçamos que existem outras ferramentas que podem apoiar a construção do conhecimento anatômico (ou seja, mesa digitais, realidade aumentada, peças plastinada, desenhos anatômicos, metodologias ativas), focamos especificamente a atenção na impressora 3D como uma ferramenta de construção devido ao seu uso crescente em no ensino anatômico, porém com ausência de estudos anatômicos quase experimental para de demonstrar a eficiências desse tipo de estratégia de ensino.

O achado mais importante é que, em nossa experiência, percebeu-se que o uso de um da impressão 3D melhorou o aprendizado a longo prazo para os alunos. Os professores, também, tiveram acesso a peças didáticas fidedignas que por sua vez facilitaram o entendimento da vascularização do sistema nervoso.

Nossos estudos corroboram com os estudos de Chytas et al. (2020) que observaram a melhoria da aprendizagem com implementação da impressão 3D no ensino de anatomia. Além disso, os autores compartilharam do mesmo problema: a escassez de estudos que compararam a eficácia educacional do 3D com a dissecação de cadáveres (CHYTAS et al. 2020).

Em estudos realizados com a tecnologia de impressão 3D, os autores verificaram que a impressão 3 D foi benéfica na ortopedia específica do paciente, como na criação de modelos anatômicos para planejamento cirúrgico, educação e treinamento cirúrgico, instrumentos específicos do paciente e implantes personalizados (WONG, 2016).

Segundo Morano (2022), não há uma receita pronta para promover aprendizagem significativa no ensino de anatomia. As modalidades de ensino a

serem desenvolvidas dependem de nossa realidade e de nossa capacidade de inovar e ser criativo criando diversos cenários de aprendizagem para aluno.

Em revisão realizada por Hansen et al. (2020) para avaliar a amplitude dos propósitos do uso de materiais impressos em 3D para aprimorar a educação biológica os autores constataram que os modelos 3D mais utilizados foram ossos, órgãos ou características específicas do corpo humano (por exemplo, fossa pterigopalatina; dentes) para uso em cursos de anatomia ou ciências da saúde.

Assim, parece que a impressão 3D certamente poderia ser usada como adjuvante na dissecação de cadáveres. Destarte, mais pesquisas quase experimentais poderiam esclarecer se a impressão 3D poderia obter um papel mais proeminente na pedagogia da anatomia em comparação com outras modalidades de ensino de anatomia.

Para Darras et al. (2018), os educadores devem selecionar as melhores ferramentas para ensinar anatomia aos futuros médicos e profissionais de saúde e, tradicionalmente, os cadáveres sempre foram considerados o “padrão ouro” para o ensino de anatomia humana. No entanto, novos avanços nas tecnologias de ensino criaram novas ferramentas para aprendizagem, como a dissecação virtual, realidade aumentada e bioimpressão 3D que oferecem aos alunos novas oportunidades de aprendizado.

Assim, mais estudos são necessários para investigar a real eficácia clínica do ensino com impressão 3D em grandes grupos de alunos com peças de diversos órgãos e sistema do corpo humano distinto.

Nosso pensamento corrobora com o de autores como Hansen et al. (2020) que recomenda que pesquisadores educacionais e especialistas em conteúdo em ciências biológicas e anatomia formem parcerias, aprendam uns com os outros e trabalhem com o objetivo de desenvolver e avaliar adequadamente um currículo que envolva alunos e educadores como criadores através de estudos mais robustos e sistemáticos para ampliar o uso da impressão 3D e melhoria do processo de ensino e aprendizagem.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da impressão 3 D do SNC é uma ferramenta essencial no processo de ensino e aprendizagem promovendo retenção do conhecimento a curto e longo prazo. Um conhecimento consolidado e uma melhor compreensão no contexto mais amplo da anatomia servirão como base sólida para estudante de anatomia garantindo uma educação anatomicamente precisa e detalhada necessárias para cirurgias de urgências, reparadoras e estéticas de maneira segura, apropriada e eficaz focada no paciente. Acreditamos que implementação da impressão 3D no ensino ajudará os professores de anatomia demonstrarem detalhes que devido à falta de cadáver dificulta a demonstração e visualização.

A identificação dessa variante anatômica no círculo arterial cerebral é crucial para identificar possíveis complicações como aneurismas, complicações isquêmicas, durante atendimento clínico de pacientes com doença aterosclerótica ou vasculite degenerativas do SNC.

Este estudo tem algumas limitações. Em primeiro lugar, por se tratar de um estudo transversal, podem ser observadas associações não causais ou de causalidade reversa. Entretanto, acredita-se que as intervenções educativas promovam a melhora da qualidade do ensino e uma maior satisfação para os alunos que utilizaram o material de estudo. Em segundo lugar, validamos todas as peças 3 D com objetivo de demonstrar uma maior fidelidade com a peça cadavérica. Por fim, a aplicação dos questionários não foi aceita por alguns alunos mesmo com sua participação e utilização das peças, mas quase 88,75% dos potenciais alunos participaram da pesquisa, mostrando uma alta taxa de adesão.

Dessa forma, esperamos que novos editais de pesquisa com recursos financeiros seja disponibilizados para o aprofundamento das pesquisas com impressão 3 D.

## 8. REFERÊNCIAS

AGIUS, A, CALLEJA, N, SULTANA, R et al., Perceptions of first-year medical students towards learning anatomy using cadaveric specimens through peer teaching. **Anat Sci Educ.**11(4):346-357, 2018.

APELGREN P, AMOROSO M, LINDAHL A, BRANTSING C, ROTTER N, GATENHOLM P, et al. (2017) Os condrócitos e as células-tronco em estruturas bioprintadas em 3D criam cartilagem humana *in vivo* . **PLoS ONE** 12 (12): 2017.

ARAUJO, GHM, SILVA, ASC, CARVALHO, LAS, SILVA, JC, RODRIGUES, CWMS, OLIVEIRA, GF. **Quiz como recurso didático no processo ensino-aprendizagem em genética.** 63ª Resumos da Reunião Anual da SBPC, 2011.

ARDAKANI SK, DADMEHR M, NEJAT F, S ANSARI, EFTEKHAR B, TAJIK P, et al. O círculo cerebral arterial (circulus arteriosus cerebral): um estudo anatômico em feto e amostra infantil. **Pediatr Neurosurg** 2008; 44 (5): 388-92.

ASTUR, DC et al . Atualização da anatomia do mecanismo extensor do joelho com uso de técnica de visualização tridimensional. **Rev. bras. ortop.**, São Paulo , v. 46, n. 5, p. 490-494, out. 2011.

BAAL, JOV, VAN, VKK, NIEUWLAND,R; VAN NOORDEN, CJ, VAN DRIEL, WJ, KENTER, GG, RILLERT, CAR, LOK, CA.The histophysiology and pathophysiology of the peritoneum. **Tissue and cell.**;49(1):95-105, 2017.

BAI JZ, WANG YX, ZHANG P, LIU MY, WANG PA, WANG JC, LIANG Y. Eficácia e segurança da cirurgia assistida por impressão 3D para o tratamento de fraturas do pilão: uma meta-análise de ensaios clínicos randomizados. **J Orthop Surg Res.** 2018;13

BARBOSA JP NETO, DUTRA BAL, SILVA SRC, RIBEIRO JCL. The use of smartphones in ophthalmology: technological development and application. **J Health Biol Sci.** 2021; 9(1):1-7.

BARRETO, J. E. F, KUBRUSLY, B. S. ., LEMOS FILHO, C. N. R. ., SILVA, R. S. . ., FAÇANHA, S. DE O. ., Santos, J. C. C. dos ., & Cerqueira, G. S. (2022). 3D printing as a tool in anatomy teaching: An integrative review. *International Journal for Innovation Education and Research*, 10(6), 58–71. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol10.iss6.377>.

BICKLEY, LS, Bates' Guide to Physical Examination and History-Taking. 11th N Am ed. 2012

BLUSTAJN J, Netchine I, Frédy D, et al. Dysgenesis of the internal carotid artery associated with transsphenoidal encephalocele: a neural crest syndrome? **AJNR Am J Neuroradiol.** 1999;20: 1154–7.

BRASIL, Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Comissão Nacional de Ética em pesquisa. **Normas para pesquisa envolvendo seres humanos:** (Res. CNS 466/12). Brasília (DF), 2012.

BRZEZIŃSKI M, BURY K, DĄBROWSKI L, HOLAK P, SEJDA A, et al. (2016) The New 3D Printed Left Atrial Appendage Closure with a Novel Holdfast Device: A Pre-Clinical Feasibility Animal Study. **PLOS ONE** 11(5): e0154559. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154559>

BÜCKING TM, HILL, ER, ROBERTSON JL, MANEAS E, PLUMB AA, Nikitichev DI. From medical imaging data to 3D printed anatomical models. **Plos One** 12(5): e0178540, 2017.

CECIL L. **Textbook of Medicine**. 20th ed. Philadelphia: W. B Company; 2005.

CHYTAS, Dimitrios et al. Three-dimensional printing in anatomy teaching: current evidence. **Surgical and Radiologic Anatomy**, v. 42, p. 835-841, 2020.

CICIARELLI MC. Mecanismos da Migrânea. **Soc Bras Cefaleia**, 2014. MARTINS et al., 2015).

COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action research: action research for operations management, **International Journal of Operations & Production Management**, v.22, n.2, p. 220-240, 2002.

CHAKRABORTY, T. COOPERSTEIN. D., COOPERSTEIN. ExploringAnatomyandPhysiologyUsingiPadApplications. **AnatSciEduc**11:336–345 2018.

COSTA, L. C. M. **Java para Iniciantes**. São Paulo: Ciência Moderna, 2002.

DAVIS, Christopher R. et al. Human anatomy: let the students tell us how to teach. **Anatomical sciences education**, v. 7, n. 4, p. 262-272, 2014.

DE ARMOND CC, KIM SE, LEWIS DD, BIEDRYZCKI AH, BANKS SA, COOK JL, et al. (2021) Three-dimensional-printed custom guides for bipolar coxofemoral osteochondral allograft in dogs. **PLoS ONE** 16(2): e0244208.

DIMENT LE, MS T, JHM B. Clinical efficacy and effectiveness of 3D printing: a systematic review. **BMJ Open**. 2017;7(12):e016891.

DISSABANDARA. LO , NIRTHANAN, SN, KHOO, TK , TEDMAN, R. Role of cadaveric dissections in modern medical curricula: a study on student perceptions. **Anat Cell Biol** 48:205-212, 2015.

ELLIS, Harold. Medico-legal litigation and its links with surgical anatomy. **Surgery (Oxford)**, v. 20, n. 8, p. i-ii, 2002.

ELKHAMISY, F. A. A.; WASSEF, R. M. Innovating pathology learning via Kahoot! game-based tool: a quantitative study of students` perceptions and academic performance. **Alexandria J. Med.**, v. 57, n. 1, p. 215–223, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/20905068.2021.1954413>

FEHRING, R. J. The fehring model. In: CARROL-JOHNSON, R. M.; PAQUETTE, M. Classification of nursing diagnoses, proceedings of the tenth conference. Philadelphia: **JB Lippincott**, 1994. p. 55-62.

FIALHO, ARIVELTO BUSTAMANTE. **Realidade Virtual e aumentada tecnologias para aplicações profissionais**. Saraiva Educação SA, 2018.

FINARDI, Kyria Rebeca; PREBIANCA, Gicele Vergine; MOMM, Christiane Fabíola. Tecnologia na Educação: o caso da Internet e do Inglês como Linguagens de Inclusão. **Cadernos do IL**, n. 46, p. 193-208, 2013.

Frezatti, Fábio; Borinelli, Márcio Luiz; Bragueto Martins, Daiana; Bortolucci Espejo, Márcia Maria dos Santos Análise do desempenho de alunos na perspectiva do “CHA” em disciplina utilizando PBL: o que significa a síntese? *Revista de Contabilidade e Organizações*, vol. 10, núm. 26,, pp. 3-19. 2016.

GALVAO, Elizabeth Correia Ferreira; PUSCHEL, Vilanice Alves Araújo. Aplicativo multimídia em plataforma móvel para o ensino da mensuração da pressão venosa central. **Rev. esc. enferm. USP**, São Paulo , v. 46, n. spe, p. 107-115, out. 2012

GADIOLI, Bárbara et al . Construção e validação de um objeto virtual de aprendizagem para o ensino da semiologia vascular venosa periférica. **Esc. Anna Nery**, Rio de Janeiro , v. 22, n. 4, e20180043, 2018.

GARCÍA-MOLINA, A.; ENSEÑAT-CANTALLOPS, A. Max Brödel (1870-1941), pionero de la ilustración neuroquirúrgica. **Neurosci Hist**, v. 7, n. 2, p. 77-82, 2019.

GOULD FDH.To 3D or Not to 3D, That Is the Question: Do 3D Surface Analyses Improve the Ecomorphological Power of the Distal Femur in Placental Mammals? **PLoS ONE** 9 (3): e91719. 2014.

HANSEN, Alexandria K. et al. Explorando o potencial da impressão 3D na educação biológica: uma revisão da literatura. **Biologia Integrativa e Comparada** , v. 60, n. 4, pág. 896-905, 2020.

HISHAM, Sofiah Hanis Ahmad et al. Development of 3D printed human brain models using thermoplastic Polyurethane/Rubber blends for anatomy teaching

promoting kinesthetic learning purposes. **Materials Today: Proceedings**, v. 74, p. 476-479, 2023.

HOLANDA VR, PINHEIRO AKB, PAGLIUCA LMF. Aprendizagem na educação online: análise de conceito. **Rev Bras Enferm**; 66(3):406-11, 2013.

HOLANDA MMA, PAZ DA, PAZ DA, DINIZ MJ, PEIXOTO RL, MACIEL TMM. **Revista Saúde e Ciência on line**,; 3(1) 21-34, 2014.

HOLLEBRANDS, F; HOLLYLYNNE, SL. Characterizing questions and their focus when pre-service teachers implement dynamic geometry tasks. **The Journal of Mathematical Behavior**, v 43, 2016, Pages 148-164

JABEEN N, GHANI A. Comparação do tradicional sistema de leitura de giz e quadro versus apresentação em power point como uma técnica de ensino para o ensino de anatomia grosseira aos primeiros estudantes de medicina profissional. **J EvolMedDentSci** 4 : 1811-1817, 2015.

JOVENTINO, E. S. Construção de uma escala psicométrica para mensurar a auto eficácia materna na prevenção da diarreia infantil, 2010. 215 f. **Dissertação** (Mestrado em Enfermagem) – Programa de Pós-Graduação em Enfermagem, Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

JONES JD, CASTANHO P, BAZIRA P, SANDERS K. Anatomical variations of the circle of Willis and their prevalence, with a focus on the posterior communicating artery: A literature review and meta-analysis. **Clin Anat**. 2021 Oct;34(7):978-990.

KARATAS, Ayse et al. Assessment of the circle of Willis with cranial tomography angiography. **Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research**, v. 21, p. 2647, 2015.

KIRKNESS,K SHARKEY, J, JAVISON, J. An Innovative Technique in Anatomy Pedagogy: The Flexagon as a Model of Gastrulation in Embryology. **Int J Anat Appl Physiol**.;7(5):209- 210, 2021.

KODJAOGLANIAN, Vera Lucia et al . Inovando métodos de ensino-aprendizagem na formação do psicólogo. **Psicol. cienc. prof.**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 2-11, Mar. 2003.

LIM, K.H.A., LOO, Z.Y., GOLDIE, S.J., ADAMS, J.W. AND MCMENAMIN, P.G. Use of 3D printed models in medical education: A randomized control trial comparing 3D prints versus cadaveric materials for learning external cardiac anatomy. **American Association of Anatomists**, 9: 213-221, 2016. <https://doi.org/10.1002/ase.1573>

LIMA, A. C. M. A. C. C; BEZERRA, K. C; SOUSA, D. M. N; ROCHA, J. F; ORIÁ, M. O. B. Construção e Validação de cartilha para prevenção da transmissão vertical do HIV. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 30, p. 181-189, 2017.

MCLACHLAN, J; PATENN, D. Anatomy teaching: ghosts of the past, present and future. **Medical Education** 2006;40:243–253.

MARTINS IC, MELO IR, HOLANDA AC, MAGALHÃES CP, SILVA JV, SILVA FP, et al **Headache Medicine**, v.6, n.2, p.35-38, Apr./May/Jun. 2015

MASIC, I. E-Learning as New Method of Medical Education. **Acta inform med.** 16(2): 102–117, 2008.

MARTINEZ-MÁRQUEZ D, MIRNAJAFIZADEH A, CP CARTY, STEWART RA. Aplicação da qualidade pelo design para próteses e andaimes de impressão em 3D. **PLoS ONE** 13 (4): 2018.

MEYER, Alfred; HIERONS, Raymond. A note on Thomas Willis' views on the corpus striatum and the internal capsule. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 1, n. 6, p. 547-554, 1964

MOORE, K, DALEY L, ARTHUR F. **Anatomia orientada para clínica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2019.

MORANO, Domingos Antônio Clemente Maria Silvio. **Convergência entre gamificação e metodologias ativas**: ferramentas no ensino de anatomia humana. Programa Pós-graduação em Ciências Morfofuncionais UFC. 2021.

NEVES, William da Silva et al . Agenesia da artéria carótida interna: relato de caso. **Radiol Bras**, São Paulo , v. 41, n. 1, p. 63-66, fev. 2008.

NGUYEN HH, SILVA JN. Use of smartphone technology in cardiology. **Trends Cardiovasc Med**. 2016 May; 26(4):376-86, 2016.

NYASA C, MWAKIKUNGA A, TEMBO L, DZAMALALA C, IHUNWO AO. Distribution of variations in anatomy of the circle of Willis: results of a cadaveric study of the Malawian population and review of literature. **Pan Afr Med J**. Jan 6; 38:11., 2021.

OUTO JUNIOR, M. A.; VIRTUOSO, G. H. F.; MARTINS, J. P. Propriedades desejáveis a uma linguagem de programação: uma análise comparativa entre as linguagens C, C++ e Java. In: CONGRESSO SUL BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO (SULCOMP), 6., Criciúma. **Anais eletrônicos**. Criciúma: UNESC, 2012. Disponível em: <<http://periodicos.unesc.net/index.php/sulcomp/article/view/796/747>>. Acesso em: 27 mar. 2015.

PEIXOTO, Raiza Luna et al. Variações anatômicas na porção posterior do polígono de Willis. **Ciência & Saúde**, v. 8, n. 1, p. 2-6, 2015.

PEREIRA, Saulo Gonçalves et al. ANATOMIA ÓSSEA E MUSCULAR DA ESCÁPULA E BRAÇO DE *Chrysocyonbrachyurus* (CARNÍVORA, CANIDAE). **Ciênc. anim. bras.**, Goiânia, v. 17, n. 4, p. 622-632, dez. 2016.

POCHAT, Victor Diniz de et al. Atividades de dissecação de cadáveres e residência médica: relato da experiência do Serviço de Cirurgia Plástica do Hospital Universitário Professor Edgard Santos da Universidade Federal da Bahia. **Rev. Bras. Cir. Plást.**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 561-565, dez. 2011.

POLIT DF, BECK CT. Fundamentos de Pesquisa em Enfermagem: Avaliação de evidências para a prática da enfermagem. 7rd ed. Porto Alegre: **Artmed**; 2011.

QUEIROZ, A. PBL, Problemas que trazem soluções. **Revista Psicologia, Diversidade E Saúde**, 1(1). <https://doi.org/10.17267/2317-3394rps.v1i1.36>, 2012.

QUINT DJ, SILBERGLEIT R, YOUNG WC. Absence of the carotid canals at skull base CT. **Radiology**. 1992; 182:477–81.

RAVI, P., CHEN, V.C.P. A focused simulation-based optimization of print time and material usage with respect to orientation, layer height and support settings for multi-pathological anatomical models in inverted vat photopolymerization 3D printing. **3D Print Med** 7, 23 (2021). <https://doi.org/10.1186/s41205-021-00112-w>

RENGACHARY, Setti S. et al. The legendary contributions of Thomas Willis (1621–1675): the arterial circle and beyond: Historical vignette. **Journal of neurosurgery**, v. 109, n. 4, p. 765-775, 2008.

RINDELAUB JD, BAIRD Z, LINDNER BA, STRANTZ AA. Identifying extractable profiles from 3D printed medical devices. **PLOS ONE** 14(5): e0217137. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217137>, 2019.

SANTOS, Mara Salomé Sousa. Virtópsia e sua aplicabilidade em Portugal. 2017.

SCHAEFER, Audra F. et al. What does a modern anatomist look like? Current trends in the training of anatomy educators. **Anatomical sciences education**, v. 12, n. 3, p. 225-235, 2019.

SILVA, João Batista da; SALES, Gilvandenys Leite; CASTRO, Juscileide Braga de. Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, 2019

SMITH, C.F., TOLLEMACHE, N., COVILL, D. AND JOHNSTON, M. (2018), Take away body parts! An investigation into the use of 3D-printed anatomical models in undergraduate anatomy education. **American Association of Anatomists**, 11: 44-53, 2018. <https://doi.org/10.1002/ase.1718>

SEIFERT-HELD T, EBERHARD K, CHRISTENSEN S, HOFER E, ENZINGER C, ALBERS GW, LANSBERG M. Circle of Willis variants are not associated with thrombectomy outcomes. **Stroke Vasc Neurol**. 2021 Jun;6(2):310-313, 2021.

SILVA, Jonatha Cajado Menezes et al. Aprendendo a aprender no universo médico. 2021.

SILVA, JANICE HENRIQUES DA, FOUREAUX, GISELLE, SÁ, MARCOS AUGUSTO DE, SCHETINO, LUANA PEREIRA LEITE, & GUERRA, LEONOR BEZERRA. O ensino-aprendizagem da anatomia humana: avaliação do desempenho dos alunos após a utilização de mapas conceituais como uma estratégia pedagógica. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru , v. 24, n. 1, p. 95-110, jan. 2018.

SMITH, Claire F. et al. 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, 2018.

SPINNATO S, PASQUALIN A, CHIOFF F, DA PIAN R, YASARGIL MG, ABDULRAUF SI. et al. Infraotic course of the anterior cerebral artery associated with na anterior communicating artery aneurysm: Anatomic case report and embryological considerations. Commentaries: **Journal Neurosurgery** 1999;44(6):1315-1319.

STONINGTON, Scott D. et al. Case studies in social medicine-attending to structural forces in clinical practice. **New England Journal of Medicine**, v. 379, n. 20, p. 1958-1961, 2018.

TEIVE HAG, COUTINHO L, CAMARGO CHF, MUNHOZ RP, WALUSINSKI O. Thomas Willis' legacy on the 400th anniversary of his birth. **Arq Neuropsiquiatr**. 2022 Jul;80(7):759-762.

THOMAS, Jerry R. e NELSON, Jack K. (1996) Research methods in physical activity. 3.ed. Champaign : Human Kinetics.

VENTOLA CL. **Aplicações médicas para impressão 3D: usos atuais e projetados.** P&T 2014;39,:704–711.

VIEIRA, JK, JOSÉ V. M. LARCHER , MONICA C. FERNEDA, DIAS JÚNIOR, GDB, BRUM, LS. **Uso de maquetes físicas tridimensionais para o ensinoaprendizagem em desenho técnico.** Conbenge, 2011.

VOHRA S, KHOSHHAL K, KAIMKHANI Z, KHAN MM. Clinical significance of cadaveric dissection for future clinicians. **Middle East J Fam Med.** 2011;9(2):25-8.

XIE LZ, CHEN CH, ZHANG YY, ZHENG WH, CHEN H, CAI LY. ORIF assistida por impressão tridimensional versus ORIF convencional para fraturas do planalto tibial: uma revisão sistemática e meta-análise. **Int J Surg.** 2018;57:35–44.

WESTPHAL LP, LOHAUS N, WINKLHOFER S, MANZOLINI C, HELD U, STEIGMILLER K, HAMANN JM, EL AMKI M, DOBROCKY T, PANOS LD, KAESMACHER J, FISCHER U, HELDNER MR, LUFT AR, GRALLA J, ARNOLD M, WIEST R, WEGENER S. Circle of Willis variants and their association with outcome in patients with middle cerebral artery-M1-occlusion stroke. **Eur J Neurol.** 2021 Nov;28(11):3682-3691.

WU W, CHENG Y, LI Y, JIANG J, CHEN F, CAI D, ZHANG L. Assessment of Primary Collateral Grades Based on the Integrity of Willis' Circle: Predicting the Prognosis of Acute Intracranial Internal Carotid Artery Occlusion Before Thrombectomy. **World Neurosurg.** 2022 Sep 8:S1878-8750(22)01249-9, 2022.

YAN, Qian et al. A review of 3D printing technology for medical applications. **Engineering**, v. 4, n. 5, p. 729-742, 2018.

YE, Z., DUN, A., JIANG, H. *et al.* The role of 3D printed models in the teaching of human anatomy: a systematic review and meta-analysis. **BMC Med Educ** 20, 335 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02242-x>

YIN, Gang; ZHANG, Luyao; DAI, Tingting. Application and Visualization of Human 3D Anatomy Teaching for Healthy People Based on a Hybrid Network Model. **Journal of Healthcare Engineering**, v. 2022, 2022.

ZHU W, MA X, GOU M, MEI D, ZHANG K, CHEN S. 3D printing of functional biomaterials for tissue engineering. **Curr Opin Biotechnol.** 2016 Aug;40:103-112. doi: 10.1016/j.copbio.2016.03.014. Epub 2016 Apr 1. PMID: 27043763.

WONG, Kwok Chuen. 3D-printed patient-specific applications in orthopedics. **Orthopedic research and reviews**, p. 57-66, 2016.

## APÊNDICES

### APENDICE A



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS\_GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MORFOFUNCIONAIS**

#### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

**Título do Projeto:** “IMPRESSÃO 3 D E METODOLOGIAS ATIVAS MELHORAM O PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE ANATOMIA?”,

**Pesquisador Responsável:** Claudio Silva Teixeira

**Orientador:** Prof. Dr. Gilberto Santos Cerqueira

**Instituição:** Universidade Federal do Ceará – UFC; Programa de Pós-graduação em **CIÊNCIAS MORFOFUNCIONAIS**

**Telefone para contato:** (64) 98408 9329

Prezado (a) Senhor (a),

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário, em uma pesquisa. Você precisa decidir se quer participar ou não. Por favor, não se apresse em tomar a decisão. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte ao responsável pelo estudo qualquer dúvida que você tiver. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa em participar da pesquisa a qualquer momento, você não será penalizado (a) nem perderá benefícios aos quais tenha direito.

**Objetivo do estudo:** Investigar o papel da impressão 3 e metodologias ativas como ferramenta no processo de ensino e aprendizagem de anatomia.

**Riscos:** Mínimos, relacionados ao desconforto ao relatar a experiência, recusa em continuar com a entrevista, expressão de sentimentos também podem ocorrer ao relatar as situações experienciadas.

**Procedimentos:** A pesquisa está sendo realizada após aprovação do CEP/UFC. Você tem o direito de retirar o consentimento a qualquer tempo, sem qualquer prejuízo da continuidade do acompanhamento/ tratamento usual. Sua participação nesta pesquisa consistirá apenas na disponibilidade para responder dois questionários online, um antes e depois do estudo da Unidade Temática escolhida com a duração de no máximo 12 minutos para responder a cada um.

**Benefícios:** Proporcionar um melhor entendimento da aprendizagem utilizando a impressão 3D e metodologias ativas como ferramenta.

**Sigilo:** Se você concordar em participar do estudo, seu nome e identidade serão mantidos em sigilo. A menos que requerido por lei ou por sua solicitação, somente o pesquisador, a equipe do estudo, Comitê de Ética independente e inspetores de agências regulamentadoras do governo (quando necessário) terão acesso às suas informações para verificar as informações do estudo.

A qualquer momento você poderá retirar o consentimento de participação da pesquisa.

### **Consentimento de Participação da Pessoa como Sujeito**

Eu, \_\_\_\_\_,

RG \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_ abaixo assinado, concordo em participar do estudo “a **IMPRESSÃO 3 D E METODOLOGIAS ATIVAS MELHORAM O PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE ANATOMIA?**”,”, como sujeito. Fui suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo. Discuti com Claudio Silva Teixeira sobre a minha decisão em participar deste estudo. Ficaram claros pra mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu acompanhamento/assistência/tratamento neste serviço.

Fortaleza, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2023.

---

Nome e assinatura do participante na pesquisa

Testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome: \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

RG: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste sujeito de pesquisa ou representante legal para a participação neste estudo.

---

Assinatura do pesquisador responsável

### Observações complementares

**ATENÇÃO:** Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ – Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344. (Horário: 08:00-12:00 horas de segunda a sexta-feira).  
O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

### Endereço do (as) responsável (is) pela pesquisa

**Nome:** Claudio Silva Teixeira

**Instituição:** Universidade Federal do Ceará

**Endereço:** Faculdade de Medicina

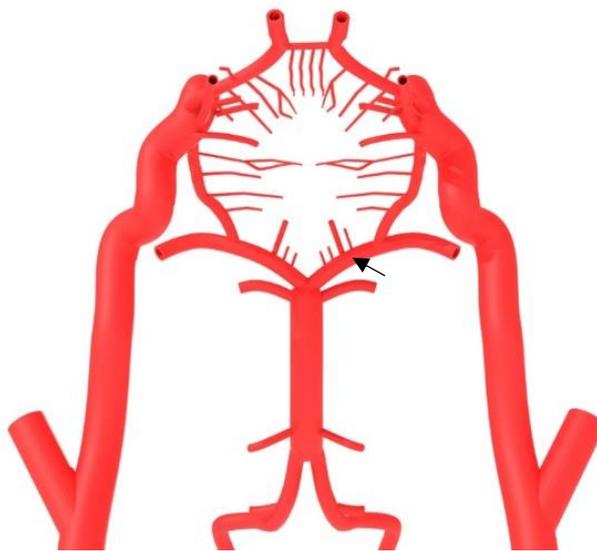
**Telefones para contato:** (64) 98408 9329

**Nome:** Gilberto Santos Cerqueira

**Instituição:** Universidade Federal do Ceará

**Endereço:** Programa de Pós-Graduação em Ciências Morfofuncionais

**Telefones para contato:** (85) 3366 8471

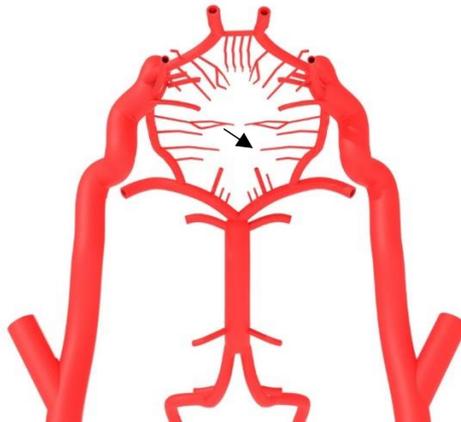
**APENDICE B****QUESTIONÁRIO APLICADO NO PRÉ-TESTE, PÓS-TESTE E LONGA DURAÇÃO****Dados****Idade** \_\_\_\_\_ **Gênero** \_\_\_\_\_ **Cor** \_\_\_\_\_ **Curso** \_\_\_\_\_**Questão 01** - Identifique a estrutura indicada pela seta:

- A. Artéria comunicante anterior
- B. Artéria cerebral posterior
- C. Artéria cerebral média
- D. Artéria basilar
- E. Artéria cerebelar superior

**Questão 02** - A junção das artérias vertebrais direita e esquerda formam a (o):

- A. Artéria cerebral média
- B. Artéria basilar
- C. Artéria carótida interna
- D. Sistema ázigo
- E. Artéria comunicante

**Questão 03** - Identifique a estrutura indicada pela seta:



- A. Ramo hipotalâmico
- B. Artérias talamoestriada posterior
- C. Artéria centrais ântero-mediais
- D. Artérias cerebelar superior
- E. Artérias centrais ânteromediais

**Questão 04** - As artérias cerebrais posteriores (ACPs) são formadas pela bifurcação da:

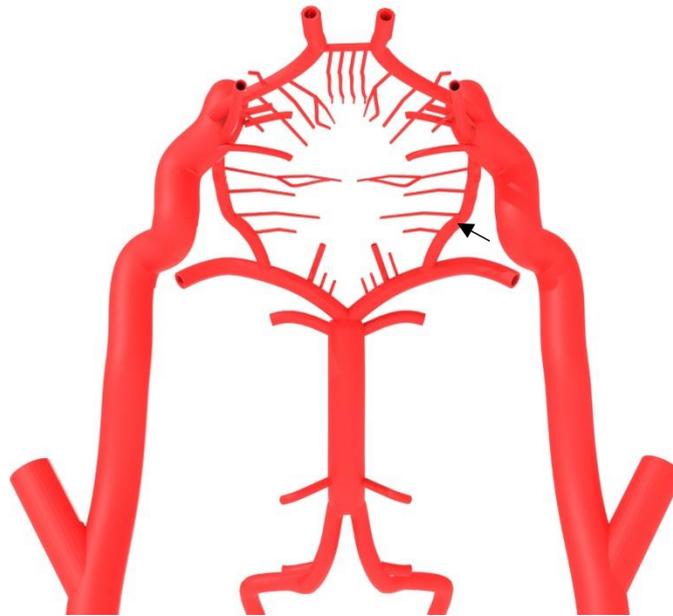
- A. Artéria vertebral
- B. Artéria carótida externa
- C. Artéria basilar
- D. Artéria cerebelar inferior anterior
- E. Artéria cerebral média

**Questão 5**- As \_\_\_\_\_ dão origem às duas artérias espinhais posteriores e à artéria espinhal anterior que vascularizam a medula. E, aproximadamente no nível do sulco bulbo-pontino, fundem-se para constituir um tronco único, a artéria basilar.

Assinale a alternativa que completa a sentença:

- A. Artérias carótidas
- B. Artérias cerebrais
- C. Artérias cerebelares
- D. Artérias vertebrais
- E. Artérias comunicantes

**Questão 06** - Identifique a estrutura indicada pela seta:



- A. Artéria comunicante anterior
- B. Artéria carótida externa
- C. Artérias cerebelar inferior anterior
- D. Artéria comunicante posterior
- E. Artéria hipofisaria anterior

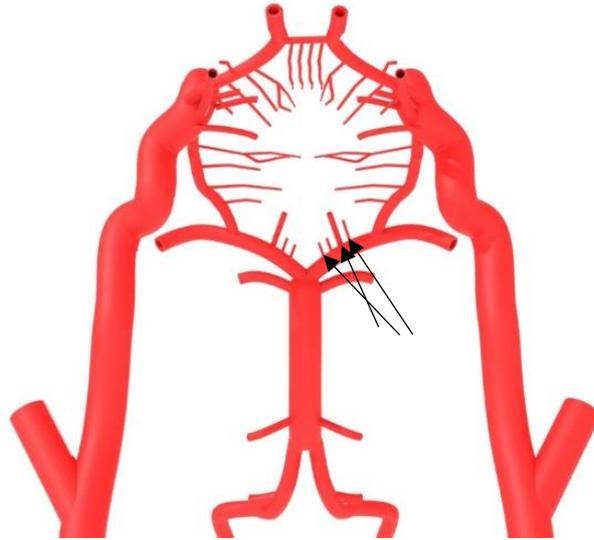
**Questão 07** - Quais são os principais ramos da artéria basilar:

- A. Artéria cerebelar superior, artéria cerebelar inferior anterior, artéria labirinto e ramos pontinos.
- B. Artéria cerebelar inferior anterior, artéria cerebral média, artéria oftálmica e artéria comunicante
- C. Ramos pontinos, artéria comunicante, artéria estriada medial e artéria do túber cinéreo
- D. Artéria cerebral média, artéria cerebelar superior, artéria estriada medial e artéria carótida externa
- E. Artéria labirinto, artéria oftálmica, artéria carótida externa e ramo hipotalâmico

**Questão 08** - Os ramos originados nas \_\_\_\_\_ irrigam os núcleos da base, os lobos frontais e parietais, a parte lateral dos lobos temporais e a maior parte da cápsula interna. A alternativa que completa a frase é:

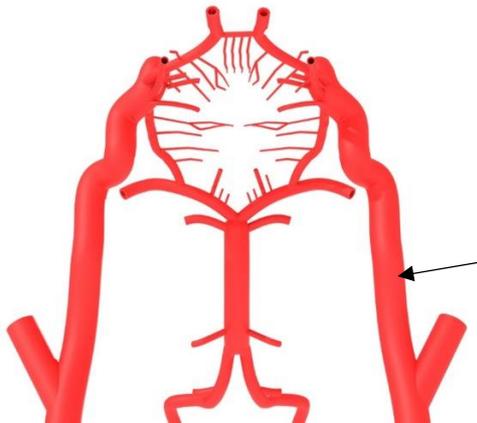
- A. Artérias basilares
- B. Artérias cerebelares
- C. Artérias vertebrais
- D. Artérias do labirinto
- E. Artérias carótidas internas

**Questão 09** – Qual estrutura está delimitada pela seta?



- A. Artérias talamotuberal
- B. Artérias centrais ântero-mediais
- C. Ramos para o nervo oculomotor
- D. Artérias do túber cinéreo
- E. Artérias centrais póstero-mediais

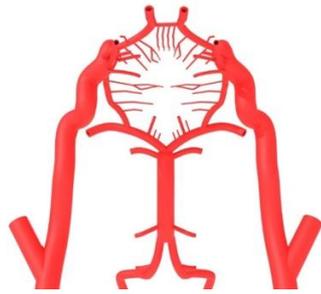
**Questão 10** – A estrutura indicada na seta passa muito próxima dos pares de nervos cranianos (NCs) III, IV, V e VI. Identifique-a:



- A. Artéria comunicante posterior
- B. Artéria carótida interna
- C. Artéria cerebral média
- D. Artéria carótida externa
- E. Artéria vertebral

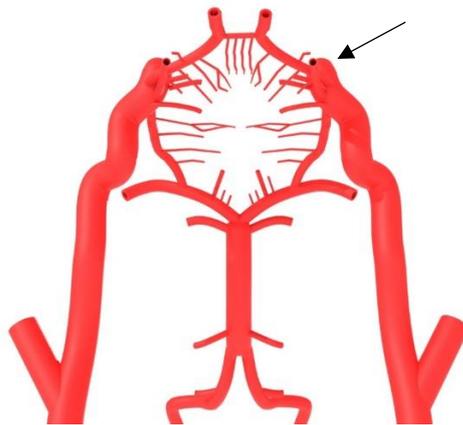
**Questão 11** – Artéria identificada abaixo é pequena e anastomosa as duas artérias cerebrais adiante do quiasma óptico. Qual artéria está demarcada pela seta?





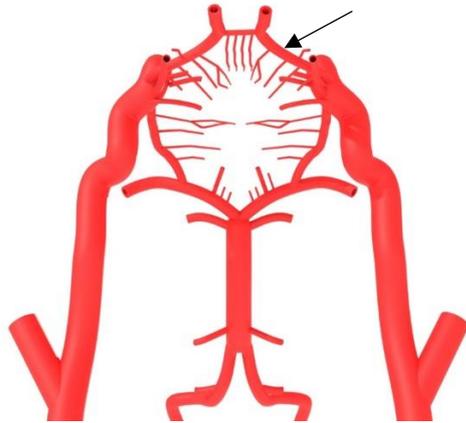
- A. Artéria comunicante posterior
- B. Artéria oftálmica
- C. Artéria talamotuberal
- D. Artéria comunicante anterior
- E. Artéria cerebral média

**Questão 12** – Identifique a estrutura indicada pela seta:



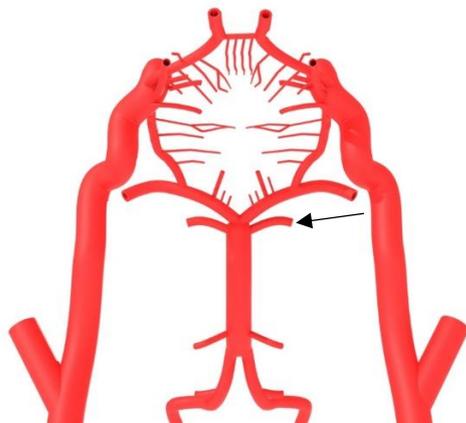
- A. Artéria cerebelar superior
- B. Artéria talamotuberal
- C. Artéria cerebral média
- D. Artéria carótida externa
- E. Artéria vertebral

**Questão 13** – Qual estrutura está demarcada abaixo?



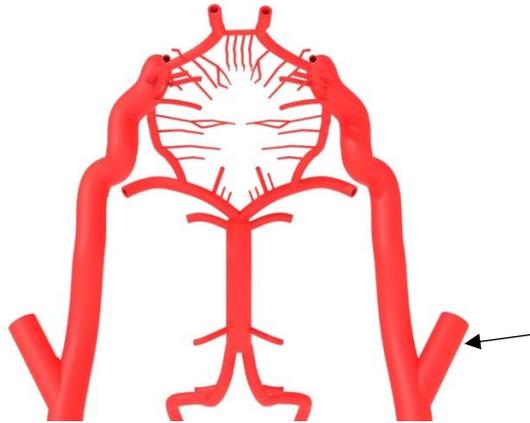
- A. Artéria cerebral anterior
- B. Artéria cerebral média
- C. Artéria carótida interna
- D. Artéria basilar
- E. Artéria perfurante

**Questão 14** – A artéria a seguir nasce da basilar, logo abaixo das cerebrais posteriores, distribuindo-se ao mesencéfalo e ao cerebelo. Assinale a alternativa que contempla essa artéria:



- A. Artéria cerebelar inferior anterior
- B. Artéria basilar
- C. Artéria carótida externa
- D. Artéria comunicante posterior
- E. Artéria cerebelar superior

**Questão 15** - Identifique a estrutura indicada pela seta:



- A. Artéria carótida interna
- B. Artéria cerebral média
- C. Artéria comunicante posterior
- D. Artéria vertebral
- E. Artéria carótida externa

**ANEXOS A**

UFC - UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ /



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** IMPRESSÃO 3 D E METODOLOGIAS ATIVAS MELHORAM O PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE ANATOMIA?

**Pesquisador:** Cláudio Silva Teixeira

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 53771421.5.0000.5054

**Instituição Proponente:** DEPARTAMENTO DE MORFOLOGIA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.289.527

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se de um estudo que pretende avaliar se estratégias como a Impressão 3 D e metodologias ativas melhoram a aprendizagem de Anatomia de alunos dos Cursos de Saúde da UFC.

#### Objetivo da Pesquisa:

**Geral:** Investigar o papel da impressão 3 e metodologias ativas como ferramenta no processo de ensino e aprendizagem de anatomia.

#### Específicos:

Propor um modelo anatômico e funcional para estudar a vascularização do sistema nervoso central (SNC) em 3 dimensões (3D), para servir como uma ferramenta didática.

Comparar a apreensão do conhecimento sobre a circulação arterial cerebral utilizando modelos 3D. Desenvolver e avaliar um quiz eletrônico em plataforma móvel para o ensino da vascularização do sistema nervoso central.

Avaliar se os desenhos anatômico construídos de forma ativa melhoram a aprendizagem de anatomia humana. Avaliar se o PBL (Aprendizagem Baseada em Problemas) promove aprendizagem quando comparada com a metodologia tradicional.

Analisar se os vídeos do Youtube sobre Body Paint e anatomia lúdica promovem aprendizagem significativa.

**Endereço:** Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

**Bairro:** Rodolfo Teófilo

**CEP:** 60.430-275

**UF:** CE

**Município:** FORTALEZA

**Telefone:** (85)3366-8344

**E-mail:** comape@ufc.br

Continuação do Parecer: 5.289.527

Comparar a aprendizagem entre grupos desenho, impressão 3D e PBL+ Aplicativo

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos: mínimos, relacionados ao desconforto ao relatar a experiência, recusa em continuar com a entrevista, expressão de sentimentos também podem ocorrer ao relatar as situações experienciadas.

Benefícios: proporcionar um melhor entendimento da aprendizagem utilizando a impressão 3D e metodologias ativas como ferramenta

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Trata-se de um estudo analítico, descritivo, experimental com abordagem quantitativa, com 160 alunos do 1º semestre cursando anatomia, com idade maior que 18 anos. O recrutamento dos participantes se dará da seguinte forma: serão afixados cartazes nos departamentos, salas de aula e corredores dos Cursos de Saúde da UFC, informando sobre este projeto de pesquisa e orientando os alunos a entrar em contato com o pesquisador responsável, caso tenham interesse em participar da pesquisa. Posteriormente, serão divididos aleatoriamente em três grupos através de randomização em bloco. Será realizado um pré teste sobre vascularização do SNC, quatorze dias após a realização do pré teste, a prova será novamente aplicada para verificar a retenção do conhecimento à longo prazo. As provas pré e pós serão corrigidas por um avaliador que não saberá a qual grupo elas pertencem, e receberão uma nota variando de 0 a 10. Na construção do desenho com o intuito de melhorar o ensino nas aulas de desenho anatômico será utilizado atlas de anatomia. Para o desenvolvimento da pesquisa um grupo composto por docentes e discentes participarão da elaboração dos desenhos anatômico com orientação do professor e ajuda de atlas de anatomia. A pesquisa de campo irá acontecer na disciplina de na anatomia dos cursos de saúde, ou seja, será realizado 4 encontros presenciais com os estudantes com 2 sessões tutoriais. As sessões tutoriais serão realizadas em duas etapas conforme os 7 passos do PBL. Será realizado um comparativo entre as notas pré e pós de cada grupo, para verificar o aprendizado proporcionado por cada método, bem como entre as notas pós P0 e P10 para verificar a retenção do conhecimento adquirido. Para avaliação da satisfação dos alunos será utilizado um questionário.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Todos os termos foram devidamente apresentados.

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000  
 Bairro: Rodolfo Teófilo CEP: 60.430-275  
 UF: CE Município: FORTALEZA  
 Telefone: (85)3366-8344 E-mail: comape@ufc.br

Continuação do Parecer: 5.289.527

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Projeto aprovado.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

| Tipo Documento  | Arquivo                                       | Postagem               | Autor                  | Situação |
|---|---|------------------------|------------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto                            | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1805364.pdf | 17/02/2022<br>00:00:31 |                        | Aceito   |
| Outros  | Carta_anuencia_claudio_FAFOE.pdf              | 16/02/2022<br>23:59:48 | Cláudio Silva Teixeira | Aceito   |
| Outros  | CARTA_SOLICITANDO_APRECIACA O.pdf             | 25/11/2021<br>23:08:47 | Cláudio Silva Teixeira | Aceito   |
| Outros  | anuencia_dio.pdf                              | 21/11/2021<br>03:15:03 | Cláudio Silva Teixeira | Aceito   |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE_clau.pdf                                 | 21/11/2021<br>03:14:10 | Cláudio Silva Teixeira | Aceito   |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador                 | PROJETO_claudio_2021.pdf                      | 21/11/2021<br>03:10:01 | Cláudio Silva Teixeira | Aceito   |
| Cronograma  | CRONOGRAMA_claudio.pdf                        | 21/11/2021<br>01:13:37 | Cláudio Silva Teixeira | Aceito   |
| Declaração de Pesquisadores                               | DECLARACAO_DOS_PESQUISADORES_S_ENVOLVIDOS.pdf | 21/11/2021<br>00:56:51 | Cláudio Silva Teixeira | Aceito   |
| Orçamento   | DECLARACAO_DE_ORCAMENTO.pdf                   | 21/11/2021<br>00:52:37 | Cláudio Silva Teixeira | Aceito   |
| Folha de Rosto  | Folha_rosto_clau.pdf                          | 21/11/2021<br>00:47:38 | Cláudio Silva Teixeira | Aceito   |
| Declaração de Instituição e Infraestrutura                | Declar_infra_claudio.pdf                      | 21/11/2021<br>00:17:30 | Cláudio Silva Teixeira | Aceito   |
| Declaração de concordância                                | anuencia_claudio.pdf                          | 21/11/2021<br>00:16:56 | Cláudio Silva Teixeira | Aceito   |

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000  
 Bairro: Rodolfo Teófilo CEP: 60.430-275  
 UF: CE Município: FORTALEZA  
 Telefone: (85)3366-8344 E-mail: comepe@ufc.br

UFC - UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ /



Continuação do Parecer: 5.289.527

FORTALEZA, 14 de Março de 2022

---

**Assinado por:**  
**FERNANDO ANTONIO FROTA BEZERRA**  
(Coordenador(a))

## Anexo B

### On-time Abstracts

Abstracts submitted prior to the December 14th deadline will be considered for either an oral presentation or a poster presentation. Programmed and approved abstracts will be published in a supplement to either [Developmental Dynamics](#) (all scientific research abstracts) or [Anatomical Sciences Education](#) (all education research abstracts). All abstracts will undergo a peer-review process.

### TRABALHOS ACEITOS E PUBLICADOS

✕ Fechar AAA Anatomy Connected abstract acceptance - poster presentation



Dear Claudio Teixeira,

On behalf of the American Association for Anatomy (AAA), I am pleased to inform you that your abstract has been accepted for a poster presentation at Anatomy Connected occurring March 25 – 27, 2023 in Washington, DC. Please advise co-authors (and for students your advisor) — they will not receive a separate confirmation. This is a preliminary notification and additional details will be coming in a few weeks.

**Abstract #** - 1416125

**Abstract title** - *3D printing of the cerebral arterial circle improves anatomy learning*

**Presentation Type** – poster

**Presenting Author** - Claudio Teixeira

**Poster Session Group** – Anatomy Education

**Poster Session Date** – 3/25/2023

**Poster Manning Time** – 4:30 pm - 6:30 pm (see note below about poster manning times)

**Location:** [JW Marriott Washington DC Hotel](#), 1331 Pennsylvania Avenue NW, Washington, DC, USA

Student and Postdoc Poster and Oral Award finalists and Travel Award recipients will be notified in a separate email. If you submitted more than one abstract, you will receive a separate email with details on each abstract. Your abstract will be published in either [Developmental Dynamics](#) or [Anatomical Sciences Education](#). If you need to withdraw your abstract, please contact me.

The poster board surface area for your poster is 44" high and 44" wide. Note: You are sharing half of a full-sized poster board (90 inches long) with another presenter. Each presenter has 44" x 44" for their poster. Your poster will be hung all day in the poster hall, but you must be physically present at your poster during Poster Manning Time. We allocate separate poster presentation times for odd and even poster numbers. The first hour, posters with odd poster board numbers will be presented, and the second hour will be for posters with even poster board numbers. The odd/even schedule provides the opportunity for poster presenters to also visit other poster presentations. By following the odd/even numbered schedule attendees will know when an author will be present.

## ANEXO C

## ACEITE DO ARTIGO DE REVISÃO PUBLICADO JMS



## Article Acceptance

Dear Dr. **Cláudio Silva Teixeira**,

It is a pleasure to inform you that your article entitled **"THE ROLE OF 3D PRINTING AND IMAGE EXAMS IN HUMAN ANATOMY TEACHING"** was accepted for publication in the Journal of Morphological Sciences.

The manuscript files are now under the process of PDF production and the article will be available online no longer than October 2023.

Thank you for your valuable contribution to our journal and congratulations on your publication!

Valéria Paula Sassoli Fazan  
Editor-in-Chief  
Journal of Morphological Sciences