



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Filipe Lima Rego

Desenvolvimento de modelos tridimensionais e de uma sequência didática para o ensino de sistema cardiovascular para alunos com deficiência visual

Rio de Janeiro
2020

Filipe Lima Rego

Desenvolvimento de modelos tridimensionais e de uma sequência didática para o ensino de sistema cardiovascular para alunos com deficiência visual

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Paulo do Amaral Crivano Machado

Coorientadora: Prof.^a Dra. Andréa Espinola de Siqueira

Rio de Janeiro

2020

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CB-A

R343 Rego, Filipe Lima.

Desenvolvimento de modelos tridimensionais e de uma sequência didática para o ensino de sistema cardiovascular para alunos com deficiência visual/ Filipe Lima Rego – 2020.

93f.

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Paulo do Amaral Crivano Machado.

Coorientadora: Prof.^a Dra. Andréa Espinola de Siqueira.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. Pós-graduação em Ensino de Biologia.

1. Deficientes visuais – Educação - Teses. 2. Biologia – Métodos de ensino - Teses. 3. Modelos Tridimensionais - Teses. 4. Deficientes visuais - Ensino – Teses. I. Machado, Lúcio Paulo do Amaral Crivano. II. Siqueira, Andréa Espinola. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. IV. Título.

CDU 371.3:57

Bibliotecária: Ana Rachel Fonseca de Oliveira
CRB7/6382

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Filipe Lima Rego

Desenvolvimento de modelos tridimensionais e de uma sequência didática para o ensino de sistema cardiovascular para alunos com deficiência visual

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 26 de outubro de 2020.

Coorientadora: Prof.^a Dra. Andréa Espinola de Siqueira

Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Banca examinadora:

Prof. Dr. Lúcio Paulo do Amaral Crivano Machado (Orientador)

Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Prof.^a Dra. Ana Carolina Stumbo Machado

Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Prof. Dr. Aires da Conceição Silva

Instituto Benjamin Constant

Rio de Janeiro

2020

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus pais por me fazerem entender desde cedo que o conhecimento seria o meu único patrimônio e que todo o resto seria construído a partir disso. Hoje não me restam dúvidas, estudar muda a vida!

Ao meu irmão eu agradeço por todo incentivo em continuar na luta quando eu quase desisti do curso de biologia ainda no início da faculdade por todas as dificuldades da época.

Aos meus avós por todo acolhimento que foi necessário pelas circunstâncias da vida e aos meus tios e tias pelas referências que ajudaram a constituir o meu caráter.

Aos meus amigos que fazem a caminhada valer a pena.

Aos meus orientadores por tantos ensinamentos e pela convivência harmoniosa ao longo desses dois anos.

A todos os professores do PROFBIO-UERJ que deram um brilho diferente aos sábados letivos.

Aos demais mestrandos por compartilharem práticas tão belas e interessantes que contribuíram por me tornar um profissional melhor.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Brasil – Código de Financiamento 001.

RESUMO

REGO, Filipe Lima. **Desenvolvimento de modelos tridimensionais e de uma sequência didática para o ensino de sistema cardiovascular para alunos com deficiência visual**. 93f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

Comparando os dados do IBGE e do INEP nos anos de 2010 e 2017 é possível observar que o número de indivíduos com deficiência visual matriculados no ensino regular, especial e EJA (Educação de Jovens e Adultos) é baixo, não existindo aumento ao longo do tempo. Uma das possíveis causas é ausência de recursos que permitem incluir os indivíduos no processo formativo, assim como uma inadequação do próprio currículo. Levando-se em consideração esses fatos, o tema sistema cardiovascular foi escolhido em função da importância na área da saúde, sabendo que as doenças relacionadas ao sistema definem uma alta taxa de mortalidade. Para explorar o tema foram desenvolvidos modelos tridimensionais, que permitem uma aprendizagem tátil, e uma sequência didática sobre o sistema cardiovascular. Essa foi produzida com o objetivo de estabelecer um processo de aprendizagem em etapas, sendo possível identificar a estrutura cognitiva dos educandos e assentar novos conhecimentos. Dessa forma os alunos com deficiência visual podem ser incluídos possibilitando uma melhora em sua qualidade de vida. Foram aplicados questionários diagnósticos, a fim de fazer um levantamento dos fatores que influenciam na aprendizagem dos educandos com deficiência visual atendidos pelo NAPNE do Colégio Pedro II – *campus* SCIII. A análise nos mostrou que apesar dos esforços para incluir os educandos com deficiência visual no processo formativo, ainda é possível ofertarmos melhores condições por meio de uma adaptação curricular, metodológica e avaliativa. Modelos de vasos sanguíneos foram produzidos com o programa de modelagem online *Tinkercad*. Um modelo de coração foi selecionado a partir do site www.thingiverse.com e modificado com os softwares *Autodesk Meshmixer* e *Tinkercad* para obtermos uma melhor impressão. A sequência didática produzida contempla três momentos com objetivos distintos. No primeiro encontro objetivamos identificar as concepções prévias e a estrutura cognitiva dos educandos. Para isso utilizamos uma metodologia investigativa e organizadores prévios. No segundo encontro, utilizando uma aula expositiva dialógica e os modelos 3D, desejamos responder as questões levantadas pelos alunos. Para o último encontro planejamos avaliar de forma qualitativa a experiência vivenciada pelos educandos com o objetivo de validar os recursos pedagógicos em questão. A aplicação da sequência didática e do uso modelos 3D, assim como a validação dos produtos, não foi possível em função da pandemia pelo SARS-COV-2.

Palavras chave: Ensino de Biologia. Materiais didáticos. Impressão 3D. Cegueira. Educação especial. Educação inclusiva. Necessidades educacionais específicas.

ABSTRACT

REGO, Filipe Lima. **Development of 3D models and a didactic sequence for teaching the cardiovascular system to visually impaired students.** 2020. 93f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

Comparing data from IBGE and INEP in the years 2010 and 2017, it is possible to observe that the number of visually impaired individuals enrolled in regular, special, and EJA (Youth and Adult Education) is low, with no increase over time. One possible cause is the lack of resources that allow individuals to be included in the learning process, as well as an inadequacy of the curriculum. Taking these facts into account, the cardiovascular system theme was chosen due to its importance in the health area, knowing that diseases related to that system define a high mortality rate. To explore the theme, it was developed three-dimensional models, to allow tactile learning, and a didactic sequence on the cardiovascular system. The latter was produced with the objective of establishing a learning process in stages, making it possible to identify the students' cognitive structure and to settle new knowledge. Thus, visually impaired students can be included, enabling an improvement in their quality of life. It was applied diagnostic questionnaires to survey the factors that influence the learning of students with visual impairment attended by NAPNE from Colégio Pedro II - SCIII campus. The analysis showed us that despite efforts to include students with visual impairments in the learning process, it is still possible to offer better conditions through curricular, methodological and evaluative adaptation. Blood vessel models were produced with the online 3D modeling software Tinkercad. A model of the heart was selected from the www.thingiverse.com and modified with the software the Autodesk Meshmixer and Tinkercad (www.tinkercad.com) to obtain a better impression quality. The didactic sequence guides three moments with different objectives. In the first class, we aimed to identify students' previous conceptions and cognitive structure. For this we use an investigative methodology and previous organizers. In the second class, using a dialogical expository class and 3D models, we wish to answer the questions raised by the students. For the last class, we plan to qualitatively assess the experience of students in order to validate the pedagogical resources. The application of the didactic sequence and the use of 3D models, as well as the validation of the products, was not possible due to the pandemic by SARS-COV-2.

Keywords: Biology teaching. Didactic materials. Didactic sequence. Three-dimensional models. Inclusive education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Captura da tela do plano de trabalho	25
Figura 2 -	Impressoras utilizadas na impressão	26
Figura 3 -	Primeira versão dos modelos de vasos sanguíneos	39
Figura 4 -	Versão final dos vasos sanguíneos incluindo texturas na superfície de cada camada	40
Figura 5 -	Versão final dos modelos dos vasos sanguíneos impressos em 3D com cores primárias	41
Figura 6 -	Versão final dos modelos dos vasos sanguíneos impressos em 3D com cores secundárias	41
Figura 7 -	Modelo do coração humano baixado no site <i>thingiverse.com</i>	43
Figura 8 -	Análises de espessura do modelo do coração feitas com o programa <i>Meshmixer</i>	44
Figura 9 -	Correção da espessura mínima do modelo do coração utilizando diferentes métodos no programa <i>Mexhmixer</i>	45
Figura 10 -	Comparação de detalhes do modelo original e da versão final após a correção da espessura mínima com o programa <i>Meshmixer</i>	46
Figura 11 -	Visualização da impressão do coração	47
Figura 12 -	Imagens das versões finais impressas do coração	48
Figura 13 -	Imagens das seringas sendo manipuladas para a percepção da força que deve ser aplicada para ejetar todo o volume de líquido do seu interior	52
Figura 14 -	Imagens do coração sendo manipulado para a apreensão da morfologia externa	55
Figura 15 -	Imagens do coração sendo manipulado para a apreensão da morfologia interna	56
Figura 16 -	Imagens de seringas de diferentes volumes e de um recipiente para adição de água	57
Figura 17 -	Imagens dos modelos 3D dos vasos sanguíneos	58
Figura 18 -	Imagem do modelo 3D que permite comparar o vaso arterial normal e o arteriosclerótico	59
Figura 19 -	Imagem dos vasos sanguíneos sendo manipulados para apreensão tátil	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Números de matrículas no ensino regular, especial e EJA no Brasil, no Sudeste e no Rio de Janeiro, segundo o INEP de 2010 ..	11
Tabela 2 -	Números de matrículas no ensino regular, especial e EJA no Brasil, no Sudeste e no Rio de Janeiro, segundo o INEP de 2017 ..	12
Tabela 3 -	Dados da impressão dos modelos tridimensionais	27
Tabela 4 -	Fatores que influenciam no processo educacional dos alunos com deficiência visual atendidos pelo NAPNE do Colégio Pedro II campus São Cristóvão III	30
Tabela 5 -	Resumo das atividades propostas na sequência didática	51
Tabela 6 -	Comparação do débito cardíaco, da frequência cardíaca e do volume de ejeção entre atletas e sedentários no repouso e durante o exercício	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EJA	Educação de Jovens e Adultos
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBC	Instituto Benjamin Constant
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais
MEC	Ministério da Educação
NAPNE	Núcleo de Atenção a Pessoas com Necessidades Específicas
PLA	<i>Polylactic Acid</i>
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
FFF	Fabricação com Filamento Fundido

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	11
1	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2	OBJETIVOS	22
2.1	Objetivo geral	22
2.2	Objetivos específicos	22
3	METODOLOGIA	23
3.1	Submissão do projeto ao comitê de ética	23
3.2	Levantamento bibliográfico	23
3.3	Levantamento e avaliação de dados	24
3.4	Criação e adaptação dos modelos 3D	24
3.5	Impressão dos modelos 3D	26
3.6	Produção e aplicação da sequência didática com uso da impressão 3D	27
3.7	Validação da sequência didática com uso da impressão 3D no processo de aprendizagem dos educandos com deficiência visual	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1	Levantamento dos fatores que influenciam no processo educacional dos alunos com deficiência visual atendidos pelo NAPNE do Colégio Pedro II campus São Cristóvão III	30
4.2	Modelos tridimensionais	38
4.2.1	<u>Modelos 3D dos vasos sanguíneos</u>	38
4.2.2	<u>Modelos 3D do coração</u>	42
4.3	A sequência didática	50
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
	REFERÊNCIAS	67
	APÊNDICE A - Parecer do comitê de ética	72
	APÊNDICE B - Carta de anuência do Colégio Pedro II	77
	APÊNDICE C - Questionário diagnóstico aplicado aos funcionários do NAPNE do Colégio Pedro II	78

APÊNDICE D - Análise dos depoimentos dos funcionários do NAPNE do Colégio Pedro II	79
APÊNDICE E - Termo de consentimento livre e esclarecido aplicado aos funcionários envolvidos com a pesquisa	80
APÊNDICE F - Questionário a ser aplicado aos alunos com deficiência visual ao final da atividade a fim de fazer um levantamento sobre a experiência vivenciada	81
APÊNDICE G Termo de consentimento livre e esclarecido aplicado aos funcionários envolvidos com a pesquisa	82
APÊNDICE H - Guia para <i>download</i> e impressão de modelos 3D do sistema cardiovascular	84
APÊNDICE I - Guia para a aplicação de uma sequência didática sobre o sistema cardiovascular para alunos com deficiência visual	88

INTRODUÇÃO

Comparando os dados do censo do IBGE (IBGE, 2010), com os dados da educação básica do INEP (INEP, 2010) no ano de 2010, no estado do Rio de Janeiro, nota-se que indivíduos cegos e de baixa visão ainda representam uma parcela pouco significativa no corpo discente das escolas. De acordo com o censo do IBGE (2010), havia 6.185 indivíduos cegos em idade escolar (5-17 anos) residindo no estado do Rio de Janeiro e apenas 984 estudantes cegos (16%) estavam matriculados na rede de ensino, representando 0,025% do total de alunos matriculados. Destes a fração mais significativa (67,89%) encontrava-se nas escolas regulares.

O mesmo padrão pode ser observado para os indivíduos de baixa visão. O Estado do Rio de Janeiro contava com 24.272 indivíduos com baixa visão em idade escolar e somente 2669 (11%) encontravam-se matriculados na rede de ensino, representando 0,068% do total de alunos matriculados. Da mesma forma, a maior parte (84,38%) estava matriculada nas escolas regulares (Tabela 1).

Tabela 1 - Números de matrículas no ensino regular, especial e EJA no Brasil, no Sudeste e no Rio de Janeiro, segundo o INEP 2010

2010	Total de matrículas	Matrículas na educação especial em escolas regulares		Matrículas na educação especial em escolas especializadas	
		Cegos	Baixa visão	Cegos	Baixa visão
Brasil	51.549.889	6.247 (0,0121)	69.042 (0,1339)	2.528 (0,0049)	4.708 (0,0091)
Sudeste	20.334.290	2.661 (0,0131)	17.210 (0,0846)	1573 (0,0077)	2.236 (0,0110)
Rio de Janeiro	3.928.912	668 (0,0170)	2.252 (0,0573)	316 (0,0080)	417 (0,0106)

Legenda: Valores entre parênteses representam o percentual de matrículas de cada categoria em relação ao total de matrículas.

Fonte: INEP, 2010.

Desde 2010 não se nota grandes mudanças neste cenário, o que pode ser evidenciado a partir dos dados do INEP de 2017 (INEP, 2018) (Tabela 2), que são bem próximos aos de 2010.

Tabela 2 - Números de matrículas no ensino regular, especial e EJA no Brasil, no Sudeste e no Rio de Janeiro, segundo o INEP 2017

2017	Total de matrículas	Matrículas na educação especial em escolas regulares		Matrículas na educação especial em escolas especializadas	
		Cegos	Baixa visão	Cegos	Baixa visão
Brasil	48.608.093	6.159 (0,012)	70.832 (0,146)	1.233 (0,0025)	3.986 (0,0082)
Sudeste	19.144.341	2.081 (0,011)	19.383 (0,1012)	686 (0,0036)	1.584 (0,0083)
Rio de Janeiro	3.563.661	469 (0,013)	3.258 (0,0914)	206 (0,0058)	291 (0,0082)

Legenda: Valores entre parênteses representam o percentual de matrículas de cada categoria em relação ao total de matrículas.

Fonte: INEP, 2017.

A educação deve ter um olhar holístico para que os indivíduos cegos, ou de baixa visão, possam ser incluídos no processo formativo, sendo esse direito assegurado pela Constituição Federal de 1988:

Art. 3º, Constituem objetivos fundamentais da República Federativa do Brasil:

IV – promover o bem de todos, sem preconceitos de origem, raça, sexo, cor, idade e quaisquer forma de discriminação.

Art. 205. A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho.

Art. 206. O ensino será ministrado com base nos seguintes princípios:

I – Igualdade e condições para o acesso e permanência da escola (BRASIL, 1998).

A Declaração de Salamanca (BRASIL, 1994) reafirmou o compromisso com a Educação para Todos, reconhecendo a necessidade da inclusão de pessoas com necessidades educacionais específicas no ensino regular. No encontro foi proclamado que:

- toda criança tem direito fundamental à educação, e deve ser dada a oportunidade de atingir e manter o nível adequado de aprendizagem;
- toda criança possui características, interesses, habilidades e necessidades de aprendizagem que são únicas;
- sistemas educacionais deveriam ser designados e programas educacionais deveriam ser implementados no sentido de se levar em conta a vasta diversidade de tais características e necessidades;
- aqueles com necessidades educacionais especiais devem ter acesso à escola regular, que deveria acomodá-los dentro de uma Pedagogia centrada na criança, capaz de satisfazer a tais necessidades;
- escolas regulares que possuam tal orientação inclusiva constituem os meios mais eficazes de combater atitudes discriminatórias criando-se comunidades acolhedoras, construindo uma sociedade inclusiva e alcançando educação para todos; além disso, tais escolas proveem uma educação efetiva à maioria das crianças e aprimoram a eficiência e, em última instância, o custo da eficácia de todo o sistema educacional (BRASIL, 1994, p.1).

Ainda no aspecto legislativo podemos nos referenciar na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº 9.394/96, no artigo 59º, posteriormente alterada pela Lei nº 12.796, de 2013:

Art. 59 . Os sistemas de ensino assegurarão aos educandos com necessidades especiais:

I – currículos, métodos, técnicas, recursos educativos e organização específicos, para atender às suas necessidades;

II – terminalidade específica para aqueles que não puderem atingir o nível exigido para a conclusão do ensino fundamental, em virtude de suas deficiências, e aceleração para concluir em menor tempo o programa escolar para os superdotados;

III – professores com especialização adequada em nível médio ou superior, para atendimento especializado, bem como professores do ensino regular capacitados para a integração desses educandos nas classes comuns;

IV – educação especial para o trabalho, visando a sua efetiva integração na vida em sociedade, inclusive condições adequadas para os que não revelarem capacidade de inserção no trabalho competitivo, mediante articulação com os órgãos oficiais afins, bem como para aqueles que apresentam uma habilidade superior nas áreas artística, intelectual ou psicomotora;

V – acesso igualitário aos benefícios dos programas sociais suplementares disponíveis para o respectivo nível do ensino regular (BRASIL, 2013).

Nesse sentido o Colégio Pedro II, local onde o autor dessa pesquisa ocupa a função de professor de ciências e biologia, dialoga com uma prática inclusiva ao criar em 2014 o Núcleo de Atenção a Pessoas com Necessidades Específicas (NAPNE), um setor composto por uma equipe multidisciplinar responsável por atender estudantes com necessidades educacionais específicas estando presente em todos os nove *campi*.

De acordo com a professora Maria Aparecida Etelvina Ivas Lima (Chefe da seção de educação especial – NAPNE)¹, a história do NAPNE se inicia no ano de 2004 com a criação da seção de educação especial. Os espaços utilizados para atender os alunos com necessidades educacionais específicas eram os laboratórios de aprendizagem que atendiam os alunos do Ensino Fundamental I.

No ano de 2008 foram solicitadas ao MEC (Ministério da Educação) verbas para a construção de salas de recursos. Três salas foram implementadas, mas em função da organização estrutural do Colégio Pedro II, as verbas foram suspensas. A questão central do problema estava relacionada à origem da verba. Para a implementação da sala de recursos, a verba é oriunda do FNDE (Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação), e como o Colégio Pedro II está vinculado a Rede

¹ Comunicação pessoal em 13/03/2019.

Federal de Educação Profissional e Tecnológica, o mesmo não pôde ser contemplado por tal recurso.

Quando o Colégio Pedro II é elencado à Instituto Federal de Educação, se torna obrigatório a presença do NAPNE em todos os *campi*. Nesse momento o principal problema foi a falta de profissionais qualificados para exercer a função de mediador. Assim, o NAPNE se estabeleceu, mas não tinha um atendimento satisfatório.

Com o passar do tempo, por iniciativa pessoal, alguns profissionais, docentes e técnicos, foram se qualificando e sendo direcionados ao NAPNE. Para coordenar os NAPNE foram selecionados profissionais que já haviam tido cargos de direção no Ensino Fundamental I pela ampla experiência na gestão das unidades escolares e conhecimento das necessidades dos alunos com necessidades educacionais específicas.

Atualmente, o NAPNE, em cada *campus*, conta com uma sala de recursos multifuncionais onde ocorre o atendimento especializado, um laboratório de comunicação onde ocorrem oficinas e triagem fonoaudiológica e um espaço para oficinas que atendam aos transtornos de aprendizagem. No contexto escolar o NAPNE institui que nenhum aluno com necessidades educacionais específicas deve ter suas dificuldades negligenciadas, fato que poderia gerar uma exclusão intraescolar, e nem entendidas como um problema, mas sim como diversidades que irão contribuir para o desenvolvimento social coletivo.

Levando em consideração o papel do NAPNE no processo de aprendizagem dos alunos com deficiência visual alguns questionamentos podem ser levantados.

Os recursos que potencializam a aprendizagem dos educandos com deficiência visual, como audiolivros, textos em Braille, materiais didáticos impressos em 3D e realidade aumentada, são disponíveis de forma satisfatória? No grupo atendido existe uma diferenciação entre os indivíduos cegos e de baixa visão, levando em consideração que as demandas educacionais entre os grupos são diferentes? Entre os educandos cegos e entre os educandos de baixa visão, existe uma diferenciação entre aqueles que sempre manifestaram a deficiência e aqueles que o desenvolveram em uma idade tardia? Sempre que possível um atendimento individualizado, ele é feito? Os professores dos alunos com deficiência visual possuem capacitação para o uso das tecnologias assistivas em sala de aula? Existe

um diálogo entre os docentes e os desenvolvedores de tecnologias assistivas para que haja uma otimização do processo de aprendizagem?

A partir dessas respostas, será possível estabelecer uma relação entre os desafios do processo de aprendizagem enfrentados pelos alunos com deficiência visual e propor o uso da impressão 3D associado a uma sequência didática na tentativa de alcançar a aprendizagem significativa para estes alunos.

A impressão 3D é uma tecnologia assistiva que permite aos educandos com deficiência visual uma experiência tátil, que associada ao campo teórico, pode contribuir no processo de aprendizagem. Com a impressão 3D se faz possível: (a) explorar os contornos de um dado objeto, sua textura e tamanho, (b) desenvolver a capacidade de reconhecer um dado objeto em um conjunto de partes interrelacionadas e (c) promover a representação gráfica de um dado objeto independente do tamanho que ele esteja sendo representado.

É notório que a ausência de recursos, como os que deveriam ser oferecidos para as turmas inclusivas, que vão desde salas para atendimento focal até as escolas voltadas para a aprendizagem dos sujeitos, é um impeditivo na inclusão das pessoas com deficiência visual no processo de aprendizagem. A ausência de tais classes é um dos fatores que contribui para a exclusão intraescolar (PLETSCH, MACEDO, CARVALHO, 2011).

Assim, se faz necessário inserir os alunos com deficiência visual de maneira efetiva no processo formativo, visando à conclusão e a transição para o ensino superior, sendo a impressão 3D um recurso potencialmente importante a ser utilizado.

Durante anos os educandos com necessidades educacionais específicas foram excluídos do processo educacional não estando inseridos em nenhuma modalidade de ensino. (COSTA, 2012).

Ao longo do tempo os alunos com necessidades educacionais específicas foram sendo integrados no ensino regular, mas em espaços físicos diferentes. Atualmente, é um direito assegurado por lei, que esses alunos sejam incluídos no processo educacional, preferencialmente na rede regular de ensino (BRASIL, 1996).

A questão é que para que a inclusão se dê de forma efetiva é necessário que haja uma adaptação curricular, metodológica e avaliativa para evitar a exclusão intraescolar, fatos esses garantidos pela Lei Brasileira de Inclusão (BRASIL, 2015):

Art. 28. Incumbe ao poder público assegurar, criar, desenvolver, implementar, incentivar, acompanhar e avaliar:

I - sistema educacional inclusivo em todos os níveis e modalidades, bem como o aprendizado ao longo de toda a vida;

II - aprimoramento dos sistemas educacionais, visando a garantir condições de acesso, permanência, participação e aprendizagem, por meio da oferta de serviços e de recursos de acessibilidade que eliminem as barreiras e promovam a inclusão plena;

III - projeto pedagógico que institucionalize o atendimento educacional especializado, assim como os demais serviços e adaptações razoáveis, para atender às características dos estudantes com deficiência e garantir o seu pleno acesso ao currículo em condições de igualdade, promovendo a conquista e o exercício de sua autonomia;

IV - oferta de educação bilíngue, em Libras como primeira língua e na modalidade escrita da língua portuguesa como segunda língua, em escolas e classes bilíngues e em escolas inclusivas;

V - adoção de medidas individualizadas e coletivas em ambientes que maximizem o desenvolvimento acadêmico e social dos estudantes com deficiência, favorecendo o acesso, a permanência, a participação e a aprendizagem em instituições de ensino;

VI - pesquisas voltadas para o desenvolvimento de novos métodos e técnicas pedagógicas, de materiais didáticos, de equipamentos e de recursos de tecnologia assistiva;

VII - planejamento de estudo de caso, de elaboração de plano de atendimento educacional especializado, de organização de recursos e serviços de acessibilidade e de disponibilização e usabilidade pedagógica de recursos de tecnologia assistiva;

VIII - participação dos estudantes com deficiência e de suas famílias nas diversas instâncias de atuação da comunidade escolar;

IX - adoção de medidas de apoio que favoreçam o desenvolvimento dos aspectos linguísticos, culturais, vocacionais e profissionais, levando-se em conta o talento, a criatividade, as habilidades e os interesses do estudante com deficiência;

X - adoção de práticas pedagógicas inclusivas pelos programas de formação inicial e continuada de professores e oferta de formação continuada para o atendimento educacional especializado;

XI - formação e disponibilização de professores para o atendimento educacional especializado, de tradutores e intérpretes da Libras, de guias intérpretes e de profissionais de apoio;

XII - oferta de ensino da Libras, do Sistema Braille e de uso de recursos de tecnologia assistiva, de forma a ampliar habilidades funcionais dos estudantes, promovendo sua autonomia e participação;

XIII - acesso à educação superior e à educação profissional e tecnológica em igualdade de oportunidades e condições com as demais pessoas;

XIV - inclusão em conteúdos curriculares, em cursos de nível superior e de educação profissional técnica e tecnológica, de temas relacionados à pessoa com deficiência nos respectivos campos de conhecimento;

XV - acesso da pessoa com deficiência, em igualdade de condições, a jogos e a atividades recreativas, esportivas e de lazer, no sistema escolar;

XVI - acessibilidade para todos os estudantes, trabalhadores da educação e demais integrantes da comunidade escolar às edificações, aos ambientes e às atividades concernentes a todas as modalidades, etapas e níveis de ensino;

XVII - oferta de profissionais de apoio escolar;

XVIII - articulação intersetorial na implementação de políticas públicas.

A temática da sequência didática e dos modelos 3D foi definida em função da relevância que o bom conhecimento do sistema cardiovascular pode ter na vida dos

alunos. Segundo a Organização Mundial da Saúde², 17,9 milhões de pessoas morrem a cada ano por doenças cardiovasculares, número que representa 31% das mortes em todo mundo. No Brasil, segundo dados da Sociedade Brasileira de Cardiologia, as doenças cardiovasculares também representam a principal causa de morte, sendo mais de mil mortes por dia, 43 por hora, uma a cada 90 segundos, totalizando 30% dos óbitos registrados³.

Os principais fatores que disparam as doenças cardiovasculares são: tabagismo, maus hábitos alimentares, sedentarismo e uso abusivo de álcool. Outros fatores como *diabetes mellitus*, sobrepeso e hipertensão, são agravantes do quadro existente. As doenças cardiovasculares estão intimamente relacionadas aos hábitos adotados ao longo da vida dos sujeitos². Espera-se que se o tema for bem trabalhado durante o processo educacional, os estudantes desenvolvam o senso crítico optando por escolhas mais saudáveis, diminuindo assim, a incidência dos distúrbios.

A partir do que foi supracitado, entendemos ser fundamental o ensino da morfologia e fisiologia cardiovascular para que os alunos tenham real dimensão da importância do coração e de estruturas correlacionadas, sabendo-se que hábitos saudáveis podem contribuir com uma vida mais longa e com qualidade.

² ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Cardiovascular disease. Disponível em; <https://www.who.int/cardiovascular_diseases/en/> Acesso em: 16 de abril de 2019.

³ SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Disponível em; < <http://www.cardiometro.com.br/>> Acesso em 30 de agosto de 2019.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

No que tange ao ensino, especialmente à Educação Básica, acreditamos que urge a necessidade de fundamentar as estratégias pedagógicas para além da prática, assim como o é na maior parte das profissões.

Segundo Zabala:

Em outras profissões não se utiliza unicamente a experiência que dá a prática para a validação ou explicação das propostas. Por trás da decisão de um camponês sobre o tipo de adubos que utilizará, de um engenheiro sobre o material que empregará ou de um médico sobre o tratamento que receitará, não existe apenas uma confirmação na prática, nem se trata exclusivamente do resultado da experiência; todos estes profissionais dispõem, ou podem dispor, de argumentos que fundamentem suas decisões para além da prática. Existem determinados conhecimentos mais ou menos confiáveis, mais ou menos comparáveis empiricamente, mais ou menos aceitos pela comunidade profissional, que lhes permitem atuar com certa segurança. (ZABALA, 1998, p.14).

Partindo-se dessa premissa, deve-se estabelecer uma cultura baseada em um pensamento estratégico em busca de diferentes recursos que promovam a aprendizagem, sendo as sequências didáticas, um desses. Uma sequência didática permite ao docente avaliar a sua prática de forma processual, passando pelas fases de planejamento, execução e avaliação.

Segundo Santos, Coutinho e Silva:

Neste sentido, nos dedicamos ao desenvolvimento de sequências didáticas de biologia para o ensino médio orientadas pelos seguintes enfoques: da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), questões sociotécnicas ou tecnocientíficas e o ensino de ciências por investigação. Ao optarmos por estes referenciais nos comprometemos com o desenvolvimento de estratégias didáticas que se abrem para a confrontação com diferentes problemas que afligem e influenciam a vida das pessoas, mas que são pouco abordados nas aulas de biologia (SANTOS, COUTINHO e SILVA, 2016, p. 9).

Uma sequência didática deve ser composta por uma sequência de atividades ordenadas e definidas com início, meio e fim, e que dialoguem entre si com o objetivo de alcançar uma aprendizagem significativa (ZABALA, 1998). Ao mesmo tempo não é desejável, que tal sequência didática apresente uma estrutura imutável que promova a perda de autonomia e protagonismo do professor na sua execução, já que as características socioculturais e espaciais em que a mesma será utilizada podem variar.

Levando-se em consideração o processo formativo do educando, uma sequência didática deve contemplar as relações interpessoais estabelecidas, a organização social, espacial e temporal, a organização dos conteúdos postos em debate, os materiais curriculares e os critérios que serão avaliados (ZABALA, 1998).

A sequência didática deve ter, no seu primeiro momento, uma roda de conversa, não simplesmente para identificar o que o educando já sabe, mas para fazer um mapeamento da sua estrutura cognitiva, identificando os conceitos apreendidos relacionados ao tema e como esses se inter-relacionam, distanciando-se de uma aprendizagem mecânica focada na memorização (MOREIRA, 2016). Assim, é possível definir uma estratégia de abordagem que influencie e facilite a aprendizagem nas etapas posteriores. Essa necessidade fica evidente quando Ausubel postula: “Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigüe isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL, 1978, p.4).

Um dos desafios da educação dos alunos com deficiência visual se encontra na metodologia utilizada no processo. Os recursos, quando disponíveis, envolvem *softwares* de leitura, audiolivros e livros em Braille, favorecendo uma simples reprodução de conceitos que se perdem facilmente ao longo do tempo. A limitação imposta pela ausência ou deficiência da visão prejudica a criação de significados por meio de uma aprendizagem receptiva, típica das tecnologias assistivas que não envolvem a experimentação tátil (AUSUBEL, 1978).

O uso de modelos tridimensionais permite uma aproximação entre a parte conceitual e a apreensão tátil, criando um conjunto de significados que dialogam entre si, favorecendo a retenção e a transferência da aprendizagem. Os modelos tridimensionais associados com aulas expositivas em uma sequência didática permitem que haja a construção de significados em um processo de aprendizagem por percepção (MOREIRA, 2016). O autor ainda destaca que:

A aquisição de significados, como já foi dito, é o produto da aprendizagem significativa. Ou seja, o significado real para o indivíduo (significado psicológico) emerge quando o significado potencial (significado lógico) do material de aprendizagem converte-se em conteúdo cognitivo diferenciado e idiossincrático por ter sido relacionado, de maneira substantiva e não-arbitrária, e interagido com ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA, 2016, p.17).

No que tange a aprendizagem e a construção de significados, ALMEIDA (2017) expôs que:

A aquisição de informações e a subsequente construção da cognição tornam-se totalmente possíveis, desde que mecanismos específicos sejam empregados nesse processo de aprendizagem. Valendo-me pois, de minha experiência, já que perdi a visão aos seis anos e meio, e também por minha atuação por longo tempo frente às classes de alfabetização do Instituto 25 Benjamin Constant, pude observar como a aquisição do conhecimento se processa e como esse conhecimento converte-se em valor absoluto, ganhando força, profundidade e significação. A construção do conhecimento torna-se uma ação delicada que exige do professor, a um só tempo, consciência humanística e profunda competência pedagógica. O professor precisa ter uma nítida visão de como o aluno cego percebe e apreende o mundo à sua volta. Como ele dá conta daquilo que o envolve ou não; de tudo mais ao seu redor, que se lhe oferece como oportunidades de apropriação válida e devida. Assim, a pessoa cega adquire condições reais de enfronhar-se no universo das coisas concretas, do universo de todos. Universo que introjeta em sua mente a capacidade de pensar, a condição de apreender, a possibilidade de abstrair, a sensibilidade de imaginar.

Para construir um significado é necessária a presença de conceitos prévios bem estabelecidos. Naturalmente essa aquisição ocorre ao longo da vida infantil, onde a criança é exposta a diferentes vivências que permitem a aquisição de conceitos por descoberta. Esse processo é, portanto, prejudicado nos educandos com deficiência visual, e pode ser melhorado por meio da aprendizagem tátil associada à aula expositiva (AUSUBEL, 1978; PIAGET, 2012).

Segundo Brito e Nascimento (2017), historicamente, as pessoas com deficiência foram alijadas da sociedade. Nas sociedades mais primitivas, constituída por nômades, apresentar um corpo com alguma deficiência era um problema para a sobrevivência. Na Antiguidade clássica, o culto ao corpo perfeito naturalmente levava a exclusão, e em alguns casos, onde a formação militar era um dos pilares da sociedade, àqueles que não o apresentassem eram executados. Na Idade Média, a deficiência era atribuída a punição divina.

De acordo com os mesmos autores, esse processo de eugenia se manteve ao longo do tempo, já que os sujeitos com deficiência que conseguiam preservar sua vida eram entregues a circos, onde postos em uma situação degradante, serviam de entretenimento para o público. Somente com o Movimento Renascentista, que os sujeitos que apresentavam algum tipo de deficiência passaram a ser vistos como pessoas que possuíam direitos.

A partir do século XVIII é que a sociedade busca uma maior compreensão sobre as pessoas que apresentavam algum tipo de deficiência. Atualmente, discussões sobre a mudança da nomenclatura se fazem muito pertinentes. De pessoas deficientes passamos para pessoas portadoras de necessidades especiais, e atualmente, pessoas com necessidades educacionais específicas (COSTA, 2012).

Destacamos a importância da discussão porque somente a partir desse ponto, é que iremos romper com um dos grandes problemas da inclusão, a barreira atitudinal. Assim, o termo deficiência deve ser evitado buscando ser substituído por diversidade. Também é preciso destacar que integrar os sujeitos com necessidades educacionais específicas no processo formativo é diferente de incluí-los (COSTA, 2012).

Integrar, significa inserir os sujeitos com necessidades educacionais específicas no processo formativo sem fornecer os recursos necessários para o seu desenvolvimento, tendo ele que se adequar a realidade da escola. Incluir, significa promover ações que promovam a equidade, e nesse sentido entendemos que as tecnologias assistivas, onde inclui-se os modelos tridimensionais impressos sobre a fisiologia cardiovascular, podem ser de grande importância para a aprendizagem do tema pelos sujeitos com deficiência visual (LOMONIER, FARIAS, 2017). Segundo os autores:

Nesse contexto, pressupõe que a inclusão escolar só será consolidada por meio de transformações estruturais no ambiente escolar, viabilizando à todas as pessoas, as mesmas condições de oportunidades, tendo como foco a aprendizagem, com ênfase nas potencialidades dos indivíduos e não nas diferenças (LOMONIER E FARIAS, 2017, p. 37).

Nesse sentido explorar um modelo interacionista (PIAGET, 2012), onde o desenvolvimento cognitivo resulta de uma interação entre os diferentes estímulos externos e os processos de acomodação na mente dos educandos, pode contribuir com o processo de aprendizagem. Segundo Piaget (PIAGET, 2012), a estrutura cognitiva de um educando tende a funcionar em equilíbrio e o seu processo de desenvolvimento envolve a reestruturação a partir de novas experiências, aumentando o seu grau de organização e adaptação. Por meio desse mecanismo é possível que o sujeito atribua a sua percepção à realidade, sendo o conflito cognitivo proposto pelo professor um ponto central para que se estabeleça a aprendizagem (MOREIRA, 2016).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Produzir um conjunto de modelos tridimensionais e uma sequência didática sobre o sistema cardiovascular para alunos com deficiência visual do Ensino Médio.

2.2 Objetivos específicos

- a) Identificar os fatores referentes às tecnologias assistivas que influenciam no processo educacional dos alunos com deficiência visual atendidos pelo NAPNE do Colégio Pedro II campus São Cristóvão III;
- b) Desenvolver modelos tridimensionais relacionados ao sistema vascular para utilização com alunos com deficiência visual;
- c) Selecionar e adaptar modelos tridimensionais relacionados ao coração para utilização com alunos com deficiência visual;
- d) Elaborar uma sequência didática que incorpore o uso de modelos 3D e aplicar a proposta para os alunos com deficiência visual atendidos pelo NAPNE do Colégio Pedro II de São Cristóvão III;
- e) Validar a sequência didática e o uso de modelos tridimensionais para o ensino de sistema cardiovascular para alunos com deficiência visual.

3 METODOLOGIA

3.1 Submissão do projeto ao comitê de ética

A pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética e desenvolvida com anuência do Colégio Pedro II (Apêndices A e B).

3.2 Levantamento bibliográfico

A fim de encontrar publicações sobre o tema foram realizadas pesquisas no *Google* (<https://www.google.com.br/>) e no *Google Acadêmico* (<https://scholar.google.com.br/>) utilizando como referência as palavras chave “*blind education*”, “*blind learning*”, “*blind education and 3D printing*”, “*blind learning and 3d printing*”, “*impaired vision education*”, “*impaired vision learning*”, “*impaired vision education and 3D printing*”, “*impaired vision learning and 3D printing*”, “educação para cegos”, “aprendizagem de cegos”, “educação de cegos e impressão 3D”, “aprendizagem de cegos e impressão 3D”, “educação para sujeitos de baixa visão”, “aprendizagem de sujeitos de baixa visão”, “educação para sujeitos de baixa visão e impressão 3D”, “aprendizagem de sujeitos de baixa visão e impressão 3D”, “aprendizagem tátil e indivíduos cegos”, “sequências didáticas”, “aprendizagem significativa”, “educação inclusiva”, “tecnologias assistivas e sujeitos cegos” e “tecnologias assistivas e sujeitos de baixa visão”.

Para encontrar os dados estatísticos envolvidos na educação dos sujeitos cegos e de baixa visão foram realizadas pesquisas no IBGE (<https://www.ibge.gov.br/>) e no INEP (<http://www.inep.gov.br/>).

Foram feitas novas reuniões com membros do NAPNE e com a professora Maria Aparecida Etelvina Ivas Lima, chefe da seção de educação especial – NAPNE, com a finalidade de realizar um levantamento histórico da criação e da atuação do NAPNE do Colégio Pedro II.

3.3 Levantamento e avaliação dos dados

Foram aplicados questionários diagnósticos a fim de fazer o levantamento dos fatores referentes às tecnologias assistivas que podem influenciar a aprendizagem dos alunos com deficiência visual atendidos pelo NAPNE do Colégio Pedro II. Esses foram aplicados aos funcionários NAPNE (professores e técnicos administrativos). Um dos questionários é constituído por perguntas fechadas e tem cinco questões (Apêndice C). O outro é constituído por perguntas abertas e possui quatro questões (Apêndice D). As respostas desse foram transcritas e os professores e funcionários do NAPNE que participaram da pesquisa foram identificados por A, B, C, D e E.

Pedagogicamente, são considerados cegos todos àqueles que possuem visão subnormal e que necessitam de instrução em Braille para a leitura. São considerados baixa visão todos àqueles que possuem visão subnormal e que dependem de instrumentos ópticos potentes ou de impressão ampliada para a leitura (IBC, 2016). Todos os demais são considerados videntes.

A melhor caracterização da cegueira e da baixa visão é definida pelos conceitos de acuidade e campo visual, já que nem todo sujeito cego consegue utilizar o sistema Braille. Segundo Brito e Veitzma (2000), a cegueira é caracterizada por uma acuidade visual inferior à 0,5 no melhor olho e com a melhor correção óptica, ou por um campo visual inferior à 10°. Já, a baixa visão com comprometimento severo é definida por uma acuidade visual entre 0,1 e 0,5, enquanto a baixa visão com comprometimento moderado é definida entre 0,3 e 0,1.

As respostas obtidas nos questionários foram avaliadas de forma qualitativa. No questionário aberto as respostas foram transcritas e analisadas.

3.4 Criação e adaptação dos modelos 3D

Modelos 3D foram produzidos com o objetivo de criar uma aproximação entre o abstrato e o concreto no ensino do sistema cardiovascular, para os alunos com

deficiência visual atendidos pelo NAPNE do Colégio Pedro II campus São Cristóvão III.

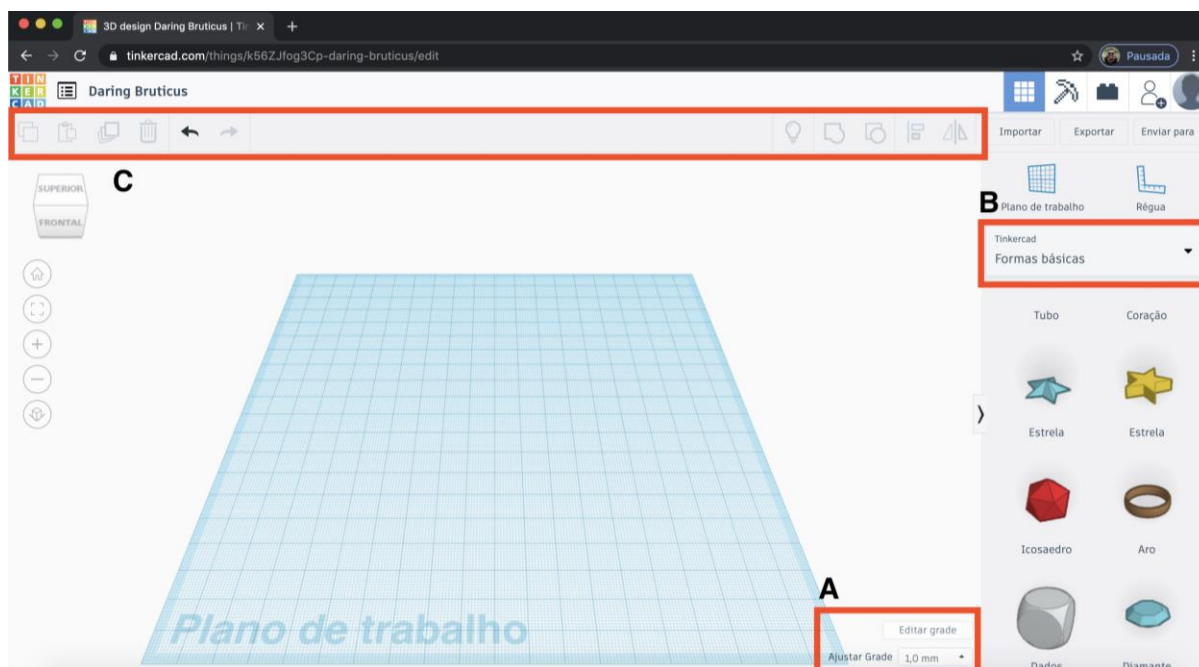
Modelos tridimensionais de veias e artérias foram desenvolvidos com o auxílio do programa de modelagem 3D online *Tinkercad* (<https://www.tinkercad.com>).

Tinkercad é um programa gratuito de fácil utilização por apresentar formas geométricas que podem ser utilizadas como base na construção dos projetos, sendo bastante intuitivo. Para iniciar um novo projeto basta clicar em “criar projeto”.

Em seguida basta clicar em criar projeto 3D que será direcionado para o plano de trabalho que está representado na figura 1.

O plano de trabalho apresenta-se escalonado, o que contribui com uma grande precisão no desenvolvimento das peças, sendo possível optar por diferentes medidas (Figura 1A). No canto superior direito se encontram as formas básicas que podem ser utilizadas na modelagem (Figura 1B). Ferramentas como copiar, colar, duplicar e repetir, mostrar tudo, agrupar, desagrupar, alinhar e espelhar também estão disponíveis (Figura 1C).

Figura 1 - Captura da tela do plano de trabalho



Legenda: A- Escala do plano de trabalho; B- Formas básicas para construção dos modelos; C- Ferramentas de edição.

Fonte: O autor, 2020.

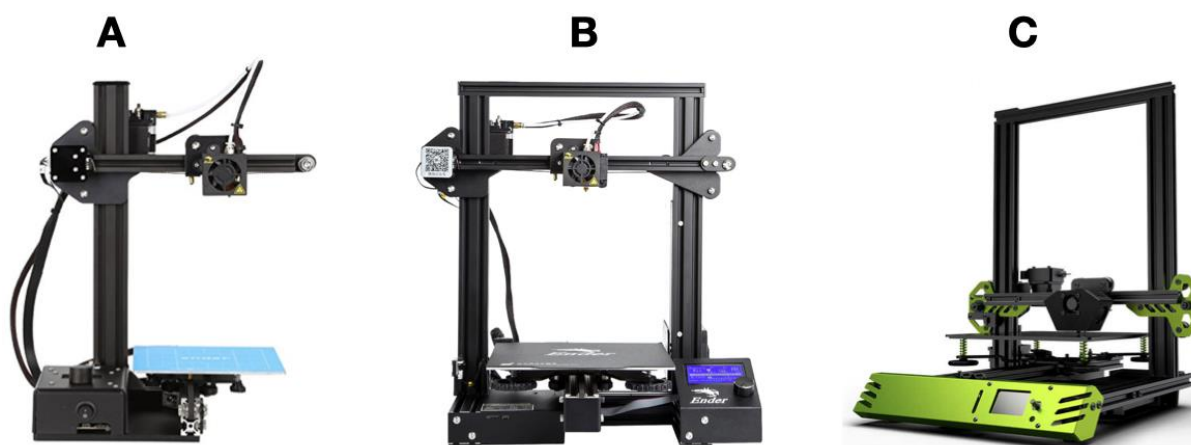
Também foi selecionado um modelo 3D de um coração humano no site *thingiverse.com*. Para alcançar um bom resultado na impressão desse modelo foi

necessária a realização de uma série de modificações com o auxílio dos programas gratuitos *Autodesk Meshmixer* e *Autodesk Recap Photo* (São Rafael, Califórnia, EUA), além do *Tinkercad*.

3.5 Impressão dos modelos 3D

Para a impressão 3D dos modelos foram utilizadas as impressoras *Creality Ender 2*, *Creality Ender 3* e *Tevo Tarantula Pro* (Figura 2). Essas impressoras utilizam o método de Fabricação com Filamento Fundido (FFF), no qual um filamento, geralmente plástico, é derretido e depositado em camadas até formar a estrutura tridimensional desejada.

Figura 2 - Impressoras utilizadas na impressão



Legenda: A- *Creality Ender 2*; B- *Creality Ender 3*; C- *Tevo Tarantula Pro*.
Fonte: O autor, 2020.

O material utilizado foi o filamento de ácido polilático (PLA, do inglês *Polylactic Acid*). A escolha por esse material se deu principalmente pela facilidade de impressão e por se tratar de um material compostável, logo menos agressivo ao meio ambiente. Por outro lado, o custo desse material é um pouco elevado (cerca de R\$ 100,00 por kg), quando comparado com o outro material amplamente utilizado, o filamento ABS (cerca de R\$60,00 por Kg).

Para imprimir um modelo 3D é necessário que o arquivo gerado (.STL) seja convertido em outro com as instruções para que a impressora gere um objeto. Essa

preparação dos arquivos para impressão, também chamada “fatiamento”, foi feita com o programa gratuito *Ultimaker Cura* (Utrecht, Holanda). Os parâmetros de impressão utilizados foram, em linhas gerais, os fornecidos por padrão pelo *software* para a impressora *Ender 3*. Alguns parâmetros que valem ser citados são a espessura de camada, que variou de 0,16 a 0,20mm, o número de linhas de contorno, que variou de duas a três linhas e a porcentagem de preenchimento, que variou de 10 a 25%, sendo que na maioria dos modelos foi utilizado o valor de 10% de preenchimento para reduzir o gasto de material, sem prejuízo da qualidade e resistência das peças. A tabela 3 apresenta os dados da impressão dos modelos tridimensionais.

Tabela 3 - Dados da impressão dos modelos tridimensionais

	Peso (g)	Altura (mm)	Tempo de impressão
Veia	97	120	14 h e 24 min
Veia com válvulas	55	120	9 h e 47 min
Artéria	78	120	12 h e 37 min
Artéria com placa de ateroma	45	120	8 h e 16 min
Coração	155	146	16 h
Coração em corte longitudinal	131	146	28 h e 04 min

Fonte: O autor, 2020.

3.6 Produção e aplicação da sequência didática com uso da impressão 3D

A proposta de sequência didática foi orientada pela normativa do INEP (2009) que definiu a matriz de referência para o Ensino Médio. Nela podemos destacar a relevância do tema para o processo formativo do sujeito baseado nos eixos cognitivos que são comuns a todas as disciplinas, assim como nas diferentes competências e habilidades:

EIXOS COGNITIVOS (comuns a todas as áreas de conhecimento)

I. Dominar linguagens (DL): dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica e das línguas espanhola e inglesa.

II. Compreender fenômenos (CF): construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.

III. Enfrentar situações-problema (SP): selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.

IV. Construir argumentação (CA): relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.

V. Elaborar propostas (EP): recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural (INEP, 2009, p. 1).

Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

H14 – Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

H18 – Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

Competência de área 8 – Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H30 – Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e a implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente (INEP, 2009, p. 3-4).

Público alvo

- Alunos cegos e de baixa visão do 2º ano do ensino médio atendidos pelo NAPNE e alunos videntes.

Duração da sequência didática

- 6 tempos de 40 minutos.

Materiais

- Seringas de diferentes volumes para a percepção da relação entre volume e força de ejeção.

- Som das bulhas cardíacas e estetoscópio (em substituição ao som das bulhas cardíacas ou complementar) para a percepção da frequência cardíaca de repouso e durante o exercício.

- Modelos tridimensionais do sistema cardiovascular totalizando 2 corações, que permitem visualizar a anatomia externa e interna, e 4 vasos sanguíneos, que permitem diferenciar artérias, veias, válvulas e a placa de ateroma.

3.7 Validação da sequência didática com uso da impressão 3D no processo de aprendizagem dos educandos com deficiência visual

Por fim, seria aplicado um questionário aos alunos e professores, a fim de fazer um levantamento se a experiência vivenciada, com uso conjunto de uma sequência didática e da impressão 3D, contribuiu com a aprendizagem dos educandos com deficiência visual atendidos pelo NAPNE do Colégio Pedro II *campus* São Cristóvão III (Apêndice E e F). O questionário que seria aplicado aos alunos é composto por seis questões fechadas, enquanto o que seria aplicado aos professores é composto por cinco questões também fechadas. Esses questionários não puderam ser aplicados em função da pandemia de SARS-COV-2.

Para a participação na pesquisa os responsáveis pelos alunos menores de idade assinariam o termo de assentimento. Os alunos menores de idade e os alunos maiores de idade assinariam os termos de consentimento livre e esclarecido.

Os funcionários do NAPNE que participaram da pesquisa assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice G).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Levantamento dos fatores que influenciam no processo educacional dos alunos com deficiência visual atendidos pelo NAPNE do Colégio Pedro II campus São Cristóvão III

Foi feito o levantamento de alguns fatores que influenciam no processo educacional dos alunos com deficiência visual atendidos pelo NAPNE do Colégio Pedro II campus São Cristóvão III. Cinco funcionários participaram da pesquisa, sendo dois professores que atuam nas turmas regulares e no NAPNE, e três funcionários que atuam especificamente no setor. Os resultados do primeiro questionário aplicado (Apêndice C) podem ser observados na tabela 4.

Tabela 4 - Fatores que influenciam no processo educacional dos alunos com deficiência visual atendidos pelo NAPNE do Colégio Pedro II campus São Cristóvão III

	Insatisfatório	Regular	Satisfatório
Quanto a disponibilidade de recursos utilizados no processo de aprendizagem	1	3	1
Quanto aos instrumentos de verificação da aprendizagem das pessoas com deficiência visual	3	1	1
Quanto ao número de alunos por professor	0	1	4
Quanto ao contato anterior com as tecnologias assistivas	1	4	0
Quanto ao diálogo dos docentes com os desenvolvedores das tecnologias assistivas	2	3	0

Fonte: O autor, 2020.

Ao analisarmos a disponibilidade de recursos que poderiam potencializar a aprendizagem dos educandos com deficiência visual constatamos que dos cinco funcionários do NAPNE que participaram da pesquisa, três acreditam ser regular, um acredita ser insatisfatória e um, satisfatória. Dessa forma, apesar do Colégio Pedro II dialogar com uma prática inclusiva por intermédio do NAPNE, ainda é possível melhorar a oferta das tecnologias assistivas, principalmente quando se trata de modelos tridimensionais para aprendizagem tátil.

Entender a deficiência como diversidade e que integrar não significa incluir são de fundamental importância para o processo formativo dos alunos com deficiência visual. Nesse sentido, a produção e disponibilização de modelos

tridimensionais que potencializam a aprendizagem não podem estar pautadas em uma iniciativa pessoal. Entendemos que somente com a mobilização do Colégio Pedro II, em especial do NAPNE, poderemos romper com as barreiras pedagógicas presentes na aprendizagem dos alunos com deficiência visual. Não se trata de assistencialismo, mas de emancipação.

De acordo com a lei de inclusão,

O atendimento educacional especializado – AEE tem como função identificar, elaborar e organizar recursos pedagógicos e de acessibilidade que eliminem as barreiras para a plena participação dos alunos, considerando suas necessidades específicas.

Esse atendimento complementa e/ou suplementa a formação dos alunos com vistas à autonomia e independência na escola e fora dela.

Consideram-se serviços e recursos da educação especial àqueles que asseguram condições de acesso ao currículo por meio da promoção da acessibilidade aos materiais didáticos, aos espaços e equipamentos, aos sistemas de comunicação e informação e ao conjunto das atividades escolares. (BRASIL, 2008).

Ao analisarmos os instrumentos para verificação da aprendizagem dos educandos com deficiência visual, constatamos que três dos funcionários do NAPNE entendem que esses são insatisfatórios, um acredita ser regular e um satisfatório.

Dialogar com uma prática inclusiva requer não somente uma adaptação curricular, mas também uma adaptação do processo avaliativo (COSTA, 2012). Para os alunos com deficiência visual acreditamos que uma avaliação qualitativa e dialógica seja um caminho mais interessante a ser seguido. Assim, podemos sair de um padrão quantitativo e explorar a experiência vivenciada ao longo da aprendizagem. É preciso lembrar que uma avaliação precisa valorizar o acerto e não o erro. Esse é o objetivo real de uma escola que respeita a diversidade. Segundo Costa (2012, p. 59), “Diante da escola seletista, excludente e conservadora, acostumada com o estudante ideal, há uma forte tendência de os docentes não respeitarem as diferenças”.

Uma escola que não respeita a diversidade entende que o processo de ensino-aprendizagem preza pela homogeneização, por um padrão de normalidade, onde insucesso dos alunos com necessidades educacionais específicas traz como resultado uma prática assistencialista que se distancia da inclusão. Inclusão não significa inserir os diferentes no ensino regular, inclusão envolve a quebra de paradigmas (COSTA, 2012). Ainda segundo o autor:

Diante do exposto, torna-se evidente que apenas a presença física do estudante diferente na escola não garante efetivamente sua inclusão. É preciso, ao nosso ver, que o papel da Educação Inclusiva, além de favorecer seu ingresso, garanta seu sucesso e permanência (COSTA, 2012, p.62).

Um outro critério analisado foi o número de alunos por professor. Quatro dos funcionários do NAPNE acreditam ser satisfatório e um acredita ser regular. Um aspecto importante a ser sinalizado é que tais respostas foram pautadas no atendimento especializado que acontece no NAPNE. Nas classes regulares do *campus* é comum encontrarmos mais de 30 alunos, onde é possível e desejável que haja algum aluno com necessidade educacional específica.

A presença do aluno com necessidade educacional específica nas classes regulares promove um crescimento coletivo. Além de permitir a socialização do aluno, também promove a quebra de barreiras atitudinais que por muitas vezes levam a evasão escolar. É importante que o aluno que não necessita de atendimento especializado compreenda o quanto antes que, se existir uma adaptação curricular, e se as tecnologias assistivas forem aplicadas, é possível que um educando com necessidades educacionais específicas consiga progredir academicamente e intelectualmente (COSTA, 2012).

Romper com tais barreiras significa se libertar da ignorância, do medo, da rejeição, da percepção de menos valia, do sentimento de inferioridade, da piedade, da adoração ao herói, da exaltação do modelo, da percepção da incapacidade intelectual, do efeito de propagação, dos estereótipos, da compensação, da negação, da substantivação da deficiência, da comparação, da adjetivação, da particularização, do assistencialismo e da superproteção (PIO e MIRANDA, 2017).

De todos os critérios postos em discussão, os que mais chamaram a atenção foram os relacionados ao contato anterior dos funcionários do NAPNE com as tecnologias assistivas, e ao diálogo entre os docentes e os desenvolvedores dessas tecnologias para a otimização do processo de aprendizagem. No primeiro, quatro declararam ser regular e um insatisfatório. Já no segundo, três afirmaram ser regular e dois insatisfatório.

Como um docente pode não ter tido contato anterior com tecnologias assistivas, no caso em estudo com modelos tridimensionais impressos para a educação de alunos com deficiência visual? Era esperado que o resultado do levantamento fosse satisfatório, não?

Para analisarmos esse item é necessário discutir a formação docente na universidade e nos cursos de formação continuada. É notório que existe um grande distanciamento entre as universidades com seus cursos de licenciatura, e as práticas pedagógicas na Educação Básica. Um professor se torna professor ao pisar na sala de aula, dialogando subjetivamente entre práticas de erros e acertos, onde os alunos são as cobaias dessa experimentação. Segundo Saviani (2009),

Em verdade, quando se afirma que a universidade não tem interesse pelo problema da formação de professores, o que se está querendo dizer é que ela nunca se preocupou com a formação específica, isto é, com o preparo pedagógico-didático dos professores (SAVIANI, 2009, p. 149).

Se entendemos que as universidades se distanciam da formação docente mais ampla, é possível questionar a formação que estes profissionais estão recebendo para atender às necessidades educacionais específicas. Atualmente, se faz mais do que necessário um processo de reestruturação dos cursos de licenciatura, com a inserção de disciplinas que promovam uma formação técnico-reflexiva para que os professores possam atender as diferentes demandas. É inaceitável que o peso pela má formação nessa área recaia somente sobre o professor. A inclusão não pode ser entendida como uma prática pessoal. Nas palavras de Ferreira e Santana (2017),

Por fim, registra-se que apenas ingressar no curso superior não legitima a formação dos professores, bem como matricular alunos especiais em escolas públicas não significa que estamos promovendo uma educação inclusiva. É preciso ir além e refletir nossas ações pedagógicas (FERREIRA e SANTANA, 2017, p. 61).

Assim, também não é aceitável assumirmos uma postura passiva pela má formação. Acreditamos que tais lacunas podem e devem ser aparadas ao longo da formação continuada, devendo-se existir um apoio para que esses se realizem.

Uma outra proposta que também poderia solucionar o problema seria o estabelecimento de um professor generalista e de um professor especialista. Esses deveriam dialogar constantemente sobre as suas práticas. O primeiro se responsabilizaria pelas classes regulares, enquanto o segundo para o atendimento educacional especializado. Assim, seria possível potencializar o processo de aprendizagem e estabelecer verdadeiramente a inclusão (BUENO, 1999).

Devemos levar em conta que o discurso sobre a aceitação da diversidade se estenda também ao corpo docente, e que esse pode não apresentar o interesse em se aprofundar no conhecimento das tecnologias assistivas, evitando rótulos discriminatórios (SILVA e SILVA, 2018).

O segundo questionário (Apêndice D) constituído por perguntas abertas foi aplicado aos mesmos cinco profissionais, sendo dois professores das classes regulares e que atendem os alunos com necessidades educacionais específicas e três técnicos do NAPNE. A seguir são apresentadas as respostas do segundo questionário. Três dos cinco entrevistados responderam de forma direta, apenas com a palavra “sim”. Os outros dois entrevistados forneceram respostas mais completas, as quais estão apresentadas por extenso abaixo.

Pergunta 1. No grupo atendido existe uma diferenciação entre os alunos cegos e de baixa visão, levando em consideração que as demandas educacionais entre os grupos são diferentes?

- *Sim. Resposta A.*

- *Sim. Resposta B.*

- *Sim. Resposta C.*

- *Essa diferenciação parece ocorrer apenas no momento da confecção das avaliações. Durante os encontros com os discentes, se houver uma razão de um para um, trabalhamos melhor essas particularidades, se não, o trabalho fica dividido entre as duas demandas. Lembrando que a própria formação docente não nos prepara para atuar com esses públicos.*

Resposta D.

- *Existe, dependendo do nível de baixa visão dos indivíduos. Alguns conseguem captar melhor alguns conceitos porque dispõem de alguma visão. Se mostram mais atentos, muitas vezes. No entanto, níveis muito baixos de visão fazem com que o aluno se comporte praticamente como um aluno cego e acredito que não há muita diferenciação nas estratégias de abordagem. Resposta E.*

A diferenciação entre os grupos deve ser feita em função das diferentes estratégias pedagógicas para promover a aprendizagem, inclusive no que diz respeito às avaliações. Concordamos que a formação do professor está longe do

ideal (COSTA, 2012.; FERREIRA E SANTANA, 2017.; SILVA E GUIMARÃES, 2018).

Os educandos que apresentam baixa visão, por apresentarem uma memória de longa duração mais diversificada, possivelmente irão construir conceitos de forma mais rápida. Por meio da visão há uma conceituação prévia que permite a acomodação de novos significados (PIAGET, 2012). Para esse grupo, o ideal é que os modelos tridimensionais explorem cores distintas para caracterizar estruturas distintas.

Já para os educandos cegos, onde a aprendizagem tátil junto a explanação teórica será responsável pela construção de significados, utilizar diferentes texturas para caracterizar partes distintas e explorar o contorno das formas, é de fundamental importância para potencializar a aprendizagem (Almeida, 2017). Se possível, também é recomendável utilizar diferentes objetos como organizadores prévios para facilitar a aprendizagem.

Pergunta 2. Entre os alunos cegos, e entre os alunos de baixa visão, existe uma diferenciação entre aqueles que sempre manifestaram a característica, e aqueles que o desenvolveram numa idade tardia?

- *Sim. Resposta A.*

- *Sim. Resposta B.*

- *Sim. Resposta C.*

- *Nunca li nenhum artigo sobre o tema e nem fui apresentado a uma discussão sobre, mas utilizando um achismo pouco acadêmico, acredito que características como cores e formas sejam mais facilmente entendidos em pessoas com desenvolvimento tardio. A memória visual pode ser um fator facilitador no processo de ensino-aprendizagem. Mas nunca fiz uma observação mais criteriosa sobre esse aspecto nos meus alunos. Resposta D.*

- *No geral, existe. Alunos que foram perdendo a visão ao longo do tempo me parece que têm maior clareza de conceitos e noções abstratas que os estudantes sem visão. Questões que envolvem espectro luminoso (cores), anatomia interna do corpo e genética (análise de heredogramas) são complexas de explicar para pessoas cegas de nascença. Resposta E.*

A visão representa uma fonte de percepção primária de estímulos em conjunto com o tato e o sistema vestibular, sabendo que os dois últimos podem ser facilmente balizados pela primeira. Basta percebermos que com a visão é possível identificar a aspereza de uma superfície sem tocá-la, e que se olharmos para um ponto fixo e rotacionarmos o corpo, não haverá perda de equilíbrio (SILVERTHORN, 2017).

Dessa forma, os educandos que perderam a visão tardiamente conseguem transitar entre um mundo abstrato e concreto de forma mais fácil já que tem estabelecido conceitos prévios na memória de longa duração. Para os educandos cegos, essa distância pode ser diminuída pelo uso dos modelos tridimensionais em uma sequência didática (PIAGET, 2012).

Pergunta 3. Entre os alunos cegos e de baixa visão, existe alguém proveniente de escola especial para cegos? Se sim, houve contato com tecnologias assistivas em tal instituição? Havendo contato com tais tecnologias, é possível notar alguma diferença no desenvolvimento desse aluno?

- Sim. **Resposta A.**

- Sim. **Resposta B.**

- Sim. **Resposta C.**

- Dos alunos que atendo atualmente não sei responder. Já lecionei para estudantes oriundos do Instituto Benjamin Constant, não percebi nenhuma diferença relativa quanto à interação com tecnologias assistivas. **Resposta D.**

- Sim, muitos estudantes provêm do Instituto Benjamim Constant e trazem experiências com tecnologias assistivas. Estudantes com essa experiência apresentam, no geral, mais autonomia e interação nas rotinas de sala de aula. **Resposta E.**

As respostas reforçam que alunos cegos ou com baixa visão não possuem problemas de aprendizagem, necessitando apenas dos recursos didáticos adequados a sua deficiência. É necessário que haja uma adaptação curricular e das práticas pedagógicas, além de atendimento especializado. É necessário romper com a homogeneização ditada pelas classes regulares.

Pergunta 4. Sempre que possível, é feito um atendimento individualizado com os alunos cegos e de baixa visão?

- *Sim. Resposta A.*

- *Sim. Resposta B.*

- *Sim. Resposta C.*

- *Não em sala de aula, apenas nos encontros que ocorrem no NAPNE; ainda assim, muitas vezes, é complicado. Não raro, há apenas um docente para um grupo de alunos com diferentes necessidades. Resposta D.*

- *Sim, sempre que possível os professores se dedicam quando há demandas dos alunos. Seja em seus próprios horários no NAPNE, seja em outros momentos. Resposta E.*

É bom saber que existe a intenção de um atendimento individualizado. Sabemos que dessa forma, com um diálogo mais próximo com o aluno, se torna mais fácil de identificarmos as demandas para traçarmos as estratégias pedagógicas para potencializar a aprendizagem.

A não aplicação da sequência didática em função da pandemia pelo SARS-COV-2 prejudicou a análise dos resultados, sabendo que somente o educando com deficiência visual é capaz de definir se os recursos didáticos utilizados no desenvolvimento do tema foram suficientes para promover uma aprendizagem significativa. Essa se distancia da aprendizagem mecânica já que os modelos 3D apresentam um significado próprio.

Seguindo as orientações de membros da equipe do Instituto Benjamin Constant (IBC), o uso de cores díspares e contrastantes permite que os educandos com baixa visão possam apreender os modelos 3D da sequência didática. Já o uso de texturas nas diferentes camadas do vaso permite que os educandos cegos as diferenciem. No modelo 3D do coração, é possível que por meio da aprendizagem tátil, os educandos consigam apreender o objeto explorando os seus contornos e cavidades.

Nesse sentido acreditamos que a sequência didática proposta pode ser um recurso para a aprendizagem do sistema cardiovascular para os educandos com deficiência visual e videntes.

4.2 Modelos tridimensionais

4.2.1 Modelos 3D dos vasos sanguíneos

Os modelos dos vasos sanguíneos foram confeccionados inteiramente no programa de modelagem 3D *online Tinkercad* e procuraram atender as características morfológicas com precisão, para que seja possível estabelecer a correlação entre a estrutura do vaso e o fluxo de sangue em seu interior.

O aspecto geral dos modelos e a proporção entre as camadas foi baseado em imagens de livros didáticos (AMABIS, MARTHO, 2015; LOPES, GROSSO, 2014) de tal modo que os alunos com deficiência visual tivessem acesso às imagens que geralmente são utilizadas para explicar sistema cardiovascular para alunos videntes.

Das diversas ferramentas disponíveis no site *Tinkercad*, foi possível criar os modelos dos vasos sanguíneos com a utilização de poucas formas geométricas e geradores de formas mais complexas. Foram utilizadas as ferramentas de criação de cilindros, tubos e esferas. A adição, modificação e subtração destas três formas permitiu criar modelos até certo ponto complexos, como mostrados abaixo.

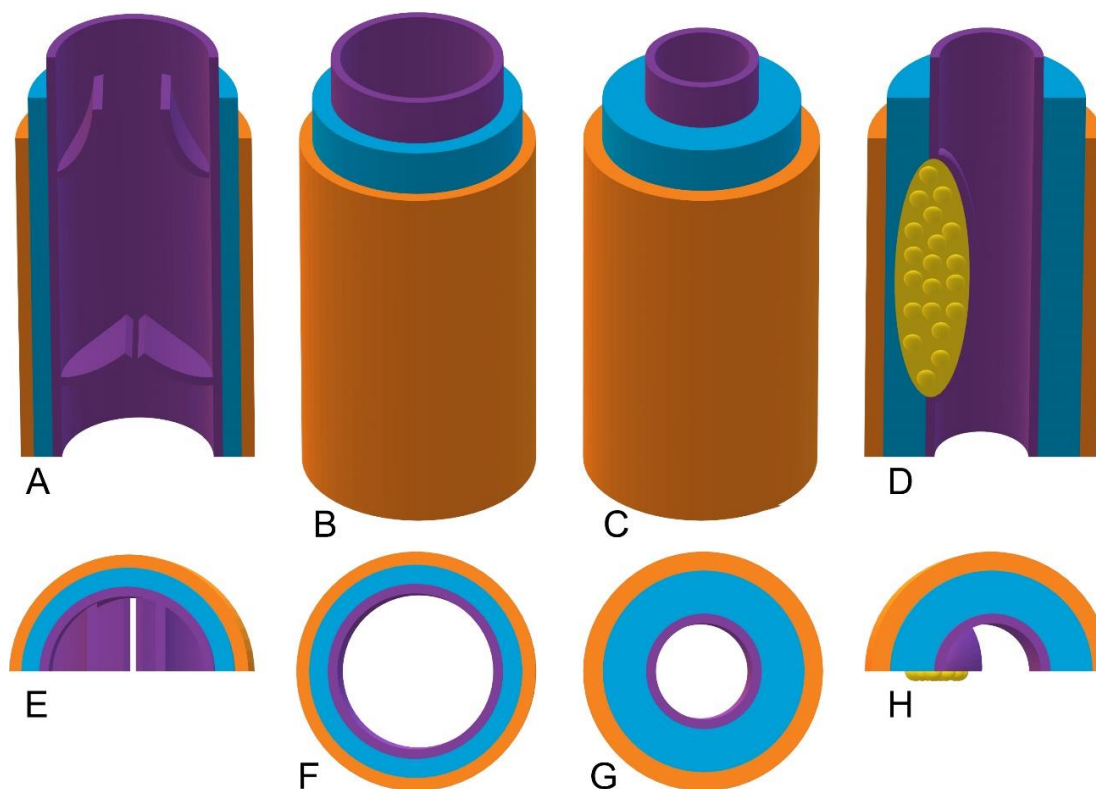
Os modelos de vasos sanguíneos foram criados utilizando basicamente três tubos com diferentes medidas de raio e espessura de parede para respeitar as características histológicas de artérias e veias. Foi criada para testes uma primeira versão dos modelos: uma veia, uma artéria, uma veia seccionada para exibição das válvulas e uma artéria seccionada para a exibição de um ateroma (Figura 3). Para a construção das válvulas foi utilizado um aro modificado e para a construção da placa de ateroma uma esfera modificada.

Para permitir o encaixe entre as peças, o diâmetro externo de cada tubo é ligeiramente menor que o diâmetro interno do tubo no qual ele se encaixa. Foram testados dois espaços entre os tubos: 0,1 e 0,2mm. Após o primeiro teste de impressão, considerou-se aqui que as versões com espaço de 0,2mm funcionaram melhor, pois permitiram um encaixe mais fácil e também mantinham a possibilidade de desencaixar mais facilmente as partes para utilizar as camadas individualmente.

Essa primeira versão foi apresentada na qualificação de mestrado. Foi sugerido pela banca um aumento na espessura da camada externa do vaso venoso,

já que essa deve ser maior quando comparado ao vaso arterial para atender as características da morfologia do vaso.

Figura 3 - Primeira versão dos modelos de vasos sanguíneos



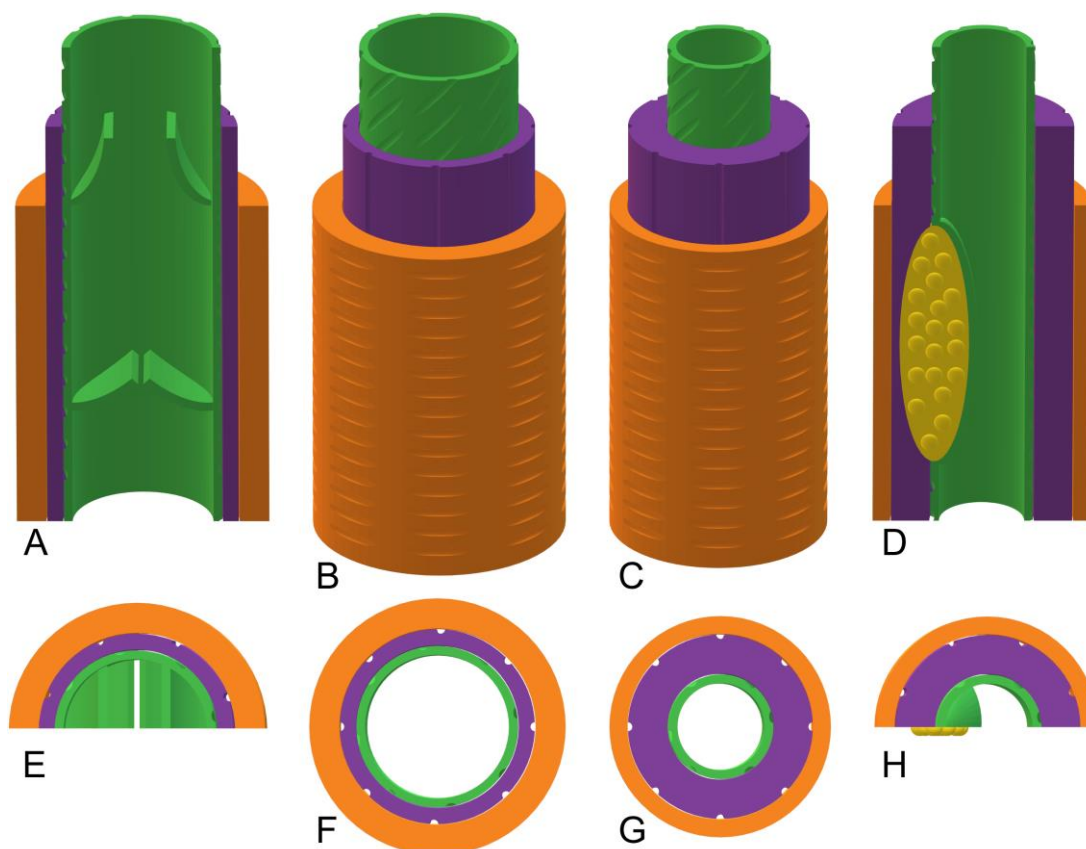
Legenda: A- Veia em corte longitudinal para observação das válvulas; B- Veia; C- Artéria; D- Artéria em corte longitudinal para observação da placa de ateroma; E- Visão superior da veia em corte longitudinal; F- Visão superior da veia; G- Visão superior da artéria; H- Visão superior da artéria com aterosclerose em corte longitudinal.

Fonte: O autor, 2020.

Além desta modificação, para a versão definitiva foram incluídas texturas diferentes em cada uma das camadas, um passo importante para a utilização dos modelos por alunos cegos (Figura 4). Também foi ampliada a diferença de altura entre as camadas de um para dois centímetros, deixando essas texturas mais evidentes. Para facilitar o encaixe das peças optou-se por fazer a textura toda em baixo relevo, a partir da exclusão de material (com a utilização de formas cilíndricas). A exceção é a textura da placa de ateroma, que foi feita em alto-relevo, pois não atrapalharia o encaixe da peça. As versões finais dos modelos 3D dos vasos sanguíneos poderão ser baixadas para impressão no site *thingiverse.com* (<http://tny.sh/EfAGQDV>). Um arquivo contendo maiores informações sobre os

modelos e sugestões para impressão foi criado para ser disponibilizado em repositórios de produtos educacionais (apêndice H).

Figura 4 - Versão final dos vasos sanguíneos incluindo texturas na superfície de cada camada

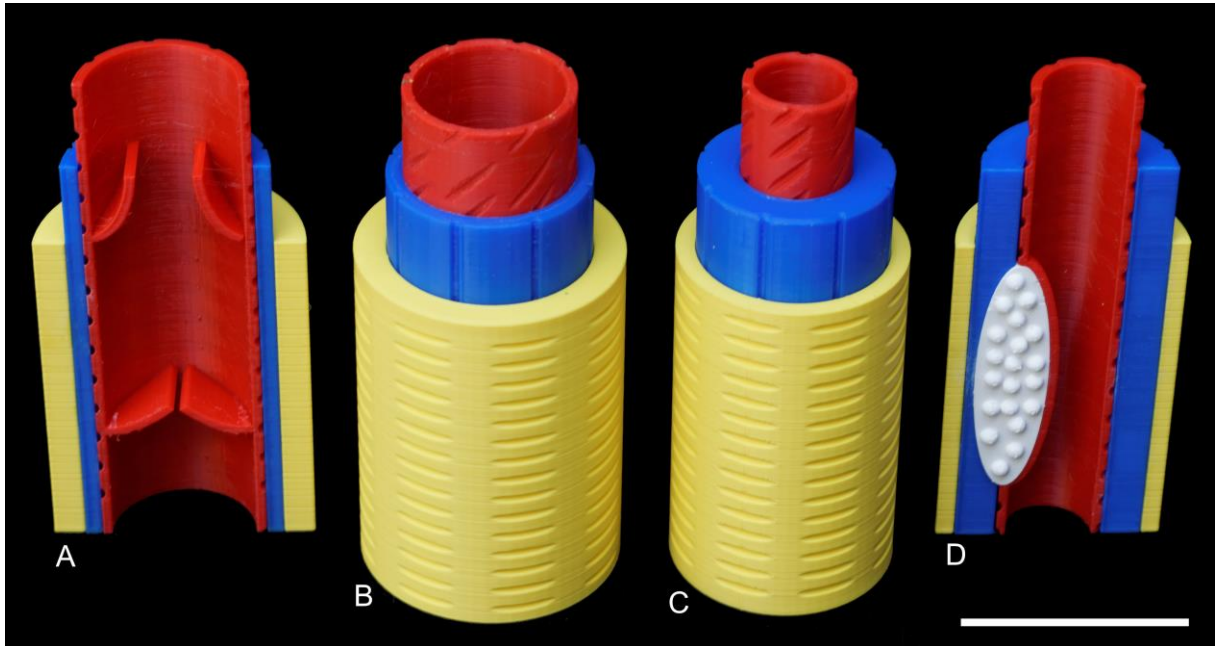


Legenda: A- Veia em corte longitudinal para observação das válvulas; B- Veia; C- Artéria; D- Artéria em corte longitudinal para observação da placa de ateroma; E- Visão superior da veia em corte longitudinal; F- Visão superior da veia; G- Visão superior da artéria; H- Visão superior da artéria com aterosclerose em corte longitudinal.

Fonte: O autor, 2020.

Para facilitar a utilização dos modelos por alunos com baixa visão procurou-se empregar as cores mais contrastantes entre as camadas. Como cada modelo possui três camadas optou-se por testar as cores primárias (cf., amarelo, vermelho e azul) (Figura 5) e as cores secundárias (cf., laranja, verde e roxo) (Figura 6). Em comunicação pessoal com os professores do Instituto Benjamin Constant (IBC), MSc. Priscila Alves Marques e Dr. Aires da Conceição Silva, percebemos que existe um grande espectro no quesito baixa visão, e que o fator preponderante para diferenciação das cores é o contraste. Estava prevista a avaliação dos modelos pelos professores e outros integrantes do IBC, mas isso não foi possível devido à pandemia.

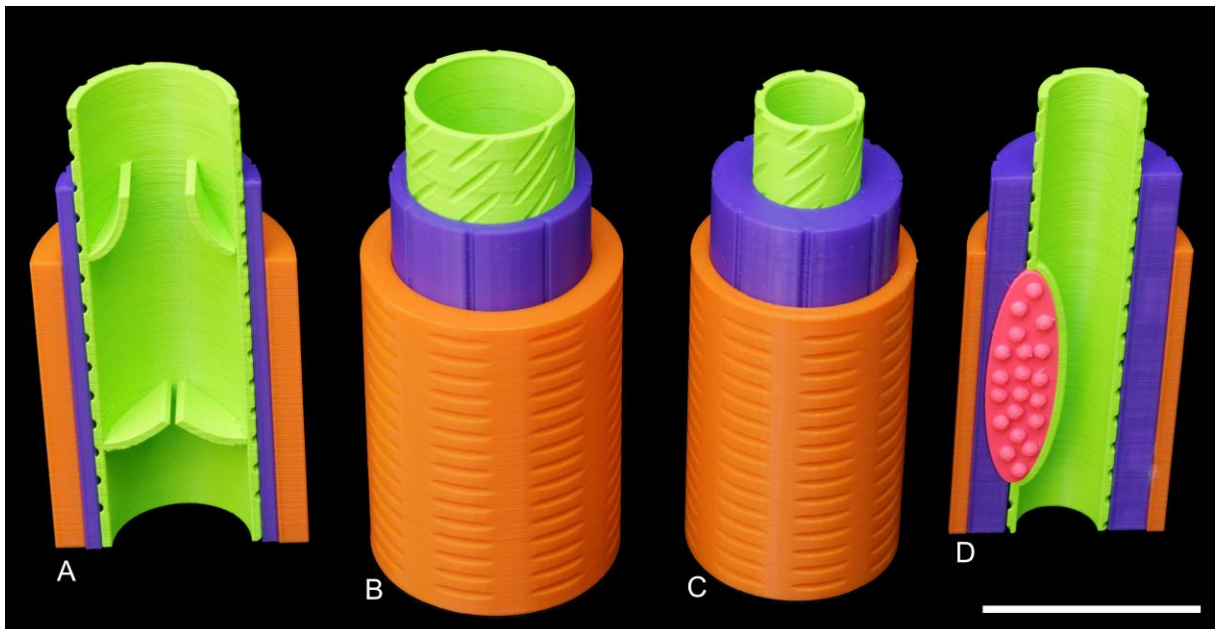
Figura 5 - Versão final dos modelos dos vasos sanguíneos impressos em 3D com cores primárias



Legenda: A- Veia em corte longitudinal evidenciando as válvulas; B- Veia; C- Artéria; D- Artéria em corte longitudinal evidenciando a placa de ateroma. Escala: 5cm.

Fonte: O autor, 2020.

Figura 6 - Versão final dos modelos dos vasos sanguíneos impressos em 3D com cores secundárias



Legenda: A- Veia em corte longitudinal evidenciando as válvulas; B- Veia; C- Artéria; D- Artéria em corte longitudinal evidenciando a placa de ateroma. Escala: 5cm.

Fonte: O autor, 2020.

Na versão final dos vasos é possível observar que a característica histológica dos vasos foi preservada para que os alunos com deficiência visual possam estabelecer uma correlação com fluxo de sangue (MONTANARI, 2016).

Quando comparado ao vaso venoso, o vaso arterial apresenta maior espessura da camada média, representando a musculatura lisa que irá controlar o fluxo de sangue nas artérias musculares.

No vaso com aterosclerose é possível observar a placa formada na camada interna, que se projeta para a luz do vaso reduzindo o fluxo de sangue em seu interior.

O vaso venoso apresenta maior espessura da camada externa, grande diâmetro interno que reduz a resistência ao retorno venoso, e válvulas que impedem o refluxo de sangue.

4.2.2 Modelos 3D do coração

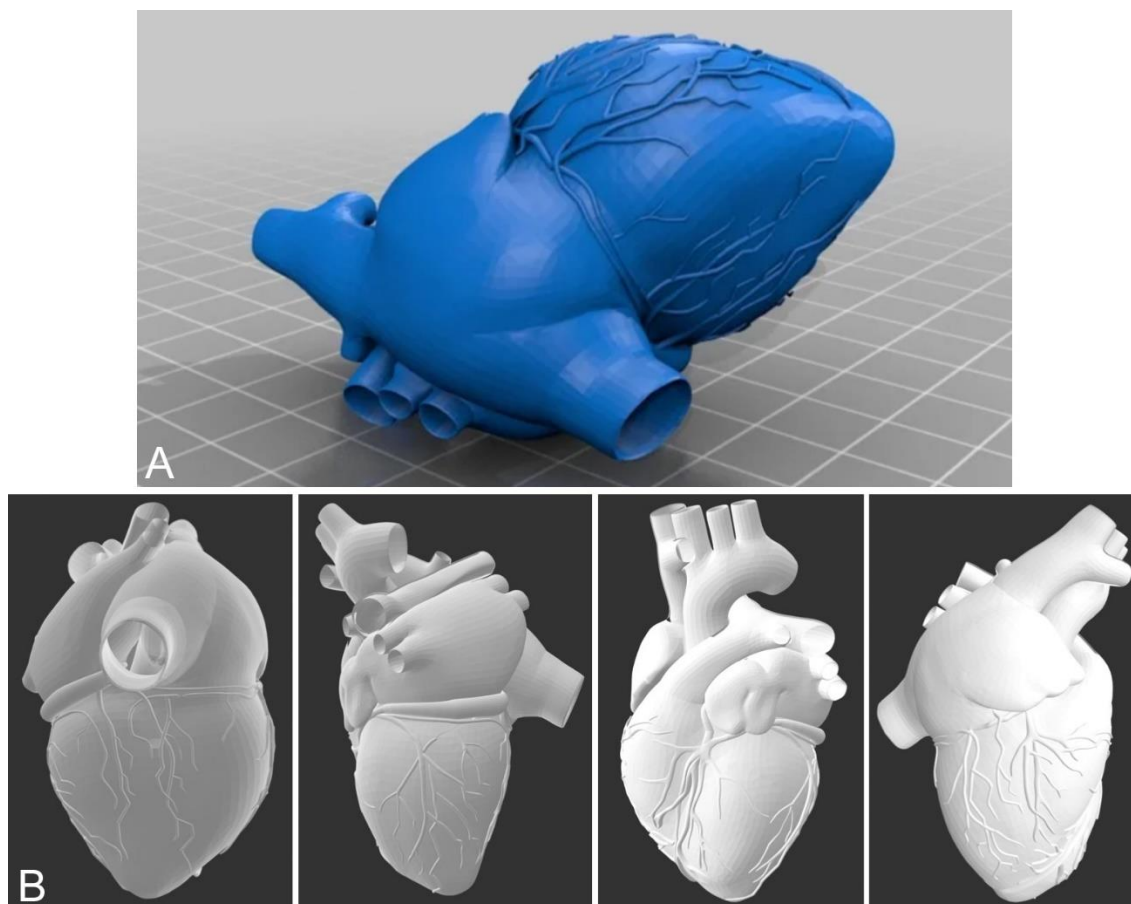
Um conjunto de modelos para ensino de sistema cardiovascular não estaria completo sem um modelo do coração. A elaboração de um modelo como esse é mais complexa e praticamente inviável ser realizada com o programa escolhido. Todavia existem vários modelos de coração adequados disponíveis em sites de troca de arquivos 3D. Foi selecionado um dos modelos mais fiéis depositados no principal site de trocas de modelos 3D, o *thingiverse.com*³ (figura 7).

A primeira tentativa de impressão do modelo escolhido deixou claro que diversas partes eram muito finas, principalmente as extremidades dos vasos sanguíneos. Foi feita uma análise de espessura utilizando o programa gratuito *Autodesk Meshmixer*. Nessa análise ficou evidente que algumas partes do modelo eram mais finas que 0,4mm (Figura 8A), a espessura mínima criada pela maioria das impressoras 3D de FDM. Grande parte das paredes eram mais finas que 0,8mm (Figura 8B), um valor mínimo aceitável para uma boa impressão, ou que 1,2mm (Figura 8C), o valor ideal para uma impressão de qualidade e bastante resistente. Algumas porções do modelo se mostraram até menos espessas do que 0,1mm

³ <https://www.thingiverse.com/thing:852939>

(Figura 8D), o que indicou a necessidade de aumentar a espessura da parede dos vasos em 1,2mm para garantir a melhor qualidade de impressão.

Figura 7 - Modelo do coração humano baixado no site *thingiverse.com*



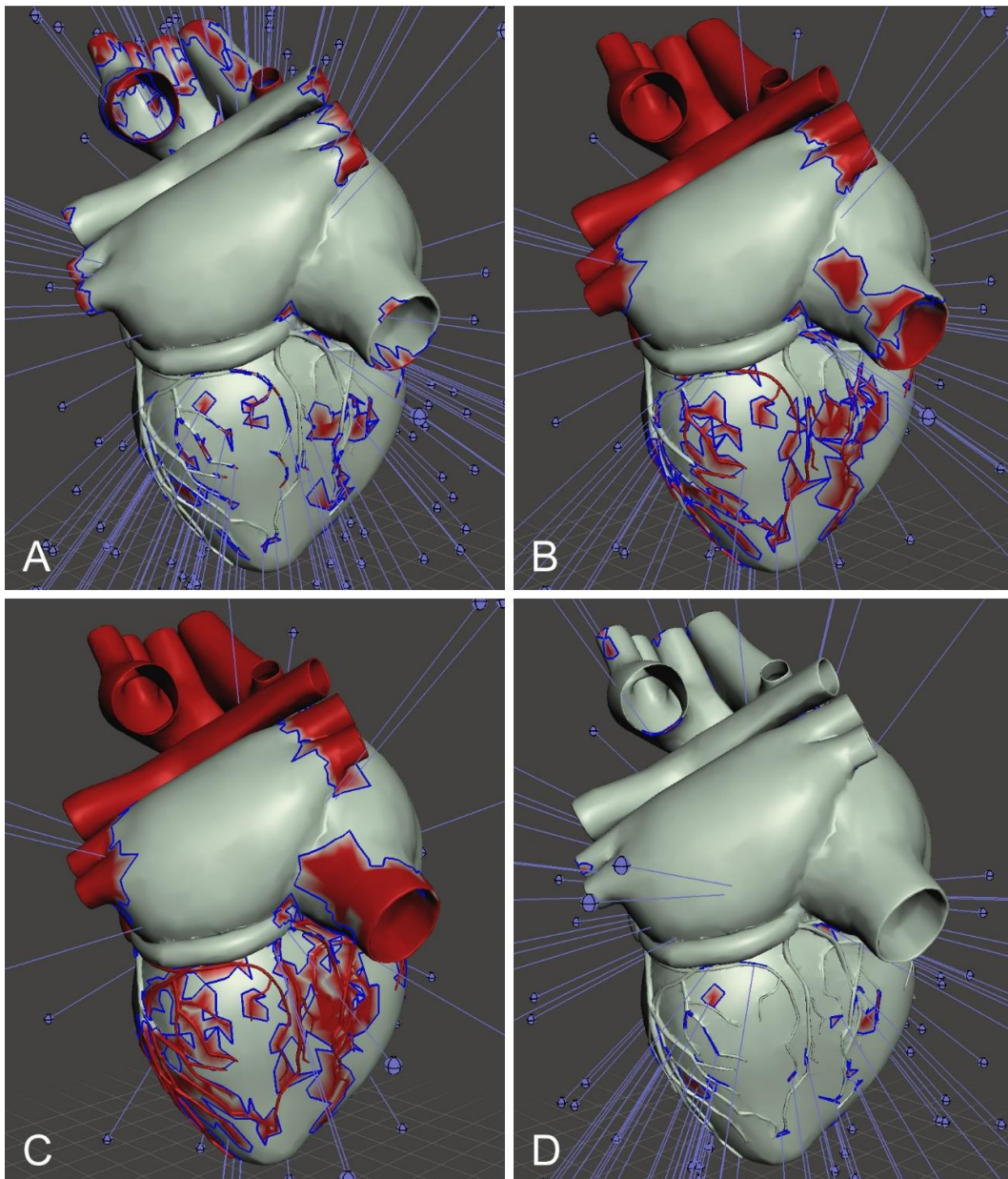
Legenda: A- Foto extraída do *thingiverse.com* apresentando a morfologia externa; B- Visualização do modelo em diferentes ângulos.

Desta forma, foi necessário modificar esse modelo para facilitar a impressão e também para permitir a melhor exibição de características internas para os alunos. Para o aumento da espessura das paredes foi utilizado o programa *Meshmixer*. Foram testados dois métodos para aumentar a espessura da parede dos vasos, as opções *extrude* e *make solid*, esta última de duas maneiras distintas.

O método *extrude* trouxe um bom resultado, mas tornou mais evidentes pequenas imperfeições no modelo, principalmente em regiões próximas às artérias coronárias (Figura 9B) O método *make solid* com a opção *minimum thickness* de 1,2mm se mostrou completamente ineficaz (Figura 9C). Essa opção aumenta a espessura apenas das paredes menores que 1,2mm e resultou numa marcada distorção da superfície do modelo. O método *make solid* com a opção *offset de*

0,6mm alcançou o melhor resultado (Figura 9D). Essa função desloca de forma uniforme o contorno do modelo. Tendo em vista que o intuito era aumentar a espessura das paredes dos vasos em 1,2mm, foi necessário somente um *offset* de 0,6mm, visto que o mesmo foi aplicado tanto na parede externa quanto interna dos vasos.

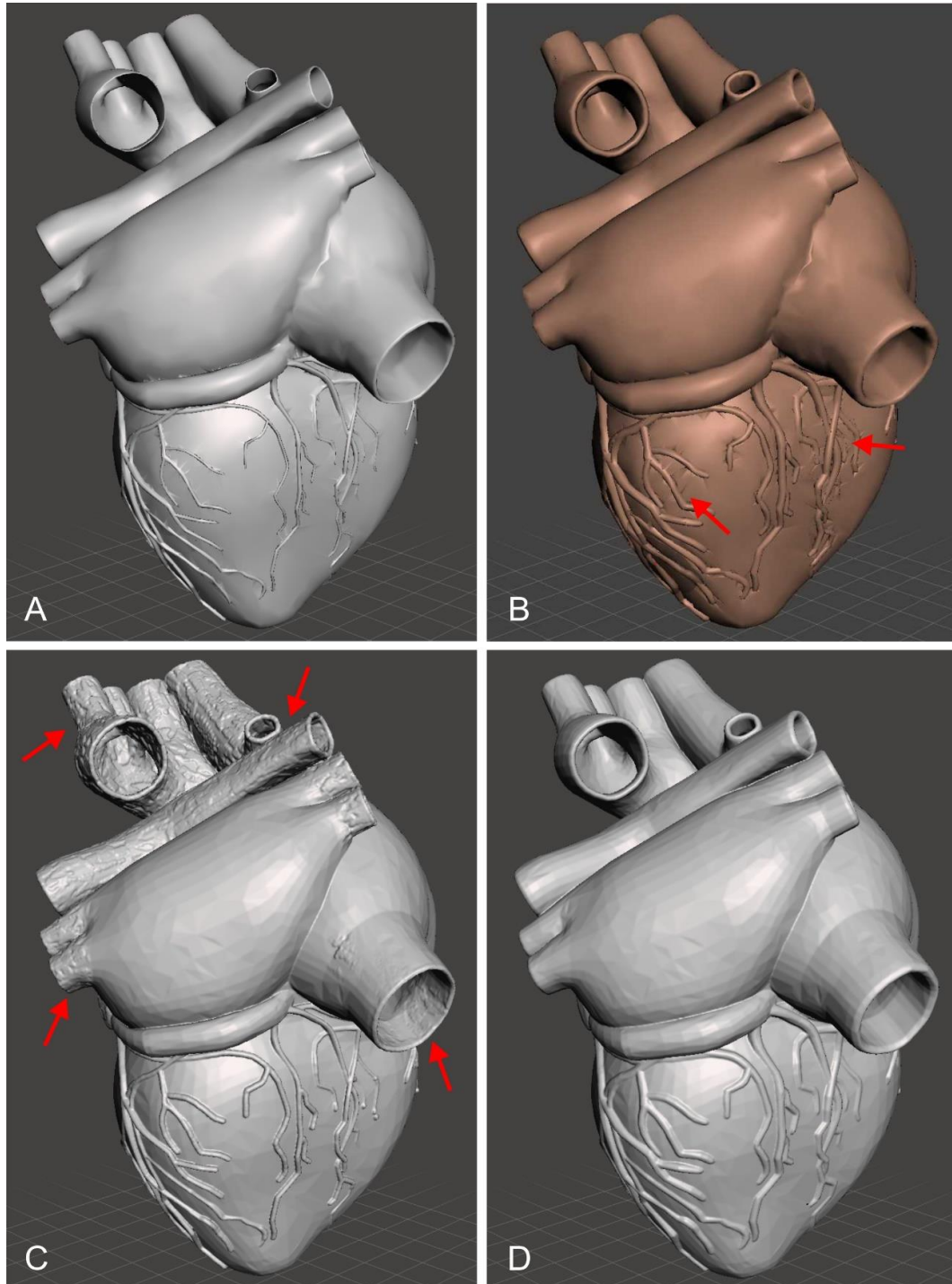
Figura 8 - Análises de espessura do modelo do coração feitas com o programa *Meshmixer*



Legenda: A- Análise com valor mínimo de 0,4mm; B- Análise com mínimo de 0,8mm; C- Análise com valor mínimo de 1,2mm; D- Análise com valor mínimo de 0,1mm. A cor vermelha representa regiões com espessura inferior ao valor mínimo de cada análise.

Fonte: O autor, 2020.

Figura 9 - Correção da espessura mínima do modelo do coração utilizando diferentes métodos no programa *Mexhmixer*

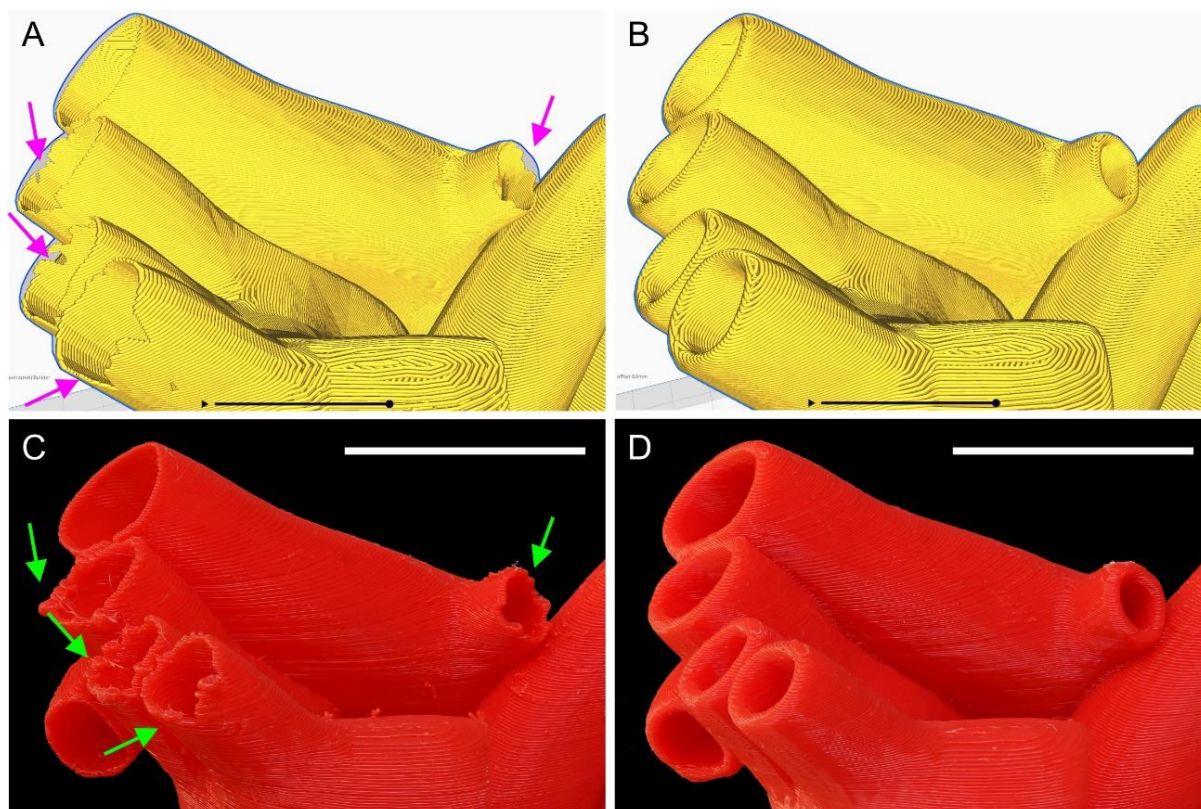


Legenda: A- Modelo original apenas redimensionado e reorientado; B- correção da espessura pelo método *extrude*; C- correção da espessura pelo método *make solid/minimum thickness*; D- correção da espessura pelo método *make solid/offset*. Setas na cor vermelha indicam algumas das imperfeições criadas ou amplificadas pelo processo de correção. Obs: a diferença de textura na superfície dos modelos (lisa nas imagens A e B e com pequenos retângulos nas imagens C e D) é um artefato de visualização do programa, os quatro modelos apresentam a mesma textura na superfície quando visualizados com o software *Cura*.

Fonte: O autor, 2020.

A melhora na qualidade de impressão pode ser vista a partir de uma comparação do modelo original com o que foi criado a partir dessas modificações. Essas diferenças são evidentes tanto na pré-visualização feita pelo fatiador *Ultimaker Cura* (Figura 10 A e B), quanto nas peças impressas (Figura 10 C e D).

Figura 10 - Comparação de detalhes do modelo original e da versão final após a correção da espessura mínima com o programa *Meshmixer*



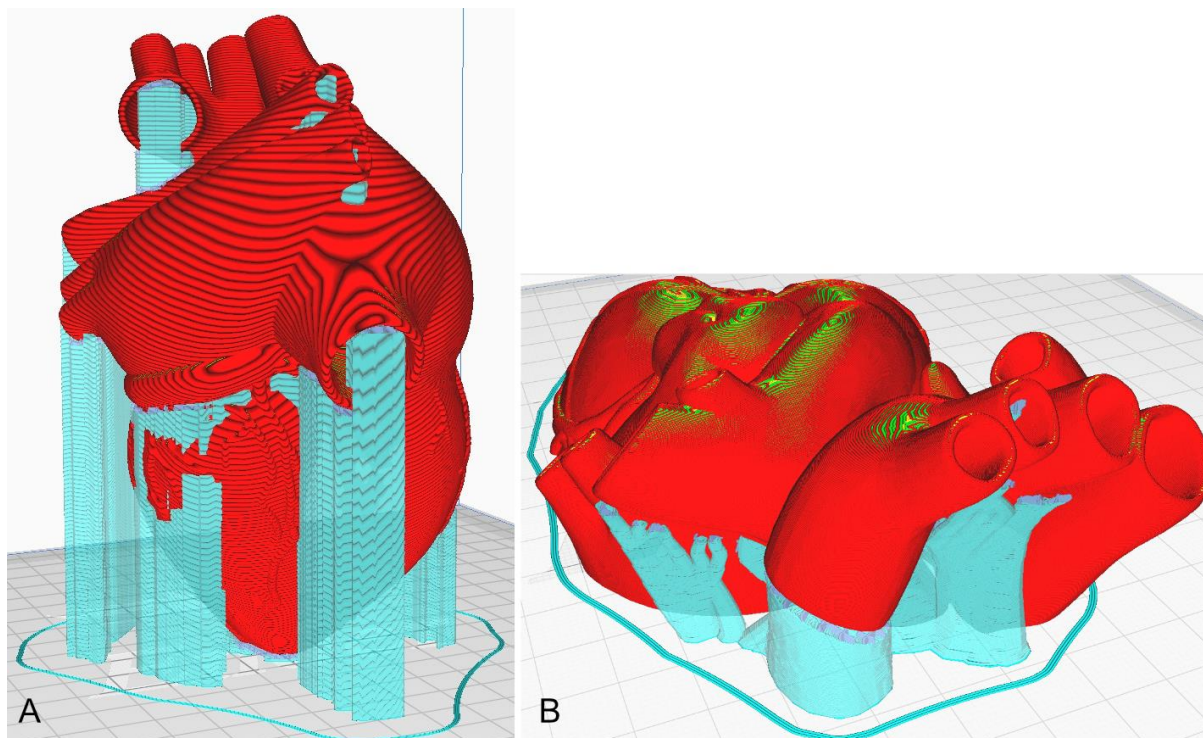
Legenda: A- pré-visualização do modelo original com o programa *Cura*; B- pré-visualização do modelo corrigido pelo método *make solid/offset* com o programa *Cura*; C- detalhe da impressão do modelo original; D- detalhe da impressão do modelo com correção da espessura pelo método *make solid/offset*. Setas indicam algumas das imperfeições decorrentes da pouca espessura de algumas partes do modelo original. Escala = 20mm.

Fonte: O autor, 2020.

Para facilitar a visualização das estruturas internas cardíacas, em especial as quatro câmaras, o modelo modificado foi também cortado em duas partes com a utilização do programa *Meshmixer*. Os modelos foram impressos, sendo o coração inteiro impresso na vertical e as duas metades do coração impressas com a face de corte junto à mesa de impressão (Figura 11), para facilitar a impressão e posterior remoção dos suportes. As versões finais impressas do modelo do coração podem

ser vistas na Figura 12. Tais versões também poderão ser baixadas para impressão no site *thingiverse.com* (<https://tny.sh/CXLuLN6>) e são abordadas no apêndice H.

Figura 11 - Visualização da impressão do coração



Legenda: A- Visualização da impressão do coração na posição vertical; B- Visualização da impressão de uma das partes do coração na posição horizontal com a face cortada em contato com a mesa de impressão.

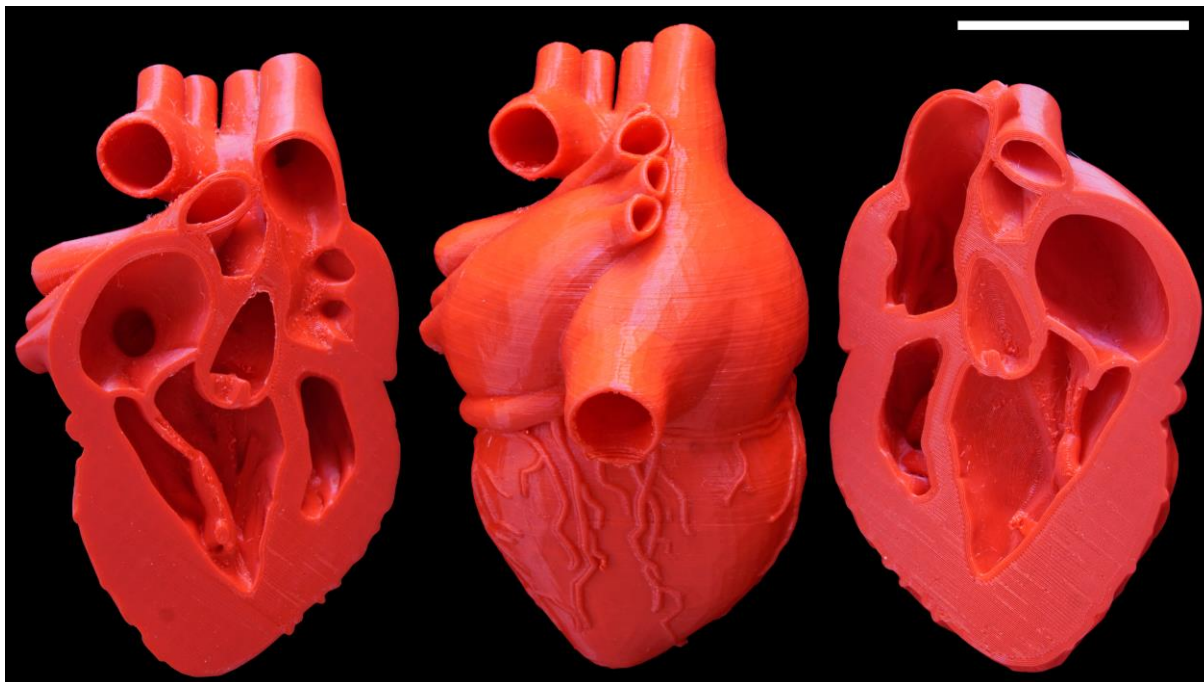
Fonte: O autor, 2020.

Os arquivos foram produzidos com o objetivo de permitir, que por meio da aprendizagem tátil, a morfologia externa e interna fosse apreendida pelos alunos com deficiência visual.

Com os modelos é possível identificar a vascularização do coração, destacando-se as artérias aorta, pulmonar e coronárias, as veias cavas (superior e inferior) e pulmonares. Também é possível identificar as câmaras cardíacas: átrios (esquerdo e direito) e ventrículos (esquerdo e direito).

Associando os modelos tridimensionais com os aspectos teóricos da temática, os alunos são capazes de compreender a pequena e a grande circulação, além de explicar como ocorre a distribuição do sangue arterial e venoso no corpo de um sujeito.

Figura 12 - Imagens das versões finais impressas do coração



Legenda: Escala = 5 cm.
Fonte: O autor, 2020.

O desenvolvimento e uso de modelos tridimensionais tem se mostrado como um importante recurso no Ensino de Biologia e Ciências por permitir a apreensão de novos conceitos, muitas das vezes abstratos, que se acomodam na estrutura cognitiva prevalente do educando (SILVA, 2014).

Em 2011, Paulino, Vaz e Bazon produziram modelos bidimensionais e tridimensionais para o ensino da célula eucariótica, do núcleo celular e para a tradução proteica, com alunos videntes e com deficiência visual. Segundo os autores foi possível observar uma boa representação conceitual dos conteúdos. As diferentes texturas, as cores vibrantes e contrastantes, o tamanho aumentado e a fácil manipulação, foram apontados como fatores importantes para aprendizagem.

Em 2012, Lopes, Almeida e Amado produziram modelos tridimensionais para o ensino de mitose com uma aluna com deficiência visual. Um detalhe interessante é que as etapas do processo não foram apresentadas em sequência, sendo pedido que a aluna a definisse. A ordem obtida foi metáfase, anáfase, telófase, intérfase, citocinese e prófase. Notou-se que a aluna se guiava principalmente pelos centríolos, pela carioteca e pelo nucléolo, que apresentavam texturas diferentes. Dessa forma, foi possível constatar que o uso de diferentes texturas permitiu a

diferenciação das estruturas criando uma sequência lógica muito próxima do observado na realidade.

Krause (2012) observou que o uso de modelos tridimensionais reais (em resina) e virtuais contribuiu com uma mudança nas representações mentais e uma maior aproximação dos modelos científicos sobre o sistema digestivo humano em alunos videntes. Segundo o autor os modelos tridimensionais reais permitiram: “a indicação de volume e sobreposição de elementos, a fragmentação de um mesmo órgão, e indicação discreta de conexão entre os órgãos”, contribuindo com uma aprendizagem significativa.

Mariz (2014) encorajou alunos videntes a desenvolver modelos tridimensionais sobre a célula eucariótica, o desenvolvimento embrionário de um mamífero, a molécula de DNA e sobre o cromossomo para educação desses e de alunos com deficiência visual. A autora afirma que o ensino de determinados temas da biologia é de difícil compreensão e que o uso de uma metodologia ativa associada a modelos tridimensionais pode contribuir com a aprendizagem. Cabe ressaltar que, segundo Taquary e Fagundes (2009), a aprendizagem tátil deve ser valorizada independente do aluno ser vidente ou apresentar deficiência visual.

Silva (2014) produziu modelos tridimensionais do ovo, das fases larval e adulta do mosquito *Aedes aegypti* para ensinar as características morfológicas do animal aos educandos com deficiência visual do Instituto Benjamin Constant (IBC). No estudo foi possível observar que a maioria dos alunos, por ter um conhecimento prévio dos insetos, conseguiu identificar o modelo como sendo pertencente ao de um mosquito ou mosca, sendo a aparência definida pelos contornos e texturas, e pela escala.

Em 2015, Nepumuceno e Zander realizaram um levantamento acadêmico dos trabalhos relacionados aos materiais táteis adaptados para o ensino de alunos com deficiência visual. Nesse trabalho foi possível perceber que o número de profissionais que promovem a adaptação visando uma educação inclusiva ainda é pequeno e não atende às expectativas.

Pelos exemplos supracitados, apesar de não termos feito uso dos modelos tridimensionais com os educandos com deficiência visual atendidos pelo NAPNE do Colégio Pedro II (*campus* São Cristóvão III) em função da pandemia por SARS-COV-2, acreditamos que esses materiais podem ser de grande importância para o ensino de sistema cardiovascular.

Os modelos 3D dos vasos sanguíneos contam com camadas dispostas em alturas diferentes e texturas distintas para facilitar a identificação. A espessura das camadas contribui com a contextualização do tema definindo uma boa representação conceitual. As cores contrastantes também podem contribuir com a diferenciação das camadas pelos educandos que apresentam baixa visão.

Os vasos sanguíneos e o coração apresentam tamanhos que permitem a fácil manipulação, além de apresentar, no caso do coração, uma escala que o aproxima do órgão anatômico.

Sabendo que a produção de materiais adaptados para educandos com necessidades educacionais específicas é escassa, toda e qualquer iniciativa que objetiva promover a inclusão é muito bem-vinda.

4.3 A sequência didática

A sequência didática foi planejada para ser desenvolvida em um período de três semanas consecutivas, totalizando seis tempos de aula, tendo cada tempo 40 minutos de duração. No primeiro momento sugere-se que se faça um levantamento das concepções prévias e das estruturas cognitivas dos discentes, e que se utilize dos organizadores prévios, seringas de diferentes volumes e os sons das bulhas cardíacas durante o repouso e exercício, seriam apresentados aos alunos.

No segundo momento sugere-se uma aula expositiva e dialógica, onde os organizadores prévios seriam explorados em conjunto com os modelos 3D, com o objetivo de estabelecer uma ponte cognitiva entre os novos conhecimentos e aqueles que já haviam sido apreendidos pelos alunos ao longo da vida.

No terceiro momento sugere-se que seja aplicado um questionário para verificação da aprendizagem de forma qualitativa.

A tabela 5 nos mostra um resumo das atividades propostas na sequência didática e pode ser encontrada no apêndice H.

Tabela 5 - Resumo das atividades propostas na sequência didática

	Momento 1	Momento 2	Momento 3
Atividade	Roda de conversa com apresentação dos organizadores prévios	Aula expositiva e dialógica com apresentação dos modelos 3D	Roda de conversa seguida de aplicação de um questionário
Materiais utilizados	Seringas de diferentes volumes Recipiente com água Sons das bulhas cardíacas Caixa de som ou <i>smartphones</i> Estetoscópio (não obrigatório)	Modelos 3D do coração e dos vasos sanguíneos	Questionário
Tempo	2 tempos (1h e 20 min)	3 tempos (2 h)	1 tempo (40 min)
Objetivos	Identificar estrutura cognitiva e os conceitos prévios sobre o tema	Explorar por meio da apreensão tátil os modelos 3D definindo a relação entre a estrutura dos vasos e o fluxo de sangue, e analisar a morfologia interna e externa do coração	Avaliar a experiência vivenciada pelo uso dos modelos 3D e da sequência didática

Fonte: O autor, 2020.

Etapas da sequência didática

Momento 1 – Duração: 2 tempos (1 hora e 20 minutos)

Nesse momento sugere-se a realização de uma roda de conversa mediada pelo docente a fim de identificar a estrutura cognitiva e as concepções prévias dos alunos sobre o tema em questão. Acreditamos que um tempo de 40 minutos seja suficiente para a execução dessa atividade. É sugerido também que se faça uso de perguntas orientadoras para o encaminhamento do tema de forma investigativa, sendo elas:

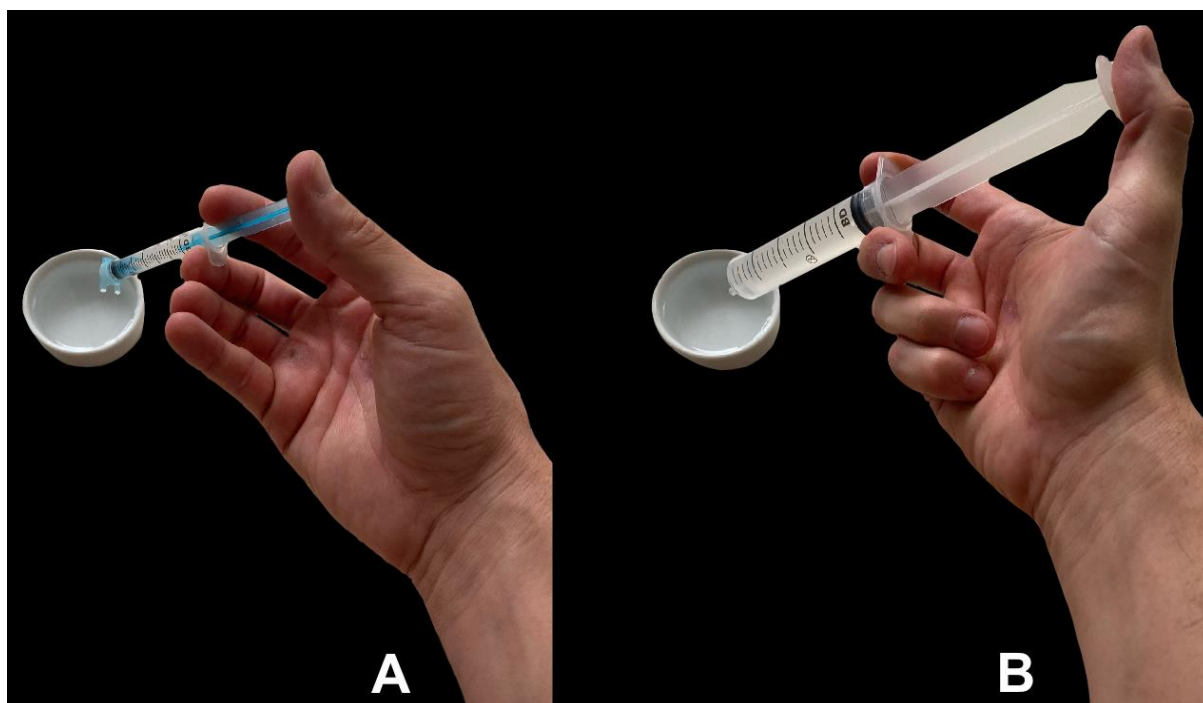
- Qual a função do coração?
- Quantas câmaras cardíacas podem ser observadas no coração humano?
- Quais são os vasos sanguíneos do coração?
- O que são artérias e veias?
- Como se dá o fluxo de sangue nas artérias e veias?

Logo após a roda de conversa, sugerimos que os alunos se distribuam em pequenos grupos (indicamos cinco) e os organizadores prévios, seringas e sons das bulhas cardíacas, sejam apresentados.

A inclusão do que Ausubel (1978) denominou de organizadores prévios, permite que conceitos mais generalistas sobre a fisiologia cardiovascular, de maior abstração, ou até mesmo modelos que sirvam como ponto de partida, também se mostram bastante eficientes para promover uma aprendizagem significativa.

Nesse sentido o uso de seringas pode oferecer uma ponte cognitiva no estabelecimento de inúmeros conceitos relacionados a fisiologia cardiovascular. Por exemplo, será possível fazer uma associação entre o volume de ejeção e a dilatação das câmaras cardíacas ao comparar seringas que comportem volumes diferentes, estabelecendo a relação com o débito cardíaco; relacionar a pressão com a hipertrofia do miocárdio ao pressionar o êmbolo variando a força; definir a importância das valvas cardíacas para evitar o refluxo de sangue (figura 13).

Figura 13 - Imagens das seringas sendo manipuladas para a percepção da força que deve ser aplicada para ejetar todo o volume de líquido do seu interior



Legenda: A- Manipulação da seringa de 3ml; B- Manipulação da seringa de 20 ml.
Fonte: O autor, 2020.

O som das bulhas cardíacas durante o repouso e no exercício (assim como o uso de um estetoscópio nas mesmas condições) também pode ser utilizado

buscando estabelecer uma relação entre a frequência cardíaca e a atividade metabólica, facilitando o entendimento de que com o aumento do metabolismo se faz necessário melhorar a entrega de oxigênio e nutrientes. Esses sons podem ser encontrados em https://en.wikipedia.org/wiki/Heart_sounds.

Para execução dessa parte da atividade sugere-se que o professor utilize uma caixa de som, ou como alternativa, que os alunos utilizem o próprio *smartphone*. Sugerimos também o tempo duração de um minuto para que os alunos tomem nota de quantos batimentos foi possível ouvir durante o repouso e no exercício.

Um estetoscópio também poderia ser utilizado para auscultar o coração de um colega durante o repouso e logo após ter realizado uma atividade leve. Seria uma alternativa ao uso dos sons das bulhas cardíacas, ou como desejável, uma atividade complementar.

Sabendo os valores para a frequência cardíaca de repouso e durante o exercício, seria possível estimar o débito cardíaco. Esse é o produto da frequência cardíaca e do volume sistólico, ou seja, é o volume de sangue que circula no corpo em um minuto. Logo, com o aumento da frequência cardíaca, tem-se um aumento do débito cardíaco. Com isso, uma maior quantidade de oxigênio e nutrientes chegaria aos tecidos permitindo que as células apresentassem um aumento na taxa metabólica.

A tabela 6 nos mostra valores de referência para o débito cardíaco, a frequência cardíaca e o volume de ejeção de um atleta e um indivíduo sedentário durante o repouso e no exercício.

Tabela 6 - Comparação do débito cardíaco, da frequência cardíaca e do volume de ejeção entre atletas e sedentários no repouso e durante o exercício

	Débito cardíaco (L.min ⁻¹)	Frequência cardíaca (b.min ⁻¹)	Volume de ejeção (L.b ⁻¹)
Repouso			
Sedentário	5	70	0,071
Atleta	5	50	0,1
Exercício			
Sedentário	22	195	0,113
Atleta	35	195	0,179

Legenda: O débito cardíaco é medido em litros por minuto, a frequência cardíaca em batimentos por minuto e o volume de ejeção em litros por batimento.

Fonte: Adaptado de Essentials of exercise physiology / Victor L. Katch, William D. Mcardle, Frank I. Katch. – 4th ed. p.325.

Momento 2 – Duração: 3 tempos (2 horas)

Para esse momento sugerimos uma aula expositiva e dialógica, que em conjunto com os organizadores prévios e os modelos 3D, têm como objetivo criar uma aproximação entre o conhecimento abstrato e o concreto. Essa etapa deverá ser orientada pelo docente da área de Biologia com o objetivo de identificar as partes constituintes do coração, e a estrutura do vaso arterial e venoso. Um detalhe importante a ser ressaltado, é que a sequência didática foi planejada para ser aplicada no NAPNE do *campus* de São Cristóvão III, devendo o professor regente adaptá-la para o seu melhor uso.

Ainda durante esse momento, o docente pode buscar responder de forma dialógica as questões levantadas anteriormente. Caberia a ele contextualizar os diferentes conceitos relacionados ao coração com o cotidiano dos discentes em busca de uma aprendizagem significativa.

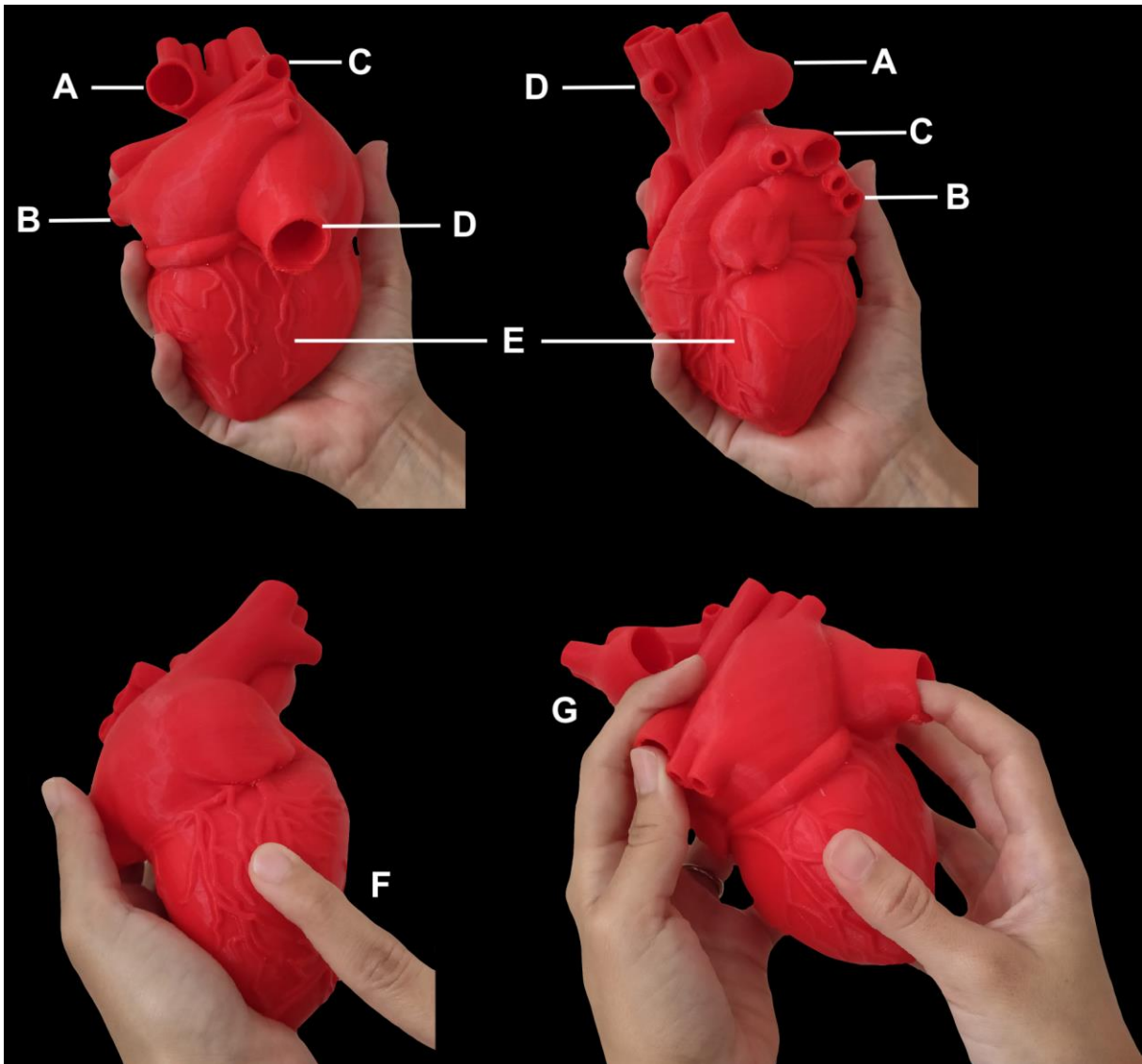
Ao utilizar os sons das bulhas cardíacas, o docente poderia estabelecer a relação da frequência cardíaca de repouso e durante o exercício, com a função do coração. É esperado que os alunos possam perceber que durante o exercício, a frequência cardíaca aumentada permite uma melhora na distribuição de oxigênio e nutrientes, fazendo com que as células musculares obtivessem mais energia para a atividade.

Os modelos 3D do coração podem ser utilizados para que, por meio de uma aprendizagem tátil, os alunos com deficiência visual percebam a existência das quatro câmaras cardíacas e dos diferentes vasos.

Ao se identificar os átrios como as cavidades que recebem o sangue e os ventrículos como as cavidades que expulsam o sangue do coração, assim como as veias e artérias presentes no órgão, é possível explicar como se dá o fluxo de sangue.

As figuras 14 e 15 detalham os modelos tridimensionais do coração que propõem a aprendizagem tátil da morfologia externa e interna, sendo possível identificar os vasos e as câmaras cardíacas.

Figura 14 - Imagens do coração sendo manipulado para a apreensão da morfologia externa



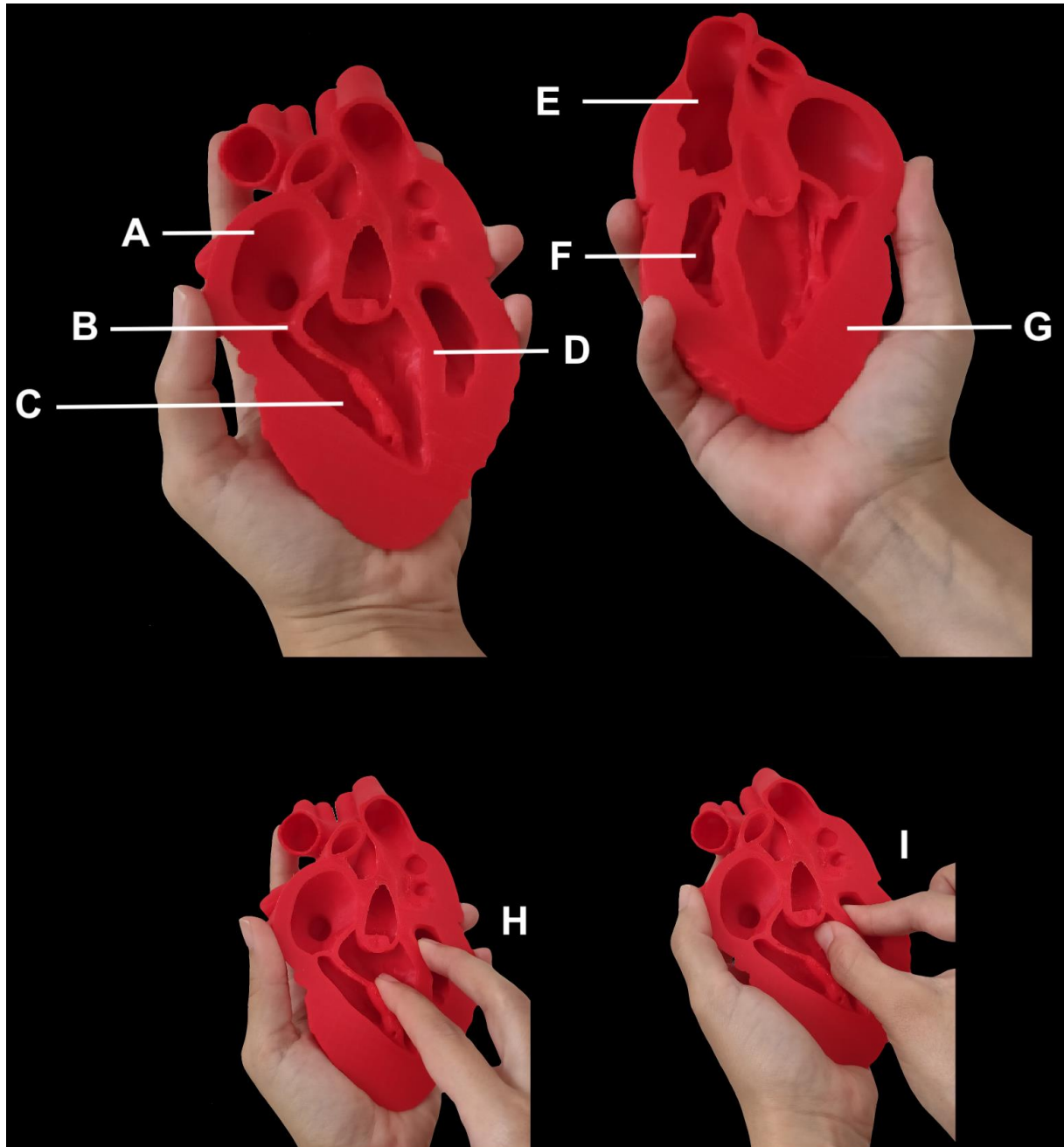
Legenda: A- Artéria aorta; B- Veias pulmonares; C- Artéria pulmonar; D- Veia cava; E- Artérias coronárias; F- Demonstração da apreensão tátil das artérias coronárias; G- Demonstração da apreensão tátil dos vasos do coração destacando o diâmetro interno.

Fonte: O autor, 2020.

Ainda objetivando responder aos questionamentos, seria estabelecida uma relação entre o coração e um objeto que tenha função análoga. No caso em questão sugerimos o uso de seringas que podem ser adquiridas em farmácias (figura 16). Dessa forma, pode ser possível compreender que o aumento de pressão dos átrios irá impulsionar o sangue para os ventrículos, e que o aumento de pressão dos ventrículos irá impulsionar o sangue para as artérias pulmonares e aorta, encaminhando-o para os pulmões e para os diferentes tecidos do corpo. Também

pode ser possível estabelecer a relação entre o tamanho das câmaras cardíacas, o volume de ejeção e a força de contração do coração.

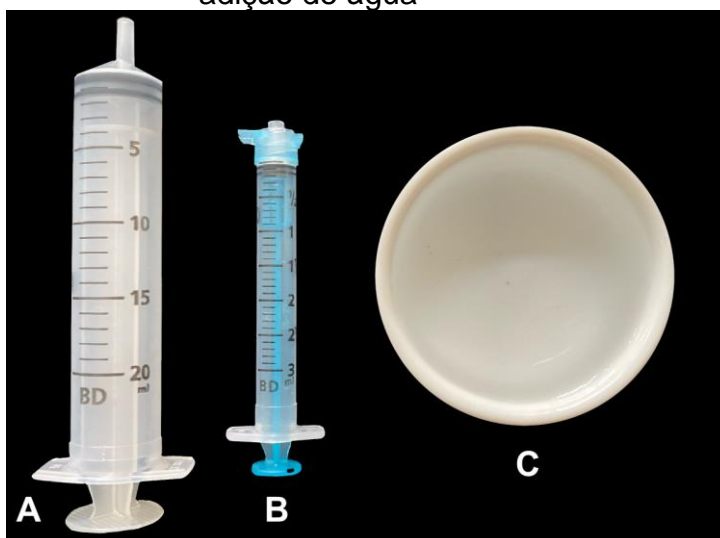
Figura 15 - Imagens do coração sendo manipulado para a apreensão da morfologia interna



Legenda: A- Átrio esquerdo; B- Valva atrioventricular (bicúspide); C- Ventrículo esquerdo; D- Septo interventricular; E- Átrio direito; F- Ventrículo direito; G- Maior espessamento da parede do ventrículo esquerdo; H- Demonstração da apreensão tátil dos ventrículos utilizando os dedos; I- Demonstração da apreensão tátil do septo interventricular utilizando os dedos.

Fonte: O autor, 2020.

Figura 16 - Imagens de seringas de diferentes volumes e de um recipiente para adição de água



Legenda: A- Seringa de 20 ml; B- Seringa de 3 ml; C- Recipiente para adição de água.

Fonte: O autor, 2020.

Os modelos 3D dos vasos podem ser utilizados para estabelecer a relação entre o fluxo de sangue no seu interior e a composição das diferentes camadas. No caso do vaso venoso também deve-se destacar a presença das válvulas. A artéria com a placa de ateroma pode ser utilizada para que, por meio da aprendizagem tátil, os alunos com deficiência visual possam perceber que o fluxo de sangue reduzido naquele vaso, podendo-se estabelecer uma relação com o infarto.

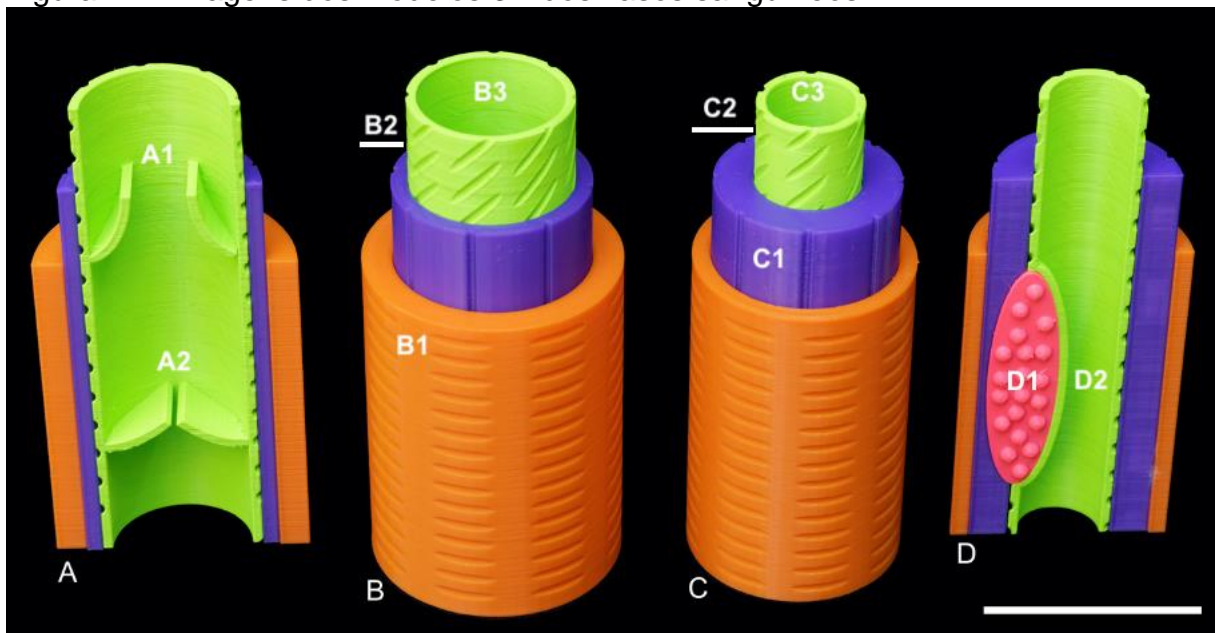
Em relação à estrutura da parede dos vasos, quando apresentados os modelos tridimensionais, os alunos podem ser encorajados a destacar as diferenças observadas com a experiência tátil. A partir de então, pode ser indicado que as artérias apresentam um maior espessamento das camadas média e externa para suportar a elevada pressão, sabendo que artéria é todo vaso que encaminha sangue do coração para diferentes partes do corpo. A maior espessura da camada média quando comparada ao vaso venoso, permite a identificação das artérias musculares, além de explicar como se dá o fluxo de sangue no vaso arterial.

Também é possível destacar que as veias apresentam um menor espessamento das camadas média e externa, já que à medida que o sangue se distancia da bomba propulsora, a pressão e a velocidade vão diminuindo. O diâmetro externo e a luz do vaso venoso são maiores, o que minimiza o atrito do sangue com a parede do vaso, facilitando o retorno venoso. Quando comparado ao

vaso arterial, seria possível destacar a maior espessura da camada externa, o que resulta na possibilidade de maior distensão da parede (varizes).

Outra diferença que está destacada nos modelos é a presença das válvulas no interior das veias para evitar o refluxo e a estagnação do sangue no interior do vaso. A figura 17 é referente aos modelos tridimensionais que serão utilizados para a aprendizagem tátil.

Figura 17 - Imagens dos modelos 3D dos vasos sanguíneos



Legenda: A- Veia em corte longitudinal evidenciando as válvulas; A1- Válvulas abertas; A2- Válvulas fechadas; B- Veia; B1- Maior espessura da camada externa quando comparado ao vaso arterial; B2- Menor espessura das camadas média e externa quando comparado ao vaso arterial; B3- Maior diâmetro interno quando comparado ao vaso arterial; C- Artéria; C1- Maior espessura da camada média quando comparado ao vaso venoso; C2- Maior espessura das camadas média e externa; C3- Menor diâmetro interno; D- Artéria em corte longitudinal evidenciando a placa de ateroma. D1- Placa de ateroma; D2- Estreitamento do vaso em função da placa de ateroma. Escala: 5cm.

Fonte: O autor, 2020.

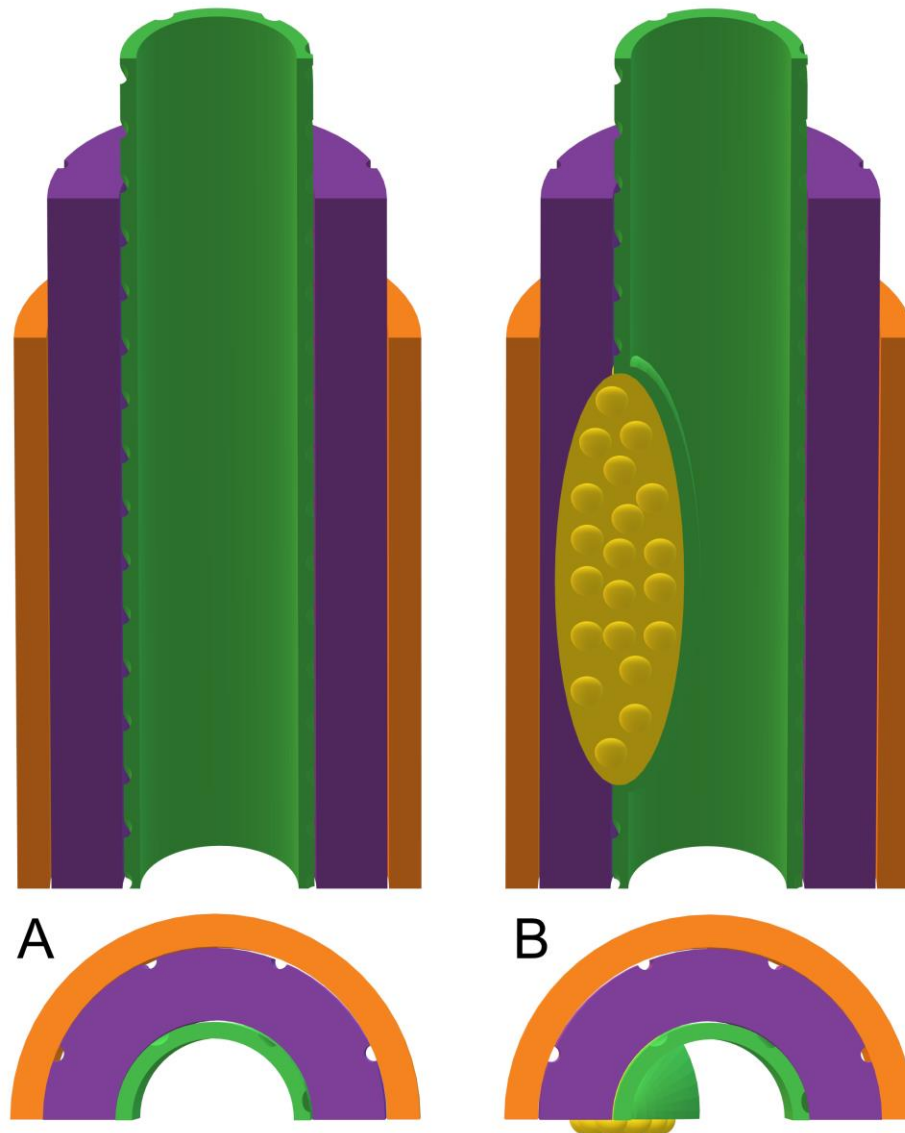
Ao final dessa discussão esperamos que os discentes sejam capazes de compreender que o fluxo de sangue no vaso arterial é determinado pela força de contração do músculo cardíaco e pela contração da musculatura lisa que reveste a parede do vaso. Também é esperado que os alunos sejam capazes de compreender que o fluxo de sangue no vaso venoso é determinado pela contração do músculo estriado esquelético e pela ação das válvulas.

Outros dois pontos que seriam abordados são as anormalidades que podem ser evidenciadas na parede dos vasos. As varizes, que são veias dilatadas onde não

há fluxo de sangue pela inatividade das válvulas, e a aterosclerose, um processo inflamatório iniciado pelo depósito de lipídeos na camada interna, que pode resultar na obstrução do fluxo de sangue no vaso arterial (MONTANARI, 2016).

A figura 18 aponta para um vaso normal (A) e um vaso com a placa de ateroma que reduz o seu diâmetro interno (B).

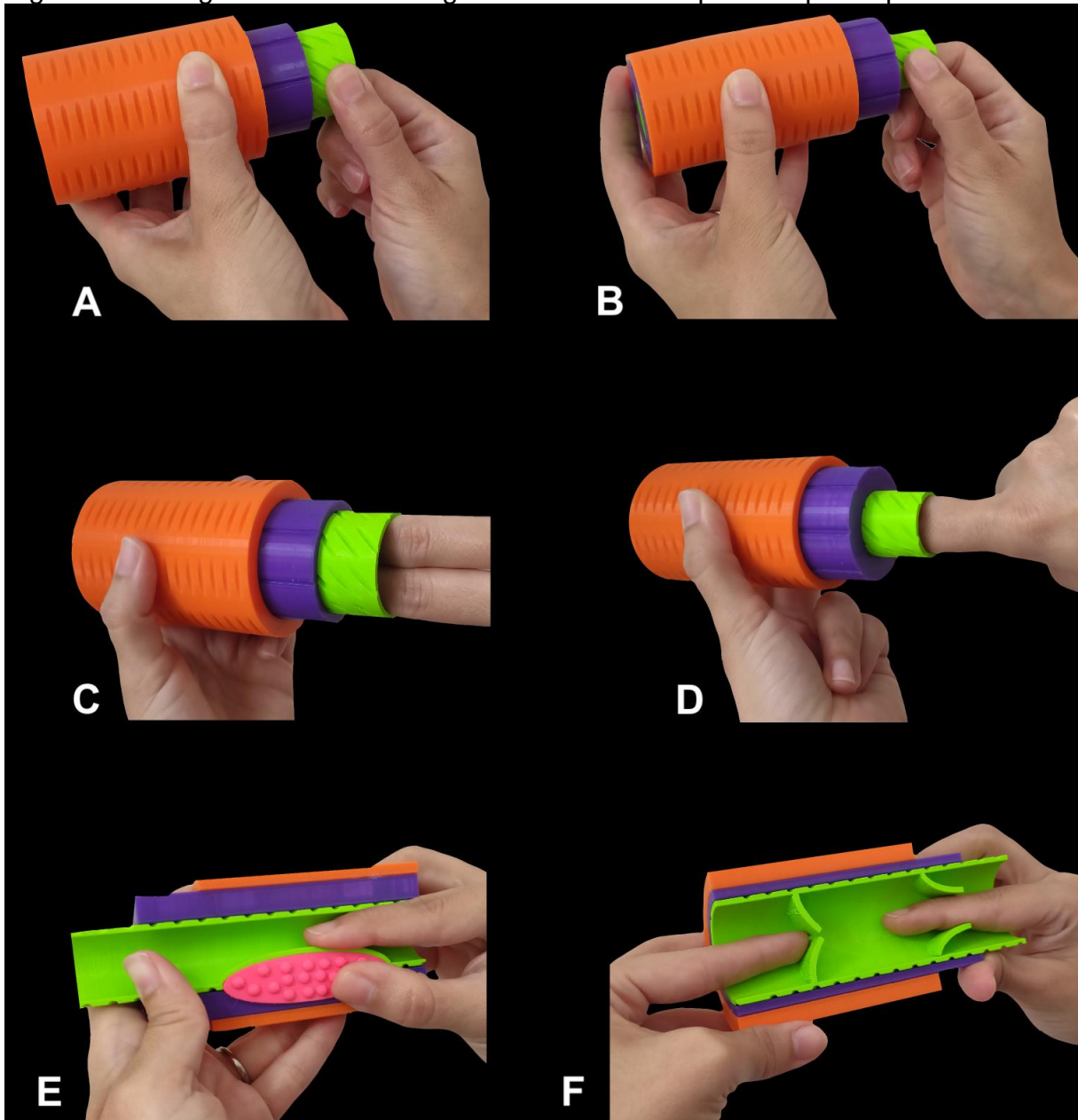
Figura 18 - Imagem do modelo 3D que permite comparar o vaso arterial normal e o arteriosclerótico



Legenda: A – vaso normal; B– vaso com placa de ateroma com uma textura que permite a exploração tátil.
Fonte: O autor, 2019.

A figura 19 nos mostra os vasos sanguíneos sendo manipulados para que por meio da aprendizagem tátil, seja possível identificar as diferenças entre os modelos.

Figura 19 - Imagem dos vasos sanguíneos sendo manipulados para apreensão tátil



Legenda: A- Apreensão tátil do vaso venoso para distinção das camadas; B- Apreensão tátil do vaso arterial para distinção das camadas; C- Apreensão tátil do vaso venoso para identificação do diâmetro interno; D- Apreensão tátil do vaso arterial para identificação do diâmetro interno; E- Apreensão tátil do vaso arterial para identificação da placa arteriosclerótica e para o estreitamento do vaso; F- Apreensão tátil do vaso venoso para identificação das válvulas fechada e aberta.

Fonte: O autor, 2020.

Momento 3 – Duração: 1 tempo (40 minutos)

Nesse momento sugerimos outra roda de conversa onde os alunos seriam motivados a falar sobre a experiência vivenciada pelo uso da sequência didática e dos modelos tridimensionais do coração, das artérias e das veias, e da artéria

arteriosclerótica, a fim de promover uma maior interação e desenvolvimento das relações interpessoais. Também seria pedido que os alunos respondessem a um questionário final que contaria como uma avaliação qualitativa, documentando a prática pedagógica.

O uso de um questionário diagnóstico para relatar se a experiência vivenciada possibilitou a aprendizagem de novos conceitos relacionados ao tema, e se os educandos são capazes de transferi-los atuando como multiplicadores, permite dimensionar se, como posto por Ausubel (AUSUBEL, 1978, p. 146-147), a compreensão genuína de um conceito ou proposição implica na posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis.

Com a aplicação sequência didática sugerida espera-se que os alunos sejam capazes de:

- Identificar o coração como uma bomba propulsora;
- Compreender a importância da alteração do ritmo cardíaco;
- Identificar as câmaras cardíacas diferenciando átrios e ventrículos;
- Estabelecer uma relação entre a força de contração e a ejeção do sangue;
- Identificar os vasos sanguíneos do coração;
- Diferenciar artérias de veias;
- Compreender como se dá o fluxo de sangue nas artérias e veias
- Identificar o vaso arteriosclerótico estabelecendo a relação com o infarto do miocárdio.

Esperamos também que a sequência didática desenvolvida aqui possa ser utilizada por outros professores e também servir de base para o desenvolvimento de novas sequências didáticas acerca de outros temas voltados para a inclusão de alunos cegos e com baixa visão. No apêndice I é possível encontrar a sequência didática.

Na literatura é possível encontrar vários exemplos da utilização de sequências didáticas para o ensino dos mais variados temas. Uma sequência didática com uso de um método investigativo foi utilizada por Souza (2012) para o ensino do método científico. O autor reportou que a estratégia utilizada buscava atender a heterogeneidade da sala de aula motivando os alunos desinteressados. Ainda, segundo o autor, a atividade revelou que o planejamento da sequência, apesar de ser um trabalho árduo, se mostrou muito eficiente para o entendimento do tema.

A ludicidade da sequência didática é um fator motivacional que permite um maior envolvimento dos alunos com o tema que será apreendido. Também permite novos arranjos da sala de aula, fugindo do enfileiramento dos educandos, geralmente associado a aulas expositivas não dialógicas, centradas na figura do professor, e não no seu objetivo que é aprendizagem.

Carmo (2012) utilizou uma sequência didática para promover a reflexão sobre as habilidades e procedimentos básicos da investigação científica a partir de atividades de biologia celular e molecular. A autora relatou que a sequência didática permitiu não somente que os alunos refletissem, mas externassem suas percepções sobre as habilidades e procedimentos da investigação científica.

Pela nossa observação uma sequência didática precisa ter as suas etapas bem definidas e com objetivos claros para o educando e para o professor. Essa deve buscar a reflexão por partes dos atores. O primeiro em uma busca do desenvolvimento do senso crítico tão importante ao longo do processo educacional, enquanto permite que o segundo reavalie constantemente a sua prática.

Trivelato e Tonidandel (2015) propuseram que uma sequência didática baseada em um método investigativo para o ensino dos diversos temas da biologia deveria apresentar eixos norteadores como a proposição de um problema, a elaboração de hipóteses, a aquisição e a análise de dados, e a definição de uma conclusão.

Por ser um recurso bastante eclético, a sequência didática pode e deve ser combinada com diferentes metodologias. O uso do método investigativo é recomendado pelo menos na primeira etapa, onde o objetivo seria de identificar as concepções prévias e a estrutura cognitiva dos educandos (ZABALA, 1998).

Ramos, Junior e Silva (2015) analisaram a relevância de uma sequência didática para abordar os diferentes temas da biologia com licenciandos da disciplina. Os autores destacaram a importância do recurso em confluência com as ideias de Vigostky (1993). Eles acreditam que o aluno em sala de aula pode realizar atividades que desconheça, mas que estão a seu alcance, desde que sejam bem orientados pelo professor. A sequência didática produzida sobre morfologia floral levou em consideração as concepções prévias dos alunos, a sistematização do conteúdo e a avaliação da aprendizagem. Os autores concluíram que os licenciandos foram capazes de perceber as contribuições de uma sequência didática para o processo de aprendizagem.

É recomendado que a etapa final da sequência didática contemple uma avaliação qualitativa considerando todo o trajeto percorrido pelo educando ao longo do processo de aprendizagem.

Levando-se em consideração a discussão acima, apesar da sequência didática sobre o sistema cardiovascular não ter sido aplicada em função da pandemia por SARS-COV-2, acreditamos que essa pode contribuir com a aprendizagem do tema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de a Lei Brasileira de Inclusão (Brasil, 2015) assegurar o acesso a educação das pessoas com necessidades educacionais específicas nos aspectos mais amplos, barreiras como a não adaptação curricular, a ausência de tecnologias assistivas e a não adaptação do sistema de avaliação, ainda representam um impeditivo para que esses educandos sejam postos em situação de equidade no processo educacional. Por esses e outros motivos, esses alunos acabam evadindo e não completando os estudos.

Pelo fato exposto, o desenvolvimento de modelos tridimensionais e de uma sequência didática sobre o sistema cardiovascular para alunos com deficiência visual atende a uma exigência legal contribuindo com uma educação inclusiva.

Ao identificar os fatores referentes às tecnologias assistivas que influenciam no processo educacional dos alunos com deficiência visual do Colégio Pedro II campus São Cristóvão III, foi possível compreender a importância do NAPNE. Esse pode atuar como uma sala de recursos, um ambiente onde as tecnologias assistivas podem ser desenvolvidas, e os alunos com necessidades educacionais específicas podem ser atendidos em horário distinto das classes comuns de forma mais individualizada. Acreditamos que o atendimento mais individualizado permite que o educador consiga ter mais elementos de apropriação para definir uma melhor estratégia de abordagem.

Ainda em relação a esse levantamento acreditamos que a presença de professores generalistas e especializadas pode ser uma ação assertiva para a educação inclusiva.

A existência de um professor generalista da disciplina e de um professor especialista, que além de ter formação na área, tem conhecimento técnico sobre as tecnologias assistivas, permite que as potencialidades desses autores sejam exploradas havendo um ganho para a educação como um todo.

É necessário lembrar que o uso e desenvolvimento das tecnologias assistivas requer um conjunto de habilidades técnicas que grande parte dos educadores não apresenta, ou até mesmo não possuem o interesse em desenvolver. Nesse caso não se deve entender a decisão como um ato discriminatório com as pessoas com necessidades educacionais específicas, mas

sim como um posicionamento que visa o bem estar do profissional em seu ambiente de trabalho.

O diálogo constante entre o professor generalista e o professor especialista é um ponto fundamental para que inclusão aconteça, já que o primeiro irá apontar as necessidades educacionais específicas e irá fazer uso das tecnologias assistivas nas classes comuns, enquanto o segundo será responsável pelo desenvolvimento e pelo atendimento na sala de recursos.

Todos os fatos supracitados se mostram muito relevantes quando o educando apresenta deficiência visual. A ausência da visão proporciona ao educando uma falta de estímulos sensorio-perceptivos que podem dificultar o processo de ensino e aprendizagem, sendo os modelos 3D um recurso na promoção de uma aprendizagem significativa sobre o sistema cardiovascular dos educandos.

Incluir temas relacionados à saúde no currículo permite o desenvolvimento do senso crítico nos educandos permitindo que esses optem por boas escolhas. Assim, a importância da atividade física, bem como as discussões sobre o tabagismo, consumo excessivo de sal, consumo de gordura *trans*, dieta balanceada e análise de tabelas nutricionais também devem estar presentes nas salas de aula para prevenir a expansão das doenças cardiovasculares.

O uso de modelos tridimensionais de vasos sanguíneos que foram produzidos, e de corações que foram selecionados e adaptados para uma melhor impressão, associado a uma sequência didática, especialmente nos alunos com deficiência visual, pode contribuir com a aprendizagem por definir um novo conflito cognitivo, que no caso do ensino da fisiologia cardiovascular, é otimizado por meio da exploração tátil que aproxima conceitos abstratos de algo concreto. O caráter gradativo da sequência didática possibilita que os processos de acomodação ocorram em etapas, onde a anterior contribui fortemente para a aprendizagem posterior.

Também podemos destacar o fato da sequência didática auxiliar o papel do professor, já que a mesma será disponibilizada e poderá ser modificada em uso futuro, preservando a autonomia do docente.

Apesar dos modelos 3D e da sequência didática não terem sido validados pelos alunos com deficiência visual em função da pandemia pelo SARS-COV-2, acreditamos que esses podem contribuir com uma aprendizagem significativa relacionada ao tema.

Esperamos que o trabalho proposto contribua com novas reflexões para a educação inclusiva e que os educadores interessados na temática se especializem cada vez mais no uso e desenvolvimento das tecnologias assistivas. Dessa forma, ao invés de integrar, iremos realmente incluir os alunos com necessidades educacionais específicas no processo formativo.

REFERÊNCIAS

- AIUWON, P. M.; MEEKS, M. K.; GRIFFIN-SHIRLEY, N.; OKUNGU, P. A. *Reflections of Teachers of Visually Impaired Students on Their Assistive Technology Competencies*. Journal of Visual Impairment & Blindness, v110 n2 p128-134 Mar-Apr 2016.
- AL-BUSAIDI, S.; TUZLUKOVA, V. *Challenges with creating accessible and usable learning environments for visually impaired students language education*. Conference on Information Communications Technology and Society (ICTAS), 2017.
- ALMEIDA, M. G. S. *Ver além do visível: a imagem fora dos olhos*. 2017.
- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. *Moderna Plus Biologia – 4ª edição – São Paulo: Moderna*. 2015.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. (1978). *Educational psychology: a cognitive view*. 2nd. Ed. New York, Holt Rinehart and Winston.
- BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília: Imprensa Oficial, 1988.
- BRASIL. *Declaração de Salamanca e linha de ação sobre necessidades educativas especiais*. Brasília: UNESCO, 1994.
- BRASIL. *Declaração Mundial sobre Educação para Todos: plano de ação para satisfazer as necessidades básicas de aprendizagem*. UNESCO, Jomtiem/Tailândia, 1990.
- BRASIL. *Decreto nº 6.571, de 18 de setembro de 2008*. Institui Diretrizes Operacionais da Educação Especial para o Atendimento Educacional Especializado na Educação Básica. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=428-diretrizes-publicacao&Itemid=30192>. Acesso em: 16 01 2020.
- BRASIL. *Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)*. LEI Nº 13.146, DE 6 DE JULHO DE 2015.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB 9.394 de 20 de dezembro de 1996*.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB 12.796 de 4 de abril de 2013*.
- BRITO, F. C.; NASCIMENTO, L. B. *O processo histórico da pessoa com deficiência: da exclusão a inclusão*. In: COSTA, V. B.; RODRIGUES, V. R.; Novos horizontes sobre a inclusão escolar: múltiplos olhares. Curitiba: CRV, 2017. 174 p.

BRITO, P. R.; VEITZMAN, S. *Causas de cegueira e baixa visão em crianças*. Arq. Bras. Oftal. 63(1), Fevereiro/2000.

BUENO, J. G. S. *Crianças com necessidades educativas especiais, política educacional e a formação de professores: generalistas ou especialistas?* Revista Brasileira de Educação Especial, Vol. 05 ano 1999.

CARMO, K. V. *Habilidades e procedimentos da investigação científica: percepções de um grupo de licenciandos em ciências biológicas a partir de uma sequência didática em biologia celular e molecular*. 2012. xv, 124 f., il. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

COSTA, V. B. *Inclusão escolar do deficiente visual no ensino regular*. Jundiaí, 2012.

COUTINHO, F. A.; SILVA, F. A. R.; SANTOS, V. M. F. *A proposta teoria ator-rede (ANT) para a construção de sequências didáticas*. In: COUTINHO, F. A.; SILVA, F. A. R. (Org.). *Sequências didáticas: propostas, discussões e reflexões teórico-metodológicas*. Belo Horizonte: FAE/UFMG, 2016. P. 9-16.

FERREIRA, C. S.; SANTANA, R. R. C. *Reflexões sobre a formação docente na educação inclusiva*. In: COSTA, V. B.; RODRIGUES, V. R. *Novos horizontes sobre a inclusão escolar: múltiplos olhares*. Curitiba: CRV, 2017. 174 p.

GRIFING, H. C.; GERBER, P. J. *Desenvolvimento tátil e suas implicações na educação de crianças cegas*. Revista Benjamin Constant, 1996 – ibc.gov.br

IBC – Instituto Benjamin Constant (2016). Disponível em: http://www.ibc.gov.br/images/68onteúdo/AREAS_ESPECIAIS/CEGUEIRA_E_BAIXA_VISAO/ARTIGOS/Def-de-cegueira-e-baixa-viso.pdf. Acesso em 22.09.2019.

IBGE. *Censo demográfico de 2010*. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 21.10.2018.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. *Matriz de referência do ENEM, 2009*. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf>. Acesso em: 06.04.2019.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. *Sinopse Estatística da Educação Superior 2010*. Brasília: Inep, 2011. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacao-basica>>. Acesso em: 21.10.2018.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. *Sinopse Estatística da Educação Superior 2017*. Brasília: Inep, 2018. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacao-basica>>. Acesso em: 21.10.2018.

KRAUSE, F. C. *Modelos tridimensionais em biologia e aprendizagem significativa na Educação de Jovens e Adultos (EJA) no Ensino Médio*. 2012. xiii, 186 f., il. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

LOMONIER, E. L.; FARIAS, J. N. *Legislações e políticas públicas inclusivas: caminhos para inclusão escolar*. In: COSTA, V. B.; RODRIGUES, V. R.; *Novos horizontes sobre a inclusão escolar: múltiplos olhares*. Curitiba: CRV, 2017. 174 p.

LOPES, N. R.; ALMEIDA, L. A.; AMADO, M. V. *Produção e análise de recursos didáticos para ensinar alunos com deficiência visual o conteúdo de mitose: uma prática pedagógica no ensino de ciências biológicas*. Debates em Educação Científica e Tecnológica, Vitória, v. 2, n. 2, dez. 2012.

LOPES, S.; GROSSO, S. *Conecte – Biologia – 2ª edição – Saraiva*. 2014.

LOURENS, H.; SWARTZ, L. (2016). *Experiences of visually impaired students in higher education: bodily perspectives on inclusive education*. Disability & Society, 31:2, 240-251.

MARIZ, G. F. *O uso de modelos tridimensionais como ferramenta pedagógica no ensino de biologia para estudantes com deficiência visual*. 2014. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

MONTANARI, T. *Histologia: texto, atlas e roteiro de aulas práticas* [recurso eletrônico] / Tatiana Montanari. – 3. ed. – Porto Alegre: Edição do Autor, 2016. 229 p. : digital

MOREIRA, M. A.; (2016). *Comportamentalismo, construtivismo e humanismo*. Disponível em: < <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios5.pdf> > Acesso em: 15.05.2019.

MOREIRA, M. A.; (2016). *Teorias da aprendizagem significativa*. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/Subsidios6.pdf>> Acesso em: 15.05.2019.

NEPOMUCENO, T. A. R.; ZANDER, L. D. *Uma análise dos recursos didáticos táteis adaptados ao ensino de ciências a alunos com deficiência visual inseridos no ensino fundamental*. Revista do Instituto Benjamin Constant, Rio de Janeiro, v. 1, n. 58, p. 49-63, 2015.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Cardiovascular disease*. Disponível em: <https://www.who.int/cardiovascular_diseases/en/> Acesso em: 16.04.2019.

PAULINO, A. L. S.; VAZ, J. M. C.; BAZON, F. V. M. *Materiais adaptados para ensino de biologia como recursos de inclusão de alunos com deficiência visual*. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PESQUISADORES EM EDUCAÇÃO ESPECIAL, 7., 2011, Londrina.

PIAGET, JEAN. *Seis estudos de Psicologia*. 25ª ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2012.

PIO, D. N. A.; MIRANDA, M. B. S. *Acessibilidade: caminhos para inclusão escolar*. In: COSTA, V. B.; RODRIGUES, V. R.; Novos horizontes sobre a inclusão escolar: múltiplos olhares. Curitiba: CRV, 2017. 174 p.

PLETSCH, M. D.; MACEDO P. C.; CARVALHO, L. T. *Atendimento educacional especializado: uma breve análise das atuais políticas de inclusão*. Publicado em: Educação Especial e Inclusão Escolar: reflexões sobre o fazer pedagógico. Rio de Janeiro: EDUR, v. 1, p. 30-40, 2011.

RAMOS, F. Z.; JUNIOR-LORENCINE, A.; SILVA, L. H. A. *Contribuições de uma sequência didática como modelo de referência pedagógica para formação prática de professores de Ciências/Biologia*. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., 2015, Águas de Lindóia. Anais eletrônicos. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2015. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/listaresumos.htm> . Acesso em: 22 set. 2020.

SAVIANI, D. *Formação de professores: aspectos históricos e teóricos do problema no contexto brasileiro*. Revista Brasileira de Educação, Rio de Janeiro, v. 14, n.40, p.143-145, jan/abr. 2009. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v14n40/v14n40a12.pdf>> Acesso em: 16 01 2020.

SILVA, C. C.; GUIMARÃES, T. S. *A formação do docente à luz da educação inclusiva*. BRITO, F. C.; COSTA, V. B.; In: A formação docente na escola inclusiva: olhares, perspectivas e diferentes abordagens. Curitiba: CRV, 2018. 118p.

SILVA, F. R.; SILVA, S. M. *As tecnologias assistivas na perspectiva da formação docente*. BRITO, F. C.; COSTA, V. B.; In: A formação docente na escola inclusiva: olhares, perspectivas e diferentes abordagens. Curitiba: CRV, 2018. 118p.

SILVA, R. M. *Ensino de ciências para deficientes visuais: desenvolvimento de modelos didáticos no Instituto Benjamin Constant*. Revista do Instituto Benjamin Constant, Rio de Janeiro, ano 20, n. 57, v. 2, p. 109-126, jul.-dez. 2014.

SILVERTHORN, D. U. *Fisiologia humana: uma abordagem integrada*. 7ª. ed Barueri, SP: Manole, 2017. 930 p.

SOUZA, T. M. M. (2008, 13/06/2012). *Caixa de Pandora*. Banco Internacional de Objetos Educacionais do MEC. from <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/2075>

TAQUARY, I.B.M.; FAGUNDES, P.S. *Práticas inovadoras no ensino da geografia: interações por meios táteis*. IV Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, Belém – PA, 2009.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. *Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia*. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte), Belo Horizonte, v. 17, n. spe, p. 97-114, Nov. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172015000400097&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 22 Set. 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s06>.

TOM, S.L.; MPEKOA, N.; SWART, J. *Factors that affect the provision of Visually Impaired Learners in Higher Education*. Conference on Information Communications Technology and Society (ICTAS), 2018.

VYGOTSKI, L. S. *Obras escogidas II*. Madrid: Centro de Publicaciones del MEC y Visor Distribuciones, 1993.

ZABALA, A. *A práctica educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊDICE A- Parecer do comitê de ética

UERJ - UNIVERSIDADE DO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO;



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Proposta de uso de modelos tridimensionais em uma sequência didática para o ensino de sistema cardíaco para indivíduos videntes, cegos e de baixa visão

Pesquisador: FILIPE LIMA REGO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 18060719.0.0000.5282

Instituição Proponente: PROFBIO - MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.612.244

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um Projeto do PROFBIO - MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA proposto por FILIPE LIMA REGO, orientado por LUCIO PAULO DO AMARAL CRIVANO MACHADO e co-orientador por ANDRÉA ESPINOLA DE SIQUEIRA. A pesquisa é realizada no COLEGIO PEDRO II.

Os participantes são alunos cegos e de baixa visão do 2º ano do ensino médio atendidos pelo NAPNE e alunos videntes. O presente estudo se propõe a produzir uma sequência didática com uso de modelos 3D para o ensino da fisiologia cardíaca para indivíduos de sujeitos cegos e de baixa visão.

Será realizado um levantamento de dados relacionados a aprendizagem de sujeitos cegos e de baixa visão. Serão aplicados questionários diagnósticos a fim de fazer o levantamento dos fatores que podem influenciar a aprendizagem de sujeitos cegos e de baixa visão atendidos pelo NAPNE do Colégio Pedro II.

Os mesmos serão aplicados aos funcionários NAPNE, e de forma oral, aos alunos atendidos (Apêndices I, II e III). Dois questionários serão constituídos por perguntas fechadas (Apêndices I e III), tendo um deles cinco questões e o outro três questões. O terceiro é constituído por perguntas abertas (Apêndice II) e possui três questões.

Será produzida uma sequência didática que contará com modelos tridimensionais produzidos em uma impressora 3D, para a aprendizagem da fisiologia cardíaca em indivíduos cegos e de baixa visão. Participarão da sequência didática alunos cegos e de baixa visão do 2º ano do ensino médio

Endereço: Rua São Francisco Xavier 524, BL E 3ºand. SI 3018

Bairro: Maracanã

CEP: 20.559-900

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)2334-2180

Fax: (21)2334-2180

E-mail: etica@uerj.br

UERJ - UNIVERSIDADE DO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO;



Continuação do Parecer: 3.612.244

atendidos pelo NAPNE e alunos videntes.

Modelos 3D serão produzidos com o objetivo de criar uma maior aproximação entre o abstrato e o concreto no ensino do sistema cardíaco, nos indivíduos cegos e de baixa visão atendidos pelo NAPNE do Colégio Pedro II.

Questionários serão aplicados para fazer um levantamento sobre a experiência vivenciada com o uso dos recursos.

Objetivo da Pesquisa:

Segundo o pesquisador, o objetivo da pesquisa é produzir uma sequência didática sobre o sistema cardíaco utilizando um modelo tridimensional obtido por meio de uma impressora 3D para alunos cegos e de baixa visão do ensino médio atendidos pelo NAPNE (Núcleo de Atenção a Pessoas com Necessidades Específicas) do Colégio Pedro II do campus São Cristóvão III.

Objetivo Secundário: - Identificar os fatores que influenciam no processo educacional de sujeitos cegos e de baixa visão atendidos pelo NAPNE do Colégio Pedro II campus São Cristóvão III;- Observar se o uso da impressão 3D pode contribuir com uma maior apropriação dos conceitos relacionados ao sistema cardíaco;- Analisar o papel do uso conjunto de modelos tridimensionais e de uma sequência didática para potencializar a experiência vivenciada no processo de ensino/aprendizagem de sistema cardíaco.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O pesquisador menciona que o risco é considerado mínimo, no entanto, pode expor o participante a fadiga física e mental.

Como benefícios, identifica: A pesquisa incentiva o desenvolvimento de tecnologias assistivas que promovam a aprendizagem de sujeitos cegos e de baixa visão.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa poderá trazer contribuições para a área e está condizente com as normas éticas da Resolução 466/12.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

1) Folha de rosto: preenchida, assinada, datada e carimbada pela coordenadora adjunta do ProfBIO;

1) Apresenta Termo de Anuência assinado pelo Diretor de Pesquisa do CPII;

Endereço: Rua São Francisco Xavier 524, BL E 3ºand. SI 3018
Bairro: Maracanã **CEP:** 20.559-900
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2334-2180 **Fax:** (21)2334-2180 **E-mail:** etica@uerj.br

UERJ - UNIVERSIDADE DO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO;



Continuação do Parecer: 3.612.244

- 2) Apresenta Termo de Consentimento Livre e Esclarecido –TCLE;
- 3) Apresenta Termo de Assentimento para os alunos menores;
- 4) Apresenta Termo de Consentimento Livre e Esclarecido dos profissionais do NAPNE;
- 5) Apresenta Financiamento próprio;
- 6) Apresenta no cronograma adequado;
- 7) Apresenta questionários da pesquisa;
- 8) Apresenta benefícios e identifica riscos.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Ante o exposto, a COEP deliberou pela aprovação do projeto, visto que não há implicações éticas.

Considerações Finais a critério do CEP:

Faz-se necessário apresentar Relatório Anual - previsto para outubro de 2020. A COEP deverá ser informada de fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo, devendo o pesquisador apresentar justificativa, caso o projeto venha a ser interrompido e/ou os resultados não sejam publicados.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1390512.pdf	24/09/2019 08:25:43		Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto.pdf	24/09/2019 08:25:10	FILIPE LIMA REGO	Aceito
Outros	Alteracoes.docx	24/09/2019 08:21:06	FILIPE LIMA REGO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.doc	22/09/2019 13:20:28	FILIPE LIMA REGO	Aceito
Parecer Anterior	PB_PARECER_CONSUBSTANCIADO_CEP_3583447.pdf	22/09/2019 12:05:56	FILIPE LIMA REGO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCIA2.doc	22/09/2019 12:05:33	FILIPE LIMA REGO	Aceito
TCLE / Termos de	TCIA1.doc	22/09/2019	FILIPE LIMA REGO	Aceito

Endereço: Rua São Francisco Xavier 524, BL E 3ºand. SI 3018
Bairro: Maracanã **CEP:** 20.559-900
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2334-2180 **Fax:** (21)2334-2180 **E-mail:** etica@uerj.br

UERJ - UNIVERSIDADE DO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO;



Continuação do Parecer: 3.612.244

Assentimento / Justificativa de <u>Ausência</u>	TCIA1.doc	12:05:12	FILIPPE LIMA REGO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de <u>Ausência</u>	TCLE7.docx	22/09/2019 12:04:01	FILIPPE LIMA REGO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de <u>Ausência</u>	TCLE6.docx	22/09/2019 12:03:49	FILIPPE LIMA REGO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de <u>Ausência</u>	TCLE5.docx	22/09/2019 12:03:32	FILIPPE LIMA REGO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de <u>Ausência</u>	TCLE4.docx	22/09/2019 12:03:20	FILIPPE LIMA REGO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de <u>Ausência</u>	TCLE3.docx	22/09/2019 12:03:07	FILIPPE LIMA REGO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de <u>Ausência</u>	TCLE2.docx	22/09/2019 12:02:52	FILIPPE LIMA REGO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de <u>Ausência</u>	TCLE1.docx	22/09/2019 12:02:35	FILIPPE LIMA REGO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de <u>Ausência</u>	TALE3.doc	22/09/2019 11:59:20	FILIPPE LIMA REGO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de <u>Ausência</u>	TALE2.doc	22/09/2019 11:59:09	FILIPPE LIMA REGO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de <u>Ausência</u>	TALE1.doc	22/09/2019 11:58:08	FILIPPE LIMA REGO	Aceito
Outros	Anuencia.pdf	09/07/2019 17:48:18	FILIPPE LIMA REGO	Aceito

Endereço: Rua São Francisco Xavier 524, BL E 3ºand. SI 3018
Bairro: Maracanã **CEP:** 20.559-900
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2334-2180 **Fax:** (21)2334-2180 **E-mail:** etica@uerj.br

UERJ - UNIVERSIDADE DO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO;



Continuação do Parecer: 3.612.244

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 01 de Outubro de 2019

Assinado por:

**Patricia Fernandes Campos de Moraes
(Coordenador(a))**

Endereço: Rua São Francisco Xavier 524, BL E 3ºand. SI 3018

Bairro: Maracanã **CEP:** 20.559-900

UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)2334-2180 **Fax:** (21)2334-2180 **E-mail:** etica@uerj.br

APÊNDICE B- Carta de anuência do Colégio Pedro II

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
COLÉGIO PEDRO II
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA, EXTENSÃO E CULTURA

DECLARAÇÃO DE ANUÊNCIA

Declaramos, para fins de comprovação junto à Plataforma Brasil, que o pesquisador Filipe Lima Rego deu entrada na solicitação de atividade de pesquisa no Colégio Pedro II, com o projeto “Proposta de uso de modelos tridimensionais em uma sequência didática para o ensino de sistema cardíaco para indivíduos cegos e de baixa visão”.

O projeto está sendo analisado pelas instâncias devidas, estando sua execução condicionada à apresentação do parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa aprovado.

Desta forma, afirma a disponibilidade da instituição para a emissão do parecer, condicionado ao documento do Comitê de Ética.

Rio de Janeiro, 01 de julho de 2019.

JORGE FERNANDO SILVA DE ARAUJO
Diretor de Pesquisa
Matr. SIAPE N.º 1584939
Colégio Pedro II

Assinatura manuscrita em tinta preta, sobreposta ao texto de identificação do signatário.

APÊNDICE C- Questionário diagnóstico aplicado aos funcionários do NAPNE do Colégio Pedro II

1. Quanto à disponibilidade no NAPNE de recursos que potencializam a aprendizagem, como audiolivros, textos em Braille, impressão 3D e realidade aumentada.

() Insatisfatório () Regular () Satisfatório

2. Quanto ao instrumento para verificação da aprendizagem vivenciada dos alunos.

() Insatisfatório () Regular () Satisfatório

3. Quanto ao atendimento levando em consideração o número de alunos por professor.

() Insatisfatório () Regular () Satisfatório

4. Quanto ao contato anterior com as tecnologias assistivas que serão aplicadas em aula.

() Insatisfatório () Regular () Satisfatório

5. Quanto ao diálogo entre docentes e desenvolvedores das tecnologias assistivas para que haja uma otimização do processo de aprendizagem.

() Insatisfatório () Regular () Satisfatório

APÊNDICE D- Análise dos depoimentos dos funcionários do NAPNE do Colégio Pedro II

1. No grupo atendido existe uma diferenciação entre os alunos cegos e de baixa visão, levando em consideração que as demandas educacionais entre os grupos são diferentes?

2. Entre os alunos cegos, e entre os alunos de baixa visão, existe uma diferenciação entre aqueles que sempre manifestaram o a característica, e aqueles que o desenvolveram uma idade tardia?

3. Entre os alunos cegos e de baixa visão, existe alguém proveniente de escola especial para cegos? Se sim, houve contato com tecnologias assistivas em tal instituição? Havendo contato com tais tecnologias, é possível notar alguma diferença no desenvolvimento desse aluno?

4. Sempre que possível, é feito um atendimento individualizado com os alunos cegos e de baixa visão?

APÊNDICE E- Questionário a ser aplicado aos alunos com deficiência visual ao final da atividade a fim de fazer um levantamento sobre a experiência vivenciada

1. A atividade proposta te despertou o interesse sobre o tema?

() Sim () Não

Se a resposta for negativa, qual a justificativa?

2. Houve alguma dificuldade em participar da atividade?

() Sim () Não

Se a resposta for afirmativa, qual a justificativa?

3. A experiência tátil promoveu maior aproximação entre o abstrato e concreto?

() Sim () Não

Se a resposta for negativa, qual a justificativa?

4. Você gostaria que a impressão 3D fosse utilizada como recurso na aprendizagem de novos temas?

() Sim () Não

5. Você se sente seguro para responder um questionário sobre o tema morfologia e fisiologia cardíaca?

() Sim () Não

6. Você se sente seguro em ensinar os conceitos sobre fisiologia cardíaca para outros alunos?

() Sim () Não

APÊNDICE F- Questionário a ser aplicado aos professores ao final da atividade a fim de fazer um levantamento sobre a experiência vivenciada

1. A atividade proposta te despertou o interesse sobre o tema?

() Sim () Não

Se a resposta for negativa, qual a justificativa?

2. Houve alguma dificuldade em executar da atividade?

() Sim () Não

Se a resposta for afirmativa, qual a justificativa?

3. Você acredita que a experiência tátil promoveu maior aproximação entre o abstrato e concreto?

() Sim () Não

Se a resposta for negativa, qual a justificativa?

4. Você gostaria que a impressão 3D fosse utilizada como recurso na aprendizagem de novos temas?

() Sim () Não

5. Você acredita que o uso da impressão 3D em conjunto com a sequência didática promoveu uma melhor compreensão sobre a fisiologia cardíaca?

() Sim () Não

Se a resposta for negativa, qual a justificativa?

APÊNDICE G- Termo de consentimento livre e esclarecido aplicado aos funcionários envolvidos com a pesquisa

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada proposta de uso de modelos tridimensionais em uma sequência didática para o ensino de sistema cardiovascular para indivíduos videntes e com deficiência visual, conduzida por Filipe Lima Rego. Este estudo tem por objetivo produzir uma sequência didática com o objetivo de promover uma aprendizagem significativa sobre o sistema cardíaco.

Você foi selecionado(a) por ser professor ou técnico administrativo envolvido com a pesquisa. Caso não seja possível a assinatura do termo, esse será lido e gravado. Sua participação não é obrigatória. A qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa, desistência ou retirada de consentimento não acarretará prejuízo.

Nessa pesquisa o risco é considerado mínimo por expor o participante a fadiga física e mental.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em responder questionário diagnóstico a fim de fazer um levantamento de dados sobre os fatores que influenciam a aprendizagem, na participação da aula sobre sistema cardíaco e em responder questionário sobre a experiência vivenciada. O NAPNE do Colégio Pedro II será o local em que tais atividades serão realizadas havendo captação de áudio e imagem.

Os dados obtidos por meio desta pesquisa serão confidenciais e não serão divulgados em nível individual, visando assegurar o sigilo de sua participação.

O pesquisador responsável se comprometeu a tornar públicos nos meios acadêmicos e científicos os resultados obtidos de forma consolidada sem qualquer identificação de indivíduos participantes.

Caso você concorde em participar desta pesquisa, assine ao final deste documento, que possui duas vias, sendo uma delas sua, e a outra, do pesquisador responsável / coordenador da pesquisa. Seguem os telefones e o endereço institucional do pesquisador responsável e do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP, onde você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação nele, agora ou a qualquer momento.

Contatos do pesquisador responsável: Filipe Lima Rego, professor, rua Queiros Júnior 15 ap 105, filipe.bioinvest@gmail.com, (21) 98092-5599. Caso você tenha dificuldade em entrar em contato com o pesquisador responsável, comunique o fato à Comissão de Ética em Pesquisa da UERJ: Rua São Francisco Xavier, 524, sala 3018, bloco E, 3º andar, - Maracanã - Rio de Janeiro, RJ, e-mail: etica@uerj.br - Telefone: (021) 2334-2180.

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa, e que concordo em participar.

Rio de Janeiro, ____ de _____ de _____.

Assinatura do(a) participante: _____

Assinatura do pesquisador: _____

APÊNDICE H- Guia para *download* e impressão de modelos 3D do sistema cardiovascular

GUIA PARA DOWNLOAD E IMPRESSÃO DE MODELOS 3D DO SISTEMA CARDIOVASCULAR

Mestrando: Filipe Lima Rego

Orientador: Prof. Dr. Lucio Paulo do Amaral Crivano Machado

Coorientadora: Prof. Dra. Andréa Espinola de Siqueira



Introdução

Os modelos 3D fazem parte de uma dissertação de mestrado do programa PROFBIO-UERJ intitulada: “Desenvolvimento de modelos tridimensionais e de uma sequência didática para o ensino de sistema cardiovascular para alunos com deficiência visual”.

A ausência da visão proporciona ao educando uma falta de estímulos sensorio-perceptivos que podem dificultar o processo de ensino e aprendizagem, sendo os modelos 3D um recurso na promoção de uma aprendizagem significativa sobre o sistema cardiovascular dos educandos.

A Lei Brasileira de Inclusão (Brasil, 2015) assegura o acesso a educação das pessoas com necessidades educacionais específicas nos aspectos mais amplos. O uso e o desenvolvimento de tecnologias assistivas permite que o educando com deficiência visual seja posto em uma situação equânime no processo educacional.

Gostaríamos de registrar o nosso agradecimento a CAPES por todo apoio ao desenvolvimento dessa pesquisa e pela criação do programa PROFBIO. Esse permite a formação de novos mestres que estão diretamente envolvidos com a educação básica. Acreditamos que essa ação irá repercutir positivamente na melhora dos índices educacionais do nosso país.

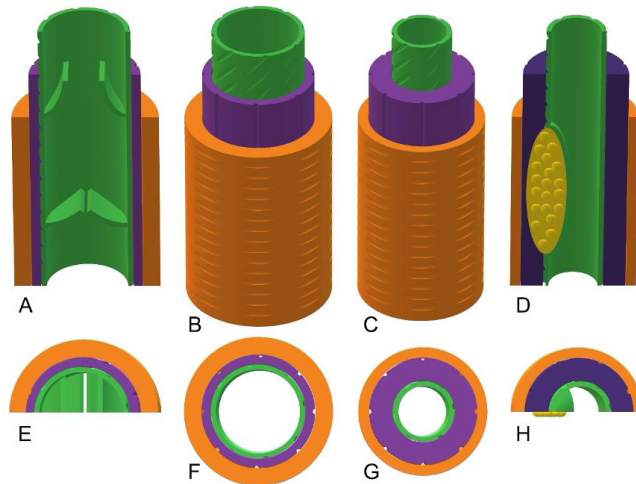
Modelos 3D dos vasos sanguíneos

Modelos tridimensionais de veias e artérias foram desenvolvidos com o auxílio do programa de modelagem 3D online *Tinkercad* (<https://www.tinkercad.com>).

Os modelos de vasos sanguíneos foram criados utilizando basicamente três tubos com diferentes medidas de raio e espessura de parede para respeitar as características histológicas de artérias e veias.

Para permitir o encaixe entre as peças, o diâmetro externo de cada tubo é 0,2mm menor que o diâmetro interno do tubo no qual ele se encaixa. A diferença de altura entre os tubos é de 2cm e foi aplicada uma textura em baixo relevo nas paredes para promover a aprendizagem tátil e facilitar o encaixe dos tubos. A forma utilizada para a textura foi o cilindro e a função foi de subtração.

Os arquivos 3D encontram-se disponíveis no link <http://tny.sh/EfAGQDV>

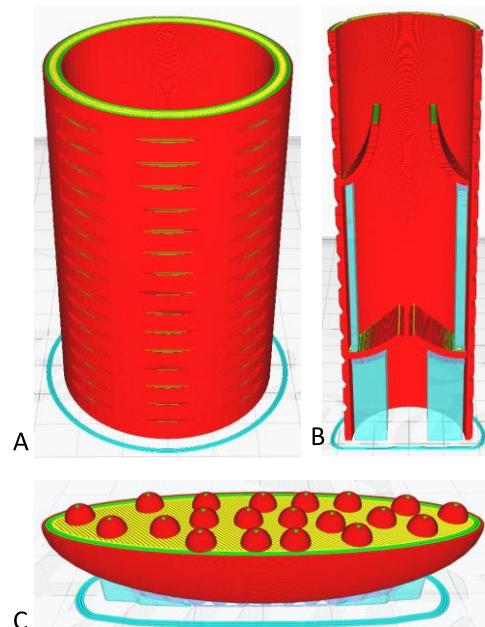


A- Veia em corte longitudinal para observação das válvulas; B- Veia; C- Artéria; D- Artéria em corte longitudinal para observação da placa de ateroma; E- Visão superior da veia em corte longitudinal; F- Visão superior da veia; G- Visão superior da artéria; H- Visão superior da artéria com placa de ateroma em corte longitudinal.

Parâmetros de impressão recomendados para os vasos sanguíneos

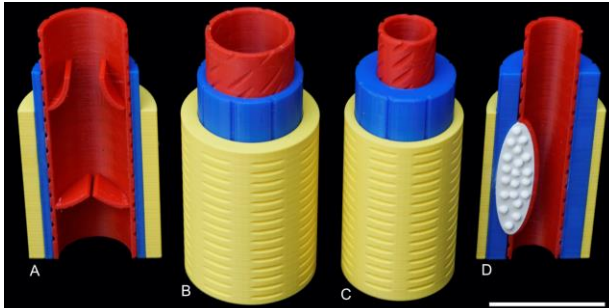
Os modelos dos vasos sanguíneos têm geometria bastante simples, o que permite que sejam utilizados determinados parâmetros de impressão na tentativa de diminuir o tempo de impressão e o gasto de material. A maioria das peças pode ser impressa com altura de camada de 0,20mm, todavia recomendamos altura de 0,16mm para as túnicas externas de cada vaso e de 0,12mm para a placa de ateroma. A espessura de parede de 0,8mm e preenchimento de 10% se mostrou adequada para a impressão de todas as partes, exceto para a placa de ateroma, que recomendamos espessura de parede de 1,2mm e preenchimento de 20%.

Orientação de impressão: a maioria das peças pode ser impressa sem suportes e com a orientação apresentada na imagem A. Tanto a camada interna da veia seccionada, quanto a placa aterosclerótica necessitam do uso de suportes e recomendamos a orientação apresentada nas figuras B e C.



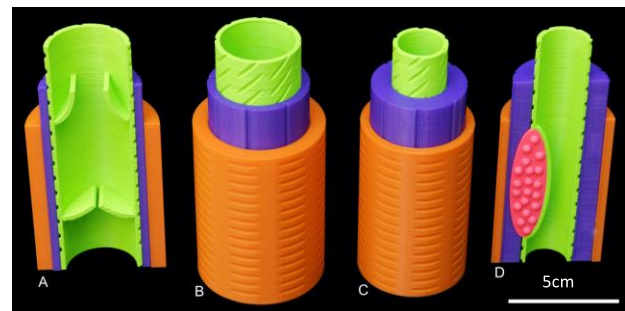
Escolha das cores

Para facilitar a identificação visual dos alunos com baixa visão o ideal é a impressão de cada camada com as cores mais dispares possíveis. Sugerimos a utilização das cores primárias (amarelo, vermelho e azul), ou das cores secundárias (laranja, verde e roxo).



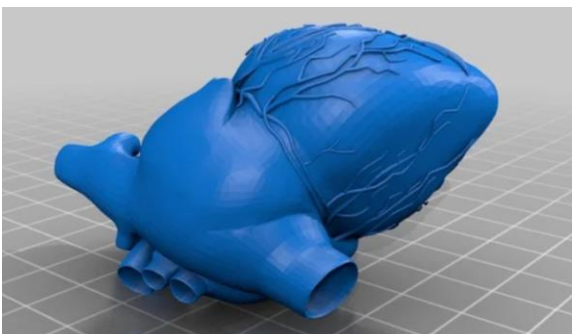
Modelos impressos em cores primárias
A- Veia em corte longitudinal para visualização das válvulas; B- Veia; C- Artéria; D- Artéria em corte longitudinal para visualização da placa de ateroma.

Modelos impressos em cores secundárias
A- Veia em corte longitudinal para visualização das válvulas; B- Veia; C- Artéria; D- Artéria em corte longitudinal para visualização da placa de ateroma.

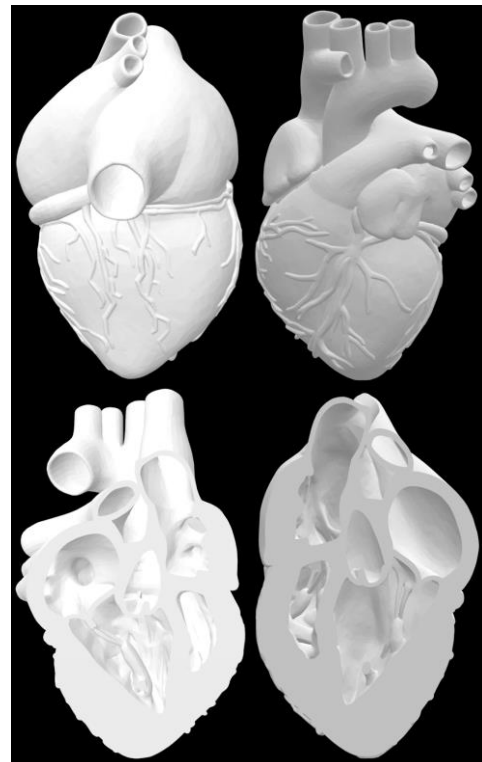


Modelos 3D do coração

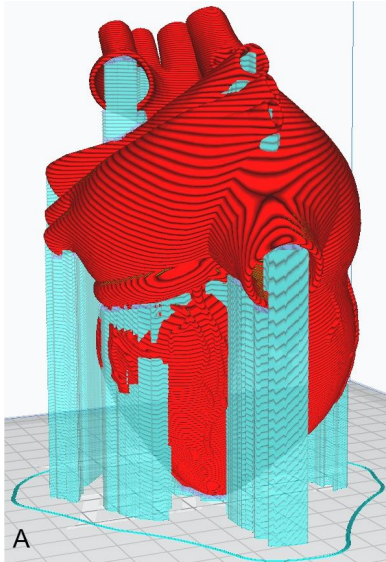
O arquivo do modelo 3D do coração foi disponibilizado por Trevon Taylor no link <https://www.thingiverse.com/thing:852939> (imagem abaixo). Este modelo foi modificado para se obter uma melhor qualidade de impressão, com o software Autodesk Meshmixer (São Rafael, Califórnia, EUA), e para fazer um corte longitudinal que permite visualizar a anatomia interna (imagem ao lado).



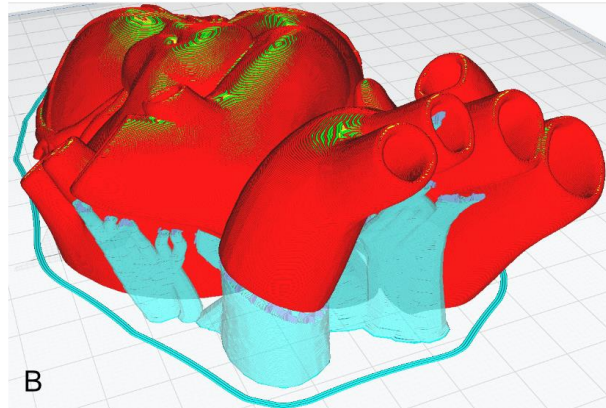
Os arquivos 3D encontram-se disponíveis no link <https://tny.sh/CXLuLN6>



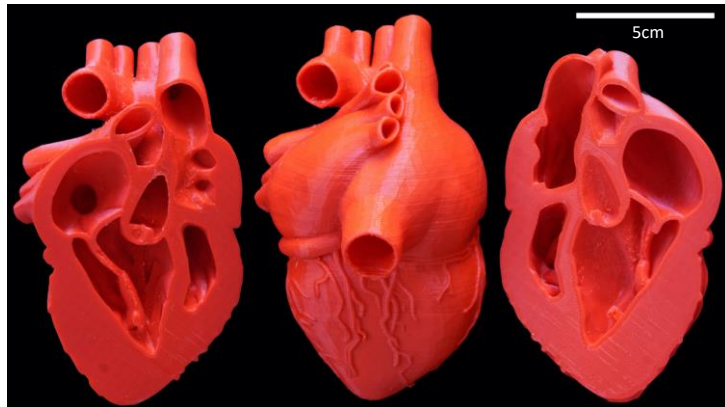
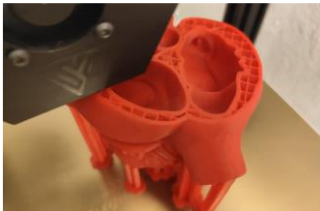
**Parâmetros de impressão
recomendados para os
modelos do coração**



Os modelos do coração têm geometria mais complexa, o que limita um pouco a tentativa de reduzir o tempo e o custo de impressão, sem reduzir a qualidade final. Sugerimos como parâmetros mínimos de qualidade: espessura de camada de 0,16mm, espessura de parede de 1,2mm e preenchimento de 15%. Tanto o modelo do coração completo (A), quanto as duas metades do coração cortado longitudinalmente (B), necessitam de suporte para impressão. Para estes últimos sugerimos suportes do tipo *Tree*, que se mostraram mais fáceis de serem removidos. A orientação sugerida é a mostrada na imagem abaixo.



Impressão do coração



APÊNDICE I- Guia para a aplicação de uma sequência didática sobre o sistema cardiovascular para alunos com deficiência visual

GUIA PARA A APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE O SISTEMA CARDIOVASCULAR PARA ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Mestrando: Filipe Lima Rego

Orientador: Prof. Dr. Lucio Paulo do Amaral Crivano Machado

Coorientadora: Profa. Dra. Andréa Espinola de Siqueira



Introdução

1. O tema foi escolhido em função da relevância que o bom conhecimento pode proporcionar para a saúde. É possível que por meio do processo educacional se desenvolva bons hábitos alimentares e atitudinais, como a prática de atividade física e a aversão ao tabagismo, promovendo então, uma melhor aptidão cardiovascular. Vale lembrar que as doenças cardiovasculares representam 31% dos óbitos registrados anualmente no Brasil.

2. O uso de uma sequência didática valoriza a linearidade do raciocínio permitindo a consolidação de conceitos por etapas. Ao final do processo espera-se que o aluno consiga dialogar com os diferentes saberes promovendo uma aprendizagem significativa.

3. Os modelos 3D do coração e dos vasos sanguíneos podem ser obtidos por meio do **GUIA PARA DOWNLOAD E IMPRESSÃO DE MODELOS 3D DO SISTEMA CARDIOVASCULAR**, ou no link <https://tny.sh/CXLuLN6>

Gostaríamos de registrar o nosso agradecimento a CAPES por todo apoio ao desenvolvimento dessa pesquisa e pela criação do programa PROFBIO. Esse permite a formação de novos mestres que estão diretamente envolvidos com a educação básica. Acreditamos que essa ação irá repercutir positivamente na melhora dos índices educacionais do nosso país.

Resumo das atividades propostas na sequência didática

	Momento 1	Momento 2	Momento 3
Atividade	Roda de conversa com apresentação dos organizadores prévios	Aula expositiva e dialógica com apresentação dos modelos 3D	Roda de conversa seguida de aplicação de um questionário
Materiais utilizados	Seringas de diferentes volumes Recipiente com água Sons das bulhas cardíacas Caixa de som ou smartphones Estetoscópio (não obrigatório)	Modelos 3D do coração e dos vasos sanguíneos	Questionário
Tempo	2 tempos (1h e 20 min)	3 tempos (2 h)	1 tempo (40 min)
Objetivos	Identificar estrutura cognitiva e os conceitos prévios sobre o tema	Explorar por meio da apreensão tátil os modelos 3D definindo a relação entre a estrutura dos vasos e o fluxo de sangue, e analisar a morfologia interna e externa do coração	Avaliar a experiência vivenciada pelo uso dos modelos 3D e da sequência didática

1ª ETAPA – 1 TEMPO DE AULA ESTIMADO EM 40 MINUTOS

1. Nesse momento sugere-se a realização de uma roda de conversa, mediada pelo docente, a fim de identificar as concepções prévias dos alunos sobre o tema em questão. É sugerido também que se faça uso de perguntas orientadoras para o encaminhamento do tema de forma investigativa, sendo elas:

O que são artérias e veias?

Qual a função do coração?

Como se dá o fluxo de sangue nas artérias e veias?

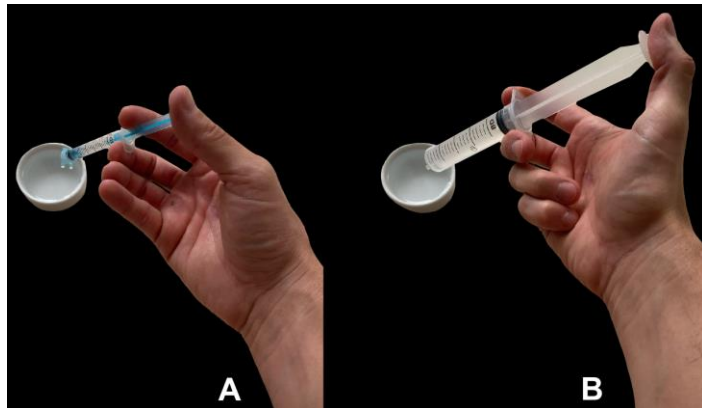
Quantas câmaras cardíacas podem ser observadas no coração humano?

Quais são os vasos sanguíneos do coração?

2. Os organizadores prévios também podem ser apresentados nesse momento. Eles permitem que se estabeleça uma ponte cognitiva entre os novos conceitos e aqueles que os alunos já sabem.

3. Estes organizadores são as seringas de diferentes volumes, que podem ser obtidas em diferentes farmácias e drogarias, e os sons das bulhas cardíacas no repouso e imediatamente após o exercício que podem ser obtidas de https://en.wikipedia.org/wiki/Heart_sounds.

4. As seringas com diferentes volumes representariam as câmaras cardíacas. Nesse contexto, os alunos, por meio da percepção sensorial, podem identificar que quanto maior for o volume da seringa, maior deverá ser a força aplicada no êmbolo para ejetar o líquido no seu interior. Assim, cria-se uma ponte cognitiva para que o aluno perceba que quanto maior for a dilatação da câmara cardíaca, maior deverá ser a força de contração do coração.



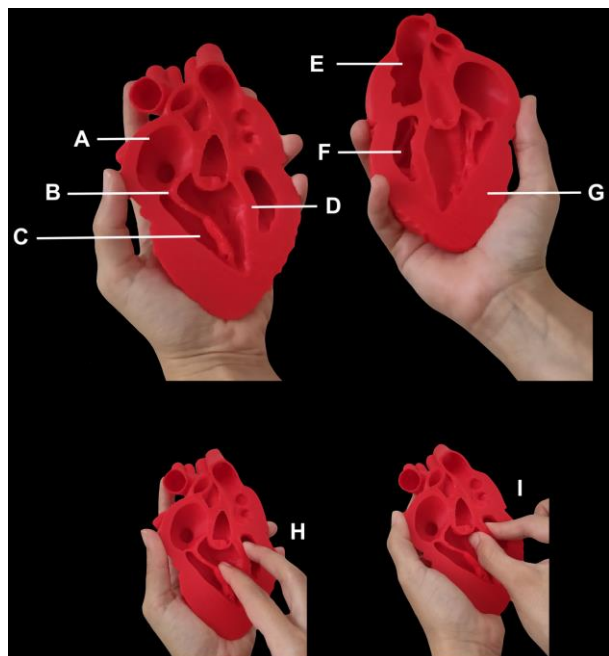
A- Manipulação da seringa de 3ml
B- Manipulação da seringa de 20 ml

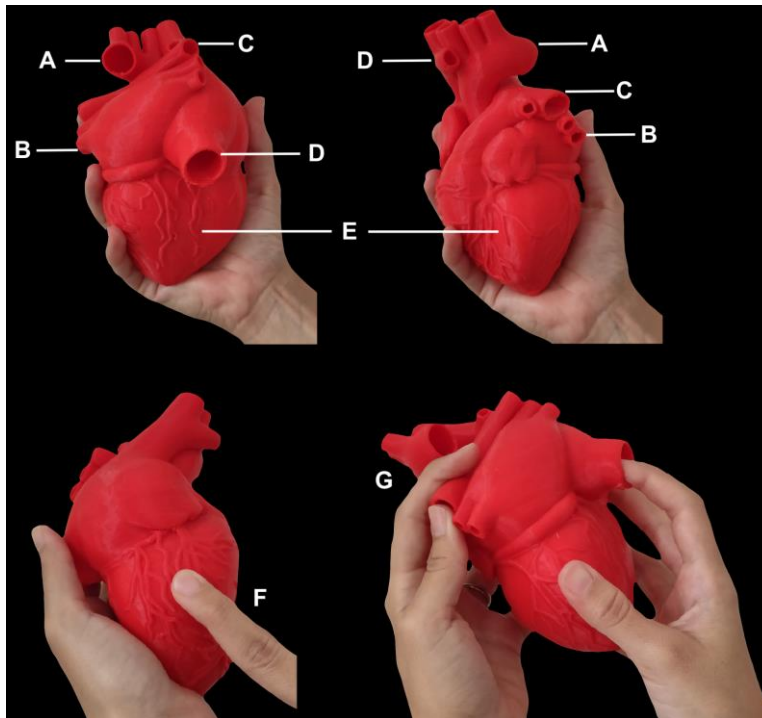
5. Os sons das bulhas cardíacas podem ser utilizados para que os alunos com deficiência visual possam perceber as variações na frequência cardíaca de repouso e durante o exercício. Assim, seria possível estabelecer a relação entre o aumento da taxa metabólica com a melhora na distribuição de nutrientes e oxigênio.

2ª ETAPA – 4 TEMPOS DE AULAS ESTIMADOS EM 160 MINUTOS

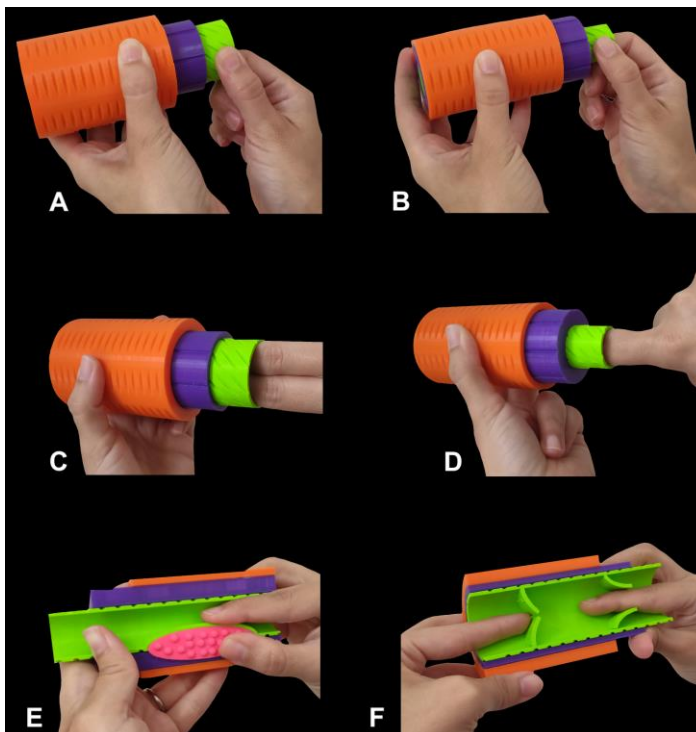
1. Para esse momento sugerimos uma aula expositiva e dialógica onde os modelos 3D podem ser utilizados em conjunto com os organizadores prévios. O objetivo é criar uma aproximação entre o conhecimento abstrato e o concreto. Essa etapa deverá ser orientada pelo docente da área de biologia com o objetivo de identificar as partes constituintes do coração, e a estrutura do vaso arterial e venoso.

- A- Átrio esquerdo
- B- Valva atrioventricular (bicúspide)
- C- Ventrículo esquerdo
- D- Septo interventricular
- E- Átrio direito
- F- Ventrículo direito
- G- Maior espessamento da parede do ventrículo esquerdo
- H- Demonstração da apreensão tátil dos ventrículos utilizando os dedos
- I- Demonstração da apreensão tátil do septo interventricular utilizando os dedos





- A- Artéria aorta
- B- Veias pulmonares
- C- Artéria pulmonar
- D- Veia cava
- E- Artérias coronárias
- F- Demonstração da apreensão tátil das artérias coronárias
- G- Demonstração da apreensão tátil dos vasos do coração destacando o diâmetro interno.



- A- Apreensão tátil do vaso venoso para distinção das camadas
- B- Apreensão tátil do vaso arterial para distinção das camadas
- C- Apreensão tátil do vaso venoso para identificação do diâmetro interno
- D- Apreensão tátil do vaso arterial para identificação do diâmetro interno
- E- Apreensão tátil do vaso arterial para identificação da placa de ateroma e para o estreitamento do vaso
- F- Apreensão tátil do vaso venoso para identificação das válvulas fechada e aberta

2. Ainda durante esse momento, o docente poderia buscar responder de forma dialógica as questões levantadas anteriormente. Caberia a ele contextualizar os diferentes conceitos relacionados ao coração com o cotidiano dos discentes em busca de uma aprendizagem significativa.

3. Ao utilizar os sons das bulhas cardíacas, o docente poderia estabelecer a relação da frequência cardíaca de repouso e durante o exercício, com a função do coração. É esperado que os alunos possam perceber que durante o exercício, a frequência cardíaca aumentada permite uma melhora na distribuição de oxigênio e nutrientes, fazendo com que as células musculares obtenham mais energia para a atividade.

4. Ao se identificar os átrios como as cavidades que recebem o sangue e os ventrículos como as cavidades que expulsam o sangue do coração, assim como as veias e artérias presentes no órgão, é possível explicar como se dá o fluxo de sangue.

5. Ainda objetivando responder aos questionamentos, sugerimos estabelecer uma relação entre o coração e um objeto que tenha função análoga. No caso em questão seriam as seringas. Dessa forma, é possível compreender que o aumento de pressão dos átrios irá impulsionar o sangue para os ventrículos, e que o aumento de pressão dos ventrículos irá impulsionar o sangue para as artérias pulmonares e aorta, encaminhando-o para os pulmões e para os diferentes tecidos do corpo. Também é possível estabelecer a relação entre o tamanho das câmaras cardíacas, o volume de ejeção e a força de contração do coração.

6. Em relação à estrutura dos vasos, quando apresentados os modelos tridimensionais, os alunos podem ser encorajados a destacar as diferenças observadas com a experiência tátil. A partir de então, destacamos que as artérias apresentam um maior espessamento das camadas média e externa (quando comparado a um vaso venoso de mesmo diâmetro externo) para suportar a elevada pressão, sabendo que artéria é todo vaso que encaminha sangue do coração para diferentes partes do corpo. A maior espessura da camada média quando comparada ao vaso venoso, permite a identificação das artérias musculares, além de explicar como se dá o controle do fluxo de sangue no vaso arterial.

7. Também é possível destacar que as veias apresentam um menor espessamento das camadas média e externa (quando comparado a um vaso arterial de mesmo diâmetro externo), já que à medida que o sangue se distancia da bomba propulsora, a pressão e a velocidade vão diminuindo. O diâmetro interno do vaso venoso é maior, reduzindo o atrito com a parede do vaso, facilitando o retorno venoso. Quando comparado ao vaso arterial, é possível destacar a maior espessura da camada externa, definindo uma menor flexibilidade. Outra diferença que também pode ser destacada é a presença das válvulas no interior das veias para evitar o refluxo e a estagnação do sangue no interior do vaso.

8. Ao final dessa discussão esperamos que os alunos possam ser capazes de compreender que o fluxo de sangue no vaso arterial é determinado pela força de contração do músculo cardíaco e pela contração da musculatura lisa que reveste a parede do vaso. Também é esperado que os alunos possam ser capazes de compreender que o fluxo de sangue no vaso venoso é determinado pela contração do músculo estriado esquelético e pela ação das válvulas em seu interior.

9. Outros dois pontos que podem ser abordados são as anormalidades evidenciadas na parede dos vasos. As varizes, que são veias dilatadas onde não há fluxo de sangue pela inatividade das válvulas. Já, a aterosclerose é um processo inflamatório determinado pelo depósito de lipídeos na camada interna, que pode resultar na obstrução do fluxo de sangue no vaso arterial.

3ª ETAPA – 1 TEMPO DE AULA ESTIMADO EM 40 MINUTOS

1. Nesse momento sugerimos outra roda de conversa onde os alunos seriam motivados a falar sobre a experiência vivenciada pelo uso da sequência didática e dos modelos tridimensionais do coração, das artérias e das veias, e da artéria com a placa de ateroma, a fim de promover uma maior interação e desenvolvimento das relações interpessoais. Também sugerimos que os alunos respondam um questionário final que apresentaria o mesmo objetivo tendo caráter documental.

2. Com o uso da sequência didática esperamos que os alunos possam:

Identificar o coração como uma bomba propulsora.

Identificar as câmaras cardíacas diferenciando átrios e ventrículos.

Identificar os vasos sanguíneos do coração.

Diferenciar artérias de veias.

Compreender como se dá o fluxo de sangue nas artérias e veias.

Identificar o vaso com a placa de ateroma estabelecendo a relação com o infarto do miocárdio.

Esperamos também que a sequência didática desenvolvida aqui possa ser utilizada por outros professores e também servir de base para o desenvolvimento de novas sequências didáticas acerca de outros temas voltados para a inclusão de alunos cegos e com baixa visão.