

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Maximiliano Martins de Souza

**INVESTIGANDO OS MECANISMOS DA CIRCULAÇÃO SANGUÍNEA EM  
SEUS ASPECTOS FÍSICOS E MORFOLÓGICOS**

Belo Horizonte

2020

Maximiliano Martins de Souza

**INVESTIGANDO OS MECANISMOS DA CIRCULAÇÃO SANGUÍNEA EM  
SEUS ASPECTOS FÍSICOS E MORFOLÓGICOS**

Trabalho de Conclusão de Mestrado – TCM  
apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de  
Biologia em Rede Nacional – PROFBIO, do Instituto de  
Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas  
Gerais – UFMG, como requisito parcial para obtenção  
do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientador: Dr. Miguel José Lopes

Belo Horizonte  
2020

043

Souza, Maximiliano Martins de.

Investigando os mecanismos da circulação sanguínea em seus aspectos físicos e morfológicos [manuscrito] / Maximiliano Martins de Souza. - 2020.

86 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientador: Prof. Dr. Miguel José Lopes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. PROFBIO - Mestrado Profissional em Ensino de Biologia.

1. Ensino - Biologia. 2. Sistema Cardiovascular. 3. Pressão Arterial. 4. Ensino médio. 5. Aprendizagem Baseada em Problemas. I. Lopes, Miguel José. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. III. Título.

CDU: 372.857.01

## Folha de aprovação / ata da defesa



Universidade Federal de Minas Gerais  
Instituto de Ciências Biológicas

Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional -  
PROFBIO

<b>ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE MESTRADO DE MAXIMILIANO MARTINS DE SOUZA</b>	<b>Defesa No. 25 entrada 2º/2018</b>
---	--

No dia 30 de outubro, de 2020, às 14:00 horas, reuniram-se, remotamente, através da plataforma Microsoft Teams os componentes da Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Mestrado, indicados pelo Colegiado do PROFBIO/UFMG, para julgar, em exame final, o trabalho intitulado: "Investigando os mecanismos da circulação sanguínea em seus aspectos físicos e morfológicos", como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Biologia, área de concentração: Ensino de Biologia. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, o Prof. Dr. Miguel José Lopes, após dar conhecimento aos presentes sobre as Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra ao candidato para apresentação oral de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a Banca se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado. Foram atribuídas as seguintes indicações:

PROFESSOR EXAMINADOR	INSTITUIÇÃO	INDICAÇÃO (APROVADO/REPROVADO)
Dr. Miguel José Lopes	UFMG	APROVADO
Dra. Flávia Lage Pessoa da Costa	PUC	APROVADO
Dr. Cândido Celso Coimbra	UFMG	APROVADO

Pelas indicações, o candidato foi considerado: **APROVADO**

O resultado foi comunicado publicamente ao candidato pelo Presidente da Comissão.

Comunicou-se, ainda, ao candidato, que o texto final do TCM, com as alterações sugeridas pela banca, se for o caso, deverá ser entregue à Coordenação Nacional do PROFBIO, no prazo máximo de 60 dias, a contar da presente data, para que se proceda a homologação.



Universidade Federal de Minas Gerais  
Instituto de Ciências Biológicas

Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional -  
PROFBIO

Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Banca Examinadora.

Belo Horizonte, 30 de outubro de 2020.

Dr. Miguel José Lopes

Dra. Flávia Lage Pessoa da Costa

Dr. Cândido Celso Coimbra

Obs: Este documento não terá validade sem a assinatura e carimbo do Coordenador do Colegiado local do PROFBIO.

MIGUEL

JOSE

LOPES:026

50879882

Coordenador do PROFBIO UFMG

Assinado de forma digital por MIGUEL

JOSE  
LOPES.0265087988

2

Dados: 2020.12.18  
09:56:06 -03'00'

## Relato do Mestrando – Turma 2018

<b>Instituição:</b> Universidade Federal de Minas Gerais
<b>Mestrando:</b> Maximiliano Martins de Souza
<b>Título do TCM:</b> “Investigando os mecanismos da circulação sanguínea em seus aspectos físicos e morfológicos”
<b>Data da defesa:</b> 30 de outubro de 2020
<b>RELATO</b>  <p>Ingressei na carreira docente a pouco tempo, aproximadamente 4 anos, e no início da minha jornada me deparei com o PROFBIO. O programa foi uma oportunidade para me aperfeiçoar profissionalmente em uma instituição de ensino renomada e refletir sobre as metodologias e práticas aplicadas em sala de aula.</p> <p>A proposta do programa, pautada no ensino por investigação, foi uma novidade que para mim exigiu certas mudanças posturais e metodológicas na minha prática docente. Essa abordagem quando utilizada em sala de aula, me fez perceber que o aluno pode e deve contribuir muito mais no processo de aprendizagem, despertando o pensamento crítico no discente que passa a planejar suas atitudes com mais autonomia.</p> <p>Além dos aspectos formativos, proporcionados pelo programa, houve a oportunidade de interagir com outros professores que estão motivados a fazer a diferença no cenário educacional. Essa oportunidade de compartilhamento de experiências com outros colegas da área da biologia veio agregar uma série de práticas e propostas que podem ser aplicadas na minha carreira.</p> <p>Afirmo que esse tempo investido e compartilhado com meus colegas de classe, professores e orientador foi de grande valia para meu crescimento não só profissional, mas também pessoal.</p>

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

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Dr. Miguel José Lopes agradeço a orientação e por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa. Agradeço também aos professores que compuseram a banca pelo olhar criterioso sobre o trabalho.

A todos meus professores do PROFBIO agradeço por todos os ensinamentos que contribuíram para meu crescimento acadêmico.

A CAPES agradeço o apoio e financiamento que permitiu minha dedicação aos estudos e à pesquisa.

A escola e aos colegas de trabalho agradeço pela colaboração e aos alunos pela participação no projeto.

Por último, quero agradecer aos meus pais, cônjuge e amigos pela compreensão e apoio ao longo de toda minha trajetória.

“Todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houve questão, não pode haver conhecimento científico. Nada é dado, tudo é construído.” (Bachelard, 1996)

## RESUMO

O ensino do sistema circulatório no ambiente escolar pode apresentar uma série de lacunas que muitas vezes não são facilmente respondidas pelas práticas comumente empregadas em sala de aula. As metodologias de ensino abordando esse sistema vêm sendo amplamente discutidas por diversos autores que apontam a persistência de equívocos desde o ensino fundamental até o ensino superior, principalmente em relação aos aspectos morfológicos e físicos que influenciam o fluxo sanguíneo. Compreender o funcionamento desse sistema, a partir da hemodinâmica, pode permitir uma visão integrada do papel central na homeostase, onde a física, a química e a matemática dão sentido biológico às leis universais; e contempla a integração das Ciências da Natureza como proposto pelo novo modelo do Ensino Médio da BNCC. O presente trabalho aborda como as metodologias de ensino investigativo podem promover uma aprendizagem significativa dos conceitos físicos e morfológicos que estão envolvidos na regulação e controle do fluxo sanguíneo. Para isso, elaboramos uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) que aborda os mecanismos físicos e morfofisiológicos que controlam a circulação do sangue através da realização de 3 práticas: Simulando a sístole e a diástole cardíaca, aferindo a pressão arterial sob diferentes condições e construindo um modelo para o sistema circulatório. Ressalta-se que nesse trabalho foram abordados os seguintes aspectos: o bombeamento cardíaco como fonte de energia para a circulação sanguínea; o fluxo sanguíneo unidirecional da circulação; os fatores físicos que influenciam a pressão com que o sangue chega a diferentes partes do corpo; e o padrão circulatório formado por dois grandes loops, a circulação sistêmica e pulmonar. O trabalho foi aplicado aos alunos do 2º ano do ensino médio e a análise deste trabalho foi realizada através da comparação entre o conhecimento prévio e o final empregando-se mapas conceituais. Os resultados apontaram uma melhoria na produção dos grupos participantes envolvidos, assim alcançando os conhecimentos propostos relacionados à morfologia e a influência das forças físicas no nosso corpo. Concluímos que os alunos do ensino médio são capazes de entender alguns aspectos importantes do sistema circulatório que envolve conceitos interdisciplinares através da aplicação de um conjunto de investigações e práticas que promovem a transformação dos conceitos pré-existentes para visões melhores e mais coerentes com o pensamento científico.

**Palavras-chave:** Ensino Investigativo. Sistema Circulatório. Ensino Médio. Pressão Arterial. BNCC.

## ABSTRACT

Teaching the circulatory system in high school can present a lot of gaps that are not easily answered by current practices used in the classroom. Methodologies addressing this topic have been discussed by several authors who point out the persistence of mistakes since elementary school till higher education, mostly related to the morphological and physical aspects that influence the blood flow. Understanding how this system works, based on hemodynamics, allows an integrated view of the central role in homeostasis, where physics, chemistry and mathematics give biological meaning to universal laws; and contemplates the integration of the Natural Sciences as proposed by the new high school model of BNCC. The present work focuses on how inquiring can promote learning of physical and morphological concepts related to regulation and control of blood flow. The Inquiry Teaching Sequence (ITS) developed focuses on the physical and morphophysiological mechanisms that control the blood circulation through the application of 3 practical activities: Simulating cardiac movements, measuring blood pressure under different conditions, and building a model for the circulatory system. The sequence emphasizes the following aspects: cardiac pumping as a source of energy for blood circulation, the unidirectional blood flow, the physical factors that influence the differences in blood pressure in the body and the circulatory pattern formed by two large loops, namely the systemic and pulmonary cycles. The work was performed by students in the 2nd year of high school and the analysis of this work was evaluated comparing previous and final versions of conceptual maps. The results showed an improvement in the production of the participating groups, thus reaching the proposed knowledge related to morphology and the influence of physical dimensions on our body. We conclude that high school students are able to understand some important aspects of the circulatory system involving interdisciplinary concepts through the application of a set of investigations and practices that promote a transformation of pre-existing concepts to a better and more consistent view.

**Keywords:** Inquiring Teaching. Circulatory system. High school. Blood pressure. BNCC.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Sistema especial de condução do estímulo elétrico do coração.....	21
<b>Figura 2</b> - Pressões sanguíneas normais nas diferentes partes do sistema circulatório.....	22
<b>Figura 3</b> - Modelos típicos de mapas mentais Kinchin et al. (2000) .....	29
<b>Figura 4</b> - Materiais necessários para o experimento simulando a sístole e a diástole cardíaca...30	
<b>Figura 5</b> - Etapas de construção da prática “bomba cardíaca” .....	31
<b>Figura 6</b> - Aferindo a pressão arterial sob diferentes condições.....	33
<b>Figura 7</b> - Mapa conceitual produzido por grupo participante na avaliação diagnóstica.....	35
<b>Figura 8</b> - Participante realizando experimentação no laboratório de ciências.....	36
<b>Figura 9</b> - Experimento que simula os movimentos de sístole e diástole.....	37
<b>Figura 10</b> - Aferição da PA a altura do pulso com braço posicionado verticalmente para cima..41	
<b>Figura 11</b> - PA obtida nas variações das posições ortostáticas do membro superior.....	45
<b>Figura 12</b> - Medição com fita métrica entre os pontos aferidos, pulso e braço.....	46
<b>Figura 13</b> - Modelo confeccionado por grupo participante sobre o sistema circulatório.....	49
<b>Figura 14</b> - Modelo confeccionado sobre o sistema circulatório.....	50
<b>Figura 15</b> - Modelos confeccionados pelos grupos participantes.....	51
<b>Figura 16</b> - Avaliação das versões pré e pós projeto dos mapas conceituais de acordo com metodologia proposta por Novak e Gowin, 1984.....	53
<b>Figura 17</b> - Versão diagnóstica do mapa conceitual desenvolvido por grupo participante.....	56
<b>Figura 18</b> - Versão final do mapa conceitual desenvolvido por grupo participante.....	57
<b>Figura 19</b> - Relação de uso dos principais termos mencionados nos mapas conceituais antes e após a aplicação da sequência didática.....	58

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Níveis de categorização das atividades investigativas no laboratório de ciências.....	19
<b>Quadro 2</b> - Modelo de Novak e Gowin (1984) para avaliação de mapas conceituais.....	28
<b>Quadro 3</b> - Análises de cada critério analisado pela metodologia proposta.....	55

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Valores da aferição da pressão arterial a altura do pulso e suas variações ortostáticas obtidas durante a realização da prática.....42
- Tabela 2** - Valores da pressão arterial e suas variáveis ortostáticas obtidas na modificação proposta.....44

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

bpm	batimentos por minuto
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
cm	centímetros
Ideb	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
LDBEN	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
mm	milímetros
mmHg	milímetros de mercúrio
PA	Pressão Arterial
PCNEM	Parâmetro Curricular Nacional do Ensino Médio
PET	Poli Tereftalato de Etila
SEI	Sequência de Ensino Investigativo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
1.1 Ensino por investigação na escola.....	17
1.2 Investigando aspectos físicos e fisiológicos do sistema circulatório.....	20
<b>2 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>25</b>
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>26</b>
3.1 Objetivo geral.....	26
3.2 Objetivos específicos.....	26
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>27</b>
4.1 Público-alvo.....	27
4.2 Avaliação diagnóstica e final através dos mapas conceituais.....	28
4.3 Experimento I: Simulando a sístole e diástole cardíaca.....	29
4.3.1 <i>Materiais</i> .....	30
4.3.2 <i>Procedimentos</i> .....	30
4.4 Experimento II: Mensurando a Pressão Arterial com aparelho digital.....	31
4.4.1 <i>Procedimentos</i> .....	32
4.5 Experimento III: Construindo um modelo do sistema circulatório.....	34

<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>35</b>
5.1 Perfil do público-alvo: Avaliação diagnóstica.....	35
5.2 Experimento I: Simulando a sístole e diástole cardíaca.....	36
5.3 Experimento II: Medindo a Pressão Arterial com aparelho digital.....	39
5.4 Experimento III: Construindo um modelo do sistema circulatório humano.....	48
5.5 Avaliações diagnóstica e final.....	52
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>60</b>
<b>7 PERSPECTIVAS FUTURAS.....</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>62</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>85</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Ensino por investigação na escola

O currículo escolar brasileiro é dinâmico e sofre grande influência das tendências históricas e tecnológicas. A expansão do conhecimento científico no século XX, por exemplo, exigiu reformulações desse documento que veio a discutir diretrizes sobre metodologias de ensino problematizadoras para uma educação voltada a aplicação do método científico (Borges, 2010). A discussão sobre o ensino investigativo, apesar de contínua, não é recente. Ela aportou no Brasil em 1932 através do Manifesto dos Pioneiros, e foi ambientada na teoria da educação progressiva de Dewey e na pedagogia construtivista de Piaget e Vygotsky; sendo instituído nos programas escolares brasileiros apenas em 1961 por meio da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) (Brasil, 1961; Borges, 2010). Atualmente, o Parâmetro Curricular Nacional do Ensino Médio (PCNEM) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destacam a importância na abordagem da dimensão investigativa das Ciências da Natureza como componente essencial no ensino médio (Brasil, 2006, p.26; Brasil, 2018, p. 550).

“[...] a dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no Ensino Médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área” (Brasil, 2018, p. 550).

A BNCC (2018) sofreu reformulações propostas pelas recentes mudanças na LDB, em função da Lei nº 13.415/2017. Essas mudanças desafiam os educadores a substituir o modelo único de currículo do Ensino Médio por um modelo diversificado e flexível que deve abordar os itinerários formativos. A nova proposta conecta, por exemplo, os conteúdos de física, química e biologia ao eixo Ciências da Natureza e suas Tecnologias, assim os conteúdos devem ocorrer de maneira combinada e com uma abordagem interdisciplinar. Nesse contexto, o itinerário deve garantir a apropriação de procedimentos cognitivos e o uso de metodologias que favoreçam o protagonismo estudantil no acesso as diferentes áreas do conhecimento para resolução dos desafios propostos e construção do seu próprio conhecimento (Brasil, 2018).

Essa vertente de ensino também é um desafio para o estudante na construção do conhecimento científico através da mobilização de distintos conhecimentos previamente adquiridos na escola ou em sua vida cotidiana para resolução de uma determinada situação-problema (Leite et al., 2015; Cleophas, 2016; Fabris e Justina, 2016; Borrajo, 2017; Carvalho, 2019, p. 26). Tendo o ensino por investigação como característica o acesso das ideias prévias e o desenvolvimento de novos conceitos a partir da reflexão, da pesquisa e dos novos conhecimentos que devem ser colocados em contato com a sua realidade.

A mediação desse processo deve ser realizada pelo professor, preocupando-se tanto com questões conceituais quanto metodológicas ao apresentar as situações-problema e as diferentes estratégias investigativas em sua prática. Carvalho (2019) destaca que os problemas podem ser apresentados aos estudantes como experimentos realizados no laboratório, demonstrações investigativas ou até mesmo problemas não experimentais envolvendo questões e problemas abertos, como o trabalho com figuras ou textos. Essas estratégias usadas no ensino por investigação devem permitir a familiarização do estudante com as etapas da metodologia científica e promover ações que proporcionem o debate, a argumentação e a negociação de significados durante a solução dos desafios propostos (Borges, 2002; Sasseron e Carvalho, 2008; Sá, 2009).

Durante a prática, as ações desenvolvidas na proposta investigativa podem englobar algumas atitudes essenciais do trabalho científico e uma das grandes vantagens está ancorada na perspectiva dessa interação discursiva entre os sujeitos aprendizes e entre professor e alunos, o que possibilita, dentro de uma proposta sócio-interacionista, a elaboração de questões que potencializam a construção de novos conhecimentos de modo coletivo, e não individual (Cleophas, 2016; Carvalho, 2019, p. 5; Sasseron, 2019, p. 59).

De acordo com Vygotsky (1982), os professores, ao criarem situações favoráveis à autonomia, garantem um espaço para o confronto de visões, de opiniões, discussões abertas, debates, livre reflexão e de reorganização dos saberes (Cleophas, 2016). Para isso, o uso das diferentes estratégias investigativas deve ter como diretriz principal o cuidado com o grau de liberdade intelectual dado ao aluno na resolução do problema (Sá, 2009; Carvalho, 2018).

Os graus de liberdade intelectual que o professor proporciona aos seus alunos podem ser categorizados no laboratório de ciências em diferentes níveis (Borges, 2002; Sá, 2009; Carvalho,

2010). Tamir (1991) classifica essas atividades realizadas nas aulas de ciências em quatro níveis de categorização (Quadro 1) (Borges, 2002; Sá, 2009).

**Quadro 1:** Níveis de categorização das atividades investigativas no laboratório de ciências.

Nível de investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
Nível 0	Dados	Dados	Dados
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: Tamir, 1991.

O nível 0 caracteriza a metodologia expositiva comumente empregada em sala de aula na qual o aluno tem pouca ou nenhuma participação e passa diretamente (sem a discussão de hipóteses) para o plano de trabalho (Carvalho, 2010, p. 55). Esse tipo de “educação bancária”, criticada por Paulo Freire, faz com que a educação se torne um ato unilateral ao tratar o educando como um ser passivo, sem conhecimento ou experiências pessoais, assim para contornar a inércia do estudante durante as aulas teóricas, o professor deve usar recursos que chamem a atenção do aluno e promovam a participação nas discussões sobre o tópico trabalhado. No nível 1, embora o professor continue a problematizar e fornecer os procedimentos para a realização da atividade, os alunos reorganizam as ideias para realizarem conclusões da atividade a partir dos dados obtidos, a exemplo das aulas de laboratório que utilizam protocolos bem definidos. As atividades se tornam um pouco mais abertas no nível 2, pois o professor fornece apenas o problema, cabendo aos alunos, discutir, argumentar e criar soluções em relação ao encaminhamento da atividade (Sá, 2009). Esses dois últimos níveis são observados nas atividades investigativas no ambiente escolar e a escolha do grau de liberdade depende dos conhecimentos prévios dos estudantes e da familiaridade com os processos do ensino investigativo; pois deve participar do trabalho investigativo desenvolvendo habilidades como argumentação, interpretação e análise (Borges, 2002).

O grau de liberdade do nível 3 requer que a proposição do problema tenha origem do sujeito e é próprio dos trabalhos de pesquisa científica. A aplicação desse grau de liberdade no ambiente escolar é algo incomum e foi criticado no final do século XX por se tornar uma prática excludente

que buscava alunos em programas como “Jovem cientista”, mas deixava de fora a grande maioria dos estudantes que não possuíam desenvoltura ou interesse pela área (Carvalho, 2010, p. 56). Desta forma, devemos nos atentar ao elaborar um trabalho que seja condizente com a realidade local e que o avanço entre os graus de liberdade possa se dar de forma condizente e motivadora para os alunos.

A escolha do nível adequado de dificuldade é essencial para transformação da atividade experimental em uma investigação na apresentação de situações-problema aos alunos (Gil Pérez e Valdés Castro, 1996). Os níveis de investigação podem ser trabalhados a medida que o professor apresenta um determinado conteúdo programático, promovendo o protagonismo do aluno nas ações desenvolvidas dentro de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI), iniciando com um problema experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado e oferece condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático (Carvalho, 2019, p. 9). Assim, o professor, ao lançar o problema inicial, deve acompanhar as discussões dos grupos, questionar e auxiliar os alunos para que mantenham a coerência em suas ideias, a fim de não perderem o foco (Borrajó, 2017).

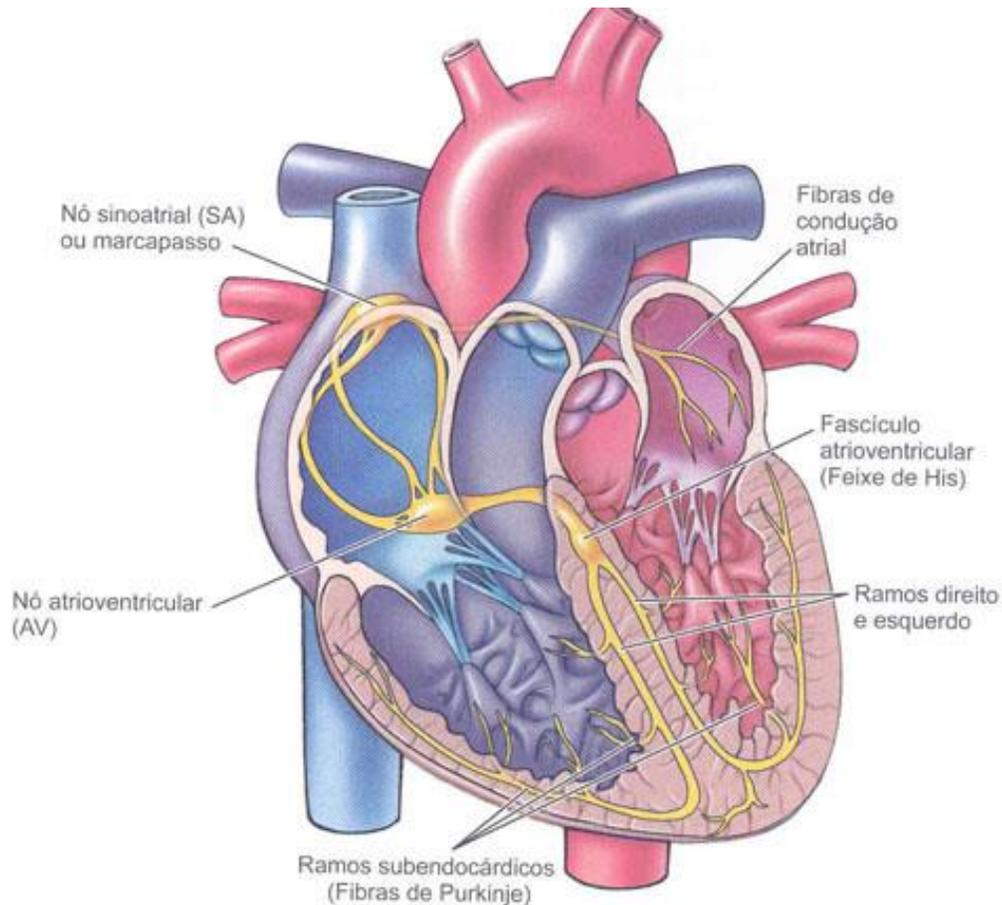
## **1.2 Investigando aspectos físicos e fisiológicos do sistema circulatório**

O crescimento das formas de vida mais complexas foi proporcionado pela especialização dos sistemas corporais. Um desses sistemas, o sistema circulatório, foi capaz de distribuir os nutrientes e eliminar os metabólitos dos tecidos, tornando-se um dos sistemas integradores do corpo humano. Formado principalmente pelo coração e pelos vasos sanguíneos, conta com uma série de mecanismos envolvidos na regulação e no controle da pressão arterial de maneira a adequar o débito cardíaco às necessidades metabólicas do organismo (Magder, 2018). Tal mecanismo é determinado, principalmente, por duas variáveis cardiovasculares em resposta à necessidade metabólica: o débito cardíaco e a pressão arterial sistêmica.

O automatismo das contrações rítmicas do coração é resultado de uma sequência de eventos gerados por mecanismos intrínsecos de controle. O marcapasso localizado no nó sinoatrial (SA) gera uma despolarização em rampa que, ao atingir o limiar de excitação, dispara um potencial de ação que se propaga através dos átrios. Ao chegar ao nó atrioventricular (AV) há um retardo que

permite que o átrio se contraia antes do ventrículo. A partir daí, o potencial de ação propaga-se para os ventrículos pelo feixe de Hiss e pelas fibras de Purkinje (Fig. 1).

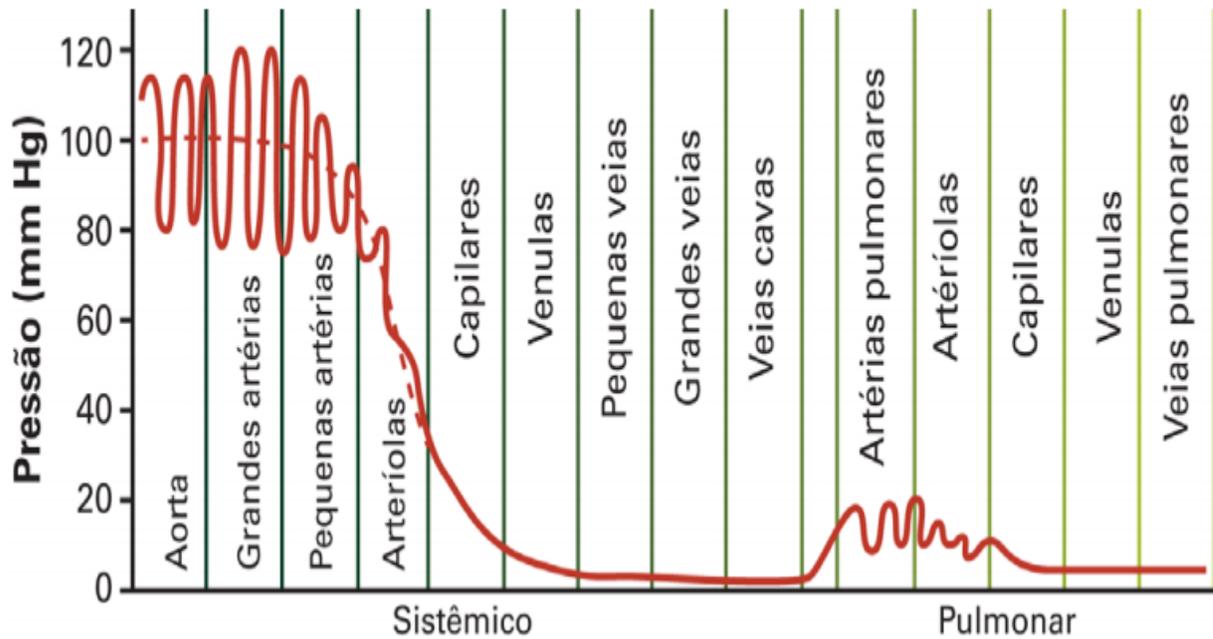
**Figura 1** – Sistema especial de condução do estímulo elétrico do coração que controla o ciclo cardíaco.



**Fonte:** EERP/USP. Disponível em <[http://www2.eerp.usp.br/Nepien/PCR/car\\_conducao.html](http://www2.eerp.usp.br/Nepien/PCR/car_conducao.html)> Acesso em 13 de novembro 2020.

Fisiologicamente, no ciclo cardíaco o coração ejeta o sangue a uma pressão de cerca de 120 mmHg durante a sístole, que é mantida em cerca de 80 mmHg durante a diástole por dissipação da energia elástica das artérias. Ao longo do sistema circulatório, observa-se tanto a diminuição como a perda do padrão pulsátil da pressão arterial, com destaque para o papel das arteríolas, vasos de resistência responsáveis pela maior queda de pressão observada no circuito (Magder, 2018). Em média, a diferença máxima de pressões arterial e venosa é da ordem de 100 mmHg (Fig. 2).

**Figura 2** - Pressões sanguíneas normais nas diferentes partes do sistema circulatório quando uma pessoa está deitada na posição horizontal.



**Fonte:** CEPA. Disponível em

<[https://midia.atp.usp.br/impresos/redefor/EnsinoBiologia/Fisio\\_2011\\_2012/Fisiologia\\_v2\\_semana06.pdf](https://midia.atp.usp.br/impresos/redefor/EnsinoBiologia/Fisio_2011_2012/Fisiologia_v2_semana06.pdf)> Acesso em 04 de junho de 2020.

A pressão arterial é regulada por mecanismos neurais, de curto prazo, e mecanismos hormonais, de médio e longo prazo. A curto prazo, regulando a pressão segundo a segundo, atuam os sensores de pressão, ou barorreceptores, localizados nas paredes do seio carotídeo e do arco aórtico, que sinalizam ao sistema nervoso central a necessidade de ajustes fisiológicos, segundo a posição ou estado do corpo, quando há qualquer alteração de um dos fatores que afetam a pressão sanguínea nos vasos e é determinada por três tipos de energia: elástica, cinética e gravitacional (Magder, 2018). Esta última não é um fator de grande importância quando a pessoa se encontra na posição supina, mas torna-se significativa quando esta se encontra na posição vertical, devido à inclinação de partes do corpo em relação ao coração (Irigoyen e Krieger, 1998).

A gravidade é uma força de compressão que afeta constantemente a homeostase circulatória (Sousa et al., 2012). A pressão exercida por uma coluna de líquido (sangue) sobre uma área vai depender da altura do ponto onde a pressão é exercida em relação ao coração quando o corpo está na posição vertical, sendo assim o sangue ejetado do coração que flui para a parte superior do corpo encontrará forças de resistência causada pelo sangue presente nos vasos sanguíneos (Magder, 2018).

Alterações no retorno venoso da parte inferior do corpo para o coração também são significativas, uma vez que este é reduzido quando ficamos em pé. Logo que se iniciam as mudanças circulatórias para assumirmos a posição ortostática, ocorre normalmente uma queda na pressão arterial e na pressão de enchimento do ventrículo esquerdo desencadeando um reflexo que estimula os receptores de pressão na liberação de seus impulsos, os quais alcançam o tronco cerebral, provocando aumento de carga simpática que resulta em vasoconstrição sistêmica (Bernarroch, 1993). Esses mecanismos fisiológicos de adaptação postural são desencadeados para manter a pressão arterial relativamente constante no corpo provocando um reflexo imediato para minimizar a queda da pressão na parte superior do corpo e promover o retorno venoso das partes inferiores.

O entendimento da influência dos fatores físicos e dos mecanismos fisiológicos regulatórios do sistema circulatório no funcionamento do corpo humano pode apresentar algum grau de complicação e gerar uma série de equívocos que são observados desde os níveis elementares até os níveis de formação superior (Arnaudin e Mintzes, 1985; Chi et al., 1991; Yip, 1998; Tekkaya, 2002; Kwen, 2005; Vanzela et al., 2007; Özgür, 2013; Volná et al., 2013). A presença de equívocos e a superficialidade do conhecimento encontrados por Tekkaya (2002) mostra que estes fatores constituem uma barreira ao entendimento do papel integrador do sistema circulatório com os demais sistemas corporais.

Chi et al. (1991) afirmam que estudantes que não conseguem visualizar a existência das válvulas tem certa dificuldade na compreensão do fluxo unidirecional do sangue. Arnaudin e Mintzes (1985) ainda ressaltam que os alunos têm dificuldades em entender que o sistema circulatório humano é duplo, consistindo em um padrão pulmonar e outro sistêmico que se comunicam. Da mesma forma que os estudantes, professores de biologia podem apresentar alguns equívocos relacionados às variáveis do fluxo sanguíneo, pressão arterial e diâmetro dos vasos (Yip, 1998). Tais equívocos mantidos pelos professores podem ser reproduzidos pelos seus alunos quando as aulas são apenas expositivas e não permitem a participação e construção coletiva do conhecimento (Kwen, 2005).

As metodologias de ensino sobre o sistema circulatório vêm sendo amplamente discutidas por diversos autores que apontam a persistência de equívocos em relação a estrutura do sistema circulatório, a função do coração, o fluxo sanguíneo e a pressão arterial (Arnaudin e Mintzes, 1985; Chi et al., 1991; Sungur et al., 2001; Jesus e Pacca, 2013; Özgür, 2013; Sadi e Çakiroğlu, 2014; Lee

et al., 2015). Vanzela et al. (2007) destacam que a fragmentação dos conteúdos que envolvem fisiologia humana em sistemas ou aparelhos na tentativa de torná-los mais didáticos, muitas vezes, dificulta a compreensão pelo aluno do funcionamento do organismo como um todo e delimita o conhecimento a sistemas isolados que, aparentemente, não se comunicam. Além disso, a fragmentação dos conteúdos de Ciências da Natureza em diferentes disciplinas que não estabelecem uma relação entre os conteúdos pode se tornar outro fator que dificulta o entendimento dos mecanismos físicos e químicos que controlam o corpo humano.

A compreensão dos mecanismos de regulação do sistema circulatório no corpo humano a partir do ponto de vista científico pode proporcionar ao estudante o entendimento do próprio corpo e apreciar o papel central deste sistema no ensino de biologia (Steward, 1982). Entretanto, os problemas relacionados ao ensino do sistema circulatório abrangem uma série de conhecimentos prévios que devem ser utilizados pelo professor na conexão entre teoria e prática para melhorar a compreensão dos alunos no tópico a partir da interpretação de novas informações para a construção de um conhecimento cientificamente válido (Brewer e Nakamura, 1984; Volná et al., 2013). Para isso é essencial que os estudantes tenham uma visão integrada das diferentes áreas do conhecimento e que estas se comuniquem para facilitar o entendimento das ciências da natureza em seus diferentes aspectos (químicos, físicos e biológicos) como proposto nos currículos escolares da BNCC (2018).

A abordagem investigativa aplicada ao estudo do sistema circulatório a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados pode estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental. Além de proporcionar o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos que facilitam a aprendizagem e permitem que os estudantes estabeleçam relações entre os sistemas compreendendo o funcionamento do organismo humano como um todo (Vanzela et al., 2007; Brasil, 2018).

## **2 JUSTIFICATIVA**

O estímulo ao protagonismo no processo de ensino-aprendizagem pode ser proporcionado pela abordagem investigativa através da implementação de sequências de ensino que valorizem a construção do conhecimento. Como exposto, o sistema circulatório é um tema complexo e de extrema importância para tomada de atitudes relacionadas ao cuidar e compreender do próprio corpo, mas muitas vezes não é devidamente abordado devido à complexidade de assimilação dos conceitos físicos somado a carência de modelos morfológicos no ambiente escolar, tornando os conceitos cada vez mais distantes da realidade dos estudantes. Vários são os tipos de problemas que se pode organizar para iniciar uma SEI, entretanto, o mais comum e o que envolve mais os alunos é, sem dúvida, o problema experimental. Desta forma, a elaboração da SEI vem propor a aproximação dos estudantes a metodologia científica, através de práticas que contemplem os aspectos morfológicos do sistema circulatório e os mecanismos físicos que podem interferir nos valores da pressão arterial partindo de práticas que evoluem demonstrações investigativas e ações diretas no laboratório aberto, assim favorecendo o entendimento dos mecanismos envolvidos na regulação da circulação sanguínea pelo corpo humano e aumentando o protagonismo do estudante na resolução dos problemas científicos.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Propor uma sequência de ensino investigativo sobre o sistema circulatório em um ambiente escolar que promova o protagonismo dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Identificar os conhecimentos prévios dos participantes através de avaliação diagnóstica.
- Reconhecer as etapas do ciclo cardíaco e as forças envolvidas na circulação sanguínea.
- Identificar a unidirecionalidade do fluxo sanguíneo.
- Compreender como a mudança postural influencia os valores de pressão arterial.
- Ampliar a compreensão sobre o sistema circulatório e as variantes da pressão arterial.
- Reconhecer estruturas morfológicas do sistema circulatório.
- Produzir um modelo morfofuncional junto com alunos do ensino médio.
- Discutir situações-problema no processo de aprendizagem.
- Contribuir com pesquisas na área de educação.

## **4 METODOLOGIA**

Os conceitos sobre ciclo cardíaco, pressão arterial, dupla circulação e vasos sanguíneos foram trabalhados através de uma SEI com abordagens na forma de laboratório aberto e demonstrações investigativas. Espera-se que os participantes ampliem os conhecimentos relacionados aos aspectos morfofisiológicos do sistema circulatório e realizem intervenções nos experimentos para explicar os fenômenos físicos que influenciam a circulação sanguínea.

A SEI proposta está pautada uma sequência de três experimentos: Simulando a sístole e diástole cardíaca; Mensurando a pressão arterial com aparelho digital e Construindo um modelo do sistema circulatório humano. Essa proposta foi analisada através da aplicação de mapas conceituais, diagnóstico e final, que tiveram suas proposições avaliadas quali-quantitativamente de acordo com critérios estabelecidos pelo Modelo de Novak e Gowin (1984).

Os instrumentos e o protocolo de avaliação foram revisados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais sob parecer nº 4.009.314.

### **4.1 Público-alvo**

A escola selecionada é uma instituição pública que oferta o Ensino Médio na modalidade regular para o período noturno e atende, em sua maioria, alunos de 16 a 19 anos de idade. Ela está situada no município de Contagem divisa com o município de Betim, região metropolitana de Belo Horizonte, e obteve nota 4.5 na última avaliação dos Dados do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb) para o Ensino Médio (Brasil, 2020).

Os estudantes do 2º ano foram incentivados a participar do projeto de forma voluntária e divididos em 9 grupos de aproximadamente 5 alunos. Além disso, os participantes estavam cientes que os registros gerados durante a execução do projeto seriam codificados para manter o anonimato e poderiam ser usados para divulgação acadêmica.

Os registros consistem nos termos, questões discursivas, questionários e tabelas que foram analisados pelo professor. Esses registros e anotações do aplicador foram arquivados em lugar próprio.

## 4.2 Avaliação diagnóstica e final através dos mapas conceituais

Os mapas conceituais surgem como uma possibilidade de facilitar a aprendizagem significativa, por meio de diagramas, que podem ser elaborados mediante conceitos-chave conectados a outros conceitos por meio de conectores e setas, assim apresentam uma “nova” maneira de organizar, estruturar e hierarquizar os conteúdos de disciplinas por meio da organização cognitiva daqueles que os elaboram (Coutinho, 2015). O uso desse recurso contribui para organização do conhecimento dos alunos e servirá como registro para avaliação em dois momentos aos grupos: avaliação diagnóstica e final. As avaliações abordam os conceitos sobre o sistema circulatório e as relações entre eles indicadas por linhas e conectores, representando as relações que descrevem cada ligação entre cada par de conceitos em uma palavra ou sentença.

A resolução e a entrega dos mapas conceituais foram realizadas pelos grupos em momentos distintos para cada versão e ocorreram durante a aula (aproximadamente, 40 minutos). A análise foi realizada utilizando o modelo simples proposto por Novak e Gowin (1984) para caracterização do sistema de pensamento e conhecimento aplicado aos mapas conceituais (Quadro 2).

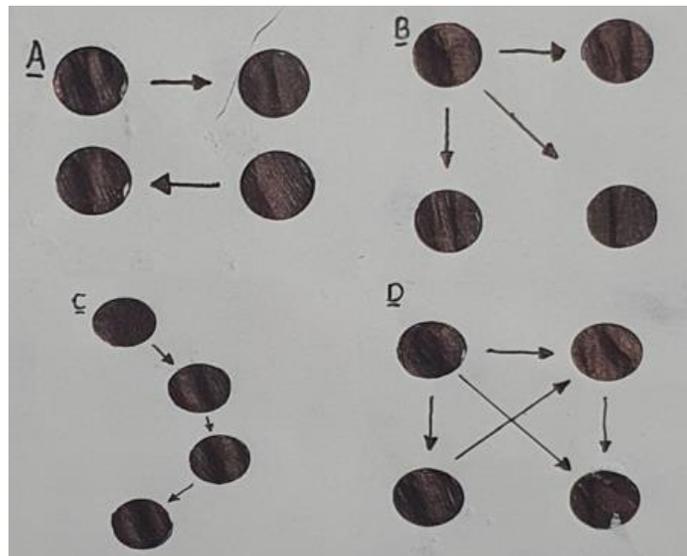
**Quadro 2** - Modelo de Novak e Gowin (1984) para avaliação de mapas conceituais.

<b>Critério</b>	<b>Descrição</b>
Proposições	É a relação entre dois conceitos indicados por uma linha de conexão e palavra(s) de ligação. É uma relação válida? Para cada proposição significativa apresentada atribui-se 1 ponto.
Hierarquia	O mapa mostra hierarquia entre os conteúdos? Cada conceito mais específico é subordinado a um mais geral (acima) no contexto do conteúdo do mapa? 5 pontos para cada nível válido da hierarquia.
Ligação cruzada	O mapa mostra conexões significativas entre um segmento da hierarquia de conceitos com outro segmento? Assinalar 10 pontos para cada ligação cruzada que é tanto válida quanto significativa e 2 pontos para cada ligação cruzada válida; mas que não aponta uma síntese entre os conjuntos de conceitos ou proposições relacionadas. Se houver ligações cruzadas originais e criativas, pode-se atribuir pontuações extras.
Exemplos	Eventos científicos ou instâncias válidas daquelas designadas por um rótulo de conceito pode ser atribuído 1 ponto por cada conceito.

**Fonte:** Novak e Gowin, 1984.

A organização dos mapas conceituais pôde ainda ser analisada quanto a estrutura das interações, os mapas conceituais dos alunos foram comparados aos modelos de mapas conceituais proposto por Kinchin et al. (2000) (Fig. 3 a-d).

**Figura 3** - Modelos típicos de mapas mentais (A-D) proposto por Kinchin et al. (2000). Modelo A – Solo, pares ou trios de conceitos; Modelo B – Conceito central ligado a outros conceitos; Modelo C – Alguns conceitos ligados ao outro; Modelo D - uma estrutura ramificada de conceitos.



**Fonte:** Reproduzido a partir de Kinchin, 2000.

A significância dos resultados obtidos foi avaliada observando os critérios do modelo de Novak e Gowin (1984) e comparadas em suas versões diagnóstica e final. Além disso, outros dados foram extraídos através das atividades durante a aplicação do projeto e dos registros gerados.

### 4.3 Experimento I: Simulando a sístole e diástole cardíaca

A prática consiste numa proposta de laboratório aberto que tem como objetivo reconhecer as etapas e as forças envolvidas no ciclo cardíaco e o fluxo unidirecional do sangue pelos vasos sanguíneos. A prática promoveu o reconhecimento do padrão pulsátil do coração, as forças elásticas das câmaras cardíacas, os gradientes de pressão gerados no sistema circulatório e o fluxo sanguíneo. Além disso, esperou-se que o estudante fosse capaz de apontar as simplificações do experimento como a ausência de válvulas, número de câmaras cardíacas e a rigidez dos materiais utilizados.

Os grupos se organizaram para construir o modelo pulsátil de coração usando os materiais propostos (Fig. 4). A atividade foi executada sob supervisão do professor durante a aula, aproximadamente 40 minutos, utilizando o roteiro entregue (Apêndice D).

#### 4.3.1 *Materiais*

- 70 cm de mangueira transparente de 2 mm
- 1 balão vermelho resistente
- duas garrafas PET transparentes
- recipiente cilíndrico transparente
- corante vermelho
- fita isolante

**Figura 4** - Materiais necessários para o experimento simulando a sístole e a diástole cardíaca.



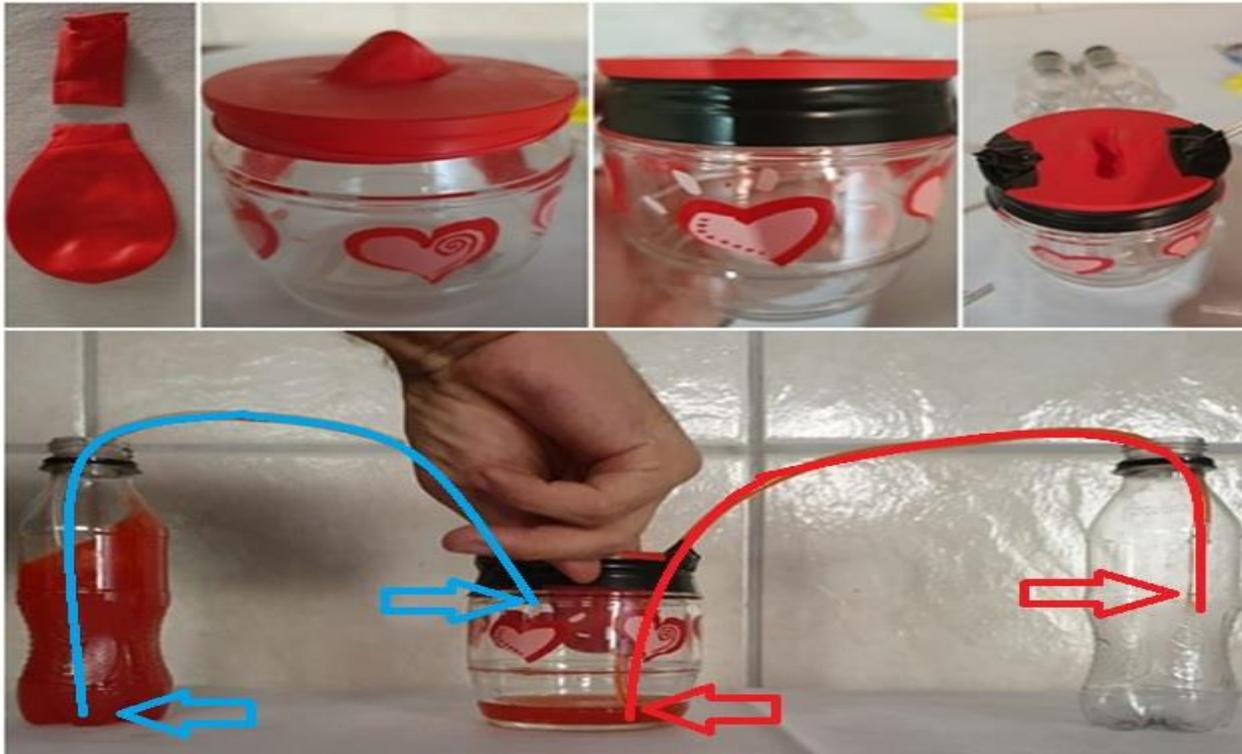
Fonte: Elaboração própria.

#### 4.3.2 *Procedimentos*

Cortar o pescoço do balão e usar o restante do balão para vedar o recipiente cilíndrico, vedando totalmente a borda com fita isolante. Em seguida, cortar a mangueira transparente em dois pedaços de aproximadamente 35 cm e fazer dois furos bem pequenos em cada lado do balão que recobre o recipiente, introduzindo cada uma das mangueiras nos furos realizados. A ponta da mangueira inserida na garrafa da esquerda deve tocar o fundo do recipiente e sua outra ponta, será inserida no furo do recipiente central recoberto pelo balão, mantendo a um nível acima (Fig. 5 - linha e setas azuis indicam os níveis).

Repetir o procedimento entre o recipiente central e a garrafa da direita, mas desta vez a ponta da mangueira inserida no recipiente central deve tocar o fundo do recipiente e a outra ponta deverá ser introduzida na garrafa da direita mantendo um nível acima (Fig. 5 - Linha e setas vermelhas indicam os níveis). No final, vedar o orifício realizado na membrana com fita isolante, evitando qualquer entrada de ar para manter o ambiente de pressão interno.

**Figura 5** - Etapas de construção da prática “bomba cardíaca”. As linhas e setas vermelhas e azuis indicam o nível que as mangueiras devem ser posicionadas nos recipientes.



**Fonte:** Elaboração própria.

Preencher a garrafa da esquerda com um pouco do líquido vermelho e usar o circuito construído para demonstrar a circulação sanguínea nos vasos, pressionando e soltando o balão que recobre o recipiente central em intervalos que permitam a deformação e o retorno da membrana ao seu estado inicial; assim, repetindo o procedimento por diversas vezes até que o líquido comece a circular continuamente entre os recipientes.

#### **4.4 Experimento II: Mensurando a Pressão Arterial com aparelho digital**

A prática é uma proposta de laboratório aberto que teve início com a aferição da pressão arterial (PA) na posição padrão para reconhecer e interpretar os valores observados. Essa atividade permite o avanço para maior grau de liberdade à medida que os participantes são instigados a discutir e propor alterações no protocolo padrão para investigar como os valores da PA podem ser afetados pelo posicionamento espacial do corpo. Para isso, os alunos foram orientados pelo professor na aferição da PA padrão (Anexo A) e questionados se os valores encontrados seriam iguais em todo corpo e se sofreriam alterações caso o corpo fosse reposicionado espacialmente.

A prática teve adaptações realizadas a partir dos trabalhos Volná et al. (2013) para atender ao público-alvo. Essa etapa teve como objetivo compreender as variantes físicas que influenciam a pressão arterial e como o corpo responde fisiologicamente para equilibrar essas forças causadas pelo ortostatismo. Espera-se ao final da prática que os participantes compreendam conceitos como o efeito gravitacional na pressão arterial, as forças compressivas causadas pelo sangue e as variações do gradiente de pressão ao longo do circuito.

Os participantes foram organizados em grupos e realizaram a aferição em um voluntário durante as práticas sob supervisão do professor, registrando as informações no roteiro adaptado entregue pelo professor (Apêndice E).

#### **4.4.1 Procedimentos**

- Manter-se sentado na cadeira em repouso, em repouso de 3 a 5 minutos com pernas descruzadas, pés apoiados no chão, dorso recostado na cadeira e relaxado;
- Posicionar o braço a altura do coração, apoiado, com a palma da mão voltada para cima e as roupas não devem “comprimir” o membro.
- Localizar o ponto médio entre o ombro e o cotovelo;
- Posicionar o manguito acima do cotovelo sem deixar folgas;
- Solicitar que o voluntário não converse durante a aferição;
- Pressionar o botão on/off do aparelho digital;
- Anotar os valores exatos sem “arredondamentos” e o braço em que a PA foi medida;
- Repetir o procedimento com o braço para cima e depois com o braço para baixo mantendo-o paralelo ao plano corporal.

O experimento deve prosseguir de modo que os alunos proponham alterações no protocolo conforme o professor orienta a prática, como a obtenção do valor da PA do voluntário a altura do pulso, assim repetindo o mesmo procedimento, mas desta vez em um ponto mais distal (Fig. 6 A-C). Vale ressaltar que o aparelho utilizado no procedimento é protocolado para uso no braço conforme o procedimento, por isso certos valores quando aferidos a altura do pulso podem ser imprecisos devido a ajustes experimentais.

**Figura 6** – Aferindo a pressão arterial sob diferentes condições. A – Braço na posição horizontal a altura do peito; B – braço na vertical posicionado para baixo; e C – braço na vertical posicionado para cima.



**Fonte:** Elaboração própria.

Anotar os valores obtidos no roteiro entregue pelo professor, calcular a média dos valores obtidos entre os voluntários e anotar outros padrões observados durante a prática, como os batimentos cardíacos por minuto (bpm). Caso sejam observados valores anômalos na aferição, o professor deve realizar a prática certificando-se que todas as etapas presentes no anexo A foram respeitadas. Caso seja confirmado, orientar o participante a verificar os valores obtidos em um centro de saúde.

#### **4.5 Experimento III: Construindo um modelo do sistema circulatório**

Na prática, os participantes devem propor os procedimentos para construção do modelo de sistema circulatório que contemple os aspectos morfológicos. Espera-se que os modelos destaquem o coração e o padrão pulsátil; os principais vasos sanguíneos; as diferenças entre artérias e veias; a dupla circulação e a presença de sangue oxigenado e desoxigenado nos vasos sanguíneos.

A etapa teve como objetivo identificar as estruturas morfológicas do sistema circulatório e ampliar a compreensão de como o sangue se comporta dentro dos vasos sanguíneos. Além disso, espera-se que ao final da atividade os alunos percebam o papel integrador do sistema circulatório, principalmente com o sistema respiratório.

A construção dos modelos do sistema circulatório foi planejada e executada pelos participantes sob supervisão e orientação do professor que mediou a investigação dos alunos na execução dos trabalhos em momentos extraclasse. Por fim, os trabalhos produzidos foram socializados entre os participantes e os conceitos evidenciados nos modelos foram discutidos.

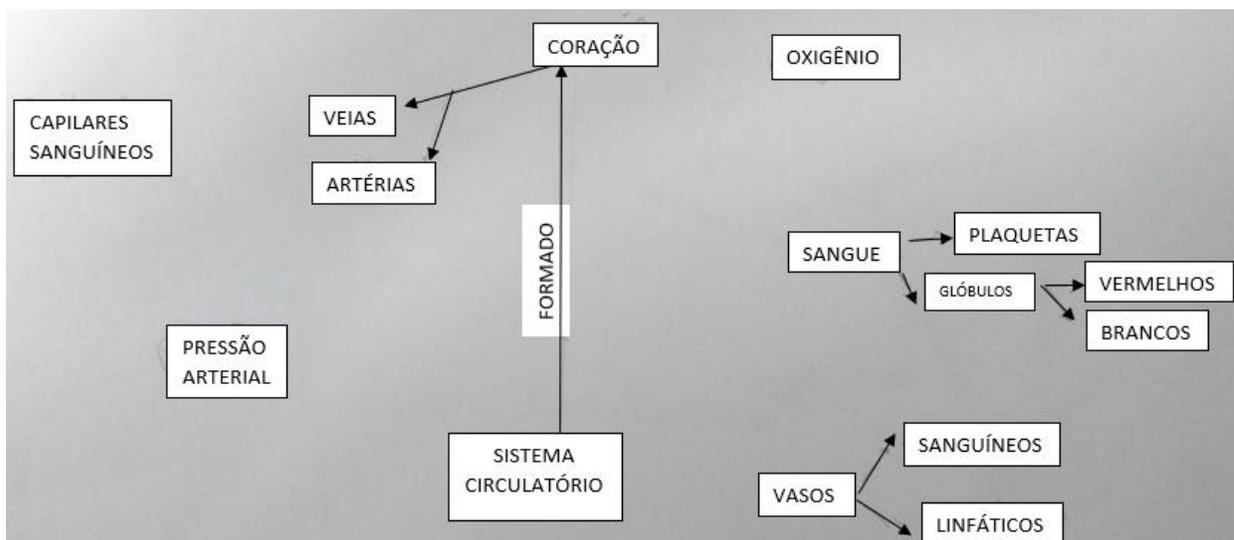
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Perfil do público-alvo: Avaliação diagnóstica

A média geral obtida na avaliação diagnóstica foi de 6.5 pontos, entretanto o desvio desse valor médio foi muito grande, variando de 2 a 18 pontos entre os grupos participantes. O valor observado pode ter relação com a heterogeneidade do público atendido na escola, já que se trata de uma escola referência na região que recebe alunos oriundos das mais diversas instituições do Ensino Fundamental II; além disso, a familiaridade na produção dos mapas conceituais foi outro ponto observado em alguns grupos que mostraram maior autonomia na organização das ideias.

Os conceitos centrais mais utilizados na produção dos mapas conceituais foram sangue, coração e metade dos grupos incluíram o termo vasos sanguíneos. A organização desses conceitos mostra que os alunos têm conhecimento de estruturas anatômicas básicas do sistema circulatório, mas ainda não conseguem estabelecer uma conexão e/ou hierarquização das ideias na descrição fisiológica do sistema (Fig. 7). Esses dados iniciais contribuíram no delineamento das estratégias didáticas, determinando o ponto de partida das discussões e os conhecimentos necessários para iniciar a sequência de ensino, de forma que estes sejam usados e reorganizados na construção do conhecimento científico válido.

**Figura 7** – Mapa conceitual produzido por grupo participante na avaliação diagnóstica. Atenta-se a presença de conceitos anatômicos, mas os termos se apresentam de forma desconexa.



**Fonte:** Elaborado pelos participantes. \*Adaptação realizada pelo autor, original encontra-se em apêndice M.

## 5.2 Experimento I: Simulando a sístole e diástole cardíaca

A prática incorporou materiais simples para investigar os mecanismos envolvidos no bombeamento do sangue pelo coração e a circulação através dos vasos sanguíneos. O primeiro momento da aula foi dedicado a construção do experimento pelos participantes que receberam o protocolo e os materiais necessários (Apêndice D). Logo após, um modelo finalizado foi apresentado a turma para socialização das hipóteses levantadas pelos grupos (Fig. 8).

**Figura 8:** Participante realizando experimentação no laboratório de ciências.

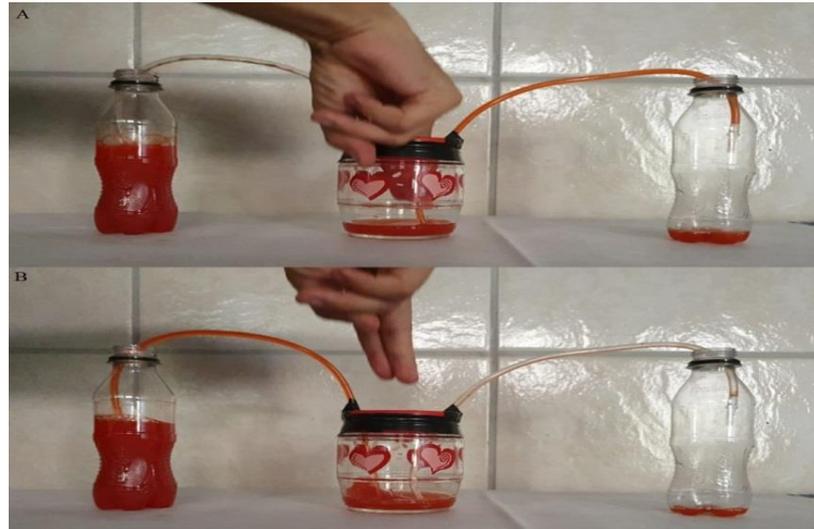


**Fonte:** Elaboração própria.

O modelo é uma simplificação didática realizada para demonstrar o ciclo cardíaco e as forças envolvidas no impulsionamento do sangue durante a sístole e a diástole. O balão, uma membrana flexível, permite simular as forças elásticas exercidas pelo músculo cardíaco e sua influência na movimentação do sangue presente nas câmaras que, conseqüentemente, sofrem mudanças do gradiente de pressão interna promovendo a circulação pela rede de vasos do sistema circulatório.

Quando a membrana é pressionada, ocorre a ejeção do líquido, e quando retorna ao seu estado inicial, ocorre a sucção do líquido. Assim, repetindo o procedimento por inúmeras vezes observamos que a cada ciclo o recipiente central ejeta e recebe o mesmo volume de líquido (Fig. 9). A circulação do líquido ocorre em dois momentos: Quando a membrana é pressionada, há mudanças na pressão interna do recipiente central que provocam a ejeção do líquido para a garrafa da direita (Fig. 9A); e quando a pressão exercida sob a membrana é interrompida, ela retorna ao seu estado inicial, promovendo valores de pressão interna positiva que serão reestabelecidas pela entrada do mesmo volume de líquido do recipiente da esquerda ao recipiente central (Fig. 9B).

**Figura 9** - Experimento que simula os movimentos de sístole e diástole realizados pelo coração. Figura A: a pressão elástica exercida na membrana promove mudanças no gradiente de pressão interna que causam o fluxo do líquido do recipiente central para o recipiente da direita através da mangueira. Figura B: Quando a pressão exercida na membrana é interrompida, essa retorna ao seu estado original promovendo a sucção do mesmo volume de líquido ejetado.



**Fonte:** Elaboração própria.

A discussão se iniciou pela identificação anatômica do sistema circulatório que estavam representadas no modelo. Os participantes destacaram imediatamente que o recipiente central recoberto pelo balão simulava o coração e que a membrana flexível simulava o músculo cardíaco. A ritmicidade dos movimentos contráteis do coração foi reconhecida como mecanismo propulsor do sangue, mas os participantes desconheciam os potenciais de ação envolvidos na contração coordenada do miocárdio. Para isso, foi explicado que o miocárdio é um músculo involuntário que possui um sistema de ativação elétrica responsável por emitir impulsos via células especializadas que polarizam/despolarizam as fibras cardíacas das câmaras superiores para as inferiores (ver figura 1) (Costabal et al., 2016). Esse estímulo ocorre de forma coordenada em questão de milésimos de segundos e sob condições fisiológicas normais permite que o átrio e o ventrículo realizem movimentos de sístole e diástole em momentos distintos, evitando a contração simultânea.

A explicação reforçou a ideia de que o coração humano é compartimentalizado em câmaras e permitiu o prosseguimento da discussão sobre a prática realizada. Alguns participantes apontaram a simplificação do modelo no número de câmaras cardíacas, comparando com o coração de outros animais dos filos dos vertebrados que foram estudados em tópico anterior. Um dos grupos

rapidamente concluiu que o ser humano, como pertencente a classe dos mamíferos, apresenta um coração tetracavitário. A partir dessas análises gerais, iniciamos uma análise mais específica das partes que compõe o sistema circulatório através de sucessivas discussões.

Abordando o percurso que o sangue realiza no sistema circulatório, os participantes foram questionados o que impedia que o sangue fluísse numa direção contrária, direção do ventrículo para o átrio. Poucos alunos citaram a presença das válvulas cardíacas, mas não souberam nomear nem explicar como essas válvulas impedem o refluxo. A intervenção foi realizada para esclarecer que as válvulas atrioventriculares são ancoradas por estruturas que se assemelham a cordas, as cordas tendíneas, que em condições fisiológicas normais se fecham durante a sístole ventricular, impedindo que o sangue realize um percurso de volta ao átrio.

Apontando em direção as mangueiras, foi perguntado se há diferença entre os vasos sanguíneos, mas os participantes não identificaram as diferenças entre o fluxo do líquido (sangue) em relação ao recipiente central (coração) como ocorre nas veias e artérias. Para isso, foram questionados sobre a diferença entre artérias e veias, e durante a discussão os participantes responderam que “artérias carregam sangue oxigenado” e “veias têm sangue azul”. Esses comentários apontam conhecimentos equivocados a respeito do sistema circulatório e generalizações que são comumente observadas entre os alunos do ensino básico. Foi então, esclarecido que o coração recebe o sangue através de veias e ejeta o sangue através de artérias, também foi destacado que essas diferenças não se resumem unicamente em relação ao fluxo que o sangue percorre, mas que há diferenças anatômicas entre os vasos.

A abordagem continuou sobre as simplificações presente no modelo, ressaltando que a circulação sanguínea no corpo humano consistia em um circuito duplo, o sistêmico e o pulmonar. Foi realizada aos participantes o seguinte questionamento:

“O sangue que passa pelos pulmões, retorna ao coração através de veias. Essas veias, chamadas veias pulmonares, trazem sangue pobre em oxigênio? Pode ser feita essa afirmação?” (Comentário do professor).

Esse questionamento, permitiu que os alunos refletissem sobre as ideias levantadas e descontruíssem conceitos que muitas vezes são difundidos e reproduzidos no ambiente escolar,

assim reconhecendo que o conceito de veias e artérias não está relacionado diretamente à presença ou ausência de oxigênio no sangue que passa por esses vasos.

As hipóteses levantadas foram discutidas e os seguintes conceitos foram extraídos nesta etapa: o bombeamento cardíaco é a fonte de energia da circulação sanguínea; o corpo humano possui um sistema circulatório fechado e duplo; as válvulas ajudam a manter o fluxo unidirecional do sangue; os gradientes de pressão gerados durante o ciclo cardíaco promovem o fluxo sanguíneo do coração para as artérias; e artérias e veias possuem diferenças anatômicas e podem carregar tanto sangue pobre ou rico em oxigênio dependendo do circuito.

A forma, os deslocamentos e as forças gerados pela bomba, bem como as principais características mecânicas do sistema de vasos e do sangue, podem ser analisados em termos de variações de pressões e fluxos que ocorrem no sistema. Para entender muitos desses ajustes torna-se necessário ter em vista que essas características estruturais e funcionais podem ser avaliadas por medidas geralmente aplicadas a qualquer sistema mecânico hidráulico (Franchini, 2012).

O experimento permitiu abordar conceitos físicos como a pressão hidrostática dos fluídos nos sistemas biológicos que sustentam as explicações do movimento sanguíneo dentro dos vasos através da elaboração de um modelo simplificado que simulava as forças elásticas presente nas câmaras cardíacas e a transmissão dessa energia potencial para o sangue dentro dos vasos. Beckler et al. (2013) afirmam que essa construção de modelos explicativos contribui para a visualização de processos fisiológicos que muitas vezes são pouco compreendidos pelos estudantes, além de melhorar o aprendizado dos alunos de várias maneiras, como aplicar conhecimento a uma nova situação ou reforçar o conhecimento existente. Desta forma, um domínio menos familiar (assunto científico a ser esclarecido) torna-se compreensível por semelhança com um domínio mais familiar, chamado de “análogo”, que quando bem elaboradas constituem “ferramentas” que auxiliam na abordagem dos conteúdos e os alunos na apropriação do mesmo (Glynn et al., 1994).

### **5.3 Experimento II: Medindo a Pressão Arterial com aparelho digital**

A atividade teve início com a aferição da pressão arterial na posição padrão, braço alinhado horizontalmente a altura do peito. Após a obtenção dos dados em cada grupo, foi feita a contextualização e análise dos resultados obtidos. A maioria dos participantes não conhecia o

significado das siglas e unidades de medida utilizadas nem o porquê de a aferição da pressão arterial ser realizada a altura do peito.

Os resultados inicialmente eram simplificados a números sem significado para os participantes, como o clássico “doze por oito”. As dúvidas iniciais durante a execução do procedimento, o qual os participantes estão familiarizados, permitiu que o professor trabalhasse a leitura e interpretação dos dados, dando significado a leitura dos valores obtidos. Para isso, explicou-se o significado das abreviações comumente utilizadas na aferição dos dados vitais como bpm, mmHg e PA.

A partir dessa introdução, discutimos a relação da posição padrão com a diminuição da influência das forças que atuam no corpo verticalizado. Para isso, foi realizado o seguinte questionamento:

“Por quê colocamos a caixa d’água em cima das casas?”; “Em um prédio de 10 andares, qual apartamento vai receber água com mais pressão?”.  
(Comentário do professor)

Alguns participantes realizaram os seguintes comentários:

“A caixa d’água fica em cima da casa para a água descer, se não fica sem pressão”. (Comentário do participante 1)

“O apartamento nos primeiros andares vai receber água com mais pressão, porque tem muita água em cima pressionando”. (Comentário do participante 2)

Em seguida, foi usada uma mangueira de nível preenchida com líquido. Posicionamos as duas pontas no mesmo nível e foi observado que o líquido presente não saiu, como esperado. Os participantes foram questionados o que aconteceria se uma das pontas fosse elevada e a maioria respondeu que a água sairia pela outra extremidade. Apesar de citarem que o “peso” da água ajuda a empurrar a água pela mangueira, os participantes não souberam falar das forças de compressão exercidas pela coluna de líquido localizadas nos pontos mais elevados da mangueira. Esses conceitos foram trabalhados em colaboração com a professora de física que trabalhou em suas aulas teóricas os princípios dos vasos comunicantes e gradientes de pressão com os alunos.

As exemplificações usadas permitiram aplicar de forma mais visível o que acontece nos vasos sanguíneos quando estamos na posição vertical. Iniciamos a aplicação dos conhecimentos práticos a situações que podem ocorrer no corpo humano através do seguinte questionamento:

“O que aconteceria se alterássemos a posição do braço? Esses valores de aferição permaneceriam o mesmo?”. (Comentário do professor)

A partir desse momento, os participantes mostraram compreender que o líquido presente nos vasos sanguíneos poderia sofrer influência de forças físicas quando reposicionados de maneira semelhante as mangueiras utilizadas na prática. Elucidamos que o braço era mantido a altura do peito para que as forças gravitacionais que atuam no corpo verticalizado fossem minimizadas e os valores de PA obtidos fossem os mais próximos ao que o sangue é ejetado do coração.

As variações ortostáticas foram realizadas para aferição no segundo momento da prática. Iniciamos o experimento de aferição da PA sob duas novas condições: braço posicionado para baixo e braço posicionado para cima (Fig. 10).

**Figura 10:** Aferição da PA a altura do pulso com braço posicionado verticalmente para cima.



Fonte: Elaboração própria.

Os dados obtidos foram preenchidos pelos alunos em ficha entregue aos participantes (Apêndice E) e reunidos pelo professor em uma planilha geral, posteriormente entregue aos grupos participantes para que calculassem as médias obtidas para cada situação descrita durante a aferição da PA a altura do pulso (tabela 1).

**Tabela 1** - Valores da aferição da pressão arterial a altura do pulso (mmHg) e suas variações ortostáticas obtidas durante a realização da prática.

Aluno	Valores de pressão arterial (mmHg)		
	Braço posicionado na horizontal	Braço elevado na vertical	Braço abaixado na vertical
<b>A1</b>	133 x 64 mmHg	90 x 46 mmHg	146 x 87mmHg
<b>A2</b>	144 x 83 mmHg	74 x 43 mmHg	151 x 104 mmHg
<b>A3</b>	140 x 95 mmHg	101 x 54 mmHg	163 x 125 mmHg
<b>A4</b>	114 x 66 mmHg	92 x 52 mmHg	113 x 72 mmHg
<b>A5</b>	142 x 105 mmHg	107 x 60 mmHg	165 x 123 mmHg
<b>B1</b>	115 x 76 mmHg	73 x 38 mmHg	132 x 85 mmHg
<b>B2</b>	114 x 67 mmHg	105 x 48 mmHg	121 x 83 mmHg
<b>B3</b>	115 x 79 mmHg	54 x 32 mmHg	137 x 82 mmHg
<b>B4</b>	138 x 89 mmHg	113 x 54mmHg	157 x 106 mmHg
<b>B5</b>	121 x 66 mmHg	89 x 46 mmHg	120 x 71 mmHg
<b>C1</b>	90 x 57 mmHg	151 x 117 mmHg	146 x 109 mmHg
<b>C2</b>	122 x 71 mmHg	74 x 54 mmHg	147 x 105 mmHg
<b>C3</b>	109 x 81 mmHg	80 x 50 mmHg	134 x 95 mmHg
<b>C4</b>	119 x 79 mmHg	100 x 65 mmHg	139 x 106 mmHg
<b>Média</b>	122 x 77 mmHg	93 x 54 mmHg	141 x 97 mmHg

Fonte: Elaboração própria.

Na tabela, apresentamos os dados da prática e os participantes discutiram as possíveis explicações físicas e fisiológicas para a diminuição da PA quando o membro é elevado e a elevação da PA quando o membro é posicionado para baixo, comparando os valores obtidos ao valor padrão de aferição, braço horizontal a altura do peito. É importante ressaltar que nessa prática os participantes fizeram algumas interpretações do experimento pertinentes para o processo de aprendizagem:

“Com o braço abaixado a pressão é maior, porque o sangue desce com mais pressão.” (Comentário do grupo 1)

“Quando o braço está levantado há uma queda na pressão, pois é mais difícil o sangue subir e quando o braço está para baixo há um aumento no fluxo sanguíneo, aumentando a pressão.” (Comentário do grupo 2)

“Sentado com o braço na altura do coração, a pressão chega normal. Quando o braço está mais alto, contra a gravidade, então o sangue chega com mais dificuldade. Já quando o braço está mais baixo, onde a pressão é maior, o sangue chega mais rápido.” (Comentário do grupo 3)

Os comentários apontam a capacidade do aluno em vincular conhecimentos físicos e biológicos ao abordar o sistema circulatório destacando os fenômenos mecânicos, principalmente a PA em diferentes condições. Esses conhecimentos físico-fisiológicos são de extrema complexidade e exigiram algumas simplificações para o público-alvo, além disso os alunos costumam aplicar equivocadamente alguns conceitos na explicação dos fenômenos como observado no último comentário em que ao o aluno menciona “...quando o braço está mais baixo, onde a pressão é maior, o sangue chega mais rápido”. Foi esclarecido que o aumento da PA observada é provocado pelas forças de compressão exercidas pelo sangue presente nos vasos sanguíneos. Diante das dificuldades encontradas na explicação de fenômenos físicos/biológicos, foi essencial a colaboração da disciplina de física com suas aulas teóricas para abordar conceitos que puderam ser usados para explicar as forças que influenciam o fluxo sanguíneo pelo corpo.

Os participantes questionaram se os valores de aferição da pressão arterial seriam os mesmos se a posição do manguito fosse alterada para cada uma das posições listadas. Para isso, o professor se voluntariou a experimentação realizada pelos alunos que propuseram que para cada posição, o

manguito fosse posicionado no braço e depois deslocado para o pulso, de acordo com a tabela elaborada (tabela 2).

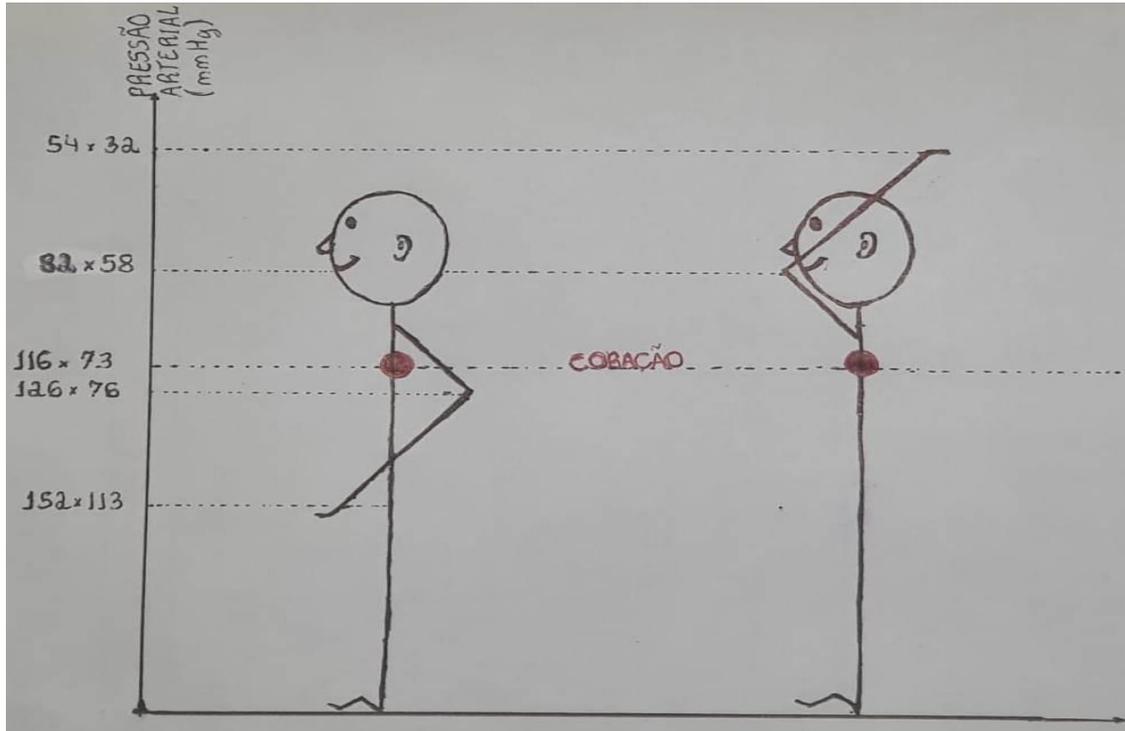
**Tabela 2** – Valores da pressão arterial e suas variáveis ortostáticas obtidas na modificação proposta.

<b>Posicionamento do manguito</b>	<b>Valores de pressão arterial (mmHg)</b>		
	<b>Braço posicionado na horizontal</b>	<b>Braço elevado na vertical</b>	<b>Braço abaixado na vertical</b>
<b>Altura do pulso</b>	114 x 72 mmHg	54 x 32 mmHg	152 x 113 mmHg
<b>Altura do braço</b>	116 x 73 mmHg	82 x 58 mmHg	126 x 76 mmHg

**Fonte:** Elaboração própria.

Os participantes observaram que quando o braço é posicionado para baixo, a pressão arterial é maior nas porções mais distais do membro e quando o braço é posicionado para cima, a pressão é maior nas porções mais proximais do membro (Fig. 11). Na primeira situação, o sangue flui na vertical a favor da gravidade e a pressão exercida ao sair do coração é acrescida a força de compressão do líquido que preenche o vaso acima desse ponto; enquanto na segunda situação, quando o membro é elevado na vertical, o sangue flui na vertical e deve vencer a resistência exercida pela coluna de líquido acima deste ponto, fluindo de um ponto de alta pressão até um ponto de baixa pressão, acarretando a perda gradual de pressão até que alcance a extremidade do membro.

**Figura 11** - Pressão arterial obtidas nas variações das posições ortostáticas no membro superior.



**Fonte:** Okuno (1982) p. 309 – adaptações elaboradas pelo autor.

As forças horizontais são causadas pela pressão com que o sangue sai do coração que é praticamente a mesma para todos os pontos contidos num plano horizontal distante desse nível de referência. Quando o braço se encontra em posição perpendicular ao corpo, ou seja, alinhado na posição horizontal a altura do coração a força total do volume de sangue no braço é praticamente nula e são aproximadamente iguais à PA do coração, como no observado na prática investigativa: 116 x 76 mmHg. Quando a pessoa com o membro elevado em relação ao coração, a PA é mais baixa no pulso e pode ser dada por:

$$PA (\text{membro elevado}) = PA (\text{coração}) - \rho_s \cdot g \cdot h$$

onde  $\rho_s$  é a densidade do sangue que é aproximadamente a densidade da água ( $\rho = 1,04 \text{ g/cm}^3$ );  $g$  é a aceleração da gravidade ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ) que é similar em todo planeta e  $h$ , altura, é a diferença de nível entre o ponto aferido, braço ou pulso, e o centro do coração (Okuno, 1982, p. 310; Oliveira et al., 2016; Magder, 2018). A avaliação baseada em  $h$ , distância entre os pontos, é significativa nesse experimento já que observamos os mesmos valores para  $\rho_s$  e  $g$  nas situações propostas, assim observando uma relação direta entre a diminuição da pressão arterial e a distância para o ponto

elevado na vertical. Já na situação contrária, quando a pessoa está com o membro para baixo em relação ao coração, a pressão arterial é maior a altura do pulso, pois as forças verticais que agem sobre o ponto aferido, pulso, são resultantes da pressão sistólica com as forças de compressão exercidas pelo sangue acima desse ponto.

A diferença de pressão entre os dois pontos aferidos, pulso e braço, puderam ainda ser estimadas considerando que a pressão exercida por 1 cm de mercúrio corresponde a exercida por 13,6 cm de água (Okuno, 1982, p. 298; Magder, 2018). Assim, usamos os valores conhecidos da pressão arterial de um dos pontos, no exemplo utilizamos a pressão à altura do ponto médio do braço (Ver anexo A) , e então foi medida a distância entre os pontos com fita métrica, aproximadamente 38 cm (Fig. 12).

**Figura 12** - Medição com fita métrica entre os pontos aferidos, pulso e braço.



**Fonte:** Elaboração própria.

Considerando as informações obtidas, analisamos a posição do membro elevado na vertical. O valor obtido de aferição da PA foi de 82 x 58 mmHg a altura do braço e a distância até o próximo ponto de aferição, o pulso, era de aproximadamente 38 cm. Convertendo, temos a seguinte relação:

$$38 \text{ cm (coluna de sangue)} - X \text{ cm (coluna de mercúrio)}$$

$$13,6 \text{ cm (coluna de sangue)} - 1 \text{ cm (coluna de mercúrio)}$$

$$X = 2,79 \text{ cm (27,9 mm)}$$

Desta forma, estimamos o valor da PA a altura do pulso a partir desse raciocínio matemático, subtraindo o valor de 27,9 mmHg aos valores já sabidos da PA a altura do braço, já que o sangue deve fluir contra a gravidade vencendo as forças de compressão exercidas pelo sangue presente no vaso para chegar a extremidade do membro. Obtivemos os valores aproximados de 54,1 x 30,1 mmHg que corroboraram com os valores de aferição realizados pela utilização do aparelho digital a altura do pulso com o membro elevado, valor de 54 x 32 mmHg. Já na situação contrária, braço posicionado verticalmente para baixo, também foi comprovada, mas nesta situação a pressão resultante seria uma soma do valor das forças de compressão exercidas pelo sangue presente no vaso (27,9 mmHg) ao valor da PA obtido a altura do braço, matematicamente obtendo os valores de 124,1 x 85,1 mmHg que se mostraram bem próximos aos valores encontrados na tabela 2, corroborando os dados obtidos pelo raciocínio matemático na prática.

Essa última etapa, as equações foram usadas na forma de demonstração investigativa devido à dificuldade dos participantes em avançarem por conta própria nesse raciocínio para comprovar matematicamente como as forças físicas podem ser aplicadas ao sistema biológicos. As equações são encontradas com frequência na disciplina de fisiologia na graduação e são usadas para ajudar a explicar como o corpo funciona. Uma dessas equações físicas, importante para entender o sistema cardiovascular é a lei de Poiseuille, que descreve as propriedades mecânicas que governam o fluxo de sangue através da circulação (Beckler et al., 2013). Desta forma, os conhecimentos interdisciplinares entre os princípios físicos que regulam nosso organismo se mostram extremamente úteis para comprovação de fenômenos biológicos e podem ser ajustados ao nível médio para promover práticas investigativas.

Os participantes mostraram mais dificuldade em entender equações quando aplicadas ao experimento, mas se mostraram surpresos ao comprovar o raciocínio matemático através das atividades práticas aplicadas ao corpo humano. Esse raciocínio aplicado aos conceitos fisiológicos é extremamente complexo para alunos do ensino médio, mas foram realizadas simplificações e adaptações metodológicas para adequar o nível de dificuldade. Assim, os conhecimentos físico-biológicos aplicados permitiram que os estudantes reconhecessem leis universais que regem e influenciam nosso corpo.

### **5.4 Experimento III: Construindo um modelo do sistema circulatório humano**

A modelagem foi desenvolvida de modo contínuo no contraturno escolar e os participantes sob orientação do professor traçaram procedimentos que foram discutidos e testados ao longo do desenvolvimento.

As propostas práticas ofereceram aos estudantes a aproximação ao conteúdo para propor estratégias no desenvolvimento de modelos que expliquem a anatomia do sistema circulatório e os mecanismos que atuam na sua regulação. Lee et al. (2015) afirmam que essas práticas permitem ao estudante desenvolver habilidades e processar as informações recebidas compreendendo certo fenômeno através de modelos experimentais, vivenciando as práticas empíricas e desenvolvendo o método científico.

Os participantes propuseram materiais diversos para construção dos modelos que foram aprimorados ao longo do processo de desenvolvimento. Materiais como papelão, isopor, mangueiras de nível de diâmetros variados, peras de aparelho de pressão, garrafas PET e fitas isolantes foram colocados entre os materiais necessários para montagem, mas durante a execução do projeto materiais mais elaborados foram propostos por alguns grupos para confecção dos modelos, como o uso de bombas de gasolina, bombas de aquário e válvulas de retenção.

A construção dos modelos representou principalmente o coração e a dupla circulação, apontando os principais vasos sanguíneos da circulação sistêmica e pulmonar. Além disso, os modelos mostraram o percurso do sangue e a relação com outros órgãos, principalmente o pulmão, destacando o sentido do fluxo sanguíneo e a presença ou ausência de oxigênio nos vasos sanguíneos (Fig. 13).

**Figura 13** - Modelo confeccionado por grupo participante sobre o sistema circulatório. O modelo foi confeccionado em suporte de madeira e usou uma bomba de aquário.



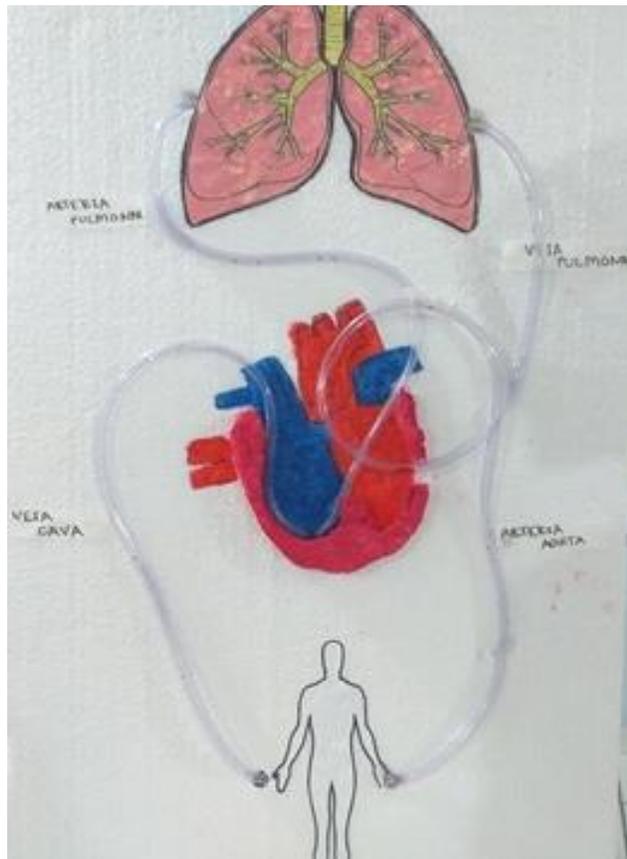
**Fonte:** Elaborado pelos participantes.

Vale destacar, que no modelo acima os estudantes ressaltaram a presença do sangue rico em oxigênio (setas vermelhas) e sangue pobre em oxigênio (setas azuis) que valorizam a importância da circulação sanguínea na distribuição de nutrientes pelo corpo. Os participantes do grupo se preocuparam em nomear as câmaras cardíacas e as principais artérias e veias da grande circulação. Apesar de não destacarem as veias e artérias pulmonares, o grupo mostrou domínio sobre o funcionamento da pequena circulação. Um ponto destacado foi a forma pulsátil com que o sangue sai do coração, já que a bomba de aquário impulsiona o líquido de forma contínua do líquido pelas mangueiras.

Pequenas correções foram apontadas no modelo da figura 13, como a presença de setas azuis no canto superior esquerdo do modelo que mostram o fluxo de sangue desoxigenado para cima na veia cava que deveriam estar no sentido descendente; e as setas azuis em que apontavam para a artéria subclávia esquerda, que deveria ser corrigida em direção e cor já que ela carrega sangue oxigenado em direção aos membros superiores.

Os modelos desenvolvidos pelos grupos reforçaram três conceitos principais: circulação sistêmica, circulação pulmonar e trocas gasosas. Esses modelos apresentaram um loop duplo, permitindo aos alunos identificarem a existência de um primeiro “loop” no qual o sangue desoxigenado entra no coração, é enviado aos pulmões e retorna ao coração oxigenado; e um segundo loop no qual o sangue oxigenado é enviado ao corpo através das artérias e retorna ao coração desoxigenado pelas veias (Fig. 14).

**Figura 14** - Modelo confeccionado sobre o sistema circulatório. O modelo foi confeccionado em suporte de isopor e usou uma bomba de gasolina para impulsionar o líquido pelo circuito.

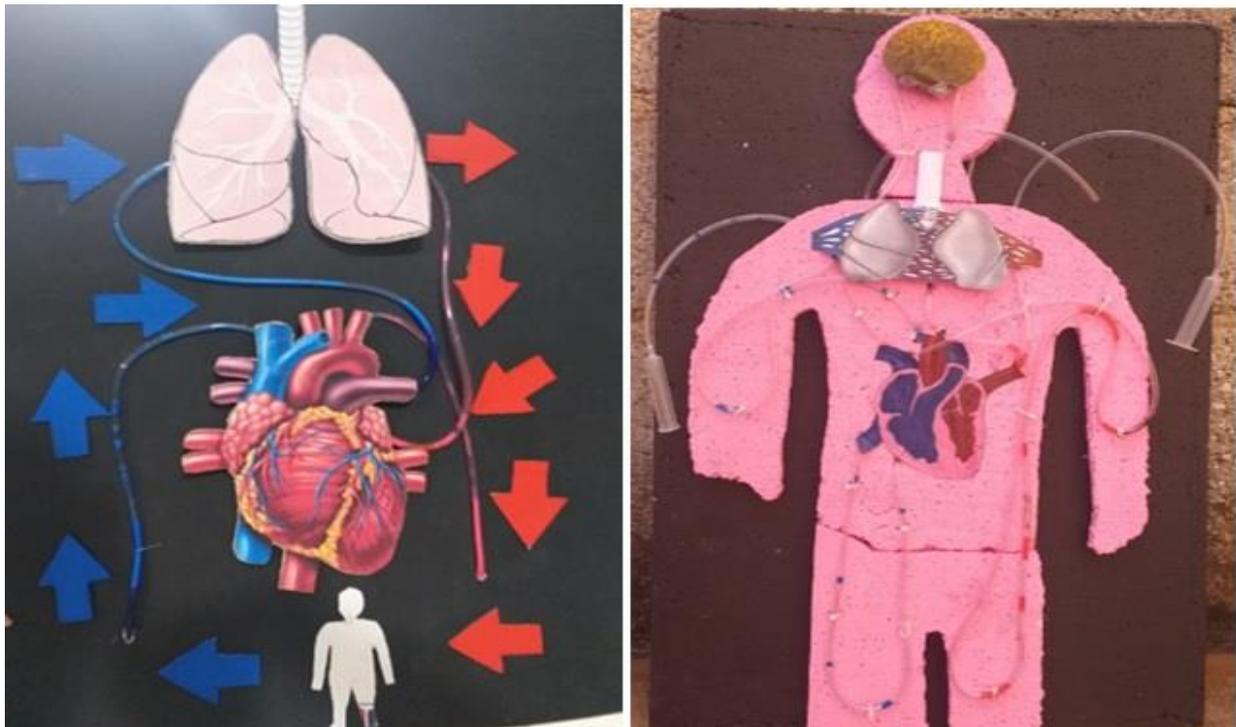


**Fonte:** Elaborado pelos participantes.

O modelo representado na figura 14 teve como suporte uma placa de isopor e atrás uma bomba de gasolina que promovia a circulação do líquido de forma contínua pelo modelo. O esquema representou o fluxo pelas principais veias e artérias da pequena e da grande circulação e teve como objetivo representar o coração em um corte frontal. Foi destacado que o desenho do coração apresentava a separação dos lados direito e esquerdo, mas não estava claro a divisão entre átrios e ventrículos.

Outros modelos, utilizaram peras de látex e seringas para impulsionar o líquido pelas mangueiras (Fig. 15). Os modelos abaixo, representaram o sangue oxigenado (em vermelho) e desoxigenado (em azul), desta vez o padrão pulsátil do coração foi destacado no modelo da esquerda que utilizou peras de látex para bombear o líquido manualmente pelo circuito. Enquanto o modelo da direita, os participantes optaram por usar mangueiras de menor diâmetro para facilitar a ejeção do líquido usando seringas de 60 ml, além disso o grupo teve a preocupação em destacar os vasos sanguíneos, como a veia cava superior e inferior e as artérias carótidas e subclávias.

**Figura 15** – Modelos confeccionados pelos grupos participantes. A esquerda, o grupo utilizaram pêras de látex para bombear o líquido no modelo. A direita, o grupo optaram em utilizar mangueiras com calibre menor e seringas de 60 ml na confecção.



**Fonte:** Elaborado pelos participantes.

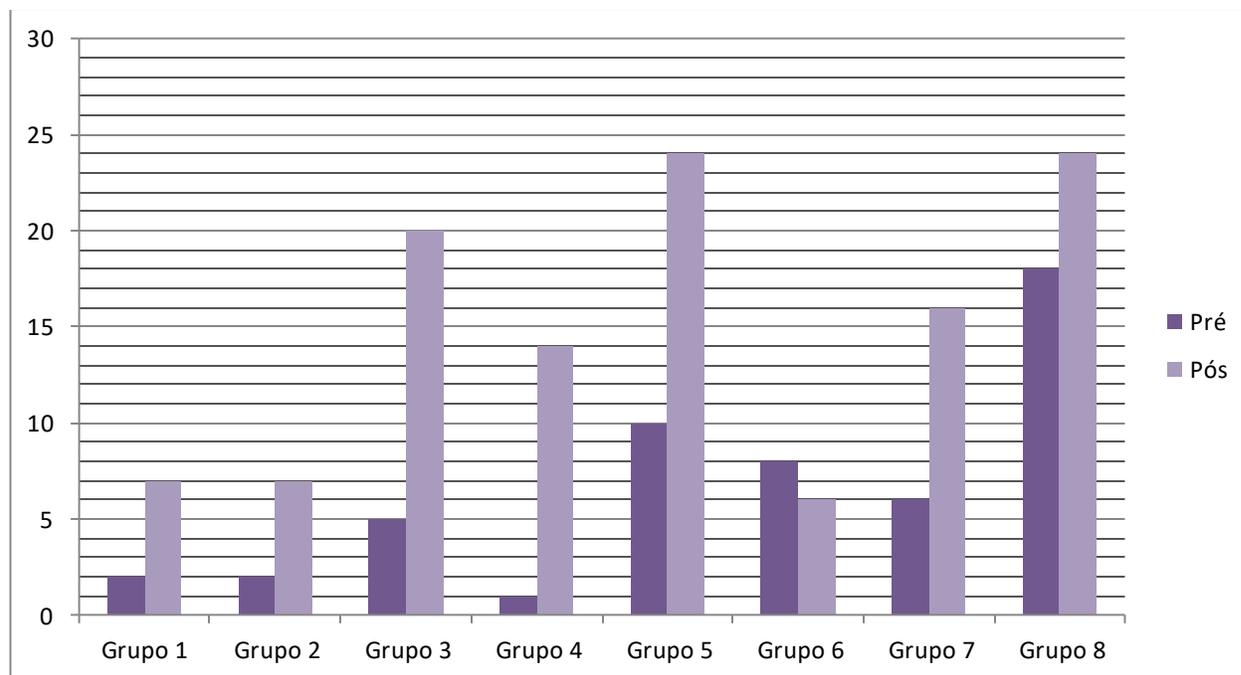
A etapa foi fundamental para desconstruir equívocos apresentados pelos participantes, como o modelo de ciclo único em que o coração oxigenava o sangue e o envia ao corpo em um único ciclo. Essas mesmas dificuldades encontradas pelos participantes foram observadas por Arnaudin e Mintzes (1985) que relataram a dificuldade dos estudantes em entender que o sistema circulatório humano é duplo, consistindo em um padrão pulmonar e outro sistêmico.

A interação durante a confecção dos modelos foi indispensável para a aproximação do aluno ao objeto de estudo, demandando que os estudantes tivessem uma compreensão do funcionamento do seu próprio corpo e propusessem materiais e formas que reproduzissem o funcionamento do sistema circulatório. Schwarz et al. (2009) destacam que nos últimos anos, a modelagem recebeu atenção considerável como uma ferramenta educacional útil na sala de aula de ciências. Além disso, o trabalho em grupo promoveu a colaboração dos alunos para atingir metas compartilhadas de aprendizado, aumentando o desempenho, a persistência e as atitudes dos alunos em relação à ciência.

### **5.5 Avaliações diagnóstica e final**

A coleta de dados por análise dos mapas conceituais foi realizada em apenas oito grupos participantes por apresentarem modelos de mapas conceituais de acordo com a metodologia de avaliação estabelecida. Os critérios foram pontuados em uma escala de significância de acordo com os parâmetros pré-estabelecidos e comparados em suas versões diagnóstica e final a fim de avaliar os procedimentos metodológicos e a evolução dos participantes. Esses valores obtidos foram confrontados e analisados em suas versões pré-projeto e pós-projeto por cada grupo participante (Fig. 16).

**Figura 16** - Avaliação das versões pré e pós projeto dos mapas conceituais de acordo com metodologia proposta por Novak e Gowin, 1984.



**Fonte:** Elaboração própria.

A pontuação média obtida antes da aplicação da sequência didática foi de 6,5 pontos. Após a aplicação da metodologia proposta, observou-se um aumento nas relações estabelecidas no mapa conceitual final, com média geral de 14,75 pontos. O grupo 6 foi o único grupo a apresentar um mapa conceitual menos elaborado na versão final, entretanto os alunos participaram de todas as etapas investigativas desenvolvidas e relataram que a versão final do mapa conceitual foi elaborada de forma “despreocupada” pelo grupo. O professor ressalta que o grupo em questão colaborou para desenvolvimento das práticas e apesar de não alcançarem valores numéricos superiores na versão final, ao longo dos encontros demonstraram ter consolidado os conteúdos abordados nas práticas desenvolvidas.

A mudança na forma como os mapas conceituais foram organizados em suas versões diagnóstica e final sobre o sistema circulatório demonstra que o estudante detém determinados conhecimentos do senso comum que ainda não estão organizados e carecem de explicações cientificamente válidas. Os participantes apresentaram algumas proposições errôneas e/ou equivocadas no diagnóstico inicial que refletiam o desconhecimento da fisiologia básica do sistema circulatório e a

fragmentação de conceitos relacionados à área da saúde, mas sem uma organização lógica das ideias entre causa e efeito.

Quanto a organização dos mapas conceituais analisados na versão diagnóstica observa-se a predominância dos modelos B e C, indicando uma elaboração mais simples com proposições lineares, pouco hierarquizados e múltiplas relações com os conceitos abordados. Após a aplicação da sequência de ensino, os mapas conceituais apresentaram um aumento em número de termos e conexões entre os conceitos relacionados ao sistema circulatório, apresentando maior nível de hierarquização e um aumento discreto nas ramificações como mostrado no modelo D (ver figura 3). Além disso, foi observada uma riqueza maior na abordagem dos conceitos morfofisiológicos abordando o sistema circulatório, seguido de uma melhora significativa na capacidade de formular proposições e conexões entre os conceitos.

A interpretação dos mapas conceituais permitiu uma diversidade de análises sob cada um dos critérios enumerados na proposta de avaliação. Cada critério foi analisado e detalhado quanto as suas características nas versões diagnóstica e final, como detalhado no quadro 3.

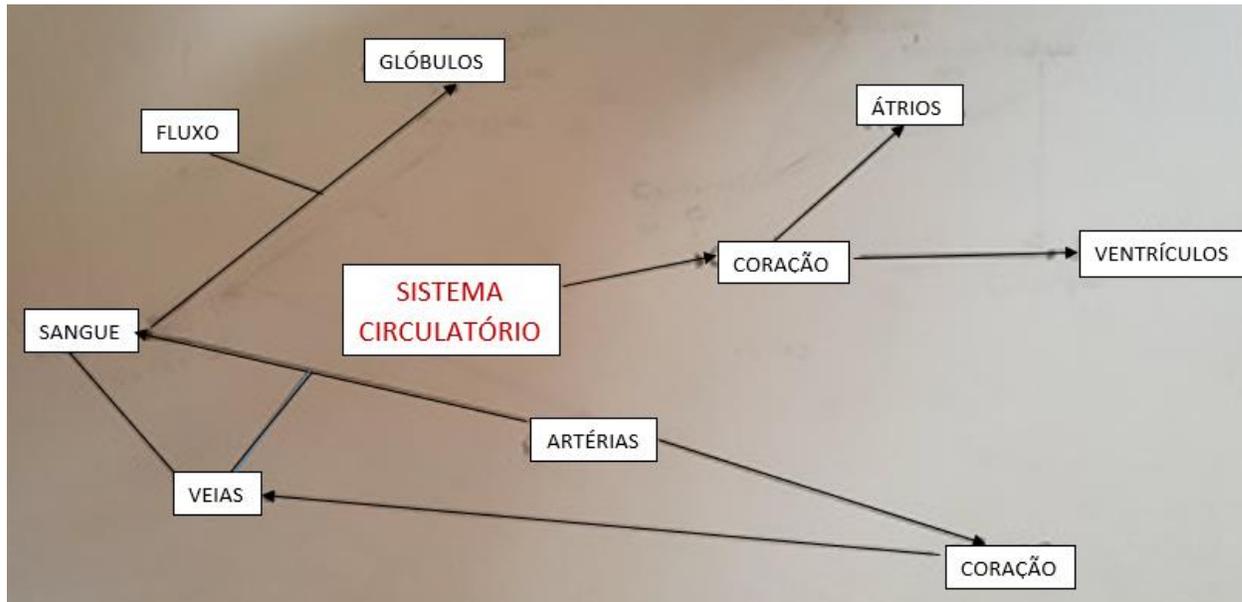
**Quadro 3** - Análises de cada critério analisado pela metodologia proposta.

<b>Critério</b>	<b>Versão diagnóstica</b>	<b>Versão final</b>
<b>Proposições</b>	Poucas proposições e conexões estabelecidas de maneira errônea ou muito simples e linear.	Maior uso de proposições e aumento no número de conexões com uso de conectores entre as proposições estabelecidas.
<b>Hierarquia</b>	Forma linear e com pouca hierarquização dos conceitos que muitas vezes não se mostraram subordinada a conceitos mais abrangentes.	Maior uso da subordinação entre conceitos anatômicos e fisiológicos sobre a organização do sistema circulatório.
<b>Ligação cruzada</b>	Critério menos utilizado nas versões pré e pós-aplicação da sequência didática. Houve maior uso das ligações simples entre os conceitos hierárquicos e não foram evidenciadas conexões significativas entre um segmento da hierarquia de conceitos com outro segmento.	
<b>Exemplos</b>	Recurso amplamente utilizado na 1ª versão do mapa conceitual, mas se apresentaram desconectados de outros conceitos fisiológicos essenciais.	Exemplos foram utilizados com menos frequência e se apresentaram subordinados a conceitos fisiológicos do sistema circulatório.

**Fonte:** Elaboração própria.

Os mapas conceituais desenvolvidos antes da aplicação da sequência didática eram formados principalmente por conhecimentos básicos e de forma desconexa com outros conceitos fisiológicos que parecem se consolidar durante o trabalho, como pode ser comparado nos mapas conceituais, diagnóstico e final, da aplicação da sequência didática (Fig. 17 e 18). Na versão diagnóstica, o grupo separa o conceito em dois blocos desconexos, um que trata das câmaras do coração e outro que aponta os vasos sanguíneos (Fig. 17). O grupo não conecta os vasos sanguíneos ao coração, mas mostra que o sangue circula pelo corpo através de veias e artérias. Outro ponto destacado na versão diagnóstica é que eles terminam no ramo superior esquerdo com os conceitos “fluxo” e “glóbulos” sem a formulação de proposições.

**Figura 17** – Versão diagnóstica do mapa conceitual desenvolvido por grupo participante.

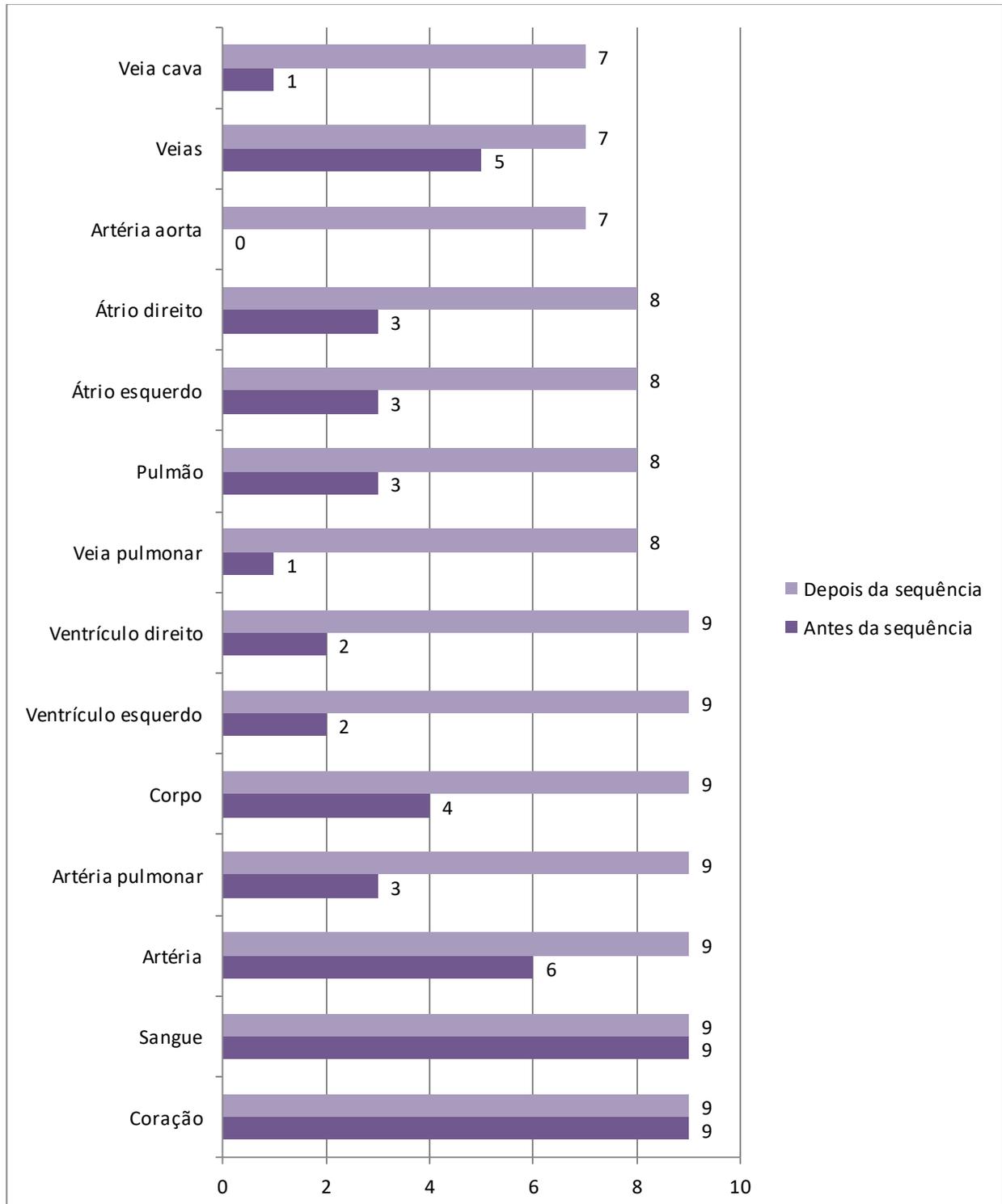


**Fonte:** Elaborado pelos participantes. \*Adaptação realizada pelo autor, original encontra-se em apêndice N.

A versão final apresenta detalhamento muito maior em comparação ao observado na versão diagnóstica (Fig. 18). O mapa conceitual apresenta uma organização em legendas representada por cores que destacam três aspectos que foram ressaltados com o grupo: “sangue arterial”, “sangue venoso” e “mistura do sangue”. Discutimos que os termos utilizados repetiam um padrão destacado durante a sequência, a representação de “sangue arterial” em vermelho e “sangue venoso” em azul que seriam melhor descritos como sangue rico em oxigênio e sangue pobre em oxigênio, já que na pequena circulação observamos que artérias carregam sangue pobre em oxigênio e veias sangue rico em oxigênio. Outro ponto destacado, representado pela linha verde, foi o termo “mistura do sangue” ressaltando que o sangue na verdade distribui o oxigênio pelo corpo e retorna ao coração pelo lado direito que bombeará o sangue para os pulmões, onde ocorre a hematose. Essa versão final, apesar de alguns equívocos, aponta que os participantes conseguiram ampliar o conhecimento sobre o sistema circulatório e estabelecer relações entre as partes anatômicas, abordando aspectos fisiológicos essenciais.



**Figura 19** - Relação de uso dos principais termos mencionados nos mapas conceituais antes e após a aplicação da sequência didática.



**Fonte:** Elaboração própria.

A análise geral da versão diagnóstica dos mapas conceituais revelou que os conceitos com maior incidência antes da aplicação da SEI foram: coração e sangue (90% dos grupos mencionaram esse conceito), artéria (60% dos grupos), veias (50% dos grupos) e corpo (40%). Enquanto na versão final, os conceitos mais abordados foram: coração, sangue, artéria, artéria pulmonar, corpo, ventrículo esquerdo e ventrículo direito (90% dos grupos); veia pulmonar, pulmão, átrio direito e esquerdo (80% dos grupos); artéria aorta, veia cava e veias (70% dos grupos). É interessante notar que a artéria aorta não foi mencionada por nenhum dos grupos na versão diagnóstica, enquanto a versão final apresentou uma taxa de citação de 70%. Os conceitos veia cava e veia pulmonar, mencionado por 70% e 80% dos grupos, respectivamente, ao final da aplicação da sequência de ensino, anteriormente foi mencionado apenas por 10% dos grupos; enquanto os conceitos pulmão e átrios direito e esquerdo, mencionado por 80% dos alunos na versão final foram mencionados por apenas 30% dos grupos antes do desenvolvimento do trabalho.

Os mapas conceituais permitiram extrair uma diversidade de informações quanto à forma de organização do conhecimento dos estudantes e como estes se consolidaram após a aplicação da sequência de ensino. Neste último item analisado, percebe-se que os grupos já tinham conhecimento de componentes básicos do sistema circulatório e que estes conhecimentos foram ampliados e conectados a níveis organizacionais e funcionais cada vez mais específicos e organizados, contribuindo para a compreensão do funcionamento do sistema circulatório em seus aspectos morfofisiológicos.

## 6 CONCLUSÃO

A aplicação da SEI sobre os aspectos morfológicos e físicos do sistema circulatório permitiu superar algumas dificuldades relacionadas à interdisciplinaridade dos conhecimentos que abordam a biofísica e desconstruir equívocos comumente reproduzidos pelos estudantes. A execução dos experimentos facilitaram as explicações do tópico pelo docente já que aumentou a interação dos estudantes com o objeto de aprendizagem, além de conferir mais dinamicidade as aulas, além disso os participantes conseguiram visualizar na prática os processos que ocorrem para regulação da homeostase do sistema circulatório e mostraram maior domínio do conteúdo ao usarem mais termos científicos e menos exemplos do senso comum para produção dos mapas conceituais finais.

Os mecanismos de controle e regulação da circulação sanguínea no corpo humano são muitas e passíveis de erro pelos estudantes, no entanto a apreensão desse conteúdo pôde ser auxiliada pelas práticas investigativas. Para isso, o trabalho adotou práticas que envolvessem a visualização das estruturas e forças que regulam a circulação do sangue através da experimentação, analogia e situações cotidianas para melhor interpretação dos fenômenos. Esse tipo de abordagem para o ensino de conceitos abstratos em biologia permite o envolvimento e a interação argumentativa dos alunos no desenvolvimento de habilidades de comunicação e trabalho em equipe, importantes para reestruturação cognitiva.

A análise final apontou uma aprendizagem significativa dos alunos que foram encorajados a transferir conhecimentos para aplicações práticas e corrobora que algumas tendências podem ser fundamentadas na metodologia investigativa para o aprendizado, pautando-se na problematização, reorganização e aplicação do conhecimento.

É muito útil relacionar o ensino ao contexto da vida cotidiana e a exemplificação de fenômenos físico-biológicos através dos processos ao nosso redor, especialmente em relação à medicina e ao corpo humano. A aproximação do aluno ao objeto de aprendizagem, presente nessa metodologia, permitiu que o discente acessasse os conhecimentos prévios e contextualizasse a novas situações propostas, assim promovendo a construção/reconstrução dos significados embasados em um conhecimento cientificamente válido. Além disso, a problematização permitiu trabalhar aspectos essenciais para a construção do conhecimento, como a socialização e a aprendizagem ativa.

## **7 PERSPECTIVAS FUTURAS**

Estudos futuros podem ainda ser realizados com diferentes faixas etárias e níveis de educação, como ensino fundamental II. A sequência didática pode ser enriquecida através da adaptação de uma prática observada nos trabalhos de Beckler (2013) que aborda a relação do diâmetro do vaso e a resistência vascular nos efeitos no fluxo sanguíneo. Tal trabalho executado no curso superior de biologia pode ter sua metodologia simplificada e adaptada ao ensino médio. Além disso, projetos futuros podem ter, como disciplina de ensino/aprendizagem, outros sistemas orgânicos do corpo humano.

## REFERÊNCIAS

- ARNAUDIN, Mary W.; MINTZES, Joel J. **Students' alternative conceptions of the human circulatory system: A cross-age study.** *Science Education*, Wilmington, v. 69, n. 5, p. 721-733. 1985.
- BECKLER, Jennifer L.; CHRISTENSEN, Tina; SUN, Wendy. **Using a Physics Experiment in a Lecture Setting to Engage Biology Students with the Concepts of Poiseuille's Law.** *CBE—Life Sciences Education*, San Francisco, v. 12, p. 262–273. Summer, 2013.
- BENARROCH, E. E. **The central autonomic network: functional organization, dysfunction, and perspective.** *Mayo Clin. Proc.* V. 68, n. 10, p. 998-1001. Out, 1993.
- BORGES, A. Tarciso. **Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências.** *Caderno Brasileiro Ensino de Física*. Belo Horizonte, v. 19, n.3, p.291-313. dez. 2002.
- BORGES, Rita de Cássia Pereira. **Formação de formadores para o ensino de ciências baseado em investigação.** Orientador: Ernst Wolfgang Hamburger. 2010. 257 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- BORRAJO, Thiago Balacó. **Atividades Investigativas para o Ensino de Óptica Geométrica.** Orientador: Afrânio de Araújo Coelho. 2017. 118 f. Dissertação (Mestrado em ensino de Física) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- BRASIL. LDBEN (1961) **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, 1961.** Lei nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l4024.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4024.htm)>. Acesso em: 19 ago. 2013.
- BRASIL. PCNEM (2006). Orientações Curriculares para o Ensino Médio. In: **Abordagem dos conteúdos no ensino de biologia.** v. 2., p. 22 – 32. 140 f. Brasília: Ministério da Educação, 2006. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf)> Acesso em 05 de março de 2020.
- BRASIL. BNCC (2018). Base Nacional Comum Curricular. In: **Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Ensino Médio.** p. 545 – 553. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf)>. Acesso em: 01 mar. 2020.
- BRASIL. INEP (2020). **Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb).** Brasília: Ministério da Educação – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2020. Disponível em <<http://inep.gov.br/web/guest/educacao-basica/ideb/resultados>> Acesso em 25 set. 2020.

BREWER, William F.; NAKAMURA, Glenn V. **The nature and function of schemas.** Technical Report n. 325. Nakamura University of Illinois at Urbana – Champaign. Set. 1984.

CAPECCHI, Maria Cândida Varone de Moraes. **Problematização no Ensino de Ciências.** In: Carvalho, Anna Maria Pessoa de. *Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula.* 5. reimpr. da 1ª ed. de 2013. São Paulo: Cengage Learning, 2019. Cap. 2, p. 41 – 62.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **As Práticas Experimentais no Ensino de Física.** In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; RICARDO, Elio Carlos; SASSERON, Lúcia Helena; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos; PIETROCOLA, Maurício. *Ensino de Física.* São Paulo: Cengage Learning, 2010. Cap. 3, p. 53 – 75.

CARVALHO, Vivian Fernanda Pavesi. **A Aprendizagem Significativa no Ensino de Ciências para Construção de Conceitos Relacionados ao Sistema Cardiovascular.** Orientador: Álvaro Lorencini Júnior. 2014. V. 2, 38 f. Produção Didática Pedagógica. Programa de Desenvolvimento Educacional (PDE), Secretaria de Estado da Educação do Paraná, Governo do Estado do Paraná. Londrina, 2014.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação.** *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 3, p. 765 – 794, Dez. 2018.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **O Ensino de Ciências e a Proposição de Sequências de Ensino Investigativas.** In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. *Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula.* 5. reimpr. da 1ª ed. de 2013. São Paulo: Cengage Learning, 2019. Cap. 1, p. 1 – 20.

CHI, Michelene T. H.; CHIU, Mei-Hung; DELEAUW, Nicholas. **Learning in a Non-Physical Science Domain: The Human Circulatory System.** Andrew W. Mellon Foundation, New York, N.Y.; U.S. Department of Education - Office of Educational Research and Improvement. Washington, July, 1991.

CLEOPHAS, Maria das Graças. **Ensino por Investigação: Concepções dos Alunos de Licenciatura em Ciências da Natureza acerca da Importância das Atividades Investigativas em Espaços Não-formais.** *Revista Linhas.* Florianópolis, v. 17, n. 34, p. 266-298, maio/ago, 2016.

COSTABAL, Francisco Sahli; HURTADO, Daniel E.; KUHL, Ellen. **Generating Purkinje Network in the Human Heart.** *Journal of Biomechanics*, v. 49, p. 2455 – 2465, 2016.

COUTINHO, E. **Mapas Conceituais: Propostas de Aprendizagem e Avaliação.** *Administração: Ensino e Pesquisa.* Rio de Janeiro, v. 16, n. 4, p. 785 – 815. Dez. 2015.

CREWS Jr, Thaddeus R. **Active Learning Across Three Dimensions: Integrating Classic Learning Theory with Modern Instructional Technology.** *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, Kentucky*, v. 16, n. 1, p. 72-83, Jan, 2017.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, J. **A Metodologia do Ensino de Ciências**. 2.ed. São Paulo: Cortez; 1992.

DELIZOICOV, Nadir Castilho; CARNEIRO, Maria Helena da Silva; DELIZOICOV, Demétrio. **O movimento do sangue no corpo humano: do contexto da produção do conhecimento para o seu ensino**. *Ciência & Educação*, v. 30, n. 3, p. 443-460, 2004.

FABRIS, Fátima Maria Orlando; JUSTINA, Lourdes Aparecida Della. **Ensino de Ciências por Investigação: Questionando é que se Aprende!** Governo do Estado do Paraná – Secretaria de Educação. Os Desafios da Escola Pública Paraense na Perspectiva do Professor de PDE – Cadernos PDE – Artigos, v. 1., 2016.

FRANCHINI, Kleber G. **Circulação arterial e hemodinâmica: física dos vasos sanguíneos e da circulação**. In: AIRES, M. M. *Fisiologia*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. p. 474–489.

GIL PÉREZ, D.; VALDÉS CASTRO, P. **La Orientación de las Prácticas de Laboratorio como Investigación: Un Ejemplo Ilustrativo**. *Enseñanza de las Ciencias*. V. 14, n. 2, p. 155-163, 1996.

GLYNN, Shawn M.; LAW, Michael; GIBSON, Nicole M.; HAWKINS, Charles H. **Teaching Science with Analogies: A Resource for Teachers and Textbook Authors**. *Instructional Resource - Office of Educational Research and Improvement (ED)*, n. 7, Fall, 1994.

IRIGOYEN, M. C. C.; KRIEGER, E. M. **Baroreflex Control of Sympathetic Activity in Experimental Hypertension**. *Brazilian Journal of Medical and Biologia Research*, v. 31, p. 1213 – 1220, 1998.

JESUS, Luciana Romeira de ; PACCA, Jesuína Lopes de Almeida . **A Construção do Sistema Circulatório na História e na Sala de Aula**. In: Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - IX ENPEC, Águas de Lindoia, SP, 2013.

KINCHIN, Ian M.; HAY, David B.; ADAMS, Alan. **How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development**. *Educational Research*, v. 42, n. 2, p. 43–57, 2000.

KWEN, Boo Hong. **Teachers' misconceptions of biological science concepts as revealed in science examination papers**. Australian Association for Research in Education Conference, Parramatta, Australia, 2005.

LEE, Shinyoung; KANG, Eunhee; KIM, Heui-Baik. **Exploring the Impact of Students' Learning Approach on Collaborative Group Modelling of Blood Circulation**. *J Sci Educ Technol*, v. 24, p. 234-255, 2015.

LEITE, Joici de Carvalho; RODRIGUES, Maria Aparecida; MAGALHÃES JÚNIOR, Carlos Alberto de Oliveira. **Ensino por Investigação na Visão de Professores de Ciências em um contexto de Formação Continuada**. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*. V. 8, n. 2, 2015.

- MAGDER, S. **The Meaning of Blood Pressure.** *Magder Critical Care*, v. 22, n. 257, 2018.
- NOVAK, J.; GOWIN, D.; KAHLE, J. **Learning How to Learn.** Cambridge University Press, Cambridge, 1984.
- OKUNO, Emico; CALDAS, Iberê Luiz; CHOW, Cecil. **Flúidos em Sistema Biológicos.** In: Física para Ciências Biológicas e Biomédica. Unidade IV, Cap. 19, p. 291 – 312. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.
- OLIVEIRA, Willian da Silva; BRANDÃO, Janderson Alves; BORGES, Grasiely Faccin. **Posição Corporal e Alterações Hemodinâmicas: Uma Abordagem Fisiológica.** *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. São Paulo, v. 10, n. 61, p. 609 – 617, Set/Out. 2016.
- ÖZGÜR, Sami. **The Persistence of Misconceptions about the Human Blood Circulatory System among Students in Different Grade Levels.** *IJESE - International Journal of Environmental & Science Education*, v. 8, n. 2, p. 255-268. Abril, 2013.
- SÁ, Eliane Ferreira de. **Discursos de Professores sobre Ensino de Ciências por Investigação.** Orientador: Maria Emília Caixeta de Castro Lima. Co-orientador: Orlando Gomes de Aguiar Jr. 2009. 203 f. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- SADI, Özlem; ÇAKIROĞL, Jale. **Relations of Cognitive and Motivational Variables with Students' Human Circulatory System Achievement in Traditional and Learning Cycle Classrooms.** *Educational Sciences: Theory & Practice*. v. 14, n. 5. 2014.
- SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Almejando a Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: A proposição e a Procura de Indicadores do Processo.** *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 3, p. 333 – 352, 2008.
- SASSERON, Lúcia Helena. **Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor.** In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. *Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula*. 5. reimpr. da 1ª ed. de 2013. São Paulo: Cengage Learning, 2019. Cap. 3, p. 22 – 41.
- SCHWARZ, Christina V.; REISER, Brian J. DAVIS, Elizabeth A.; KENYON, Lisa; ACHÉR, Andres; FORTUS, David; SHWARTZ, Yael; HUG, Barbara; KRAJCIK, Joe. **Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners.** *Journal of Research in Science Teaching*. v. 46, n. 6, p. 632–654. Jul 2009.
- SENADO FEDERAL. **LDB: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.** Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas. 58 p. Brasília, 2017. Disponível em: <[https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/529732/lei\\_de\\_diretrizes\\_e\\_bases\\_1ed.pdf](https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/529732/lei_de_diretrizes_e_bases_1ed.pdf)> Acesso em 23 nov 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. 7ª Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial - Arquivos Brasileiros de Cardiologia. In: **Medição da PA**. Volume 107, Nº 3, Supl. 3, Cap. 2, p. 7-8. Setembro 2016.

SOUSA, Fernanda Silva de; BACHUR, José Alexandre; PAULA, Lígia Melo de; BACHUR, Cynthia Kallás. **Análise das Variáveis Hemodinâmicas no Posicionamento Gravitacional**. Fisioter Mov. Curitiba, v. 25, n. 4, p.795-802, out/dez 2012.

STEWART, James H. **Difficulties Experienced by High School Students When Learning Basic Mendelian Genetics**. The American Biology Teacher, v. 44, n. 2, Fev 1982.

SUNGUR, Semra; TEKKAYA, Ceren; GEBAN, Ömer. **The Contribution of Conceptual Change Texts Accompanied by Concept Mapping to students' Understanding of the Human Circulatory System**. School Science and Mathematics. v. 101, n. 2., Fev 2001.

TEKKAYA, Ceren. **Misconceptions as Barrier to Understanding Biology**. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisine, Ankara, v. 23, p. 259-266, 2002.

VANZELA, Emerielle Cristine; BALBO, Sandra Lucinei; DELLA JUSTINA, Lourdes Aparecida. **A Integração dos Sistemas Fisiológicos e sua Compreensão por Alunos do Nível Médio**. Arq Mudi, Maringá, v.11, n. 3, p. 9-12, 2007.

VOLNÁ, M.; LÁTAL, F.; RUBÍNEK, R.; RICHTEREK, L. **The Human Heart and the Circulatory System as an Interesting Interdisciplinary Topic in Lessons of Physics and Biology**. Eur. J. Phys. v. 35, Dez 2013.

YIP, Din Yan. **Teachers' misconceptions of the circulatory system**. Journal of Biological Education, v. 32, n. 3, 1998.

## APÊNDICE A – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (Estudante)

Universidade Federal de Minas Gerais  
Mestrado em Ensino de Biologia

### Termo de Assentimento Livre e Esclarecido do Estudante

O professor Dr. Miguel José Lopes e o professor mestrando Maximiliano Martins de Souza, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) convidam a sua participação na pesquisa denominada "Compreendendo os mecanismos da circulação sanguínea".

O objetivo principal dessa pesquisa é produzir uma sequência didática sobre o ensino do sistema circulatório em ambiente escolar que promova a sua participação no processo de aprendizagem através da participação de uma sequência de práticas e trabalhos envolvendo o tema.

O programa do Mestrado Profissional do Ensino de Biologia (ProfBio), ao qual pertencem o professor Dr. Miguel José Lopes e o professor mestrando Maximiliano Martins de Souza, propõe uma abordagem de ensino e aprendizagem que consiste no desenvolvimento de atividades que privilegiem o ensino de biologia por investigação e que possibilite você estudante uma maior participação no decorrer de sua vida acadêmica. É uma maneira de ensiná-lo os conteúdos propostos pelos documentos norteadores para o ensino de biologia na rede pública de Minas Gerais. Ressaltamos a importância dessa pesquisa para a aproximação do método científico utilizado pelos cientistas com as metodologias usadas pelos professores em sala de aula, para que ocorra o desenvolvimento do senso crítico e da argumentação para que você como aluno seja um personagem ativo e transformador em seu ambiente social.

Desejamos que você seja o ator principal do seu aprendizado e que o professor colabore com o desenvolvimento do pensamento científico no ambiente escolar. Para isso, o mestrando Maximiliano Martins de Souza, em parceria com o professor Dr. Miguel José Lopes, desenvolverá um projeto educativo na área de Órgãos e Sistemas nos Vertebrados, formado pelas seguintes etapas: Aplicação de questionário diagnóstico, prática de avaliação da pressão arterial, proposta de confecção de modelos do sistema circulatório, exposição dos trabalhos e aplicação do questionário final. Caso seja de viabilidade do calendário escolar e do projeto uma visita ao Museu de Morfologia da UFMG será introduzida na etapa das atividades da pesquisa, lembramos ainda que o conteúdo faz parte do conteúdo da disciplina de biologia e as atividades serão realizadas durante o calendário escolar. Durante as etapas citadas você será avaliado e comunicamos que os alunos que não quiseram participar do estudo não serão prejudicados e serão avaliados dentro deste conteúdo por outra forma através da aplicação de trabalho e/ou provas, além de não terem seus dados usados para fins desse trabalho.

Os conteúdos das aulas serão elaborados de forma conjunta entre o professor Dr. Miguel José Lopes e o professor mestrando Maximiliano Martins de Souza e os dados coletados serão referentes as análises dos mapas conceituais, aferição da pressão arterial, levantamento de dúvidas no decorrer do trabalho e produção dos modelos. A estimativa de execução foi feita com base na idealização de que as atividades seguirão o planejamento anual do professor mestrando e contando com possíveis paralisações e greves que possam ocorrer e a escola aderir.

A Fundação de Ensino de Contagem – unidade Petrópolis foi escolhida como campo de estudo, porque o professor mestrando é funcionário da unidade e o mesmo conta com aprovação da coordenação pedagógica da escola. As aulas ocorrerão na Fundação de Ensino de Contagem – unidade Petrópolis sob a responsabilidade do professor mestrando, buscando então, articular o ensino, a aprendizagem, a participação coletiva por meio da investigação, realização de atividades inerentes às etapas da pesquisa e produção do conhecimento, ressaltando a interação entre os alunos e o (a) professor (a). Vamos respeitar o ritmo dos alunos para dar como finalizado o conteúdo trabalhado.

Rubrica do participante \_\_\_\_\_

Rubrica do pesquisador \_\_\_\_\_

Para o desenvolvimento do projeto, além da observação, as aulas serão registradas num diário de campo do professor e relatórios produzidos pelos alunos. Para a garantia das normas do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (COEP/UFMG), informamos que os dados coletados serão confidenciais e utilizados unicamente para fins dessa pesquisa, podendo ser divulgados em congressos, simpósios, seminários, revistas, livros e na dissertação de Mestrado do pesquisador Maximiliano Martins de Souza de forma coletiva, nunca individualizada, não havendo exposição dos participantes do mesmo.

A sua identidade como participante ficará preservada, porque na divulgação dos dados obtidos não serão utilizados os nomes dos estudantes, e sim o número dos participantes. O material coletado será arquivado aos cuidados do pesquisador Maximiliano Martins de Souza por um tempo de até 05 (cinco) anos após fim da pesquisa e, posteriormente, será destruído.

Explicamos que se trata de uma pesquisa e pedimos que assinem, por livre e espontânea vontade, o Termo de Assentimento e entregaremos também o Termo de Consentimento para seus responsáveis lerem e assinarem caso concordem com a sua participação na pesquisa. Os benefícios como mencionado ao longo deste documento, se concentram no desenvolvimento da metodologia científica como forma de despertar a participação ativa no processo de ensino-aprendizagem a fim de dominar conhecimentos biológicos.

Esclarecemos que a pesquisa oferece pequeno risco de constrangimento a você, estudante, com o registro das aulas pelo professor em caderno de anotações e nos relatórios produzidos, mas agiremos para que a aula se desenvolva naturalmente e que esse risco seja minimizado. Todos os registros, descrições e análises, conforme indicações a serem feitas pelo COEP/UFMG, atenderão aos requisitos éticos estabelecidos, buscando ao grau máximo a preservação da integridade física, moral, social, cultural, dentre outras, de todos os sujeitos envolvidos na pesquisa.

Esclarecemos, ainda, que a qualquer momento você poderá pedir esclarecimentos e até mesmo se recusar a continuar participando da pesquisa.

Antecipamos os agradecimentos à sua colaboração e nos colocamos à disposição para quaisquer outros esclarecimentos.

Caso você concorde em participar da pesquisa, pedimos que preencha o termo abaixo e assine este documento.

<p>Eu, _____, RG _____, declaro que fui consultado (a) pelos responsáveis pelo projeto de pesquisa, professores Dr Miguel José Lopes, e-mail: <a href="mailto:mjlopes@icb.ufmg.br">mjlopes@icb.ufmg.br</a>, telefone: (31) 3485-2954 e Maximiliano Martins de Souza, e-mail: <a href="mailto:maximiliano.m.souza@gmail.com">maximiliano.m.souza@gmail.com</a>, telefone: (31) 99343-6114 e respondo positivamente à sua demanda de realizar a coleta de dados, conforme explicado acima. Terêi liberdade para desistir do projeto a qualquer momento, sem qualquer prejuízo para mim. Entendi as informações fornecidas pelos pesquisadores, sinto-me esclarecido (a) para participar da pesquisa e compreendo que tenho que ter o termo de consentimento assinado pelos pais para participar e registro meu consentimento livre e esclarecido.</p> <p style="text-align: center;">Belo Horizonte, ____/____/20____.</p> <p style="text-align: center;">_____ Assinatura do (a) Estudante.</p>
--

Em caso de dúvidas quanto aos seus direitos na pesquisa, entre em contato com:  
COEP - Comitê de Ética em Pesquisa – Universidade Federal de Minas Gerais - Av. Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II - 2o andar, sala 2005 - Campus Pampulha - Belo Horizonte, MG – telefax: 31 3409-4592, e-mail: [coep@toro.ufmg.br](mailto:coep@toro.ufmg.br).

\_\_\_\_\_  
Miguel José Lopes  
Pesquisador / Orientador

\_\_\_\_\_  
Maximiliano Martins de Souza  
Pesquisador / Mestrando

## APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Estudante)

Universidade Federal de Minas Gerais  
Mestrado em Ensino de Biologia

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido do Estudante

O professor Dr. Miguel José Lopes e o professor mestrando Maximiliano Martins de Souza, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) o convidam a participar da pesquisa denominada "Compreendendo os mecanismos da circulação sanguínea".

O objetivo principal dessa pesquisa é produzir uma sequência didática sobre o ensino do sistema circulatório em ambiente escolar que promova o seu protagonismo no processo de aprendizagem através de metodologias participativas.

O programa do Mestrado Profissional do Ensino de Biologia (ProfBio), ao qual pertencem o professor Dr. Miguel José Lopes e o professor mestrando Maximiliano Martins de Souza, propõe uma abordagem de ensino e aprendizagem que consiste no desenvolvimento de atividades que privilegiem o ensino de biologia por investigação e que possibilite você, estudante, uma maior participação no decorrer de sua vida acadêmica. É uma maneira de ensinar os conteúdos propostos pelos documentos norteadores para o ensino de biologia na rede pública estadual de Minas Gerais. Ressaltamos a importância dessa pesquisa para a aproximação do método científico utilizado pelos cientistas com as metodologias usadas pelos professores em sala de aula, para que ocorra o desenvolvimento do senso crítico e da argumentação dos alunos, para que você como aluno seja um personagem ativo e transformador em seu ambiente social.

Desejamos que você seja o ator principal do seu aprendizado e que o professor colabore com o pensamento científico no ambiente escolar. Para isso, o mestrando Maximiliano Martins de Souza, em parceria com o (a) seu professor Dr. Miguel José Lopes, desenvolverá um projeto educativo na área de Órgãos e Sistemas nos Vertebrados, formado pelas seguintes etapas: Aplicação de questionário diagnóstico, prática de avaliação da pressão arterial, proposta de confecção de modelo do sistema circulatório, exposição dos trabalhos e aplicação do questionário final. Caso seja de viabilidade do calendário escolar e do projeto uma visita ao Museu de Morfologia da UFMG será introduzida na etapa das atividades da pesquisa, lembramos ainda que o conteúdo faz parte da unidade didática regular da disciplina de biologia e as atividades serão realizadas durante o calendário escolar. Durante as etapas citadas você será avaliado e comunicamos que os alunos que não quiserem participar do estudo não serão prejudicados e serão avaliados dentro deste conteúdo por outra forma através da aplicação de trabalho e/ou provas, além de não ter seus dados usados para fins desse trabalho.

Os conteúdos das aulas serão elaborados de forma conjunta entre o professor Dr. Miguel José Lopes e o professor mestrando Maximiliano Martins de Souza e os dados coletados serão referentes as análises dos mapas conceituais, aferição da pressão arterial, levantamento de dúvidas no decorrer do trabalho e produção dos modelos. A estimativa de execução foi feita com base na idealização de que as atividades seguirão o planejamento anual do professor mestrando e contando com possíveis paralisações e greves que possam ocorrer e a escola aderir.

A Fundação de Ensino de Contagem – unidade Petrópolis foi escolhida como campo de estudo, porque o professor mestrando é funcionário da unidade e o mesmo conta com aprovação da coordenação pedagógica da escola. As aulas ocorrerão na Fundação de Ensino de Contagem – unidade Petrópolis sob a responsabilidade do professor mestrando, buscando então, articular o ensino, a aprendizagem, a participação coletiva por meio da investigação, realização de atividades inerentes às etapas da pesquisa e produção do conhecimento, ressaltando a interação entre os alunos e o (a) professor (a). Vamos respeitar o ritmo dos alunos para dar como finalizado o conteúdo trabalhado.

Rubrica do participante \_\_\_\_\_

Rubrica do pesquisador \_\_\_\_\_

Para o desenvolvimento do projeto, além da observação, as aulas serão registradas num caderno de anotações do pesquisador e relatórios produzidos pelos alunos. Para a garantia das normas do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (COEPI/UFMG), informamos que os dados coletados serão confidenciais e utilizados unicamente para fins dessa pesquisa, podendo ser divulgados em congressos, simpósios, seminários, revistas, livros e na dissertação de Mestrado do pesquisador Maximiliano Martins de Souza de forma coletiva, nunca individualizada, não havendo exposição dos participantes do mesmo.

A sua identidade como participante ficará preservada, porque na divulgação dos dados obtidos não serão utilizados os nomes dos estudantes, e sim o número dos participantes. O material coletado será arquivado aos cuidados do pesquisador Maximiliano Martins de Souza por um tempo de até 05 (cinco) anos após fim da pesquisa e, posteriormente, será destruído.

Explicamos que se trata de uma pesquisa e pedimos que assinem, por livre e espontânea vontade, o Termo de Consentimento. Os benefícios, como mencionado ao longo deste documento, se concentram no desenvolvimento da metodologia científica como forma de despertar a participação ativa do estudante no processo de ensino-aprendizagem afim de dominar conhecimentos biológicos.

Esclarecemos que a pesquisa oferece pequeno risco de constrangimento a você, estudante, com o registro das aulas no caderno de anotações e nos relatórios produzidos pelos estudantes, mas agiremos para que a aula se desenvolva naturalmente e que esse risco seja minimizado. Todos os registros, descrições e análises, conforme indicações a serem feitas pelo COEPI/UFMG, atenderão aos requisitos éticos estabelecidos, buscando ao grau máximo a preservação da integridade física, moral, social, cultural, dentre outras, de todos os sujeitos envolvidos na pesquisa.

Esclarecemos, ainda, que a qualquer momento você poderá pedir esclarecimentos e até mesmo se recusar a continuar participando da pesquisa.

Antecipamos os agradecimentos à sua colaboração e nos colocamos à disposição para quaisquer outros esclarecimentos.

Caso você concorde em participar da pesquisa, pedimos que preencha o termo abaixo e assine este documento.

Eu \_\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_, declaro que fui consultado (a) pelos responsáveis pelo projeto de pesquisa, professores Dr Miguel José Lopes, e-mail: mjlopes@icb.ufmg.br, telefone: (31) 3485-2954 e Maximiliano Martins de Souza, e-mail: maximiliano.m.souza@gmail.com, telefone: (31) 99343-5114 e respondo positivamente à sua demanda de realizar a coleta de dados, conforme explicado acima. Terei liberdade para desistir do projeto a qualquer momento, sem qualquer prejuízo para mim. Entendi as informações fornecidas pelos pesquisadores, sinto-me esclarecido (a) para participar da pesquisa e registro meu consentimento livre e esclarecido.

Belo Horizonte, \_\_\_\_/\_\_\_\_/20\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do (a) Estudante

\_\_\_\_\_  
Miguel José Lopes  
Pesquisador / Orientador

\_\_\_\_\_  
Maximiliano Martins de Souza  
Pesquisador / Mestrando

## APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Responsável Legal)

Universidade Federal de Minas Gerais  
Mestrado em Ensino de Biologia

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Responsável Legal)

O professor orientador Dr. Miguel José Lopes e o professor mestrando Maximiliano Martins de Souza, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) vêm solicitar sua autorização para a participação voluntária de seu (sua) filho (a) na pesquisa denominada "Compreendendo os mecanismos da circulação sanguínea".

O objetivo principal dessa pesquisa é produzir uma sequência didática sobre o ensino do sistema circulatório em ambiente escolar que promova o protagonismo dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem através de metodologias participativas.

O programa do Mestrado Profissional do Ensino de Biologia (ProfBio), ao qual pertencem o professor Dr. Miguel José Lopes e o professor mestrando Maximiliano Martins de Souza, propõe uma abordagem de ensino e aprendizagem que consiste no desenvolvimento de atividades que privilegiem o ensino de biologia por investigação e que possibilite seu filho/estudante um papel protagonista no decorrer de sua vida acadêmica. É uma maneira de ensinar os conteúdos propostos pelos PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais) e o CBC (Currículo Básico Comum), documentos norteadores para o ensino de biologia na rede pública estadual de Minas Gerais. Ressaltamos a importância dessa pesquisa para a aproximação do método científico utilizado pelos cientistas com as metodologias usadas pelos docentes em sala de aula, para que ocorra o desenvolvimento do senso crítico e da argumentação dos alunos, para que seu filho como aluno seja um personagem ativo e transformador em seu ambiente social.

Desejamos que os alunos sejam protagonistas de seus aprendizados e que o professor colabore com o desenvolvimento crítico e reflexivo desses no papel de cidadãos. Para isso, o mestrando Maximiliano Martins de Souza, em parceria com o (a) seu professor Miguel José Lopes, desenvolverá um projeto educativo na área de Órgãos e Sistemas nos Vertebrados, formado pelas seguintes etapas: Aplicação de questionário diagnóstico, prática de avaliação da pressão arterial, proposta de modelização do sistema circulatório, exposição dos trabalhos e aplicação do questionário final. Durante as etapas citadas seu filho/aluno será avaliado qualitativa e quantitativamente. Caso seja de viabilidade do calendário escolar e do projeto uma visita ao Museu de Morfologia da UFMG será introduzida na etapa das atividades da pesquisa, lembramos ainda que o conteúdo faz parte da unidade didática regular da disciplina de biologia e as atividades serão realizadas durante o calendário escolar. Comunicamos que os alunos que não queiram participar do estudo não serão prejudicados e serão avaliados dentro deste conteúdo por outra forma através da aplicação de trabalho e/ou provas, além de não terem os dados usados para fins desse trabalho.

Os conteúdos das aulas serão elaborados de forma conjunta entre o professor Dr Miguel José Lopes e o professor mestrando Maximiliano Martins de Souza e os dados coletados serão referentes as análises dos mapas conceituais, aferição da pressão arterial, levantamento de dúvidas no decorrer do trabalho e produção dos modelos. A estimativa de execução foi feita com base na idealização de que as atividades seguirão o planejamento anual do professor mestrando e contando com possíveis paralisações e greves que possam ocorrer e a escola aderir.

A Fundação de Ensino de Contagem – unidade Petrópolis foi escolhida como campo de estudo, porque o professor mestrando é funcionário da unidade e o mesmo conta com aprovação da coordenação pedagógica da escola. As aulas ocorrerão na Fundação de Ensino de Contagem – unidade Petrópolis sob a responsabilidade do professor mestrando, buscando então, articular o ensino, a aprendizagem, a participação coletiva por meio da investigação, realização de atividades inerentes às etapas da pesquisa e produção do conhecimento, ressaltando a interação entre os alunos e o (a) professor (a). Vamos respeitar o ritmo dos alunos para dar como finalizado o conteúdo trabalhado.

\_\_\_\_\_  
Rubrica do responsável legal

\_\_\_\_\_  
Rubrica do pesquisador

Para o desenvolvimento do projeto, além da observação, as aulas serão registradas num diário de campo do pesquisador e relatórios produzidos pelos alunos. Para a garantia das normas do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (COEP/UFMG), informamos que os dados coletados serão confidenciais e utilizados unicamente para fins dessa pesquisa, podendo ser divulgados em congressos, simpósios, seminários, revistas, livros e na dissertação de Mestrado do pesquisador Maximiliano Martins de Souza de forma coletiva, nunca individualizada, não havendo exposição dos participantes do mesmo.

A identidade do seu filho/estudante como participante ficará preservada, porque na divulgação dos dados obtidos não serão utilizados os nomes dos alunos, e sim o número das turmas. O material coletado será arquivado sob a guarda do pesquisador Maximiliano Martins de Souza por um tempo de até 05 (cinco) anos após fim da pesquisa e, posteriormente, será destruído de forma coletiva, nunca individualizada, não havendo exposição dos participantes do mesmo.

Explicamos que se trata de uma pesquisa e pedimos que assinem, por livre e espontânea vontade, o Termo de Consentimento. Os benefícios, como mencionado ao longo deste documento, se concentram no desenvolvimento da metodologia científica como forma de despertar a participação ativa do estudante no processo de ensino-aprendizagem afim de dominar conhecimentos biológicos.

Esclarecemos que a pesquisa oferece pequeno risco de constrangimento ao aluno, com o registro das aulas no diário de campo e nos relatórios produzidos pelos estudantes, mas agiremos para que a aula se desenvolva naturalmente e que esse risco seja minimizado. Todos os registros, descrições e análises, conforme indicações a serem feitas pelo COEP/UFMG, atenderão aos requisitos éticos estabelecidos, buscando ao grau máximo a preservação da integridade física, moral, social, cultural, dentre outras, de todos os sujeitos envolvidos na pesquisa.

Esclarecemos, ainda, que a qualquer momento seu filho/estudante poderá pedir esclarecimentos e até mesmo se recusar a continuar participando da pesquisa.

Antecipamos os agradecimentos à sua colaboração e nos colocamos à disposição para quaisquer outros esclarecimentos.

Caso você autorize a participação da pesquisa, pedimos que preencha o termo abaixo e assine este documento.

Eu, \_\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_, declaro que fui consultado (a) pelos responsáveis pelo projeto de pesquisa, professores Dr Miguel José Lopes, e-mail: mjlopes@icb.ufmg.br, telefone: (31) 3485-2954 e Maximiliano Martins de Souza, e-mail: maximiliano.m.souza@gmail.com, telefone: (31) 99343-6114 e respondo positivamente à sua demanda de realizar a coleta de dados, conforme explicado acima. Terei liberdade para desistir do projeto a qualquer momento, sem qualquer prejuízo para mim ou meu (minha) filho (a). Entendi as informações fornecidas pelos pesquisadores, sinto-me esclarecido (a) para participar da pesquisa e/ou autorizar o (a) meu (minha) filho (a) a participar e registro meu consentimento livre e esclarecido.

Belo Horizonte, \_\_\_\_/\_\_\_\_/20\_\_\_\_

Assinatura do Responsável Legal

Em caso de dúvidas quanto aos seus direitos na pesquisa, entre em contato com:  
COEP - Comitê de Ética em Pesquisa - Universidade Federal de Minas Gerais - Av. Antônio Carlos, 6627 -  
Unidade Administrativa II - 2o andar, sala 2005 - Campus Pampulha - Belo Horizonte, MG - telefex: 31 3409-4592,  
e-mail: [coep@ufmg.br](mailto:coep@ufmg.br).

\_\_\_\_\_  
Miguel José Lopes  
Pesquisador / Orientador

\_\_\_\_\_  
Maximiliano Martins de Souza  
Pesquisador / Mestrando

## APÊNDICE D – Experimento I: Bomba Cardíaca

### Experimento I: Bomba Cardíaca – Simulando a sístole e diástole cardíaca

O coração é uma bomba muscular que graças à energia potencial armazenada nas paredes cardíacas exerce uma pressão que impulsiona o sangue através de uma rede de vasos sanguíneos.

#### Objetivos

- Identificar aspectos físicos que permitem o fluxo sanguíneo no sistema circulatório.
- Identificar os materiais usados no experimento com as estruturas do sistema circulatório.
- Discutir o experimento com o grupo.

#### Metodologia

##### ➤ Materiais

- 70 cm de mangueira transparente de 2 mm
- 1 balão vermelho resistente
- duas garrafas PET transparentes
- recipiente cilíndrico transparente
- corante vermelho
- fita isolante

##### ➤ Método

- Cortar o pescoço do balão e usar o restante para vedar o recipiente cilíndrico, vedando totalmente a borda com fita isolante.
- Cortar a mangueira transparente em dois pedaços de aproximadamente 35 cm e fazer dois furos bem pequenos em cada lado do balão que recobre o recipiente, introduzindo cada uma das mangueiras nos furos realizados. A ponta da mangueira inserida na garrafa da esquerda deve tocar o fundo do recipiente e sua outra ponta, será inserida no furo do recipiente central recoberto pelo balão, mantendo a um nível acima.
- Repetir o procedimento entre o recipiente central e a garrafa da direita, mas desta vez a ponta da mangueira inserida no recipiente central deve tocar o fundo do recipiente e a outra ponta deverá ser introduzida na garrafa da direita mantendo um nível acima.
- Vedar o orifício realizado na membrana com fita isolante, evitando qualquer entrada de ar para manter o ambiente de pressão interno.
- Preencher a garrafa da esquerda com um pouco do líquido vermelho e usar o circuito construído para demonstrar a circulação sanguínea nos vasos, pressionando e soltando o balão que recobre o recipiente central em intervalos que permitam a deformação e o retorno da membrana ao seu estado inicial; assim, repetindo o procedimento por diversas vezes até que o líquido comece a circular continuamente entre os recipientes.
- Registrar as informações.

#### Anotações|

---

## APÊNDICE E – Experimento II: Mensurando a Pressão Arterial com aparelho digital

### Experimento II: Mensurando a Pressão Arterial com aparelho digital

O coração é uma bomba muscular que, no ser humano, pode exercer uma pressão manométrica máxima de cerca de 120 mmHg no sangue durante a contração (sístole), e de cerca de 80 mmHg durante o relaxamento (diástole), em situações fisiológicas normais. Devido à contração do músculo cardíaco, o sangue sai do ventrículo esquerdo, passa pela aorta e pelas artérias, seguindo em direção aos capilares. Dos capilares venosos o sangue segue para as veias e chega ao átrio direito com uma pressão quase nula. Em média, a diferença máxima entre as pressões arterial e venosa é da ordem de 100 mmHg (Okuno, 1982).

#### Objetivos

- Identificar os valores de pressão arterial padrão e em diferentes posições ortostáticas.
- Discutir os fatores físicos relacionados aos padrões observados durante a aferição.

#### Metodologia

##### ➤ Material

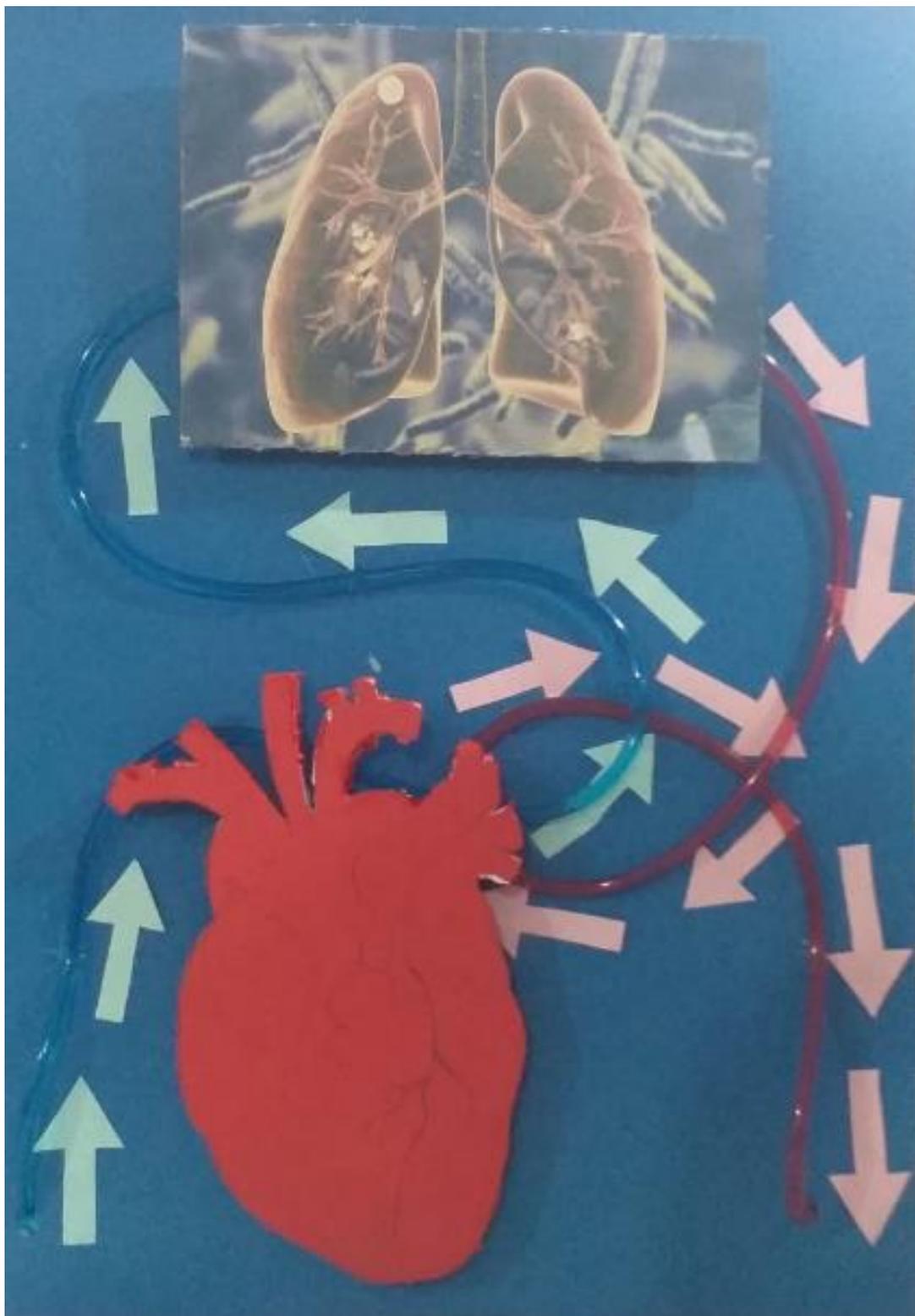
Aparelho de pressão digital

##### ➤ Procedimentos

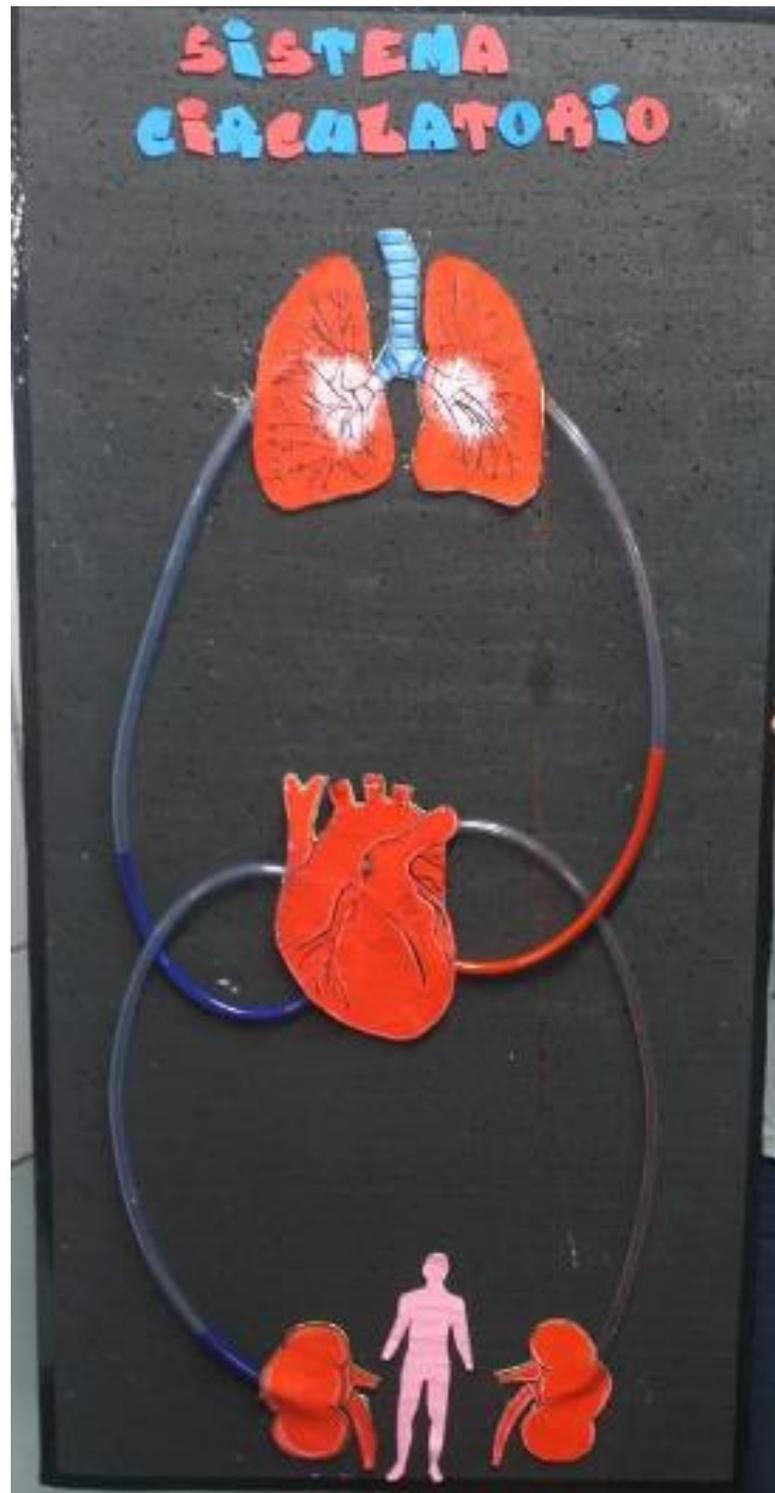
- Perguntar se o voluntário não está com a bexiga cheia; não praticou exercícios físicos há pelo menos 60 minutos; não ingeriu bebidas alcoólicas, café ou alimentos; ou fumou nos 30 minutos anteriores;
- Manter-se sentado na cadeira em repouso, em repouso de 3 a 5 minutos com pernas descruzadas, pés apoiados no chão, dorso recostado na cadeira e relaxado;
- Posicionar o braço a altura do coração, apoiado, com a palma da mão voltada para cima e as roupas não devem “comprimir” o membro.
- Localizar o ponto médio entre o ombro e o cotovelo;
- Posicionar o manguito acima do cotovelo sem deixar folgas;
- Solicitar que o voluntário não converse durante a aferição;
- Pressionar o botão on/off do aparelho digital;
- Anotar os valores exatos sem “arredondamentos” e o braço em que a P.A. foi medida.
- Repetir o procedimento com o braço para cima e depois com o braço para baixo mantendo-o paralelo ao plano corporal.

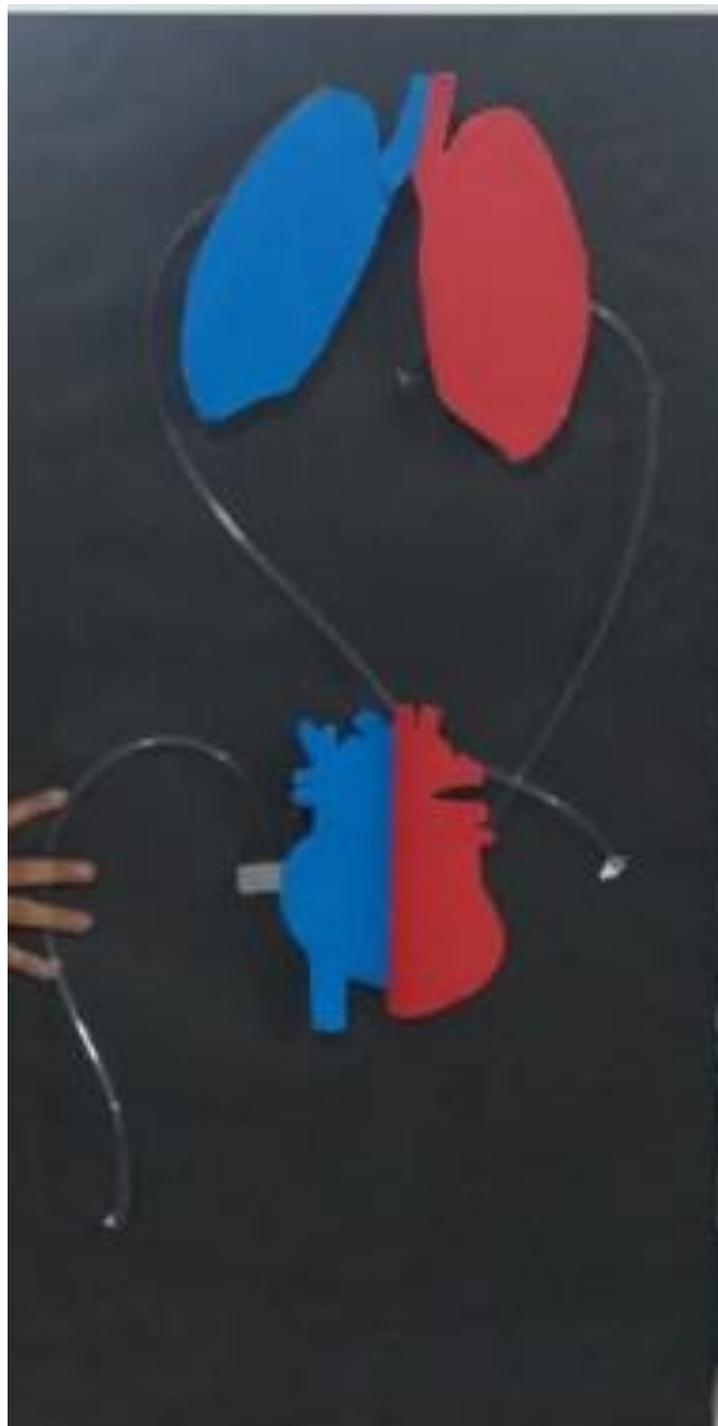
#### Anotações

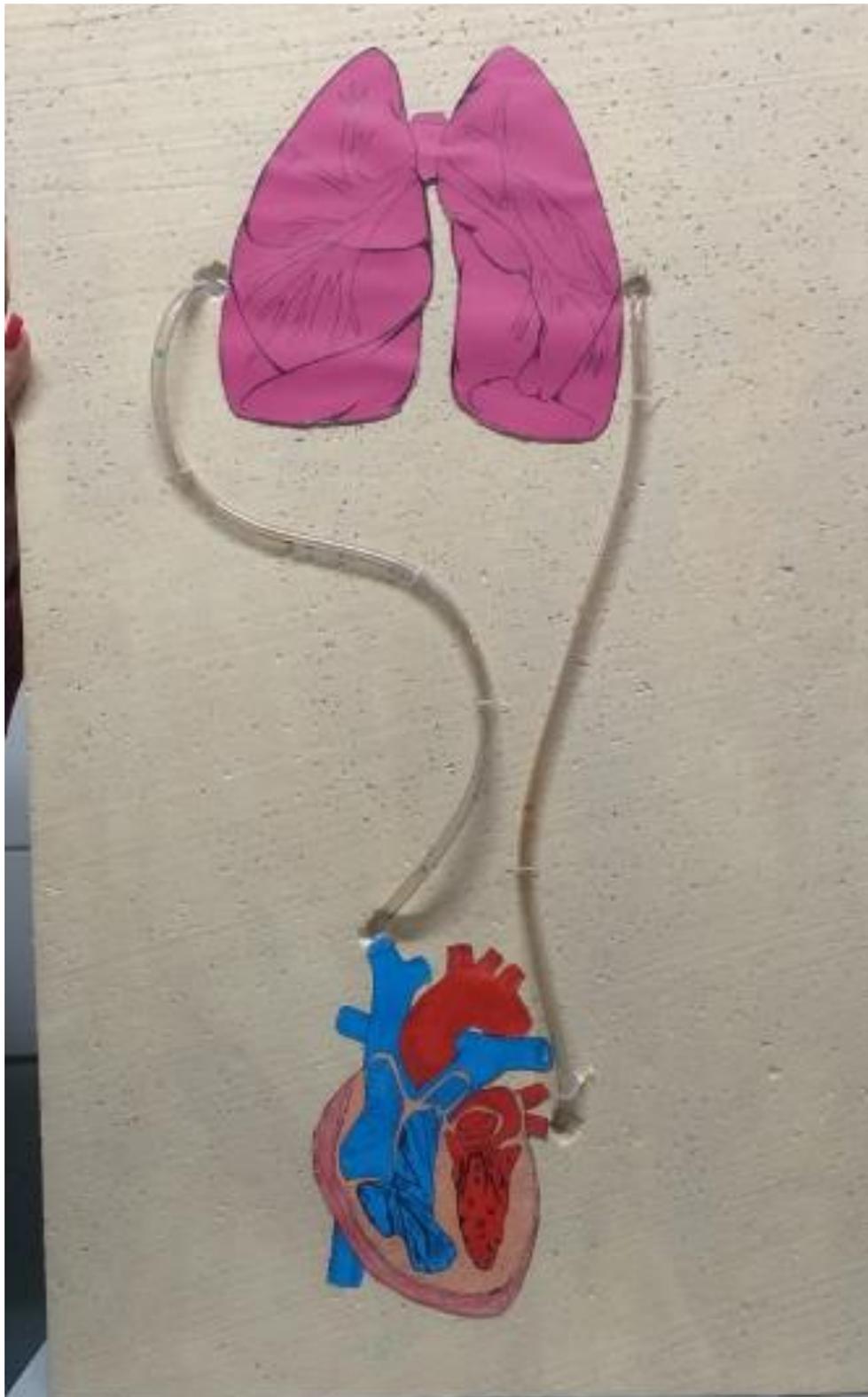
Aluno	Valores de pressão arterial (mmHg)		
	Braço posicionado na horizontal	Braço elevado na vertical	Braço abaixado na vertical

**APÊNDICE F – Modelo desenvolvido pelos participantes**

**APÊNDICE G – Modelo desenvolvido pelos participantes**



**APÊNDICE H – Modelo desenvolvido pelos participantes**

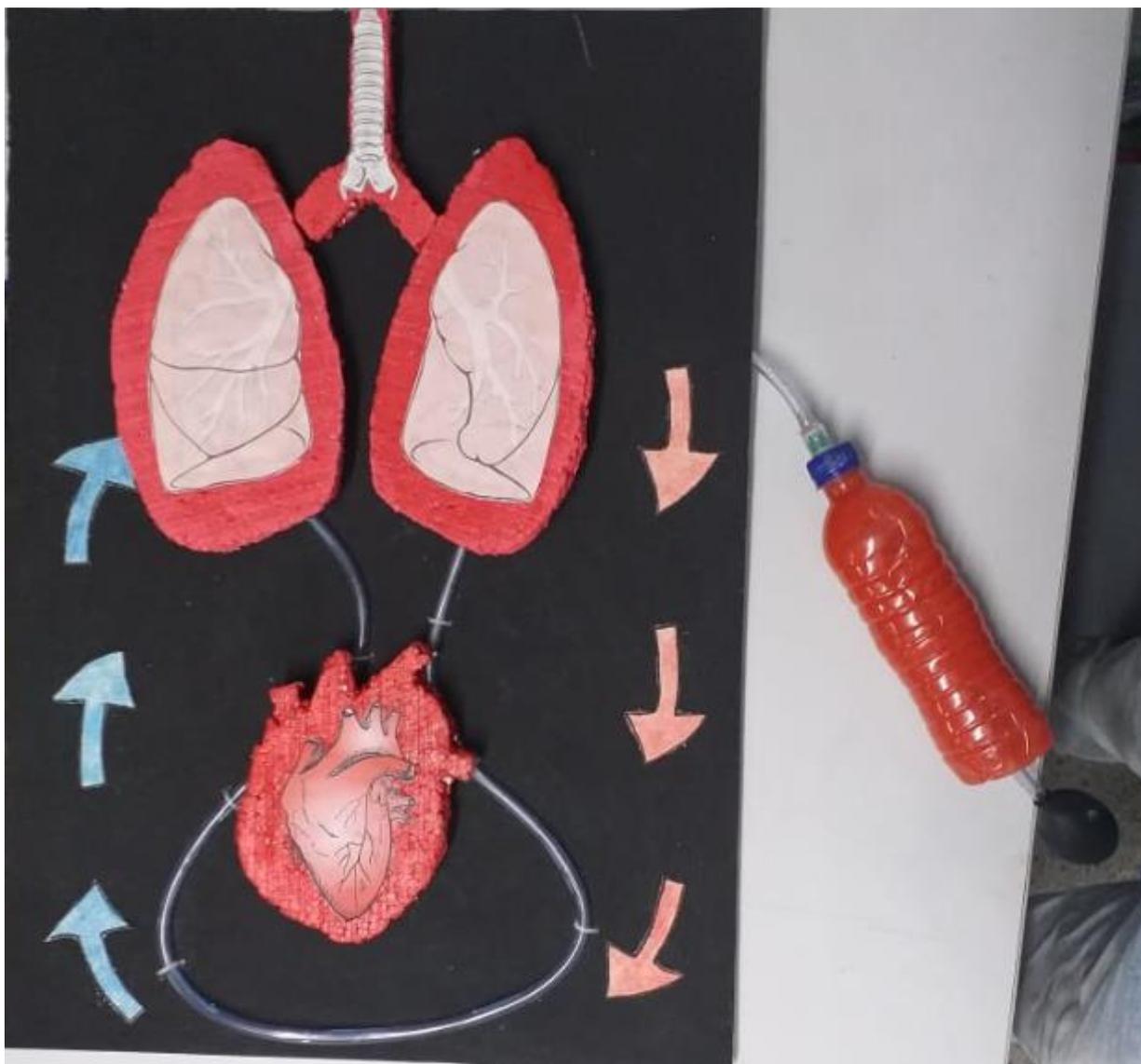
**APÊNDICE I – Modelo desenvolvido pelos participantes**



### APÊNDICE K – Modelo desenvolvido pelos participantes



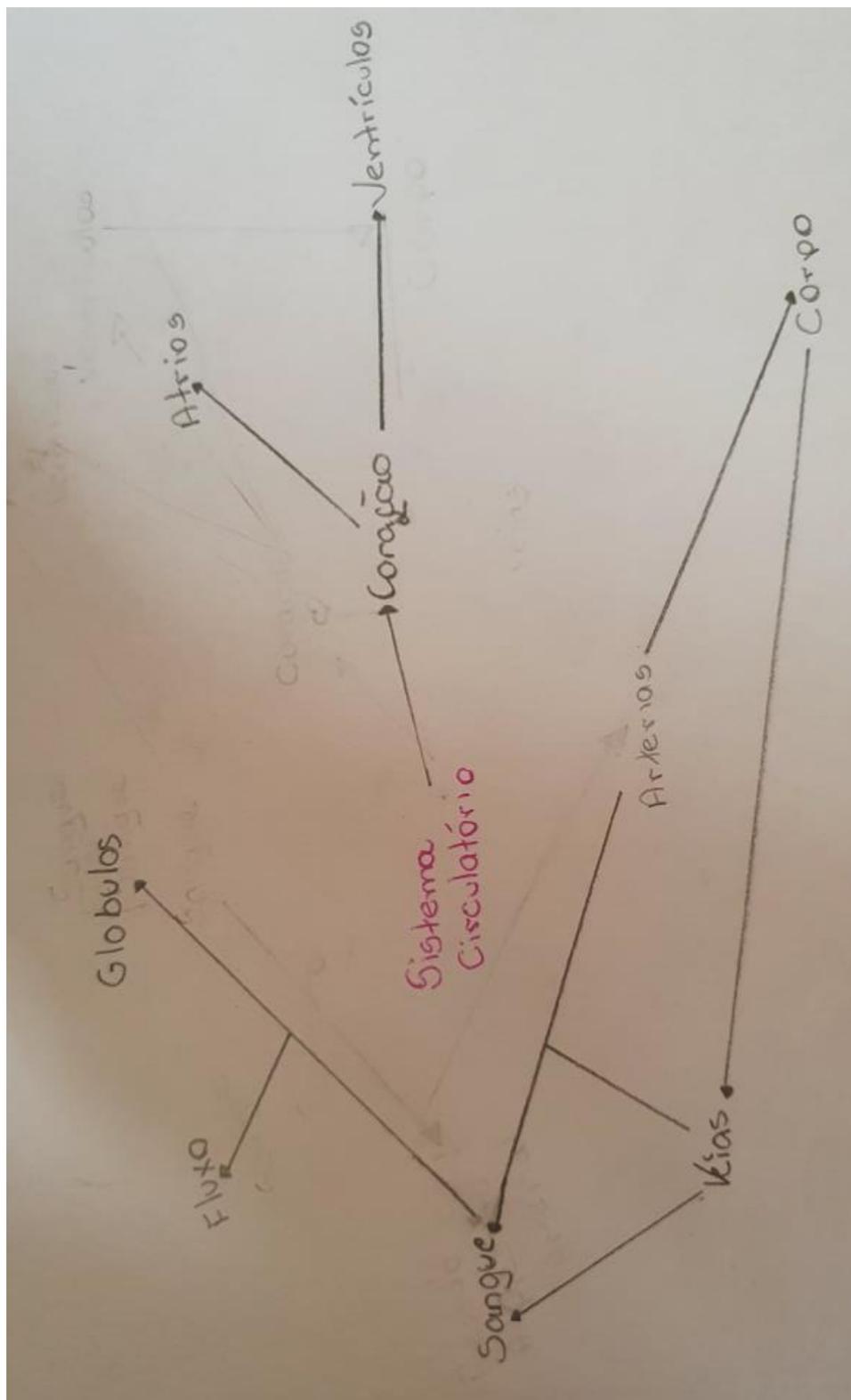
### APÊNDICE L – Modelo desenvolvido pelos participantes



### APÊNDICE M – Mapa conceitual diagnóstico



## APÊNDICE N – Mapa conceitual antes da aplicação do projeto





## ANEXO A

### DIRETRIZ BRASILEIRA DE HIPERTENSÃO ARTERIAL

#### Procedimentos recomendados para a medição da PA

##### **Preparo do paciente:**

1. Explicar o procedimento ao paciente e deixá-lo em repouso de 3 a 5 minutos em ambiente calmo. Deve ser instruído a não conversar durante a medição. Possíveis dúvidas devem ser esclarecidas antes ou depois do procedimento.
2. Certificar-se de que o paciente NÃO:
  - Está com a bexiga cheia;
  - Praticou exercícios físicos há pelo menos 60 minutos;
  - Ingeriu bebidas alcoólicas, café ou alimentos;
  - Fumou nos 30 minutos anteriores.
3. Posicionamento:
  - O paciente deve estar sentado, com pernas descruzadas, pés apoiados no chão, dorso recostado na cadeira e relaxado;
  - O braço deve estar na altura do coração, apoiado, com a palma da mão voltada para cima e as roupas não devem garrotear o membro.
4. Medir a PA na posição de pé, após 3 minutos, nos diabéticos, idosos e em outras situações em que a hipotensão ortostática possa ser frequente ou suspeitada.

##### **Etapas para a realização da medição:**

1. Determinar a circunferência do braço no ponto médio entre acrômio e olécrano;
2. Selecionar o manguito de tamanho adequado ao braço;
3. Colocar o manguito, sem deixar folgas, 2 a 3 cm acima da fossa cubital;
4. Centralizar o meio da parte compressiva do manguito sobre a artéria braquial;
5. Estimar o nível da PAS pela palpação do pulso radial\*;
6. Palpar a artéria braquial na fossa cubital e colocar a campânula ou o diafragma do estetoscópio sem compressão excessiva\*;

7. Inflar rapidamente até ultrapassar 20 a 30 mmHg o nível estimado da PAS obtido pela palpação\*;
8. Proceder à deflação lentamente (velocidade de 2 mmHg por segundo)\*;
9. Determinar a PAS pela ausculta do primeiro som (fase I de Korotkoff) e, após, aumentar ligeiramente a velocidade de deflação\*;
10. Determinar a PAD no desaparecimento dos sons (fase V de Korotkoff)\*;
11. Auscultar cerca de 20 a 30 mmHg abaixo do último som para confirmar seu desaparecimento e depois proceder à deflação rápida e completa\*;
12. Se os batimentos persistirem até o nível zero, determinar a PAD no abafamento dos sons (fase IV de Korotkoff) e anotar valores da PAS/PAD/zero\*;
13. Realizar pelo menos duas medições, com intervalo em torno de um minuto. Medições adicionais deverão ser realizadas se as duas primeiras forem muito diferentes. Caso julgue adequado, considere a média das medidas;
14. Medir a pressão em ambos os braços na primeira consulta e usar o valor do braço onde foi obtida a maior pressão como referência;
15. Informar o valor de PA obtido para o paciente; e
16. Anotar os valores exatos sem “arredondamentos” e o braço em que a PA foi medida.

\* Itens realizados exclusivamente na técnica auscultatória.

\*\*Reforça-se a necessidade do uso de equipamento validado e periodicamente calibrado.