UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
INSTITUTO DE FÍSICA
INSTITUTO DE QUÍMICA

LUANA BEATRIZ XAVIER NUNES

**William Harvey e a circulação sanguínea: uso de fontes primárias da história da
ciência no ensino de biologia**

SÃO PAULO
2020

LUANA BEATRIZ XAVIER NUNES

William Harvey e a circulação sanguínea: uso de fontes primárias da história da ciência no ensino de biologia

Versão corrigida

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de concentração: Ensino de Biologia.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Elice de Brzezinski Prestes.

SÃO PAULO

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Nunes, Luana Beatriz Xavier

William Harvey e a circulação sanguínea: uso de fontes primárias da história da ciência no ensino de biologia. São Paulo, 2020.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Profa. Dra. Maria Elice Brzezinski Prestes
Área de Concentração: Ensino de Biologia

Unitermos: 1. Biologia – Estudo e ensino; 2. História da Ciência; 3. Ensino e Aprendizagem; 4. Sequência Didática; 5. Harvey, William.

USP/IF/SBI-001/2020

NUNES, Luana. B. X. William Harvey e a circulação sanguínea: uso de fontes primárias da história da ciência no ensino de biologia. 2020. 168 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – Área de concentração: Ensino de Biologia) - Instituto de Física, Instituto de Química,

Aprovado em:

Banca Examinadora:

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

À Fabiana Xavier Nunes de Campos (in memorian), minha melhor amiga, mãe
e grande amor da minha vida. Que dedicou parte de seus dias à educação
transformadora e que junto comigo sonhou com esse dia.

AGRADECIMENTOS

À minha querida orientadora Maria Elice Prestes, por ter me orientado durante este trabalho, sendo compreensiva, dedicada, paciente e por contribuir com o meu encantamento pela história da ciência.

Ao meu tio Ademilson e à minha tia Tata, por me inspirarem, apoiarem e me incentivarem em minhas escolhas acadêmicas, dando todo suporte necessário durante essa jornada. Obrigada por estarem presentes em cada etapa, e Tata: obrigada por ser meu primeiro exemplo de estudante dedicada, apaixonada pelo conhecimento, você me ensinou a lutar pelo que se quer conquistar. Acompanhei suas madrugadas na graduação, seus textos na pós-graduação e longas leituras nas capacitações do trabalho, seus livros de fisiologia e anatomia me encantaram ainda criança, um deles inclusive, utilizei e citei neste trabalho. Sua influência percorre cada centímetro de mim. Te amo!

À minha querida avó Dida, pelo companheirismo, apoio e por sempre oferecer um colo aconchegante onde eu possa descansar. Sua dedicação chega até mim como a maior expressão de ternura e com você aprendi a colocar amor em tudo que faço.

Ao meu grande amor e marido, Henrique, por ser meu companheiro de vida, disposto a ir ao infinito e além, por mim ou comigo. Por ser mais do que as palavras conseguem descrever, por ser, junto com o Theozinho, tudo que eu preciso em alguns momentos, por ser o motivo da minha constante gratidão, por me apoiar em cada escolha acadêmica e profissional e principalmente por compartilharmos a paixão pelo aprender sempre.

À minha querida mãe, Fabiana, que estará para sempre viva em mim, por toda sua influência e dedicação como professora. Tenho orgulho de ser como ela e poder levar adiante suas crenças e princípios. Sou grata pela nossa história, pelo nosso amor e por todas as nossas conversas pedagógicas acompanhadas de café com bolo.

À minha família e aos meus irmãos, de sangue (Mateus) e coração (Isabella e Henrique), pelas risadas e descontração necessária para enfrentar os desafios. Por me mostrarem uma vida leve e divertida, por me ensinarem o amor incondicional.

Aos meus colegas do LaHBE que contribuíram durante o processo de elaboração deste trabalho, em especial: Natália Abdalla Martins, Carolina Perozzi Azevedo, Christine Janczur, Gerda Maisa Jensen, Victor da Rocha Piotto, Giuliana Uchôa Carrieri, Eduardo Molina Cortez e Filipe Faria Berçot. Obrigada pelo auxílio,

palavras de conforto, conselhos, descontração e trocas de experiências. Agradeço a sua dedicação em participarem, como professores em exercício da escola básica, da etapa de validação da proposta didática apresentada nesta dissertação (e especialmente à atenciosa revisão da Christine).

Aos professores da graduação e pós-graduação que me acompanharam durante a minha trajetória até aqui, principalmente à minha primeira orientadora no Trabalho de Conclusão de Curso na Universidade Mackenzie, e hoje, grande amiga, Magda Pechliye, que despertou minha paixão pela educação.

Aos meus queridos colegas da EMEF Visconde Cairu, companheiros de luta. Obrigada por me lembrarem do real propósito do meu trabalho.

Aos meus queridos alunos, sem os quais não faria sentido algum continuar.

A todos que de alguma forma contribuíram com este trabalho.

RESUMO

NUNES, L. B. X. **William Harvey e a circulação sanguínea: uso de fontes primárias da história da ciência no ensino de biologia**. 2020. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – Área de concentração: Ensino de Biologia) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Este trabalho faz uso da história da ciência (HC) como ferramenta para o ensino do sistema circulatório, tratando do episódio histórico da contribuição dos trabalhos do médico inglês William Harvey (1578-1656), importante personagem que atuou na sistematização e reformulação do conhecimento fisiológico e anatômico sobre a circulação sanguínea. Buscou-se desenvolver uma pesquisa em história da ciência com o objetivo de descrever e discutir a contribuição de Harvey para a construção do conhecimento sobre a circulação do sangue, contextualizando-o em relação aos conhecimentos precedentes e contemporâneos, no que diz respeito ao coração, vasos sanguíneos e sangue. Para isso, seguiu-se a metodologia de pesquisa em história da ciência, com análise de fontes primárias (trabalhos de Harvey, antecedentes e contemporâneos) à luz de fontes secundárias (trabalhos de historiadores da ciência). O estudo histórico, por sua vez, foi tema para a elaboração de uma sequência didática (SD) planejada para alunos do Ensino Médio com base na modelagem proposta por Méheut e Psillos (2004), priorizando a leitura de trechos da obra *De motu cordis* (1628) de William Harvey e norteadas por princípios do Ensino por Investigação (ENCI). A SD tem o objetivo de que o aluno possa adquirir conhecimento histórico, conhecimento científico e conhecimento metacientífico, envolvendo a compreensão de como a ciência é realizada e, mais particularmente, de habilidades de investigação científica (ALLCHIN, 2013). A sequência didática produzida foi validada junto ao grupo de pesquisa do Laboratório de História da Biologia e Ensino (LaHBE) do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB-USP). Da validação emergiram diversas sugestões que contribuíram para o aprimoramento das atividades e sua maior adequação a diferentes realidades escolares. As atividades investigativas proporcionam situações nas quais os alunos vivenciam a prática científica, utilizando linguagens que possibilitam a comunicação das hipóteses e sínteses realizadas, incentivando o protagonismo dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem. Espera-se que o presente estudo possa ser utilizado no ensino de biologia,

destacando a importância de utilizar fontes primárias como uma das possibilidades para trabalhar história da ciência, desenvolver concepções informadas de natureza da ciência e facilitando a aprendizagem de conhecimentos científicos atuais sobre a circulação sanguínea.

Palavras chave: história da ciência; ensino de biologia; sistema circulatório; Harvey, William.

ABSTRACT

NUNES, L. B. X. **William Harvey and the blood circulation: use of primary sources of the history of science in the biology teaching**. 2020. 169 f. Dissertation (Masters in Science Teaching- Concentration Area: Biology Teaching) – Institute of Physics, Institute of Chemistry, Institute of Biology, Faculty of Education, University of São Paulo, São Paulo, 2020.

This work makes use of the history of science (HC) as a tool for the teaching of the circulatory system, dealing with the historical episode of the contribution of the works of the English physician William Harvey (1578-1656), an important character who acted in the systematization and reformulation of physiological and anatomical knowledge about blood circulation. We sought to develop a research in the history of science in order to describe and discuss Harvey's contribution to the construction of knowledge about blood circulation, contextualizing it in relation to previous and contemporary knowledge, regarding to the heart, blood vessels and blood. This was followed by the methodology of research in the history of science, with analysis of primary sources (Harvey's works, antecedents and contemporaries) in the light of secondary sources (works of science historians). The historical study, in turn, was the theme for the elaboration of a Didactic Sequence (DS) planned for students of the second year of high school based on the modeling proposed by Méheut and Psillos (2004), prioritizing the reading of excerpts from *De motu cordis* (1628) by William Harvey and guided by the principles of Inquiry based Learning (IBL). DS aims to enable students to acquire historical knowledge, scientific knowledge and meta- scientific knowledge, involving the understanding of how science is performed and, more particularly, of scientific research skills (ALLCHIN, 2013). The Didactic Sequence produced was validated with the research group of the Laboratory of History of Biology and Teaching (LaHBE) of the Institute of Biosciences of the University of São Paulo (IB-USP). From the validation emerged several suggestions that contributed to the improvement of the activities and their better adaptation to different school realities. The investigative activities provide situations in which students experience scientific practice, using languages that enable the communication of hypotheses and syntheses, encouraging the protagonism of students in the teaching and learning process. It is hoped that the present study can be used in the teaching of biology,

highlighting the importance of using primary sources as one of the possibilities for working the history of science, developing informed conceptions of the nature of science and facilitating the learning of current scientific knowledge about blood circulation.

Keywords: history of science; biology teaching; circulatory system; Harvey, William.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Capa da obra <i>De motu cordis</i> de 1628.....	41
Figura 2 - Imagem presente na obra <i>De motu cordis</i> mostrando a ação unidirecional das válvulas nas veias na circulação do sangue.....	54
Figura 3 - Esquema do sistema cardiovascular ao longo do tempo.....	56
Figura 4 - Losango pedagógico.....	67
Figura 5 - Estrutura do ensino por investigação incluindo as fases e sub-fases e suas relações.....	71
Figura 6 - Os quatro níveis de investigação e a informação fornecida pelo professor em cada um deles.....	73
Figura 7 - Ideias necessárias ao planejamento de uma sequência de ensino investigativa.....	77
Figura 8 - Ilustração das partes anterior e posterior de um coração humano.....	109
Figura 9 - Esquema de um coração humano em corte frontal.....	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Organização da obra <i>De motu cordis</i>	43
Quadro 2- Atividades da SD “William Harvey e a circulação sanguínea”.....	78
Quadro 3 - Primeiro instrumento de validação.....	81
Quadro 4 - Segundo instrumento de validação.....	83
Quadro 5 - Conhecimentos, habilidades e estratégias abordadas nas atividades da sequência didática.....	90

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
PARTE 1: ESTUDO HISTÓRICO	
1. CONHECIMENTOS ANTERIORES SOBRE A CIRCULAÇÃO SANGUÍNEA ..	24
1.1 Hipócrates, Aristóteles e Galeno	24
1.2 Serveto, Colombo e Cesalpino	32
2. WILLIAM HARVEY (1578-1656) E A CIRCULAÇÃO SANGUÍNEA	37
2.1 Vida e obra	37
2.2 A circulação sanguínea no <i>De motu cordis</i>	49
PARTE 2: APLICAÇÃO DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO	
3. FUNDAMENTAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA.....	58
3.1 História da ciência no ensino e suas contribuições para a aprendizagem de conceitos científicos atuais e de aspectos de NdC.....	58
3.2 O uso de fontes primárias como recurso metodológico da História da Ciência.....	63
3.3 A sequência didática como atividade de pesquisa, ensino e aprendizagem	66
3.4 As contribuições do Ensino por Investigação na sequência didática	69
4. METODOLOGIA DE CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	76
4.1 A construção da sequência didática.....	76
4.2 Validação da sequência didática	79
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
5.1 Primeira etapa da validação.....	84
5.2 Segunda etapa da validação	86
5.3 Sequência didática: William Harvey e a circulação sanguínea	89
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS	135
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS PRIMÁRIAS	140
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS SECUNDÁRIAS	140
APÊNDICE A- ATIVIDADE 1: LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS	
MATERIAL DE APOIO PARA O PROFESSOR	149

APÊNDICE B- ATIVIDADE 1: LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS- QUESTÃO 4 CORRIGIDA	156
APÊNDICE C- ATIVIDADE 3: QUEM É ESSE TAL DE WILLIAM HARVEY? - TEXTO DE APOIO PARA O PROFESSOR.....	157
APÊNDICE D- ATIVIDADE 3: QUEM É ESSE TAL DE WILLIAM HARVEY?- MATERIAL DE APOIO PARA O PROFESSOR.....	161
APÊNDICE E- ATIVIDADE 6: QUE CAMINHO O SANGUE PERCORRE PELO CORPO?- ATIVIDADE RESPONDIDA.....	167
ANEXO 1- ATIVIDADE 5: O CORAÇÃO SE MOVIMENTA? -GUIA PARA MEDIR A PRESSÃO ARTERIAL.....	168

INTRODUÇÃO

A utilização da história da ciência como ferramenta para o ensino tem sido abordada em diversos trabalhos (ALLCHIN, 2013; CARNEIRO e GASTAL, 2005; MARTINS, 1998; MATTHEWS, 1995; PRESTES e CALDEIRA, 2009), sendo reconhecida como uma estratégia importante para o ensino contextual de ciências e biologia, tornando as aulas mais reflexivas e desafiadoras, além de contribuir para um entendimento fundamentado dos conceitos científicos e aspectos da Natureza da Ciência (NdC).

Nesse sentido, a inclusão da História da Ciência no ensino pode auxiliar na superação de obstáculos que existem no ensino dos conteúdos de Biologia. Mais especificamente, para este trabalho, trataremos do ensino do sistema circulatório, um tema pertencente à fisiologia que costuma ser abordado de forma fragmentada e descontextualizada, com foco na localização e descrição dos órgãos em separado das explicações sobre os processos e mecanismos, podendo acarretar interpretações inadequadas e/ou simples memorização, sem real compreensão, considerando os conteúdos apenas para as avaliações (DELIZOICOV, 2002, p. 3; FERREIRA et al., 2002).

Além disso, um dos principais problemas relatados na literatura sobre o ensino de fisiologia é o de que os estudantes não desenvolvem concepções integradas dos órgãos e sistemas. Um estudo empírico de larga escala realizado por Anthony Cuthbert (2000) mostrou que crianças do final do ensino fundamental representam os órgãos do corpo humano com equívocos relacionados a tamanho, forma e posição dos órgãos, concebendo-os como estruturas isoladas, com poucas, ou nenhuma, conexão entre si. Mesmo havendo representações de veias e coração, há pouca evidência de que as crianças entendem o sistema cardiovascular como sangue confinado em vasos e impulsionado pelo coração em um sistema fechado (CUTHBERT, 2000). No Ensino Médio, em que o ensino da fisiologia é aprofundado, coloca-se, portanto, o desafio de suplantar equívocos desse tipo que tenham sido eventualmente consolidados na escolaridade anterior.

Sabendo dessas dificuldades, uma abordagem histórica inclusiva e reflexiva pode oferecer um panorama mais amplo da construção dos conhecimentos científicos, pois viabiliza a discussão de aspectos de NdC. Esse recurso pode ocasionar mudanças nas concepções de professores e alunos contribuindo tanto na imagem de

ciência dos estudantes como para o processo de ensino e aprendizagem (ACEVEDO, et al., 2005; LEDERMAN, 2007; SILVEIRA, et al., 2010, p. 59; FORATO et al., 2011).

Diante desse contexto, este trabalho, inserido na linha de pesquisa de História, Filosofia e Cultura no Ensino de Ciências, faz uso da História da Ciência como ferramenta para o ensino do Sistema Circulatório, tratando do episódio histórico da contribuição dos trabalhos do médico inglês William Harvey (1578-1656), importante personagem que atuou na sistematização e reformulação do conhecimento fisiológico e anatômico sobre a circulação sanguínea. Além de sua demonstração da circulação do sangue em sistema fechado, será discutida a importância de seu método experimental e o diálogo entre seus precedentes e contemporâneos, considerando o contexto epistêmico no qual estava inserido. Para tal, este estudo segue a metodologia de pesquisa em história da ciência, com análise de fontes primárias (trabalhos de Harvey, antecedentes e contemporâneos) à luz de fontes secundárias (trabalhos de historiadores da ciência).

A pesquisa em história da ciência (KRAGH, 2001; MARTINS, 2005) envolve o estudo de fontes primárias à luz de fontes secundárias. Segundo Martins (2005), as fontes primárias são “o material da época estudada escrito pelos pesquisadores estudados” (MARTINS, 2005, p. 310), e as fontes secundárias são os “estudos historiográficos e obras de apoio a respeito do período e dos autores investigados” (MARTINS, 2005, p. 310).

O levantamento preliminar de fontes primárias e secundárias foi realizado por diferentes meios. O primeiro material consultado foi o verbete de William Harvey no *Concise Dictionary of Scientific Biography* (CLARK, 2008), de onde foram obtidas informações biográficas sobre ele, além de uma lista de suas principais obras.

A principal fonte primária consultada para a elaboração do estudo histórico foi o livro de Harvey originalmente publicado em latim, *De motu cordis*, em tradução ao português feita por Regina Rebollo e publicada pela editora Unesp em 2012. Também foi consultada a tradução para o inglês em *The works of William Harvey* (1847) editada por Robert Willis.

Para as fontes secundárias, foi realizada busca no “Current Bibliography” da revista *Isis*, com a qual foram encontradas referências de artigos, livros, capítulos de livros e teses recentes e relevantes, escritos por historiadores da ciência relacionadas ao autor estudado, seu percurso de formação e diálogo com seus antecessores e

contemporâneos. Com essas referências em mãos, foi se desenhando o capítulo sobre a vida e obra de Harvey levando em consideração a discussão de trabalhos historiográficos anteriores, argumentando e fundamentando as contribuições de Harvey para a reelaboração do conhecimento médico e anatômico a respeito da circulação sanguínea.

A fim de contextualizar historicamente o pensamento e contribuições de Harvey, fez-se necessário uma discussão dos principais autores cujas obras foram relevantes na construção do conhecimento sobre a circulação sanguínea, como Hipócrates (460 a.C. – 370 a.C.), Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.), Galeno (129 d.C.- 200 d.C.), Miguel Serveto (1511-1553), Matteo Realdo Colombo (1516-1559) e Andrea Cesalpino (1525-1603). Os temas selecionados para pesquisa se relacionam ao coração, vasos sanguíneos e sangue e para a elaboração desta parte da pesquisa foram utilizados os mesmos instrumentos de busca bibliográfica já mencionados, além de bases indexadoras nacionais e internacionais de periódicos de história da ciência e medicina, bibliotecas de universidades e publicações da história da medicina disponíveis em inglês, espanhol e português.

Vale ressaltar que ao fazer isso não se tem por intenção diminuir a importância da contribuição do médico inglês para a fisiologia e anatomia. Na verdade, a intenção é alinhar a análise histórica a perspectivas mais atuais da história da ciência, que apresentam o conhecimento científico como produto de uma construção realizada pelos seres humanos e não como algo “descoberto” a partir do nada, pela ação de algum “gênio”. Além disso, o episódio se mostra propício para ilustrar o conhecimento científico como algo não resultante do trabalho individual, mas sim, de um processo intrinsecamente coletivo.

A pesquisa histórica subsidiou a elaboração de uma sequência didática (SD) para o Ensino Médio, com base na modelagem proposta por Méheut e Psillos (2004) e orientada pelos princípios do ensino por investigação (BANCHI e BELL, 2008; CARVALHO, 2014; PEDASTE, 2015) e com a utilização de fontes primárias. A SD foi desenvolvida para que o aluno possa adquirir: 1) conhecimento histórico (contribuições de Harvey contextualizadas nos conhecimentos precedentes e contemporâneos); 2) conhecimento científico (sistema circulatório); 3) conhecimento metacientífico (como a ciência é realizada, particularmente, a inserção social e cultural do conhecimento científico, sua natureza criativa e imaginativa e seu status

sujeito a mudanças, bem como habilidades de investigação científica, determinação teórica, elaboração de pergunta de investigação, análise de evidências).

Posteriormente, a SD foi validada junto ao grupo de pesquisa do Laboratório de História da Biologia e Ensino (LaHBE) do IB-USP composto por pós-graduandos e professores de Ciências e Biologia na rede pública e privada do Estado de São Paulo. A validação levantou sugestões que contribuíram com o aprimoramento da SD visando sua maior adequação diferentes realidades escolares.

Sendo assim, a presente dissertação tem por objetivos:

1. Desenvolver uma pesquisa em História da Ciência de modo a descrever e discutir a contribuição do médico inglês William Harvey (1578-1656) para a construção do conhecimento sobre a circulação sanguínea, contextualizando-o em relação aos conhecimentos precedentes e contemporâneos.
2. Tornar esse estudo histórico tema de uma sequência didática, planejada para alunos do Ensino Médio, priorizando a leitura de trechos da obra *De motu cordis* (1628) de William Harvey e norteada com base nos princípios do ENCI.

Embora as pesquisas histórica e pedagógica tenham sido feitas simultaneamente, optou-se por apresentá-las em duas partes separadas.

A Primeira Parte se refere ao estudo histórico das ideias de circulação sanguínea. O capítulo 1 descreve e discute obras de alguns antecessores de Harvey. O capítulo 2 segue com a biografia científica de Harvey e suas concepções apresentadas no livro *De motu cordis*.

A Segunda Parte consiste em três capítulos sobre a aplicação de História da Ciência no ensino. O capítulo 3 destina-se à discussão de referenciais da pesquisa pedagógica. A seção 3.1 apresenta a abordagem da História da Ciência e suas contribuições para a aprendizagem de conceitos científicos atuais e de aspectos de Natureza da Ciência. A seção 3.2 particulariza a discussão sobre o uso de fontes primárias como recurso didático. A seção 3.3 introduz a concepção de Meheut e Psillos para a sequência didática como instrumento de ensino e de pesquisa. A seção 3.4 relaciona as contribuições da sequência didática à alfabetização científica e ao Ensino por Investigação.

O capítulo 4 é voltado às metodologias da pesquisa. A seção 4.1 aborda os métodos de construção da sequência didática e a seção 4.2 descreve as etapas de validação da sequência.

O capítulo 5 apresenta os resultados e discussão das etapas de validação, a sequência didática e materiais instrucionais produzidos, por fim, são apresentadas as considerações finais da pesquisa realizada e as referências bibliográficas utilizadas.

PARTE 1: ESTUDO HISTÓRICO

1. CONHECIMENTOS ANTERIORES SOBRE A CIRCULAÇÃO SANGUÍNEA

O ano de 1628 é marcado pela contribuição de William Harvey (1578-1657) para o conhecimento médico e anatômico a respeito da circulação sanguínea, com a publicação de *Exercitatio anatómica de motu cordis et sanguinis animalibus* (Estudo anatômico sobre o movimento do coração e do sangue nos animais), corriqueiramente abreviado para *De motu cordis*, como será citado neste trabalho. Entretanto, a formulação da doutrina da circulação do sangue foi resultado de um conhecimento construído desde a Antiguidade até o início do século XVII. Harvey utilizou os conhecimentos de seus antecessores, refez experimentos, dialogou com contemporâneos e acumulou novas observações anatômicas (REBOLLO, 2012, p. 61). Assim, apesar do mérito de seu trabalho, marcado por dedicação e independência, Harvey não fez tudo sozinho. Para se ter uma perspectiva preliminar da amplitude das fontes com as quais dialogou, serão apresentadas a seguir alguns dos pressupostos que constituíram a tradição médica do período.

1.1 Hipócrates, Aristóteles e Galeno

Hipócrates de Cós (460 a.C-370 a.C)¹ tem seu papel reconhecido em desvincular o conhecimento médico do conhecimento mítico de sua época. Ao longo de sua vida ele desenvolveu e divulgou conceitos inovadores a respeito do tratamento e compreensão de diversas doenças, levando em consideração a ação do ambiente e da alimentação no corpo humano. Também é conhecido por elaborar os primeiros padrões e regras éticas a serem seguidas na profissão médica, que ainda são válidas hoje (ORFANOS, 2007, p. 854, NOGUEIRA et al., 2009). Seus escritos compõem o *Corpus hippocraticum* (Corpo hipocrático), na verdade, uma coletânea de tratados com doutrinas e concepções médicas que representavam as ideias de vários autores da época, em diversas edições (REBOLLO, 2006, p. 45).

---

¹ Pouco se sabe a respeito do médico grego Hipócrates de Cós (460 a.C-370 a.C). Provavelmente, foi membro de uma espécie de corporação de médicos ligados por laços familiares e/ou profissionais que ensinou medicina mediante pagamento e que desfrutou, em vida, de grande renome. Ele aprendeu os rudimentos da profissão com o pai, também médico, e clinicou em vários lugares. Escreveu a respeito de diversos assuntos médicos, desenvolvendo e divulgando conceitos a respeito da arte médica (RIBEIRO JR, W.A, 2003).

Em que pese a amplitude de sua contribuição, por muitos séculos, à prática médica e aos estudos nos diferentes campos da medicina, serão tratados aqui apenas os temas abordados por Hipócrates que guardam alguma relação com o desenvolvimento da concepção da circulação sanguínea no século XVII, por William Harvey. Os temas selecionados para serem tratados aqui se relacionam ao coração, vasos sanguíneos e sangue.

Com base em seus estudos anatômicos, Hipócrates descreveu o coração como um músculo de forma piramidal e cor vermelho-escura, possuindo dois ventrículos distintos (um maior, outro menor) e coberto por uma túnica lisa, sob a qual haveria um pouco de líquido, semelhante à urina, a fim de proteger o coração (HIPÓCRATES, 2002, p. 93).

Ele considerava a função do coração bastante distinta da atual e ligada à distinção entre os seres vivos e os corpos sem vida, o calor. Assim, para Hipócrates a importância do coração estava em ser a sede do “fogo natural”², que se localizava no ventrículo da esquerda, menor e com asperezas que serviam à retenção do calor (HIPÓCRATES, 2002, p. 93). O ar que chegava aos pulmões era necessário para refrescá-lo e, como sede do fogo natural, o coração necessitava de uma quantidade ideal daquele líquido circundante para manter-se na temperatura adequada (HIPÓCRATES, 2002, p. 92).

Quanto aos vasos sanguíneos, que Hipócrates denominava “veias”, dizia que elas se encontram na parte superior do crânio, fixando-se próxima ao osso³. Todas elas se comunicam e desembocam umas nas outras, umas se encontram e se juntam, enquanto outras se comunicam através de veias bem menores “que partem das que alimentam as carnes” (HIPÓCRATES, 2002, p. 83). A “grande veia” (artéria pulmonar ou aorta), segundo Hipócrates, é a fonte da natureza humana, como rios que regam o corpo e que lhe dão vida, sendo assim, quando secam, o homem morre (HIPÓCRATES, 2002, p. 93).

Hipócrates acreditava que o coração e as veias eram obra de um artista habilidoso, pois a estrutura e funcionamento do coração lhe pareciam perfeitas para a sua função. O ar é necessário ao coração para refrescá-lo e as aurículas são como

---

² O coração era considerado fonte de calor para o corpo, este calor devia ser harmonizado com o frio que chegava a partir do ar inspirado. A expiração por sua vez prevenia o excesso de frio que poderia destruir o calor totalmente (BYNUM, 2011, p. 20 e REBOLLO, 2006, p. 56).

³ É possível notar que Hipócrates confundia assim os nervos com os vasos sanguíneos.

foles que controlam o seu calor, enquanto o coração bate, elas se incham e desincham isoladamente. Para ele, algumas estruturas ainda deveriam ser explicadas, como as “membranas ocultas”⁴ semelhantes às teias de aranha, que se estendem nos ventrículos projetando filamentos na substância sólida do coração. Os filamentos são as ligações entre as vísceras e os vasos e dão início à aorta (HIPÓCRATES, 2002, p. 94-96).

O ventrículo direito envia sangue ao pulmão para alimentá-lo através da artéria pulmonar e recebe uma pequena quantidade de ar por meio da mesma artéria cujas válvulas não se fecham hermeticamente. O ventrículo esquerdo recebe ar pelas veias, mas como ele não contém sangue, não pode enviá-lo; em compensação, ele é a sede do fogo natural e da inteligência do homem, comandando também a alma (HIPOCRATTE, 1861, p. 76-77).

Isso mostra que Hipócrates concebia a movimentação do sangue no corpo, incluindo a sua passagem entre o coração e o pulmão. Assim, a demonstração da circulação sanguínea por William Harvey não significa que seus predecessores, desde a Antiguidade, não soubessem que o sangue *se movimenta* no interior de vasos ao longo do corpo.

Por sua vez, o filósofo grego Aristóteles (384 a.C-322 a.C) dedicou-se ao estudo de diversos temas. Além das obras de filosofia, física e astronomia, ele empregou muito de seu tempo e esforço aos estudos biológicos. A ascendência de Aristóteles sobre os conhecimentos dos seres vivos se fez notar por muitos séculos, incluindo os estudos de Galeno e Harvey. Suas contribuições são importantes não somente no campo conceitual, mas também no metodológico, por meio de observações comparadas de diferentes tipos de animais. Aristóteles estabeleceu a necessidade de conhecer a função de cada órgão para o organismo, destacando a importância de compreender como cada um dos aspectos, fenômenos ou partes do organismo contribui para essa determinada função (MARTINS 1990, p.167). Assim, a sua metodologia fisiológica pode ser considerada teleológica, na medida em que buscava explicar os fenômenos com base em suas “causas finais”, ou seja, em seu fim, objetivo, propósito, finalidade. Mas é importante notar que, ao atribuir finalidades aos fenômenos naturais, Aristóteles não atribuía qualquer planejamento consciente nem aos animais, nem à natureza em si (MARTINS, 2013, p. 183).

---

⁴Entendidas atualmente como as válvulas cardíacas: Mitral, tricúspide, aórtica e pulmonar.

Uma de suas maiores obras, *Historia animalium* (História dos animais)⁵ possui principalmente a descrição e discussão das características de diferentes tipos de animais (estima-se que, no conjunto de sua obra, Aristóteles mencionou cerca de 500 espécies diferentes de animais). Nesse livro, Aristóteles analisou diferentes animais por meio de estudos comparativos, examinando as semelhanças e diferenças entre os órgãos de animais distintos, fazendo o que hoje é chamado de anatomia e morfologia comparadas. Em outra obra biológica, *De partibus animalium* (Das partes dos animais), ele dedicou-se mais especialmente ao que hoje situamos no âmbito da fisiologia, descrevendo estruturas, fenômenos e funções das “partes” dos animais, como órgãos e tecidos, e explicando o funcionamento dos mesmos dentro dos organismos vivos (MARTINS, 2015 p. 45-46). Nessas obras encontram-se suas ideias a respeito do sangue, coração e vasos.

Para Aristóteles, assim como era para Hipócrates, o ser vivo, como todos os corpos do mundo sublunar, é formado pela combinação de quatro elementos: terra, fogo, ar e água, que resultam nas qualidades “frio-quente, úmido-seco”. O equilíbrio de proporção entre esses elementos constitui os substratos que todos os seres vivos necessitam para a formação dos tecidos comuns do corpo, como ossos, pele, carne e sangue (ARISTOTELES, 2010, p. 40).

Ele acreditava que o sangue era extremamente importante para a organização dos seres vivos, e que era produzido a partir da cocção dos alimentos digeridos. Sendo assim, a natureza do alimento exercia forte influência na qualidade do sangue. No início do desenvolvimento do animal ele é produzido primeiramente no coração, antes mesmo da diferenciação de outras partes do organismo. De natureza úmida, tem a função de nutrir o corpo (ARISTOTELES, 2010, p. 69; 2006, p. 151).

Segundo Aristóteles, o coração de todos os animais fica no centro da cavidade peitoral, mas no homem, ele se inclina para a esquerda, para compensar o frio maior dessa parte do corpo – ele considerava que no homem, o lado esquerdo do corpo era mais frio que o direito (ARISTÓTELES, 2010, p. 39). O coração é ainda suprido por uma grande quantidade de tendões que permitem o seu movimento de contração e relaxamento.

Para Aristóteles, o coração dos grandes animais possui três cavidades, e nos animais menores, duas ou apenas uma – como o coração é um receptáculo para o

---

⁵ A palavra história, na época, não significava algo relacionado ao tempo ou a histórias, na verdade, ela se refere ao estudo e a investigação.

primeiro sangue do organismo, ele é formado de pelo menos uma cavidade, em todos os animais. Aristóteles considera melhor o coração que possui três cavidades, pois assim a cavidade do meio pode servir como centro comum a ambos os lados. A cavidade esquerda possui sangue em menor quantidade e mais frio, já na cavidade direita o sangue é mais quente e em maior quantidade. No coração de três cavidades, a do meio possui sangue em quantidade e calor intermediário, embora de qualidade mais pura. Aristóteles considerava que cada lado possui o seu próprio sangue e que o sangue de um lado fica sempre separado do sangue do outro lado (ARISTOTELES, 2006, p.79). Essa descrição dos diferentes tipos de coração evidencia o método comparativo adotado pelo filósofo grego no estudo dos animais, como mencionado anteriormente.

O coração é o centro da vida, o primeiro órgão a ser formado e último a perecer. Os vasos e ramificações se estendem a partir do coração com a função de transportar o sangue para levar os componentes que formam as partes do corpo. Do coração partem dois vasos principais, que ele denominava de “grande veia”⁶ e também a aorta, sendo que cada uma é princípio de todos os outros vasos do corpo. Do coração parte um conduto até o pulmão que se subdivide em dois condutos menores, acompanhando as divisões da traqueia por todo o pulmão. Ou seja, como Hipócrates, Aristóteles conhecia a passagem do sangue do coração ao pulmão (ARISTOTELES, 2006, pp. 120-121).

Os condutos que chegam até o coração estão acima e não existe entre eles nenhuma passagem comum. Entretanto, devido à proximidade entre as paredes dos vasos da traqueia e dos vasos dos pulmões, recebem o “sopro” (ar) que é enviado ao coração, um dos condutos leva o sopro à cavidade direita e outro à cavidade esquerda. O pulmão, depois do coração, é o órgão que recebe a maior quantidade de sangue e tem como função principal a refrigeração do corpo ou o resfriamento do calor animal. Ele recebe do coração seu princípio de movimento, e sua natureza esponjosa e seu grande tamanho oferecem amplo espaço para a entrada de ar. O ar entra quando o pulmão dilata e quando ele contrai o ar é expulso, assim, o coração recebe ar dos pulmões diariamente, para em seguida, enviá-lo misturado com sangue aos vasos (ARISTOTELES, 2006, pp. 120-121; ARISTÓTELES, 2010, p. 80).

---

⁶ Denominadas atualmente como veia cava superior e veia cava inferior.

O alimento, após passar pela cocção no intestino e fígado, segue para o coração por meio da veia cava inferior, devido ao calor que lá reside, sofre ebulição que infla o coração, fazendo o sangue escapar pelos vasos que o distribuem pelo corpo. Logo após, o coração contrai e esse processo ocorre constantemente, sem descanso. O movimento do sangue é então centrífugo, partindo do coração para atingir as extremidades do corpo, por meio de vasos que vão gradualmente se tornando menores até que, nas extremidades, estão tão finos que não admitem mais o sangue em seu interior. Essa observação anatômica permite notar que ele não poderia conceber um movimento circular do sangue no organismo (ARISTÓTELES, 2010, p. 123).

Galeno de Pérgamo (129 d.C. - 200 d.C.) foi um médico e filósofo grego que ainda jovem fixou residência em Roma, estabelecendo-se como o médico mais importante do Império Romano. Ele se tornou conhecido por suas demonstrações anatômicas públicas. A partir da vivissecção de animais, Galeno desenvolveu teorias fisiológicas que influenciaram a medicina ocidental por mais de um milênio. Comentou e corrigiu diversas ideias contidas no *Corpus hippocraticum* e sua interpretação foi fundamental para a difusão do legado hipocrático na medicina ocidental e oriental (REBOLLO, 2006, p.72). Reconhecendo a importância de Galeno para o pensamento médico como um todo, trataremos aqui apenas de suas concepções acerca do sistema sanguíneo, muitas delas aceitas até a publicação de *De motu cordis* por William Harvey em 1628 (HANKINSON, 2008, p. 91).

Para Galeno, o sangue e os “espíritos naturais”⁷ são produzidos no fígado a partir dos alimentos⁸, ambos são responsáveis pela nutrição do corpo. O sangue, então, sobe ao coração e ao pulmão, onde se formam os “espíritos vitais” ou “pneumas” responsáveis pela vivificação e refrigeração corporal e, por fim, sobe ao cérebro, onde se formam os “espíritos animais” com funções de sensibilidades, movimento e pensamento (GALENO, 1994 *apud* REBOLLO, 2012, p. 68).

---

⁷ Galeno postula a existência de almas ou espíritos, princípios materiais produzidos no corpo. Os espíritos naturais, vitais e animais eram formados em órgãos diferentes do corpo e possuíam funções específicas essenciais para o funcionamento do organismo (REBOLLO, 2006, p.68).

⁸ A partir dos alimentos há a formação do quilo, no estômago e no intestino, que, posteriormente, é carregado por várias veias até o fígado. O quilo sofre uma segunda cocção que elimina suas impurezas, estas, que serão enviadas à vesícula biliar, ao baço e por fim, aos rins para serem expulsas. No fígado ocorre o aperfeiçoamento do sangue, onde adquire a cor vermelha e recebe os espíritos naturais. Como o sangue é consumido pelas partes do corpo, deve ser repostado pelos alimentos que fornecem seu substrato básico (GALENO, 1994 *apud* REBOLLO, 2012, p. 71, 73).

Os três principais órgãos do corpo, para Galeno, são o cérebro, fígado e coração. O primeiro é o principal órgão do pensamento, movimento e sensibilidade; lá são formados os nervos e os “espíritos animais”. O fígado é essencial no processo de “sanguificação” e dele partem as veias. O coração é fonte do “calor inato”, possui apenas uma cavidade nos animais que não possuem pulmão e duas cavidades nos animais que o possuem (GALENO, 1994 *apud* REBOLLO, 2012, p. 69).

Em relação ao coração, ele acreditava que cada uma de suas metades faz parte de um dos dois sistemas de vasos anatomicamente independentes e preenchidos por conteúdos diferentes. Do lado direito se tem o “sistema venoso”, formado pelas veias que contém apenas sangue e do lado esquerdo o “sistema arterial”, juntamente com o pulmão, pois contém sangue impregnado de “espíritos vitais” produzidos no coração pelo ar espirado (GALENO, 1994 *apud* REBOLLO, 2012, p. 69).

Entre o sistema arterial e venoso, Galeno acredita que há dois tipos de comunicação, a que ocorre entre as veias e artérias e através da parede que separa as duas cavidades cardíacas. No septo cardíaco há pequenos poros que permitem a passagem do sangue do lado direito para o lado esquerdo do coração, e entre veias e artérias, há passagens ou anastomoses, também mencionadas por Erasístrato (304-250 a.C.)⁹. O sangue é então produzido no fígado, de onde partem duas veias de maior calibre, uma descendente e outra ascendente (veia cava inferior e superior). Destas são originadas todas as outras veias do corpo, a partir de bifurcações e prolongamentos (GALENO, 1994 *apud* REBOLLO, 2012, p. 69).

Para Galeno, o coração e o pulmão estão intimamente unidos pela artéria venosa (veia pulmonar) e ambos compartilham de uma mesma função, a de formação e distribuição dos espíritos vitais. O lado esquerdo do coração possui duas entradas que recebem ar e sangue, o septo poroso (parede que separa as duas cavidades cardíacas) e a veia pulmonar, e uma saída, a aorta, por onde o produto final (sangue arterial) é liberado (GALENO, 1994 *apud* REBOLLO, 2012, p. 70).

Para Galeno, o sangue contém partes coaguláveis compostas de fibras; uma parte espessa e mais escura que, em contato com o ar, readquire a cor púrpura (constituindo o que se sabe hoje ser a massa de glóbulos vermelhos) e uma parte de

---

⁹Erasístrato (304a.C.-250a.C) foi um médico grego, fundador da escola de anatomia de Alexandria com Herófilo (335a.C.-280a.C.). Realizou diversas pesquisas na fisiologia cardiovascular, identificado as válvulas cardíacas, estabeleceu distinções entre veias e artérias e propôs um tipo de comunicação entre os vasos, a anastomose (KEY et al., 1979).

cor amarelo avermelhada, mais fluida (hoje chamada “soro”). O sangue arterial é mais sutil e vermelho claro e o sangue venoso, mas espesso e de cor vermelho escuro. As paredes da artéria pulmonar e suas ramificações são mais espessas devido à pequena quantidade de sangue não denso enviado aos pulmões, que possui estrutura tênue (GALENO, 1994 *apud* REBOLLO, 2012, p. 73).

Nota-se, portanto, que Galeno percebe diferenças entre as artérias e as veias e explica que a espessura das paredes arteriais é apropriada para que somente escape delas a parte mais sutil do conteúdo sanguíneo. O sangue é distribuído pelas veias e irrigado pelos “espíritos naturais”, retirando as impurezas e fuliginosidades. Essa passagem, infere Galeno, é possível devido às paredes finas das veias, que não oferecem impedimento para a saída do sangue. O sangue é consumido pelas partes do corpo, e por isso, precisa ser repostado pelos alimentos que fornecem seu substrato básico. Sendo assim, cada parte do corpo possui propriedades¹⁰ que atraem ou repelem o sangue, sendo atraído pelo vazio das veias (GALENO, 1994 *apud* REBOLLO, 2012, p. 72).

Para ele a artéria pulmonar é maior que a veia cava inferior principalmente porque recebe sangue refinado e vaporizado pelo calor do coração e também devido ao fato de dividir o volume de sangue recebido pela veia cava inferior através do septo poroso (GALENO, 1994 *apud* REBOLLO, 2012, p. 73 -74).

Já a aorta é maior que a veia pulmonar porque envia o “pneuma”¹¹ que chega às veias pulmonares e o sangue que vem do lado direito do coração. Além disso, dela partem também as outras artérias do corpo. Para Galeno, todas as veias e artérias contêm sangue, contrariando seus predecessores Hipócrates (460a.C.-370 a.C.) e Aristóteles (384a.C.-322a.C.) que acreditavam que as veias continham sangue e as artérias apenas ar¹², entretanto, Galeno não nega que a veia pulmonar contenha também ar e vapores fuliginosos. Em todo o corpo, as artérias se abrem para as veias

---

¹⁰ Essas propriedades se referem às “faculdades naturais” que explicam a capacidade das partes do corpo, ou seja, as partes do corpo cumprem suas funções graças às faculdades naturais e cada processo fisiológico tem uma faculdade natural que o explica. Estas, por sua vez, são de dois tipos: aquelas que agem sobre todo o corpo e aquelas que são particulares a cada órgão. Podem ser atrativas, retentoras, expulsivas, etc. (REBOLLO, 2006, p.68).

¹¹ Para Galeno, o pneuma ou espírito vital é responsável pela refrigeração e vivificação corporal, elaborado no ventrículo esquerdo ou cavidade pneumática a partir do ar que recebia o do pulmão por meio da veia pulmonar (GALENO, 1994 *apud* REBOLLO, 2012, p. 69)

¹² Essa crença decorria dos estudos realizados *post mortem* em que devido à ausência da contração cardíaca o sangue retornava ao coração pelas veias e não seguia novamente através das artérias (SINGER, 1996).

e trocam entre si o “pneuma” através de aberturas minúsculas e extremamente finas (GALENO *apud* REBOLLO, 2012, pp. 73-74).

Quanto aos movimentos de sístole e diástole e o repouso intermediário, Galeno explicava que são causados por uma fibra que reveste o coração, diferente das fibras presentes nos músculos. Um movimento semelhante, de acordo com ele, é produzido pelo pulmão, acompanhando o movimento do tórax (GALENO *apud* REBOLLO, 2012, pp. 72-73).

Em relação às válvulas cardíacas¹³, Galeno apontava a existência de quatro aberturas no coração. Três delas, com três membranas: duas válvulas semilunares, permitindo a saída do sangue e impedindo seu retorno à aorta e artéria pulmonar, e uma válvula tricúspide, na entrada da veia cava que permite a entrada do sangue, sendo maior e mais espessa que as outras. A quarta abertura, com duas membranas: válvula bicúspide ou mitral, presente na entrada da veia pulmonar, permite a entrada do ar, ou pneuma, que chega ao pulmão (GALENO, 1994 *apud* REBOLLO, 2012, p. 75).

Nos catorze séculos após a morte de Galeno, suas concepções sobre a estrutura e função do coração, veias e artérias continuaram sendo aceitas pelos médicos ocidentais. Contradizer essas ideias representava uma heresia durante a Idade Média. Mas esse quadro mudou quando, em meados do século XVI, alguns estudantes de medicina produziram conhecimentos sistemáticos com diferenças em relação não apenas a Galeno, mas aos outros autores da Antiguidade tratados aqui (FRIEDMAN e FRIEDLAND, 2001, p. 40). A próxima seção é dedicada a esses renascentistas.

1.2 Serveto, Colombo e Cesalpino

A fisiologia do teólogo espanhol Miguel Serveto (1511-1553)¹⁴ seguiu a tradição de Galeno, sendo original, contudo, na negação da existência dos poros no septo do coração e na postulação de um trânsito sanguíneo pulmonar (REBOLLO, 2012, p. 78). Serveto não conseguiu observar as pequenas aberturas do septo cardíaco,

---

¹³ As válvulas cardíacas já haviam sido anteriormente identificadas por Erasístrato (304-250 a.C) que descreveu as válvulas tricúspide e semilunar do lado direito do coração e a semilunar e bicúspide do lado esquerdo (REBOLLO, 2012, p.75).

¹⁴ Miguel Serveto (1511 -1553) publicou a obra *Christianismi Restitutio* em 1546, composta por 734 páginas separadas por sessões que combinam sua doutrina teológica com o conhecimento médico e anatômico da época. Apesar de usar argumentos anatômicos, sua preocupação é essencialmente teológica. Suas ideias religiosas, contudo, levaram-no à condenação e prisão aos 42 anos (REBOLLO, 2012, p. 77).

considerando-o, portanto, impenetrável. Desta forma a única maneira do sangue do ventrículo direito chegar ao ventrículo esquerdo era passando pela artéria pulmonar e pelo pulmão (FRIEDMAN e FRIEDLAND, 2001, p. 41).

Até a época de Serveto, segundo a tradição de Galeno, a função da artéria pulmonar era essencialmente a de nutrir os pulmões. Entretanto, Serveto observou que o tamanho da artéria pulmonar era maior, devendo, portanto, ter outra função além do que a de meramente nutrir o pulmão. Sendo assim, ele concluiu que a artéria pulmonar, além da nutrição dos pulmões, servia também para possibilitar a passagem do sangue pelo pulmão e seu retorno ao ventrículo esquerdo do coração (SERVETO *apud* REBOLLO, 2012, p. 80).

Serveto ainda sugeriu a existência de um novo tipo de vaso que comunica as veias com as artérias e estas com os nervos, possibilitando, no pulmão, as trocas sanguíneas entre veias e artérias. Uma inovação importante introduzida por Serveto foi o conhecimento de que o sangue venoso, ao passar pelos pulmões, se tornava sangue arterial (SERVETO *apud* REBOLLO, 2012, p. 80).

Já o ventrículo esquerdo, segundo Serveto, é muito pequeno para nele ocorrer a mistura de ar com o sangue, sendo assim, ele acreditava que essa mistura teria que ocorrer no pulmão. A mesma é um estágio preparatório para a produção dos “espíritos vitais” e é nesse instante que o sangue se torna claro e brilhante. A veia pulmonar, então, carrega essa mistura para o ventrículo esquerdo, na diástole, permitindo assim a transformação da mistura de sangue refinado e ar em espírito vital, em um processo causado pelo calor inato do coração. Concordando com Galeno, Serveto considerava que ao mesmo tempo que o espírito vital é produzido no ventrículo esquerdo do coração, os vapores fuliginosos, resíduos produzidos no processo, eram expelidos para os pulmões por meio da veia pulmonar (SERVETO *apud* REBOLLO, 2012, p. 80).

O italiano Matteo Realdo Colombo (1516-1559)¹⁵, contemporâneo de Serveto, tinha ideia da passagem do sangue pelos pulmões. Explicava que o sangue saía do ventrículo direito, seguindo para os pulmões, não apenas para nutri-los, mas, também,

---

¹⁵ Matteo Realdo Colombo (1516-1559) iniciou sua carreira como farmacêutico se tornando posteriormente assistente de cirurgia. Estudou Artes e Medicina na Universidade de Pádua. Publicou *De re anatómica* em 1559, obra que foi distribuída por toda Europa (FRIEDMAN e FRIEDLAND, 2001, p. 44; REBOLLO, 2012, p. 81).

para aperfeiçoar o sangue que volta ao coração. Confirmava, desse modo, a circulação pulmonar do sangue.

Colombo fez também importantes observações a partir de vivissecções de animais, revelando a existência de válvulas nos quatro vasos que entram e saem dos ventrículos esquerdo e direito do coração. Afirmava que essas válvulas permitem o fluxo de sangue em apenas uma direção, do ventrículo direito para os pulmões, de volta para o ventrículo esquerdo e então para a aorta (FRIEDMAN e FRIEDLAND, 2001, p. 43).

Colombo descreveu a fase de contração e relaxamento dos ventrículos e além disso, contrariando a opinião médica do período, concluiu que a veia pulmonar, que saía dos pulmões para se esvaziar no ventrículo esquerdo transportava apenas sangue, não ar (FRIEDMAN e FRIEDLAND, 2001, p. 44).

Ele concluiu sobre a existência de pequena circulação sanguínea, a partir da dissecação de humanos e vivissecção de animais, bem como numerosos experimentos anatômicos. A partir de seus estudos, afirmou que não há poros no septo interventricular, sendo assim, o sangue não pode chegar ao ventrículo esquerdo do coração, atravessando-o. Ele afirmou também que a artéria pulmonar deve possuir outras funções além da nutrição dos pulmões, pois seu tamanho é muito maior do que o necessário para tal função. Assim como Serveto, ele explicou que o tamanho da artéria pulmonar é uma consequência de sua função primordial, a de levar o sangue da cavidade direita do coração aos pulmões. Esse sangue é revitalizado e enviado à veia pulmonar para chegar ao ventrículo esquerdo do coração, de onde pode ser distribuído para o corpo. Seus experimentos mostraram que a veia pulmonar nasce no pulmão e não no coração, uma vez que não pulsa, explicação esta que Colombo concorda com Galeno quando diz que a pulsação depende do coração (COLOMBO *apud* REBOLLO, 2012, pp. 81-82).

Colombo explicou também a função atualmente aceita das válvulas cardíacas, concluindo que elas são competentes para impedir totalmente o retorno do sangue ao coração. Contrariava, portanto, nesse aspecto, Galeno e outros anatomistas que acreditavam que as válvulas cardíacas controlavam apenas parcialmente o fluxo do sangue, que poderia retornar ao coração. (COLOMBO *apud* REBOLLO, 2012, p. 82).

Apesar de aceitar a ideia de calor inato do coração e defender a concepção tradicional dos espíritos vitais como fonte de vida, Colombo negou a produção de vapores fuliginosos, rompendo, portanto, nesse aspecto também, com uma longa

tradição. Para ele, é impossível que os vapores retornem pela veia pulmonar para chegar ao pulmão para serem expelidos, já que as válvulas na entrada dessa veia impediam o refluxo.

A partir das vivisseções animais, Colombo identificou um fenômeno ainda não observado: quando o coração dilata, as artérias contraem, e quando o coração contrai, as artérias dilatam. Outra novidade que ele acrescentou ao conhecimento da época foi em relação ao que ocorre nos movimentos do coração. Colombo considerou que quando o coração está cheio, executa o movimento de contração e expulsa o sangue, relaxando e recaptando o sangue. Essas ideias eram diferentes das apresentadas por Galeno, que acreditava que a pulsação das artérias era provocada pela expansão do movimento de diástole do coração e que quando o coração dilatava, propagava sua *vis pulsativa* às paredes das artérias que por sua vez, permitiam a atração do sangue pelas partes do corpo (COLOMBO *apud* REBOLLO, 2012, pp. 84-85).

Colombo morreu logo após a publicação de seu trabalho. Sua obra não causou muito impacto, a princípio, principalmente porque as teorias de Galeno ainda eram amplamente aceitas. Nessa época, as palavras de Galeno eram ainda consideradas como uma verdade única e estabelecida. Entretanto, no século seguinte (século XVII), a maioria dos anatomistas passou a seguir suas ideias e utilizar o seu texto, considerado claro e didático (COLOMBO *apud* REBOLLO, 2012, p. 86).

Um discípulo de Colombo, o italiano Andrea Cesalpino (1525-1603)¹⁶ escreveu diversos tratados médicos e botânicos. Cesalpino questionou Galeno em vários aspectos, procurando ajustar seu sistema de explicação ao de Aristóteles, como o papel do coração enquanto fonte ou princípio das veias, artérias e nervos do corpo e a função de refrigeração pelo pulmão (CESALPINO *apud* REBOLLO, 2012, p. 87).

Sua principal contribuição foi afirmar a direção centrípeta do sangue nas veias. Assim, esse autor já reconheceu, antes de Harvey, o movimento do sangue das veias em direção ao coração e do coração em direção às artérias do corpo. A consequência direta disso era reconhecer a existência, antes de Harvey, de um movimento perpétuo do sangue, em circuito fechado dentro do corpo.

Isso ocorreu quando Cesalpino investigava as causas do aumento distal de uma veia amarrada, um fenômeno muito conhecido pelos médicos e cirurgiões da época que preparavam uma veia para a sangria, aplicando uma ligadura para o

---

¹⁶ Cesalpino (1525-1603) foi médico, botânico e filósofo. Em 1551, formou-se em Medicina na Universidade de Pisa (REBOLLO, 2012, p. 87).

sangue acumular-se imediatamente além dela e não antes (observação comumente atribuída apenas a Harvey). Cesalpino concluiu então que a razão principal do aumento era o acúmulo de sangue que queria chegar ao coração, e que era impedido pela ligadura. Para ele, a única explicação para o ocorrido é que a direção do sangue nas veias é centrípeta. O contrário ocorria com as artérias que, quando amarradas, apresentavam um aumento ou inchaço proximal, mostrando que a direção do sangue nas artérias era oposta àquela das veias. Como consequência dessas observações, é que Cesalpino deduziu o movimento perpétuo do sangue em um sistema fechado (CESALPINO *apud* REBOLLO, 2012, p. 88).

No entanto, ao mesmo tempo, mantendo-se afeito às ideias de Aristóteles em relação à função do sistema cardiovascular, Cesalpino acreditava que seu principal papel é a nutrição das partes, com o fornecimento de sangue e espírito, ambos agregados pelo calor do coração. Assim, existiriam, para ele, como que dois sistemas de irrigação do corpo, já que uma parte do sangue das veias não volta ao coração, sendo retido pelas artérias, e uma parte do sangue atravessava os poros entre os ventrículos, chegando ao lado esquerdo do coração (CESALPINO *apud* REBOLLO, 2012, pp. 89-91).

Além da observação de que a obstrução temporária de uma veia no braço ou na perna se seguia à distensão da veia abaixo da obstrução, Cesalpino notou que a veia cava, quando desemboca no átrio direito, tem diâmetro maior do que ao sair do fígado. Ele concluiu, sabemos agora, erroneamente, que essa diferença era prova de que a veia cava levava sangue do coração e não para o coração (FRIEDMAN E FRIEDLAND, 2001).

2. WILLIAM HARVEY (1578-1656) E A CIRCULAÇÃO SANGUÍNEA

William Harvey (1578-1656) apresentou a doutrina da circulação do sangue em 1628, em um tratado de 17 capítulos, o *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus* (Exercícios Anatômicos sobre o Movimento do Coração e Sangue nos Animais), considerado seu trabalho mais importante. O tratado foi resultado de nove anos de observações e demonstrações anatômicas de animais e humanos. A publicação causou grande impacto entre médicos, filósofos e anatomistas do período, gerando diversos comentários e refutações, principalmente porque as ideias de Harvey sobre a circulação implicavam a quebra de autoridade e do conhecimento tradicional que era aceito na época (REBOLLO, 2013, p. 19-20).

A seguir são apresentados aspectos da biografia científica de Harvey, isto é, de sua vida e obra, e então será discutido suas ideias a respeito da circulação sanguínea.

2.1 Vida e obra

William Harvey nasceu no dia primeiro de abril de 1578 em Folkstone, Kent, no sul da Inglaterra. Filho mais velho de Joan Halke e Thomas Harvey, possuía sete irmãos e duas irmãs. Aos dez anos de idade, Harvey foi colocado na *King's School* em Canterbury, uma das escolas mais antigas da Inglaterra, onde iniciou o estudo de latim e grego, permanecendo até cerca de quinze anos de idade. Ainda aos quinze anos, foi levado para *Caius College*¹⁷ em Cambridge onde ele passou de três a quatro anos para obter o título de bacharel em Artes, necessário para a obtenção do grau de doutor em Medicina. Esse curso incluía estudos sobre gramática, astronomia, matemática e filosofia e os estudantes ainda precisavam cumprir residência por quatro anos, assistir as aulas especiais e participar de alguns exercícios acadêmicos. O currículo ainda incluía o estudo de algumas obras de Aristóteles, Plínio, Platão, Euclides, entre outros escritos de autores clássicos gregos. Quanto à formação médica, estudava-se os tratados que pertenciam ao *Corpus Hipocraticum* e obras de

---

¹⁷ O *Caius College* era a melhor opção para aqueles que pretendiam seguir carreira médica. Foi fundado por John Caius, médico formado em Pádua que empregou sua fortuna obtida com a prática médica na reforma e construção do *Caius College*, preparando-a para a formação da carreira. Em 1572, um arcebispo doou ao *College* uma bolsa para o curso de medicina. Com a bolsa, o estudante poderia lá morar e estudar por seis anos. Em 1593 Harvey foi escolhido para receber a bolsa, permanecendo com ela durante o tempo que ficou no *College* (REBOLLO, 2012, p.44).

Galeno. Lá, Harvey obteve seu diploma em 1597 (WILLIS, 1847, p. 19; REBOLLO, 2012, p. 45).

Dois anos depois, em 1599, Harvey foi estudar medicina em Pádua¹⁸, na Itália, a maior escola de medicina da época. Apesar de ser oferecida formação médica em Cambridge, os alunos podiam viajar para continuar seus estudos médicos em outras universidades consideradas superiores. Em Pádua, ele se dedicou ao estudo de medicina prática e teórica. O currículo da época girava em torno da fisiologia e anatomia de Hipócrates, Aristóteles e Galeno (REBOLLO, 2010, p. 313 e 316) e por isso Harvey também pode estudar mais profundamente as obras desses autores, obtendo o título de Doutor em Medicina aos 24 anos, em 1602. Para a obtenção desse título era preciso ter estudado por três anos no mínimo, ter assistido a todas as aulas, disputado publicamente com um médico formado, participado das leituras e aulas públicas, além de praticar a medicina por um ano no mínimo com a supervisão de um médico reconhecido (REBOLLO, 2012, p. 48).

Em Pádua, Harvey foi aluno de Fabricius d'Acquapendente (1537-1619)¹⁹, e tornou-se seu assistente em 1600, por isso, é provável que ele tenha visto uma demonstração das válvulas das veias bem antes de ser publicada em 1603, em *De Venarum Ostioliis*. Nesse tratado, Acquapendente explica que as válvulas têm a função de impedir o forte escoamento do sangue para os membros inferiores, evitando assim, que a parte superior do corpo ficasse com pouco sangue. Foi em Pádua também, onde Andreas Vesálio (1514-1564), Matteo Realdo Colombo (1516-1559) e Gabrielle Falópio (1523-1562) ocuparam sucessivamente a cadeira de anatomia antes de Acquapendente. Após a obtenção do título de Doutor em Medicina, Harvey voltou para Londres, entretanto, para exercer a profissão na Inglaterra, era necessário obter uma autorização, emitida pelo *London Collage of Physicians*, conseguida em 1607

---

¹⁸ A Universidade de Pádua era considerada o melhor centro europeu para o estudo da medicina no século XVI. Estudantes não italianos buscavam obter o doutorado em medicina em Pádua, após a conclusão do bacharelado em artes em outras instituições. O sucesso da Universidade está relacionado à fatores sociais e políticos, como o respeito às liberdades civis, políticas e religiosas, apoio institucional da República de Veneza, como também à riqueza da cidade e a sua demanda crescente por profissionais bem formados. Além disso, o currículo médico era tradicional e baseado nas obras de Hipócrates, Galeno e Aristóteles (REBOLLO, 2010, p.308).

¹⁹ Fabricius d'Acquapendente (1537-1619), foi professor particular de Anatomia em Pádua de 1562 a 1565, tornando-se posteriormente professor de Cirurgia e Anatomia na mesma universidade, como sucessor de Falópio. Acquapendente inaugurou o "Teatro Anatômico de Pádua", uma estrutura montada para as aulas de Anatomia durante o inverno. Ele escreveu pequenos tratados sobre órgãos específicos, incluindo uma descrição das válvulas das veias, além de estudos sobre a geração animal. Suas publicações influenciaram estudos anatômicos durante séculos e sua abordagem de investigação era aristotélica, assim como a de Harvey, seu aluno em Pádua (SMITH et al., 2004, p.540 e 541).

após ter sido examinado três vezes (FRIEDMAN e FRIEDLAND, 2001, p. 47; AIRD, 2011, p. 123; REBOLLO, 2012, p.53).

No dia 24 de novembro de 1604, aos 26 anos, ele se casou com Elizabeth Browne, cujo pai, Lancelot Browne, era médico da rainha Elizabeth. Desse modo, Harvey passou a frequentar os círculos reais, ampliando seus contatos profissionais e sociais. Como consequência, Harvey também foi nomeado médico assistente no Hospital Saint Bartholomew. Lá, ele examinava e prescrevia medicamentos para os doentes no pátio do hospital, pelo menos uma vez por semana, e também participava e supervisionava as operações cirúrgicas (FRIEDMAN e FRIEDLAND, 2001, p. 47; REBOLLO, 2012, p. 54).

Em 1609 Harvey foi aceito como membro do *Royal College of Physicians* (Colégio Real de médicos). Nos primeiros oito anos, ele atuou no exame de novos candidatos, no julgamento de transgressões por parte de colegas que praticavam a medicina sem treinamento e impedia que boticários e cirurgiões atuassem sem a supervisão de médicos. Em 1615, Harvey iniciou como professor de Anatomia e Cirurgia, um importante cargo que ocupou por 28 anos (WILLIS, 1847, p. 22). Nesse cargo, deveria lecionar duas vezes por semana durante seis anos e foi nessa época, segundo Aird (2011, p. 124), que surgiram as primeiras anotações da sua teoria da circulação do sangue. Essas anotações consistiam em observações pessoais e informações advindas de pesquisas na literatura médica e anatômica antiga e moderna. Além disso, havia descrições de cerca de 128 tipos de animais que ele analisou anatomicamente.

Como professor, Harvey pôde pôr em prática seu projeto de pesquisa pessoal, primeiramente, estudando e revisando a literatura antiga e moderna e acumulando um grande número de evidências para, posteriormente, oferecer um sistema explicativo para os fenômenos observados. A partir dos conhecimentos acumulados desde sua experiência em Cambridge e em Pádua, mais as vivissecções e autópsias realizadas em diferentes animais e até mesmo em seres humanos, Harvey pôde produzir novos conhecimentos, alterar, corrigir e atualizar outras informações provenientes das obras de seus antecessores (REBOLLO, 2012, p. 106).

Em 1618, Harvey tornou-se médico do rei Jaime I e após sua morte, passou a ser amigo e médico de Carlos I, seu sucessor. Carlos se interessava e apoiava as pesquisas médicas e anatômicas de Harvey. Entre 1641 e 1642, Harvey dedicou-se

exclusivamente ao rei Carlos. Na mesma época, devido a Guerra Civil, Harvey perdeu a maior parte de seus escritos e anotações. Além disso, em 1666, um incêndio atingiu a sede do Colégio Real de médicos, destruindo, quase que completamente, sua biblioteca particular (REBOLLO, 2012, p. 56).

Durante sua vida, Harvey publicou três livros, escritos originalmente em latim. Aos 50 anos, publicou seu primeiro e mais importante, *Exercitatio anatomica de motu cordis e sanguinis em animalibus* que será referido aqui pelo título curto usual *De motu cordis*, em Frankfurt, em 1628 (Figura 1). Nele, Harvey apresenta a descrição da estrutura do corpo e suas partes e também sua causa ou propósito, seguindo assim um método anatômico baseado em seus antecessores Aristóteles, Galeno e Acquapendente. Em 1649, vinte e um anos depois, publicou *Exercitatio anatomica de circulatione sanguinis* (Exercícios Anatômicos sobre a Circulação Sanguínea), um pequeno livro com dois ensaios²⁰ dirigidos a Jean Riolan (1577-1657), professor de Anatomia na Universidade de Paris que havia publicado uma opinião contrária sobre a circulação do sangue no ano de 1648 em *Opuscula anatomica nova quae nunc primum in lucem proderunt: Instauratio magna Physicae & Medicinae, per novam Doctrinam de Motu Circulatorio Sanguinis in Corde*.

Harvey também publicou *Exercitationes de generatione animalium* (Exercícios sobre a geração animal) em 1651, contendo 72 demonstrações anatômicas além de três capítulos sobre o parto, estrutura do útero e a concepção, desenvolvidos a partir de suas observações diárias de um embrião de galinha e observações mensais do feto de uma corça. O interesse de Harvey por geração animal se iniciou em Pádua, quando Acquapendente publicou uma obra com uma série de experimentos embriológicos (WILLIS, 1847; WHITTERIDGE, 1978, p. 889; REBOLLO, 2012, p. 57 e 58).

De modo geral, é possível perceber que ao longo de sua vida, Harvey se empenhava em obter a maior quantidade possível de “fatos” da natureza, recorrendo à dissecação e vivissecção de muitas espécies de animais, além de lecionar sobre anatomia aos colegas do Colégio Real de médicos, na qual apresentava as vivissecções. Ele nunca teve filhos e morreu de um colapso em 1657, com 79 anos.

---

²⁰ O conteúdo dos ensaios e a controvérsia envolvendo Riolan serão discutidos mais adiante.

Seu corpo está mantido na abadia de Westminster (FRIEDMAN E FRIEDLAND, 2001, p. 50; AIRD, 2011, p. 124;).

Figura 1 - Capa da obra *De motu cordis* de 1628.

Fonte: Glasgow University Library, 2007.

Como já indicado, sua obra mais importante é *De motu cordis*, um livro de dezessete capítulos curtos e um capítulo sem numeração apresentando a introdução da obra e dedicatórias ao rei Carlos, ao presidente do Colégio Real de médicos e seus membros. De acordo com Plochmann (1963, pp. 201-202), o tratado é organizado em cinco partes distintas (QUADRO 1): na primeira parte é apresentada a questão introdutória, na qual Harvey apresenta as questões iniciais e mostra as dificuldades e inconsistências das ideias de seus predecessores (capítulo introdutório); na segunda parte, ele apresenta uma breve declaração sobre as razões para escrever o livro e descreve os procedimentos que utilizou em suas investigações (capítulo 1); na terceira parte, apresenta os movimentos do coração e das artérias, bem como os experimentos e observações realizados para corroborar suas ideias (capítulos 2-5); na quarta parte e talvez a mais importante, aborda o trânsito do sangue pelo corpo, tanto na circulação pulmonar quanto na circulação sistêmica e também discute sobre a origem e quantidade do sangue, apresentando uma série de experimentos, demonstrações e argumentos (capítulos 6-14); por fim, traz uma série de argumentos *a posteriori* com o objetivo de oferecer confirmação às suas principais ideias sobre a circulação sanguínea (cap. 15-17).

Quadro 1- Organização da obra *De motu cordis*.

Livro <i>De motu cordis</i>	Capítulos	Ideias e objetivos centrais
Parte I	Introdução	Questões iniciais, dificuldades e inconsistências das ideias de seus predecessores.
Parte II	Capítulo 1	Declaração sobre as razões para escrever o livro e descrição dos procedimentos utilizados nas investigações.
Parte III	Capítulos 2-5	Movimentos do coração e das artérias, bem como os experimentos e observações realizados para corroborar suas ideias.
Parte IV	Capítulos 6-14	Trânsito do sangue pelo corpo, tanto na circulação pulmonar quanto na circulação sistêmica. Discute sobre a origem e quantidade do sangue, apresentando uma série de experimentos, demonstrações e argumentos.
Parte V	Capítulos 15-17	Argumentos <i>a posteriori</i> com o objetivo de oferecer

Fonte: Baseado em Plochmann (1963, pp. 201-202).

Segundo Whitteridge (1978, p. 889), *De motu cordis* é a apresentação formal de um trabalho acabado, provavelmente escrito na forma de disputa acadêmica, um pré-requisito exigido pelas universidades da Europa para aqueles que almejavam o título de doutor. A estrutura de seu trabalho é clara, buscando oferecer evidências de suas hipóteses a partir de demonstrações e argumentos lógicos.

Nessa obra, Harvey discordou de algumas das doutrinas vigentes, adotando um estilo cauteloso e paciente. Atribuiu crédito a Galeno por algumas ideias e ao

mesmo tempo, apesar de conhecer os estudos de Serveto, Colombo e Cesalpino, não mencionou as observações e conclusões feitas por eles anteriormente. Na medida em que Harvey apresenta suas próprias observações, ele as contrapõe aos escritos de Galeno sobre a estrutura e função do coração.

Sua obra é atualmente considerada um marco na mudança do pensamento fisiológico e anatômico e devido a seu estilo de pensamento lógico e sua firmeza em refutar ideias de seus antecessores, Harvey é tido como um dos protagonistas da chamada “revolução científica”, ou das “origens das ciências modernas”, na Europa do século XVII (KEY et al., 1979, p.1026; AZIZI, et al., 2008, p. 349).

Entretanto, embora Harvey seja considerado por alguns autores, como os mencionados acima, um “revolucionário científico”, é preciso examinar cautelosamente o significado disso em termos da extensão e profundidade da ruptura, ou da continuidade, com relação a seus antecessores (ALFONSO-GOLDFARB, 1994). Seguindo o que já foi exposto por outros historiadores da ciência, nesta pesquisa, foi mostrado em que medida Harvey foi influenciado pela metodologia de Aristóteles, Galeno e Acquapendente (FARA, 2007, p. 44). Praticava a “Anatomia Filosófica”, isto é, apresentava a estrutura das partes e buscava mostrar a razão de sua existência, as funções (*usus*) e ações (*actio*) decorrentes dela. Esse método investigativo seguia o programa de pesquisa de Aristóteles apresentado nas obras *História dos Animais* e *Das partes dos animais*. Também estava de acordo com o tipo de estudo tanto de Galeno no qual a estrutura, função e ação de cada órgão dissecado revelavam sua utilidade, quanto da anatomia humana e animal de seu professor Acquapendente (REBOLLO, 2012, p. 110).

Esses aspectos mencionados acima são, portanto, linhas de continuidade entre o pensamento de Harvey e seus antecessores, indicando as dificuldades de se abraçar a concepção de revolução na ciência, mencionada anteriormente, como uma ruptura radical com o passado.

Mas a razão dele ser apontado como um protagonista da Nova Ciência, “como seus inventores a chamavam” (RISKIN, 2016, p. 3) é a de que, naturalmente, Harvey promoveu mudanças importantes em relação às ideias apresentadas por seus antecessores. Em outras palavras, sua obra apresenta, além de traços de continuidade, traços de descontinuidade histórica. Na fisiologia galênica, por exemplo, há dois sistemas sanguíneos; primeiramente, ocorre a produção de sangue no fígado,

para fornecer alimento através das veias, enquanto o coração aquece o ar e o mistura com sangue para as artérias. Harvey substituiu o modelo duplo de Galeno por um sistema único, no qual o sangue circula constantemente pelo corpo em um circuito fechado. Já Acquapendente havia estudado as válvulas nas veias e os diagramas no livro de Harvey se assemelham bastante àqueles presentes na obra de seu professor. No entanto, enquanto Acquapendente analisou as válvulas sob uma perspectiva galênica, interpretando-as como uma espécie de controle do suprimento de sangue, Harvey as entendeu como pequenas portas unidirecionais que garantiam que o sangue voltasse das veias para o coração para ser circulado novamente através das artérias (FARA, 2007, p. 44).

A influência de Aristóteles no método utilizado por Harvey se inicia com sua formação em Pádua, cujo currículo previa estudos aprofundados das obras filosóficas e biológicas do filósofo grego (PLOCHMANN, 1963, p. 209). A metodologia de Harvey segue semelhante ao método aristotélico: ele apresenta diversas opiniões mostrando as incompatibilidades lógicas e as impossibilidades empíricas de cada ideia. Além disso, como Aristóteles, Harvey baseou-se também em seus estudos diretos. Harvey analisou suas próprias observações, dissecações humanas e vivissecções animais. Usou argumentos quantitativos e experimentos, mas procurou também utilizar o modelo demonstrativo de Aristóteles, ou seja, mostrar a “conveniência e a necessidade” da circulação sanguínea. Para isso, assim como em Galeno e Acquapendente, ele seguiu a tradição anatômica da época para o seu método de investigação, obedecendo as divisões gerais da Anatomia: história-função-ação-utilidade. Inicialmente havia a produção da “história”, ou seja, a descrição daquilo que foi encontrado, já a “função” mostrava “para que” determinada parte ou órgão existia ou como sua forma era apta para executar sua atividade; a ação descrevia o movimento ativo da parte ou do órgão para que cumprisse seu encargo, e a “utilidade” era o propósito concebido como o fim alcançado pela parte ou órgão, ou seja, a sua causa final (REBOLLO, 2012, p.111).

Além disso, alguns autores comentam que seu conceito de circulação ainda pode ter sido baseado na ideia aristotélica de movimento circular perfeito, percebendo a unidade de vários movimentos circulares no universo e traçando um paralelo entre microcosmos e macrocosmos e essa analogia pode ter sido crucial para o desenvolvimento do raciocínio de Harvey (AZIZI, et al., 2008, p. 349; AIRD, 2011, p. 124; PAGEL, 1951, p. 38).

O sangue retorna à veia cava pelas veias, e da mesma forma o sangue retorna dos pulmões passa para o ventrículo esquerdo pela artéria chamada venosa e continua da mesma forma antes apontada. O que me leva a denominar esse movimento de circular é que ele imita o movimento dos corpos superiores... (HARVEY, 2012, p. 214).

Como admirador de Aristóteles, Harvey adotou suas ideias teleológicas, mas não as utilizou como prova final, mas sim como um meio para estabelecer premissas testáveis. Utilizou o programa aristotélico de anatomia comparativa, algumas das suas opiniões sobre o mundo natural e também herdou sua abordagem “hipotética-dedutiva” para construção de novos conhecimentos (AIRD, 2011, p. 124).

Harvey realizou experimentos com ligaduras, injeções de ar e água nos órgãos internos, perfurações, incisões, vivisseções e cálculos matemáticos, entretanto, essas práticas já haviam sido utilizadas por seus antecessores médicos e anatomistas, sendo algumas delas amplamente utilizadas desde a época de Erasístrato e Galeno. Mas a importância de Harvey deve ser enfatizada, segundo Rebollo (2012, p. 129) porque a tradição médica e fisiológica experimental parece ter tido um maior destaque a partir dele, inspirando indiretamente a criação de grupos de médicos e anatomistas que a fim de também estudarem a circulação do sangue, utilizaram uma série de experimentos, tornando a medicina e a anatomia práticas mais experimentais.

Harvey ainda procurava aplicar a “regra de Sócrates” em seus experimentos com animais. Essa regra significava olhar o mesmo fenômeno em suas diversas ocorrências para compreendê-lo melhor, isso significa que Harvey buscava verificar a ocorrência e variabilidade de um órgão ou parte do corpo não somente em humanos, mas em outros animais, para conhecer melhor sua forma e função e estabelecer sua causa final. Desse modo, Harvey verificou a anatomia e o movimento do coração de mamíferos, peixes e aves, analisando o órgão em diferentes contextos para compreendê-los de forma mais clara (FRENCH, 1994, p. 83 e 85).

Segundo Rebollo (2012, p. 156), o método de Harvey pode ser sintetizado em alguns elementos, como: a observação é uma forma de conhecimento válida e a observação repetida do particular leva a uma verdade universal; para ser verdadeiro, o conhecimento deve ser vivenciado pessoalmente e a observação será utilizada como árbitro da verdade; a experiência sensível pessoal significa um tipo de

testemunho ocular e o método de descoberta é um tipo de revelação atingida pela inspeção anatômica.

A abordagem científica da natureza a partir da observação sistemática, da experiência, da quantificação das medidas, da busca de relações matemáticas e do estabelecimento de leis naturais regidas pelo pensamento racional, contribuiu, como mencionado anteriormente, com uma mudança na visão científica na Europa no período (AZIZI, et al., 2008, p. 349). Uma mudança gradual, marcada por rupturas, mas também permanências.

Entretanto, isso não foi percebido de imediato. A repercussão da obra de Harvey não foi muito grande na época. Na verdade, atraiu críticos que desconfiavam de suas afirmações. Sua publicação gerou diversas objeções veiculadas através de uma rede de correspondência entre filósofos naturais e médicos anatomistas (REBOLLO, 2002, p. 480).

Umas das controvérsias mais comentadas se refere àquela com Jean Riolan (1577-1657), professor de Anatomia na Universidade de Paris. Como mencionado antes, Riolan publicou, em 1648, uma opinião contrária sobre a circulação do sangue em *Opuscula Anatomica Nova*. Apesar de sustentar o método de observação como ideal, possuindo o mesmo status das demonstrações das causas, Harvey não conseguiu encontrar um propósito para a circulação do sangue, por isso, se limitou a uma demonstração relatada por autópsias e experimentos, abandonando as explicações causais, optando pela força do método experimental. Por este motivo que Jean Riolan se recusou a aceitar a circulação do sangue, pois alegava que seu propósito não foi apresentado. No capítulo 15 do *De motu cordis*, Harvey parece afirmar que o propósito da circulação do sangue é a distribuição de calor e nutrição das partes do corpo (HARVEY, 2012, p. 250-252). Mas tal explicação não foi considerada por seus adversários como causa ou propósito final da circulação, pois, muito antes de suas conclusões, já se afirmava que o sangue era necessário para nutrição do corpo e o relacionavam com o calor produzido pelo coração, sem que houvesse necessidade de que esse sangue circulasse (WILLIS, 1847, p. 48; REBOLLO, 2012, p. 150).

Anterior à Riolan, Caspar Hofmann (1594- 1648), médico alemão também formado em Pádua e aluno de Acquapendente alguns anos antes de Harvey, apresentou suas objeções em uma carta, após uma demonstração pública da

circulação do sangue feita por Harvey em 1636 na Suíça. Nesta carta, as objeções de Hofmann se concentravam em duas questões principais, uma de natureza filosófica e outra de natureza anatômica. A primeira, se referia ao propósito da circulação, que considerava não ter sido esclarecido por Harvey enquanto a segunda, se referia aos meios pelos quais o sangue passava das artérias para as veias, ou seja, o retorno do sangue²¹. Hofmann estava voltado à doutrina Galênica ensinada a partir de manuais e por isso, não aceitou as ideias de Harvey, desprezando também o argumento quantitativo e as demonstrações anatômicas apresentadas em sua obra (REBOLLO, 2002, p. 496).

Em resposta às discordâncias apresentadas por Hofmann, Harvey solicitou que seu livro fosse lido novamente, com mais atenção, e que os experimentos ali descritos fossem repetidos, a fim de que Hofmann pudesse verificar com seus próprios olhos. Além disso, em suas cartas, Harvey enfatizava a qualidade de seu método experimental, indicando a demonstração pública repetida e o testemunho ocular como “provas definitivas” (REBOLLO, 2002). Já para Riolan, Harvey escreveu um livro, o *Exercitatio Anatomica de Circulatione Sanguinis*, contendo dois pequenos ensaios, em 1649. Nele, Harvey respondeu as dúvidas de Riolan quanto a sua negação da circulação sanguínea e procurou esclarecer à Riolan e àqueles que viam suas ideias como uma ameaça a medicina antiga, que, ao contrário do que pensavam, seus estudos não procuravam acabar com as ideias médicas da Antiguidade, mas se baseavam nela. Além disso, Harvey também reafirmou suas hipóteses apoiando-se em evidências que observou (REBOLLO, 2002, p. 58, FRENCH, 1994, p. 266). Percebe-se aqui que o próprio Harvey considerava o seu trabalho como mantendo continuidade com os conhecimentos antigos.

Até aqui, foi possível desenvolver um panorama geral sobre a vida de William Harvey, seu método de investigação e o contexto epistêmico de produção de seu trabalho. Seguiremos a partir de agora apresentando as principais ideias de Harvey presentes nos capítulos de *De motu cordis* e as particularidades de suas conclusões sobre a circulação sanguínea. É importante ressaltar que não buscamos esgotar a

---

²¹ Segundo a fisiologia Galênica, as propriedades de atração e retenção impediam o retorno do sangue das artérias para as veias e em seguida ao coração. O sangue se movimentava segundo as necessidades das partes do corpo, desconhecendo a capacidade de propulsão do coração. Portanto, Hofmann não pôde compreender como o sangue poderia ser impulsionado das artérias às veias simplesmente pela força do coração (REBOLLO, 2002, p.502).

discussão contida nessa obra de Harvey, mas procuramos discutir as principais ideias e experimentos a fim de embasar as atividades da sequência didática para ser usada no ensino de biologia e, desse modo, contribuir com a aprendizagem de conceitos atuais sobre o sistema circulatório, bem como com o desenvolvimento de concepções informadas sobre a natureza da ciência entre os estudantes do Ensino Médio

2.2 A circulação sanguínea no *De motu cordis*.

Na introdução da obra, Harvey apresenta as concepções hoje consideradas errôneas de seus antecessores, como a relação entre a pulsação e a respiração para a refrigeração do corpo, o movimento de distensão das artérias, a artéria pulmonar com única função de nutrir o pulmão e a ideia do septo interventricular poroso. Após apresentar seus argumentos, contrariando as ideias estabelecidas anteriormente, Harvey introduz seu processo de investigação:

Por todas as considerações anteriores e por outras tantas da mesma natureza, resulta que tudo o que até agora se afirmou sobre o movimento e as funções do coração e das artérias deve ser considerado incerto, obscuro e pleno de impossibilidade de qualquer consideração formal. Por isso será muito útil investigar as coisas um pouco mais a fundo e examinar cuidadosamente o movimento das artérias e do coração, não somente no homem, mas também em todos os animais que têm coração, recorrendo frequentemente às vivissecções e às observações com os próprios olhos, para investigar e chegar à descoberta da verdade. (HARVEY, 2012, p. 176)

No capítulo 1, Harvey relata as razões pelas quais se sentiu motivado a escrever o *De motu cordis*, enfatizando a importância das vivissecções e das autópsias para a verificação do movimento, função e utilidade do coração, comentando ainda que seu livro é consequência de estudos anteriores e exposições públicas nas aulas de Anatomia, segundo o costume acadêmico da época (HARVEY, 2012, p. 177 e 178). Já no capítulo seguinte, Harvey apresenta o movimento da sístole e sua função de expulsar o sangue a partir de sua contração. Para ele, o coração se move e fica tenso, expulsando o sangue, e, ao relaxar, é que o recebe (HARVEY, 2012, p. 183).

Harvey observou que o movimento do coração consiste no tensionamento de todas as suas partes, constatando que nos animais o coração se contrai e enrijece da mesma forma que o bíceps quando se dobra o braço, sendo assim o coração seria um músculo com a função de lançar sangue nos vasos. A partir de vivissecções animais, ele concluiu que o movimento tido como diástole, seria na verdade a sístole:

Parece, portanto, que o certo é exatamente o oposto da opinião vigente, que supõe que o coração se choca com o peito ao mesmo tempo que se ouve a batida externamente, dilatando-se no sentido dos ventrículos e enchendo-se de sangue. É exatamente o contrário aquilo que se ajusta aos fatos, ou seja, o coração esvazia ao contrair (HARVEY, 2012, p. 182-183).

Para Harvey, durante a sístole, as artérias do corpo se dilatam e produzem uma pulsação, quando o ventrículo esquerdo para de se movimentar e contrair, a pulsação das artérias cessa. Do mesmo modo, se o coração se contrai com fraqueza, a pulsação das artérias é dificilmente percebida. Já o ventrículo direito é responsável pela pulsação da artéria pulmonar, que dilata ao mesmo tempo que todas as outras artérias do corpo. Conclui, no terceiro capítulo, que assim como o que acontece quando se assopra uma luva cujos dedos se distendem de uma só vez, assim a pulsação das artérias resulta do efeito do impulso do sangue pelo ventrículo esquerdo, variando a pulsação de acordo com a tensão do coração (HARVEY, 2012, p. 185-186).

No capítulo seguinte, Harvey descreve o movimento do coração e diferencia o movimento das aurículas e dos ventrículos e apresenta a função das aurículas, até então não esclarecidas. Conclui então, a partir de experimentos com pequenos animais que as aurículas iniciam o movimento do coração enviando sangue para os ventrículos (HARVEY, 2012, p. 189). Já no quinto capítulo ele apresenta uma síntese das ideias anteriormente elaboradas sobre o movimento, ação e função do coração:

[...] estou convencido que o movimento do coração se dá pela seguinte forma: Primeiro a aurícula contrai... e introduz no ventrículo o sangue que continha. Com isso, o coração fica repleto de sangue; levanta e tensiona seus nervos; contrai os ventrículos e bate, lançando para as artérias o sangue que contém e que acabou de receber da aurícula. O ventrículo direito envia o sangue aos pulmões pelo vaso que, embora denominado *vena arteriosa*, é na realidade, por sua constituição, função e tudo mais, uma artéria. O ventrículo esquerdo envia o sangue à aorta e às artérias do corpo todo (HARVEY, 2012, p. 195).

No sexto e sétimo capítulo, Harvey apresenta a dinâmica da pequena circulação sem dar crédito a seus contemporâneos Serveto e Colombo, que já haviam sugerido a circulação pulmonar anteriormente. A partir da comparação entre diferentes animais, Harvey conclui que o sangue venoso que chega da veia cava ao coração é expulso pela aurícula direita para o ventrículo direito seguindo para os pulmões através da artéria pulmonar. A partir dos pulmões, o sangue retorna à aurícula esquerda através da veia pulmonar, seguindo para o ventrículo esquerdo,

onde é distribuído pela aorta às artérias do corpo (HARVEY, 2012, p. 222-204). Com isso, Harvey mostra a possibilidade da passagem do sangue pelo pulmão e também a sua necessidade, ou seja, como de fato ele ocorre (REBOLLO, 2012, p. 29).

O oitavo capítulo apresenta o movimento circular do sangue (HARVEY, 2012, p. 214). A partir de experimentos Harvey conclui que o sangue penetra pelas artérias e retorna pelas veias em todos os membros, as artérias são vasos que carregam sangue do coração para o corpo e que as veias são os vasos por onde ele retorna. Percebe então que o sangue se move em círculo do centro para as extremidades e das extremidades, novamente para o centro. No próximo capítulo também conclui que a quantidade de sangue não pode resultar da quantidade de alimentos ingeridos contrariando seus antecessores como Aristóteles (HARVEY, 2012, p. 215).

É no nono capítulo que Harvey apresenta o “argumento quantitativo”, no qual a partir de cálculos matemáticos ele propõe demonstrar a circulação pulmonar, a circulação sistêmica e o retorno do sangue ao coração por meio das veias. Esse argumento segundo Rebollo (2012, p. 143) não o levou à conclusão sobre circulação sanguínea, entretanto esses cálculos foram utilizados no processo de sua demonstração, para comprovar suas ideias. Para medir a quantidade de sangue envolvido na circulação pulmonar, Harvey observou a quantidade de sangue expelido pelo ventrículo esquerdo a cada pulsação, provavelmente medida com um relógio.

Logo, podemos supor que no homem a quantidade de sangue lançada por cada pulsação do coração é de meia onça, de três dracmas ou de um dracma²², que, por causa do impedimento das válvulas que existem na raiz do vaso, já não podem refluir ao coração. O coração em um espaço de trinta minutos, bate mais de mil vezes e em alguns indivíduos, 3 e até 4 mil vezes. Multiplicando-se o número de dracmas pelo número de batimentos, temos que o coração lança através das artérias em trinta minutos ou 3000 dracmas ou 2500 ou alguma outra quantidade calculada de modo semelhante (HARVEY, 2012, p.218).

As quantidades de batimentos cardíacos e a quantidade de sangue expelido pelo ventrículo esquerdo foram calculadas de maneira imprecisa e não correspondem ao que sabemos atualmente. Os batimentos não foram medidos em humanos, apresentando uma quantidade baixa (33,3 batimentos por minuto) e a quantidade de sangue foi medida a partir do derramamento de sangue feito em um carneiro (REBOLLO, 2012, p. 142).

---

²² Uma onça equivale a 8 dracmas, que correspondem a 31,1 gramas e um dracma equivale a 3,8 gramas.

Ainda no capítulo 9, Harvey apresenta três suposições que se constatadas tendem a confirmar suas ideias sobre a circulação do sangue. A primeira e segunda se referem à quantidade de sangue que passa das veias para as artérias e na terceira suposição Harvey declara o movimento perpétuo do sangue com seu retorno das veias para o coração (HARVEY, 2012, p. 217).

Considero que, uma vez os três pontos demonstrados, restará como uma verdade clara e evidente que o sangue circula; que dá voltas, que é lançado. E reflui do coração para as extremidades e destas para o coração como se de fato, efetuasse um movimento circular (HARVEY, 2012, p. 217).

Nos quatro capítulos seguintes Harvey se dedica a confirmar essas preposições a partir de experimentos. Em um deles, no capítulo 12, a fim de “provar” a segunda suposição, Harvey observou que quando uma veia era amarrada, o segmento abaixo da ligadura sempre inchava, enquanto o segmento acima da ligadura sempre murchava. Quando fazia o mesmo com uma artéria, percebia que as veias ligadas a essa artéria murchavam e quando a ligadura era removida, se enchiam novamente de sangue. Isso o levou a confirmar que o sangue atravessa continuamente o coração (HARVEY, 2012, p. 232-235).

Além disso, Harvey observou que todas as veias do corpo são construídas para permitir o fluxo de sangue em apenas uma direção. Para confirmar sua suposição, mostrou que era possível passar uma sonda em apenas uma direção dentro da veia, exatamente a direção para a qual as válvulas da veia se abriram. Para compreender em que direção as válvulas permitiam a passagem do sangue, ele colocou uma ligadura no braço de um homem a fim de interromper o fluxo de sangue. O braço perdeu a cor e o calor e ficou dolorido, além disso, Harvey observou que as veias do braço murcharam. Quando ele afrouxou um pouco a ligadura, para permitir o fluxo do sangue arterial, o braço e a mão recobriram temperatura e cor. As veias do braço, por sua vez, incharam com o sangue cujo fluxo ainda era impedido pela ligadura parcialmente afrouxada. Harvey acreditou então, que o experimento demonstrava que o sangue arterial entrava e alimentava o braço, fluindo depois para as veias (HARVEY, 2012, p. 232-235).

Para responder de que modo o sangue das extremidades regressa das veias ao coração e por que estas carregam unicamente sangue das extremidades ao centro,

no capítulo 13, ele esclarece tais questões a partir da função das válvulas existentes nas cavidades das veias e se preocupa em mostrar isso a partir de alguns experimentos.

Harvey amarrou o braço de um homem vivo na altura do coração do modo como era usualmente realizado em sua época para a prática da flebotomia (AA, fig.1). Logo após, observou o surgimento de elevações em algumas regiões (B, C, DD, E, F). Ele interpretou assim, que tais nódulos eram formados pelas válvulas. Aplicando o dedo indicador sobre um deles, pressionando-o e deslizando o dedo para baixo para espremer o sangue das veias, ele percebeu que a válvula (H, fig. 2) era capaz de impedir que o sangue atingisse o segmento entre o nódulo e o ponto H até onde foi deslizado o dedo (OH, fig. 2). A partir da aplicação de pressão com o dedo direito na direção da válvula (O da figura 3), ele notou que o segmento da veia entre as duas válvulas continuava murcho. Portanto, a válvula superior não permitia que o sangue fluísse de volta para o segmento murcho. Quando, no entanto, retirou o dedo esquerdo da válvula inferior, o segmento de veia emurhecido acima dela se encheu novamente. Deste modo, Harvey pôde constatar que o sangue venoso sempre retornaria ao coração (HARVEY, 2012, p. 243 e 244).

Figura 2- Imagem presente na obra *De motu cordis* demonstrando a ação unidirecional das válvulas nas veias na circulação do sangue.

Fonte: University of Liverpool Faculty of Health & Life Sciences, 2013.

Diante dos experimentos apresentados, no capítulo 14 Harvey apresenta sua conclusão, estabelecendo que a função do coração é causar o movimento do sangue:

Ficou inteiramente confirmado pela razão e por meio de experimentos oculares que a pulsação dos ventrículos obriga o sangue a atravessar os pulmões e o coração, lançando-o para todo o corpo; que, em seguida, segue pelas veias e pelas porosidades da carne e pelas próprias veias reflui de todos os pontos da circunferência para o centro, das veias mais finas às maiores e destas à veia cava até chegar finalmente na aurícula direita do coração. Além disso, por sua quantidade e fluxo e refluxo daqui para lá pelas artérias e de lá para cá regressando pelas veias, não é possível que seja derivado apenas dos alimentos, pois ultrapassa em abundância os alimentos ingeridos e aqueles que poderiam ser requeridos para a nutrição do corpo. É, pois, necessário concluir que o sangue nos animais se agita com um movimento circular e perpétuo e que a única causa desse movimento está no coração, que exerce essa ação ou função por meio da compressão ou pulsação (HARVEY, 2012, p. 247).

A pulsação dos ventrículos exige que o sangue atravesse os pulmões e coração, sendo lançado para todo corpo, seguindo pelas veias e pelas porosidades da carne e pelas próprias veias mais finas às maiores e destas até à veia cava, chegando à aurícula direita do coração. O sangue então, segue um movimento circular e perpétuo e a causa desse movimento está no coração que exerce essa função devido sua pulsação (HARVEY, 2012, p. 247).

Os três últimos capítulos do *De motu cordis* contêm argumentos *a posteriori*, já que ele considera que a circulação do sangue já foi estabelecida e demonstrada. Em especial no último capítulo, Harvey discute a anatomia comparada do coração, a partir das dissecações, mostrando a aplicação da “regra de Sócrates” já discutida anteriormente neste trabalho.

Segundo Rebollo (2012, p. 39), as afirmações contidas no *De motu cordis* possuem três componentes originais: o movimento do coração, a natureza da pulsação e o trânsito do sangue das artérias para as veias. Para elucidar as transformações conceituais que o sistema cardiovascular sofreu ao longo do tempo, abaixo encontra-se um esquema, adaptado de Aird (2011, p. 120), que resume basicamente as principais ideias em diferentes períodos representados por Erasístrato (304-250 a.C), Galeno (120-200 d.C), Colombo (1516-1559) e Harvey (1578-1657).

Figura 3- Esquema do sistema cardiovascular ao longo do tempo. (A) De acordo com Erasístrato, as veias contêm sangue (cor azul), enquanto as artérias contêm ar (cor branca). (B) Galeno demonstrou que as artérias normalmente contêm sangue (cor vermelha), não ar. O sangue arterial é derivado da passagem de sangue venoso através de poros invisíveis no septo interventricular. (C) Colombo descreveu a circulação pulmonar, no entanto, manteve a visão clássica grega de que o fluxo sanguíneo nas veias é centrífugo, com apenas uma pequena quantidade entrando no lado direito do coração. Assim, o sistema de Colombo é um híbrido entre fechado (pulmonar) e aberto (sistêmico). (D) Harvey constatou que o sistema é conduzido pelos movimentos cardíacos (representados em preto). A transferência de sangue das artérias para veias no pulmão e periferia pode ocorrer através de conexões diretas, anastomoses ou de porosidades na carne.

Fonte: AIRD, 2011, p.120.

Enfim, a importância da obra de Harvey para a história da medicina vai além de sua demonstração sobre a circulação sanguínea, pois suas contribuições permeiam também o campo metodológico da pesquisa, entre outros aspectos. A forma com a qual realizava suas investigações, o conhecimento construído por seus precedentes e contemporâneos e sua formação permitiram o desenvolvimento dos conhecimentos

apresentados no *De motu cordis*. Segundo Goldberg (2016, p. 321), a observação e a razão são unidas pela experiência para Harvey, e é através do treinamento e uso dessas habilidades que ele pensou que poderia conhecer os fins da natureza, os propósitos dos seres vivos e suas partes.

Sendo assim, diante do panorama apresentado até aqui, reconhecemos a construção dos conhecimentos sobre a circulação sanguínea e as contribuições do médico inglês William Harvey como um episódio histórico com potencial para elaboração de propostas didáticas. Nesse sentido, serão apresentados no capítulo seguinte a fundamentação da proposta didática com os referenciais teóricos utilizados para a elaboração de uma sequência didática enfatizando os princípios do Ensino por Investigação, a abordagem de história da ciência no ensino e suas contribuições para a aprendizagem de conteúdos de biologia e o de aspectos de Natureza da Ciência.

PARTE 2: APLICAÇÃO DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO

3. FUNDAMENTAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

3.1 História da ciência no ensino e suas contribuições para a aprendizagem de conceitos científicos atuais e de aspectos de NdC.

A relevância da história da ciência no ensino de biologia tem sido discutida sob diversos aspectos, nas últimas décadas (MATTHEWS, 1995; MARTINS, 1998; CARNEIRO e GASTAL, 2005; ALLCHIN, 2007, 2013; PRESTES e CALDEIRA, 2009). Esses trabalhos revelam, de modo geral, que sua inserção adequada pode contribuir para tornar o ensino de ciências mais interessante, facilitar sua aprendizagem, além de ser uma forma de contextualização dos conteúdos e diminuição da fragmentação.

Entre os educadores, Michael Matthews (1995), por exemplo, apresentou diversos argumentos favoráveis à inclusão do componente histórico nos programas curriculares de ciências:

A história, filosofia e sociologia da ciência podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas. (MATTHEWS, 1995, p. 165)

Entre os documentos curriculares brasileiros, também são encontradas recomendações a respeito da inclusão de história da ciência no ensino, como é o caso das *Orientações Curriculares para o Ensino Médio*, da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo (2006). Segundo o documento,

[...] um tratamento didático apropriado é a utilização da história e da filosofia da ciência para contextualizar o problema, sua origem e as tentativas de solução que levaram à proposição de modelos teóricos, a fim de que o aluno tenha noção de que houve um caminho percorrido para se chegar a esse saber (SÃO PAULO, 2006, p. 50).

A Base Nacional Comum Curricular também discute a importância da contextualização histórica dos conhecimentos científicos, trazendo alguns parâmetros para que isso ocorra:

A contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais. Na BNCC, portanto, propõe-se também discutir o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural, ou seja, analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Na mesma direção, a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura (BRASIL, 2018, p.549 e 550).

A literatura, entretanto, também tem indicado alguns dos desafios que podem surgir para a aplicação da história da ciência nas salas de aula de ciências. Entre eles, é mencionada a falta de formação em história e filosofia da ciência nos cursos de formação de professores, assim como a escassez de materiais didáticos em português e produzido por historiadores da ciência segundo a abordagem historiográfica atualizada. Por outro lado, também se costuma mencionar a falta de tempo diante dos programas exigidos pelas escolas (SOUZA e PRESTES, 2015). Quanto a isso, alguns trabalhos apresentam alternativas para a superação desses problemas como em Matthews (1995) que sugere uma abordagem inclusiva voltada à introdução de episódios históricos nas aulas de ciências. Essa abordagem é pontual e consiste em introduzir episódios históricos específicos, os chamados “estudos de caso” de história da ciência em unidades de um curso de ciências padrão, pois além de não sobrecarregar o currículo, também fornece ao professor maior autonomia na construção do programa de aprendizagem, podendo incluir diversos materiais didáticos conforme os objetivos previamente estabelecidos e de acordo com o perfil da turma e da escola (PRESTES e CALDEIRA, 2009, p. 9).

Além disso, segundo Allchin (2013, p.43) os estudos de caso, adotados na abordagem inclusiva, ajudam a motivar o engajamento e a aprendizagem dos estudantes, de modo que não é necessário adotar um currículo inteiro, mas utilizar estudos de caso periódicos, especialmente quando estiver relacionados à temas dominantes, pois além de auxiliar na construção de concepções mais informadas

acerca da Natureza da Ciência (NdC), os estudos de caso podem desafiar os alunos a fazer perguntas e pesar criticamente.

Ainda de acordo com Allchin (2013, p. 14) a história da ciência pode ser um veículo e guia para todo o ensino de ciências. A partir de um cenário histórico é possível integrar elementos de conteúdo científico e habilidades ou competências, bem como de aspectos de NdC. Para isto, o autor indica quatro objetivos para a inserção de história da ciência no ensino, a fim de que o aluno possa adquirir: conhecimento histórico; conhecimento científico; habilidades de investigação científica²³ e compreensão de como a ciência é realizada.

A importância do último objetivo é evidenciada por diversas pesquisas que em geral revelam a pouca compreensão que estudantes e professores possuem a respeito de como a ciência opera e de como trabalha o cientista (ABD-EL KHALICK e LEDERMAN, 2000; GIL PÉREZ et al., 2001; KOSMINSKY e GIORDAN, 2002; ZOMPERO, 2005; PRAIA et al., 2007; MAIA, et al., 2009; SILVA, 2010; NUNES e PECHLIYE, 2015). Este fato costuma ser relacionado ao ensino de ciências tradicional, no qual o aluno é levado a decorar fórmulas, conceitos e leis, fomentando a construção de visões inadequadas sobre a ciência e o trabalho do cientista (GIL PÉREZ, 2001).

Gil Pérez e colaboradores (2001) alertam para concepções equivocadas que costumam aparecer em manuais de ensino e que precisam ser combatidas. Entre elas, destaca-se, a visão de que existe “um método científico” e que ele é constituído por um conjunto de etapas a seguir mecanicamente; de que os conhecimentos científicos já aparecem prontos, de forma acabada e que são fruto de um crescimento linear; a visão descontextualizada em que as complexas relações entre ciência, tecnologia e sociedade são ignoradas.

Estas visões empobrecidas e distorcidas, também se evidenciam na forma como os cientistas são retratados pela mídia, onde geralmente são apresentados como malucos, trabalhando sozinhos, realizando experimentos muito complexos, inacessíveis ao ser humano comum e afastados do convívio social (BRICCIA e

---

²³ Lederman (2007, p. 835) distingue NdC de processo científico ou investigação científica. O autor esclarece que processos científicos são atividades relacionadas à coleta de dados, análise e elaboração de conclusões, já a NdC se refere aos fundamentos das atividades científicas e as características do conhecimento que resulta desse processo (aspectos epistemológicos), bem como seus componentes sociais e culturais.

CARVALHO, 2011, p. 5). Por consequência, essas concepções errôneas podem se converter em um obstáculo para aprendizagem, gerando desinteresse de muitos estudantes. Diante disso, reconheceu-se que a melhoria na educação científica exige a modificação da imagem de NdC que os professores possuem e trabalham em sala de aula. Além dos conhecimentos científicos que os livros didáticos apresentam, deve-se garantir que os alunos construam conhecimentos adequados sobre a ciência, rompendo com as concepções de senso comum (PRAIA, et al., 2007, p.147; NASCIMENTO e CARVALHO, 2011, p. 5).

A NdC pode ser entendida como um conjunto de conhecimentos sobre a ciência que tratam de seus objetivos, métodos e limitações (componentes epistemológicos), mas também de suas interações com a sociedade e cultura em que é produzida (componentes sociais e culturais). A sua inclusão no ensino de ciências, para promover o chamado “ensino contextual” de ciências, tem sido tratada como uma das metas atuais da educação em ciências, tanto no Brasil como em projetos pedagógicos e currículos internacionais de ensino de ciências. O ensino contextual tem sido apontado como uma saída para suprir as deficiências da educação científica em diversos países (MATTHEWS, 1995; BRASIL, 2002; SILVEIRA et al., 2010).

De acordo com Abd-El-Khalick e Lederman (2000, p. 667) ensinar sobre a ciência faz parte de um processo de alfabetização científica e tal processo é tão importante quanto o ensino de conceitos científicos. Apesar das controvérsias envolvendo a criação de listas de aspectos de NdC, Lederman considera que há sete aspectos consensuais, isto é, que não são objeto de dissensos entre filósofos da ciência, que podem ser trabalhados na educação básica como: o conhecimento científico 1) é tentativo, ou sujeito a mudanças, isto é, possui um desenvolvimento histórico, 2) envolve criatividade e imaginação; 3) é construído por meio de “inferências” derivadas da “observação” do mundo natural, 4) é subjetivo e/ou impregnado de teoria, 5) produz conhecimentos sob a forma de leis e teorias, que não são hierarquicamente relacionadas, mas representam formas distintas de conhecimento, 6) é um empreendimento humano, sendo, social e culturalmente determinado, e 7) é empiricamente baseado (LEDERMAN, 2007, p. 833).

Dentre todas as listas de aspectos sugeridos por outros autores, estes foram escolhidos para a elaboração da sequência didática que será apresentada neste trabalho, devido ao modo de como sintetizam características da ciência de forma

simples e objetiva, facilitando o trabalho na educação básica. Além disso, trabalhar estes aspectos de NdC pode contribuir para o desenvolvimento do pensamento crítico, além de promover o desenvolvimento de competências, visando contribuir para o processo de ensino e aprendizagem (KHALICK e LEDERMAN, 2000; ACEVEDO, et al., 2005; ALLCHIN, 2007, 2013). Contudo, é importante ressaltar que essa forma de pensar não está relacionada ao abandono da dimensão conceitual das disciplinas científicas, mas sim em acrescentar de forma adequada seus aspectos metacientíficos, formativos e culturais (SANTOS, 1999, p. 2).

Baseando-se nos estudos de Lederman (2007), recomenda-se uma abordagem explícita e reflexiva para se trabalhar as concepções de NdC em sala de aula. Segundo o autor, essas concepções são melhor aprendidas a partir de instruções explícitas e reflexivas ao invés de experimentos que apenas propõem o “fazer” científico trabalhando implicitamente as características da ciência. Na abordagem implícita, espera-se que a compreensão da NdC seja facilitada por meio da inclusão do indivíduo na prática científica, fornecendo elementos subliminares sobre como o conhecimento científico é construído. Já a abordagem explícita, muitas vezes se vale da história da ciência, em que o estudante, desde o início da atividade, sabe qual aspecto da NdC será trabalhado. É importante salientar, entretanto, que a divisão entre os tipos de abordagem está atrelada às ferramentas conceituais que possibilitam que os alunos pensem acerca das atividades que eles realizam (LEDERMAN, 2007).

Além disso, outros trabalhos revelam que propostas baseadas no ensino explícito e reflexivo com temas pontuais alcançam um maior sucesso no ensino de aspectos de NdC, permitindo uma compreensão mais ampla do papel da ciência na sociedade contemporânea. Sendo assim, essa abordagem se dá a partir de leituras e discussões inseridas em temas pertinentes ao conteúdo que se objetiva ensinar, relacionado à realidade escolar do aluno (ACEVEDO, et al., 2005; LEDERMAN, 2007; FORATO et al., 2011).

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais também encontramos considerações sobre a importância de se aprender sobre a própria atividade científica, compreendida como um empreendimento humano, fruto da união de fatores sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos e tecnológicos (BRASIL, 1998, p. 21). Em outras palavras, a ciência, e também a história da ciência, são consideradas como parte da cultura e devem ser ensinadas segundo essa perspectiva. Para isso, defende-se a

história da ciência como um instrumento adequado para atingir diversos objetivos educacionais na educação científica, promovendo principalmente a discussão de características de NdC, como a compreensão da construção sócio histórica do conhecimento e da dimensão humana da ciência (MATTHEWS, 1994; PEDUZZI, 2001; FORATO, et al., 2011). Sendo assim, a história da ciência pode favorecer as concepções de NdC, à medida que apresenta a ciência como uma produção humana inserida em um contexto sociocultural específico. Possibilita destacar ainda, alguns aspectos essenciais sobre a ciência, tais como a relação do trabalho do cientista com o momento histórico e social que estava sendo vivenciado naquela época; o papel das dúvidas, do levantamento de hipóteses e também o caráter humano da ciência, mostrando os interesses pessoais do cientista (NASCIMENTO e CARVALHO, 2011).

3.2 O uso de fontes primárias como recurso metodológico da História da Ciência

Conciliando as discussões previamente realizadas sobre a importância da história da ciência para a educação científica com o desenvolvimento de concepções informadas de NdC, ressaltamos que uma das possibilidades para esse trabalho em sala de aula é o estudo de episódios históricos a partir de textos ou de trechos de fontes primárias, isto é, obras originais escritas pelo(s) pesquisador(es) relacionado(s) ao tema ou conceito que se deseja introduzir (MARTINS, 2005, p. 310).

Segundo McComas (2013, p. 427), nesse tipo de abordagem os estudantes estudam conceitos atuais a partir dos escritos dos pesquisadores e então participam de discussões sobre o que eles estudaram. Tal abordagem é mais limitada aos trabalhos originais publicados como artigos de revistas científicas ou livros, mas em alguns casos podem também abranger a revisão de documentos de trabalho, como cartas e cadernos de campo ou laboratório. Nesses casos, os estudantes podem ler trabalhos originais completos ou resumos destes trabalhos, podem encontrar um único trabalho ou ler um conjunto de trabalhos relacionados do mesmo pesquisador ou de outros associados ao mesmo tema.

Os trabalhos originais servem como uma fonte rica de possibilidades, podendo explicitar as dificuldades dos cientistas na busca pelo conhecimento, o desenvolvimento de suas ideias, a formulação de hipóteses e o planejamento e execução de experimentações. Esses textos ainda podem servir como uma alternativa

às histórias que estão nos livros didáticos, que atualmente estão baseadas em uma vertente historiográfica tradicional, reforçando a linearidade do desenvolvimento do conhecimento, omitindo debates e outras questões que direta ou indiretamente, estiveram ligadas no momento de sua formulação (BELTRAN et al., 2016).

Silva e Guerra (2015, p. 10-12) comentam que o uso de fontes primárias no ensino pode promover debates sobre a ciência, com a intenção de discutir com os alunos os limites e potencialidades do conhecimento científico, assim como apresentar a ciência como uma produção humana inserida em um contexto sociocultural específico.

Para a seleção dos textos, deve-se pensar na sua adequação ao conteúdo discutido em sala de aula, levando em consideração os objetivos dos professores em relação ao ensino de aspectos relacionados à NdC. Entretanto, uma das maiores dificuldades em relação a estas aplicações é o estabelecimento de relações com os objetivos de ensino e a preparação do professor para trabalhar os textos adequados em sala de aula, com a finalidade de construir concepções adequadas sobre a ciência com os alunos e direcioná-los no processo de alfabetização científica (SASSERON et al., 2013, p. 268).

Martins (1998) concorda que o estudo de episódios históricos pode permitir que se tenha uma visão mais concreta da natureza real da ciência, seus métodos, suas limitações, levando à percepção do processo lento e gradativo da construção do conhecimento científico. Por sua vez, isso pode facilitar o aprendizado do próprio conteúdo científico que estiver sendo trabalhado. Os alunos poderão compreender que suas dúvidas são pertinentes em relação aos conceitos que foram estabelecidos durante um longo período, poderão entender também, que a aceitação de alguma ideia não depende apenas de seu valor ou fundamentação, mas também de aspectos sociais, políticos, filosóficos ou religiosos.

Do mesmo modo, o uso de textos de fontes primárias pode ainda gerar discussões interessantes, levando o aluno a refletir a origem de determinada ideia, como ela se desenvolveu, ou mesmo ao questionamento sobre os caminhos que levaram a tal desenvolvimento. O aluno argumenta baseando-se em informações históricas e de certa forma, ele dá indícios de que reconhece os conceitos envolvidos como objeto de construção e não apenas como conhecimentos passíveis de transmissão (CASTRO E CARVALHO, 1992). Outras pesquisas ainda indicam que o

emprego de estudos de caso, exemplos concretos, complexos e contextualizados podem estimular a motivação e emoção do estudante, levando ao aprendizado dos conteúdos científicos (ALLCHIN, 2013; STINNER et al., 2003; SOUZA e PRESTES, 2015).

No trabalho de Briccia e Carvalho (2011), foi feita uma investigação sobre a contribuição do uso de um texto de história da ciência em salas de aula de Ensino Médio, constatando o aparecimento de características epistemológicas do conhecimento na concepção dos alunos como a compreensão da ciência como atividade humana; o caráter provisório do conhecimento científico, reconhecendo a existência de crises importantes e remodelações profundas na construção histórica dos conhecimentos, as limitações dos conhecimentos atuais e a visão histórica e problemática da ciência e da construção do conhecimento, colocando quais os problemas que geraram tais construções e as dificuldades, contextualizando-os historicamente. Assim, o uso da história da ciência sob uma perspectiva investigativa, ressalta elementos importantes sobre a NdC que normalmente não são trabalhados no ensino e que são essenciais para a construção de uma visão menos dogmática do conhecimento científico.

Um elemento interessante expresso em narrativas históricas que pode potencializar a aprendizagem por meio do uso de fontes primárias é a interrupção por “Paradas para pensar” (*Think Questions*, como sugerido por ALLCHIN, 2013). São perguntas pontuais que pausam a narrativa com o objetivo de proporcionar aos alunos reflexão sobre seu próprio aprendizado enquanto exploram características selecionadas sobre aspectos da NdC. Os alunos são convidados a assumir o papel do cientista ao responder às questões e tentar encontrar possíveis soluções dentro do contexto histórico no qual a história está inserida. Sendo assim, os alunos devem considerar desafios relacionados à construção do conhecimento científico, como seus vieses sociais e de financiamento, problemas relacionados à comunicação de ideias e descobertas, entre outros (BERÇOT, CORTEZ e PRESTES, no prelo, p. 186; ALLCHIN, 2013, p. 166).

A perspectiva de que os episódios históricos podem facilitar a compreensão de aspectos da construção do conhecimento científico pode ser consolidada a partir da interface entre história da ciência e NdC, pois uma abordagem histórica inclusiva com a utilização de episódios na sala de aula oferece um panorama mais amplo dos fatos

históricos e da construção da ciência, pois viabiliza a discussão de aspectos de NdC. Esse recurso pode ocasionar mudanças nas concepções de professores e alunos, contribuindo tanto na imagem de ciência dos estudantes como para o processo de ensino e aprendizagem dos próprios conteúdos científicos (SILVEIRA et al., 2010, p. 59).

Na sequência didática que foi elaborada neste trabalho utilizaremos nas atividades, trechos originais da obra de Harvey, *De motu cordis*. Os textos dessa fonte primária serão acompanhados por *Think Questions*, que fomentarão a problematização e reflexão por parte dos alunos em relação ao conteúdo trabalhado.

3.3 A sequência didática como atividade de pesquisa, ensino e aprendizagem

De modo geral, sequências didáticas (SD) podem ser definidas como “um conjunto de atividades ordenadas e articuladas que visam o cumprimento de determinados objetivos educacionais, com princípio e fim conhecidos pelo professor e pelos alunos” (ZABALA 1998, p. 18). As sequências didáticas são ferramentas para o ensino, recomendadas pelas *Orientações Curriculares para o Ensino de Ciências* (SÃO PAULO, 2007), pois além de proporcionarem conexão entre diversas áreas de conhecimento se caracterizam pelo planejamento de um percurso de investigação contendo atividades diversificadas.

Por essa razão, a ideia de SD que será apresentada neste trabalho não está relacionada apenas com a prática docente, mas também à concepção de que se constitui essencialmente em uma ferramenta de pesquisa. Para isso, será pautada na *Teaching-Learning Sequency* (TLS, na sigla em inglês) como apresentada por Méheut e Psillos (2004). Os autores definem uma SD como uma atividade de *pesquisa intervencionista* e também como uma *unidade curricular*, incluindo atividades de ensino e aprendizagem bem elaboradas e adaptadas à realidade do estudante. Para os autores, há possibilidade de incluir a SD em uma pesquisa de ensino e aprendizagem com o objetivo de abordar dimensões epistêmicas e pedagógicas diante de um determinado conteúdo que se deseja trabalhar.

Nessa abordagem é salientada uma relação entre o mundo material e o conhecimento científico (dimensão epistêmica) e entre professor e aluno (dimensão pedagógica) formando o que Méheut e Psillos chamam de “losango didático”, essencial

para o delineamento de sequências didáticas. A dimensão epistêmica se caracteriza pelos conteúdos conceituais e gênese histórica do conhecimento científico; por sua vez, a pedagógica, se refere aos processos de interação que ocorrem na sala de aula e também aos aspectos relacionados ao papel do professor.

Figura 4 - Losango pedagógico igualmente distribuído, acima. Possíveis movimentações da dimensão pedagógica em relação à dimensão epistêmica, ora com um enfoque no mundo material, abaixo à esquerda, ora com um enfoque no conhecimento científico, abaixo à direita.

Fonte: Méheut e Psillos, 2004, p. 517, tradução nossa.

A partir dessas relações, diversos conhecimentos podem ser incluídos na elaboração de sequências didáticas, como aspectos de NdC, episódios de história da ciência e, no caso deste trabalho, conceitos relacionados ao sistema circulatório. Desse modo, a SD é entendida também como uma importante ferramenta de pesquisa na educação científica.

Vale ressaltar também a contribuição de Stoqui e Trivelato (2013, p. 2423), que destacam algumas das principais características para uma SD que se destina ao ensino de ciências, tais como: participação ativa dos alunos, uso de um problema como ponto de partida, produção de textos escritos, atividades com fechamentos definidos em cada aula e professor atento aos aspectos da linguagem e do conhecimento científico. Desse modo, é possível estabelecer relações entre as atividades propostas, aproximar os conteúdos da realidade dos alunos, incentivar a busca pelo conhecimento e estimular os alunos a formarem uma visão integrada dos conteúdos que serão trabalhados (ZABALA, 1998).

Além disso, quando se trata de sequências que seguem fundamentos do ENCI, alguns autores apresentam os princípios norteadores para sua elaboração. Para Carvalho (2014, p. 9), por exemplo, as sequências devem proporcionar aos alunos a oportunidade de trazer conhecimentos prévios para iniciar novos conhecimentos e também precisam ter oportunidade de discutir suas próprias ideias com o professor e os colegas, transformando o conhecimento espontâneo prévio em conhecimento científico e adquirindo condições de compreender aqueles já estruturados anteriormente.

Ainda de acordo com Carvalho (2014), um problema científico, que pode ser experimental ou teórico deve ser apresentado de maneira que instigue, estimule e provoque os alunos, para que mobilize recursos a fim de solucioná-lo. Da mesma forma, a autora apresenta algumas atividades essenciais que caracterizam uma sequência de ensino investigativa, como iniciar a partir um problema contextualizado, introduzindo os alunos ao tema desejado e os fazendo trabalhar com variáveis relevantes do fenômeno científico estudado. A atividade de sistematização do conhecimento após a resolução do problema também é necessária, assim como a contextualização do conhecimento no cotidiano dos alunos, proporcionando a percepção da importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social.

Seguindo as ideias apresentadas até o momento, é importante alinhar a construção das sequências investigativas com as propostas de alfabetização científica (MOTOKANE, STOQUI e TRIVELATO, 2015). De acordo com Sasseron e Carvalho (2011) a compreensão básica de conceitos científicos fundamentais, a compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que compõem sua prática e o entendimento das relações que existem entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, são os eixos estruturantes da alfabetização científica na educação básica. Para o cumprimento desses objetivos, Trivelato e Tonidel (2015, p. 111) consideram que uma SD de biologia baseada em investigação deve incentivar e propor questões e problemas aos alunos de modo que possibilite o engajamento dos mesmos em sua resolução.

Desse modo entendemos que, por mais variadas que possam parecer as concepções de sequências didáticas apresentadas neste trabalho, se assemelham à medida que os objetivos estabelecidos para elaboração das mesmas obedecem aos princípios do ensino de ciências por investigação e se associam não apenas com atividades de ensino e aprendizagem de conteúdos e procedimentos científicos como também com atividades de pesquisa.

3.4 As contribuições do Ensino por Investigação na sequência didática

Nas últimas décadas, o ENCI tem ganhado popularidade nos currículos internacionais e nas pesquisas em ensino de ciências, utilizando processos da investigação científica e conhecimentos científicos para fomentar a aprendizagem dos estudantes com base em questionamentos e resolução de problemas (PEDASTE et al., 2015; ADITOMO et al., 2013).

Segundo a Base Nacional Comum Curricular (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.

Além disso, segundo o documento, a abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido. Nessa etapa da escolarização, a investigação deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental (BRASIL, 2018, p.550).

Nesse sentido, falar de ENCI significa levar em consideração alguns princípios que se relacionam com a utilização dessa abordagem didática, como alfabetização científica e NdC. Sob essa perspectiva, Sasseron e Carvalho (2011) apresentam eixos estruturantes que podem auxiliar no planejamento de aulas e propostas que visem a alfabetização científica, como: a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos; entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente e por fim, a compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que envolvem sua prática. Deste modo, ensinar sobre a ciência faz parte de um processo de alfabetização científica e tal processo é tão importante quanto o ensino de conceitos científicos.

Segundo Fernanda Vitor e Ana Paula Silva (2017), as propostas para promover a alfabetização científica podem se concretizar por meio de atividades problematizadoras e investigativas, como também, na abordagem de aspectos históricos que relacionam ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, apontando os obstáculos que surgem durante o desenvolvimento da ciência. Sendo assim, uma das formas de promover a alfabetização científica é proporcionar situações nas quais os alunos vivenciem a prática científica, respondendo a questionamentos e problemas de investigação em determinados modelos explicativos e conceituais, manipulando ferramentas e materiais para a realização de atividades práticas, observando dados e utilizando linguagens que possibilitem a comunicação das hipóteses e sínteses realizadas (TONIDANDEL, 2008, 2013; SASSERON e CARVALHO 2011).

A preocupação com o processo de aprendizagem dos alunos também é uma das principais características que norteiam as atividades investigativas. Deste modo, o foco não está apenas na aquisição de conteúdos científicos, mas também na inserção desses conteúdos na cultura científica e para o desenvolvimento de habilidades que façam parte da investigação científica. Para isso, além dos aspectos

procedimentais, como observação, uso de materiais de laboratório e experimentação, as atividades investigativas devem motivar a participação ativa dos estudantes de modo que haja engajamento para refletir, discutir, explicar e relatar, provendo assim as características de uma investigação científica (TRIVELATO e TONIDANDEL, 2015).

Nesse contexto, trabalhar com o ensino de ciências por investigação é tornar o aluno capaz de propor e avaliar questões, fazer observações, interpretar experimentos, propor explicações com base em evidências, obter e analisar dados e conclusões, construir modelos, argumentar, formular hipóteses, discutir, elaborar sínteses e comunicar aos colegas o conhecimento científico (SCARPA e SILVA, 2013; GRANDY e DUSCHL, 2005). Segundo Trivelato e Tonidandel (2015), os modelos e situações problemáticas escolhidas devem representar um desafio que possa ser enfrentado pelos alunos e que mediante a interação com os colegas e a mediação do professor, os estudantes possam participar do processo de aprendizagem dos conceitos e práticas científicas.

A partir desses aspectos, alguns autores propõem formas de planejar e executar atividades investigativas, apresentando também os elementos que as identificam como tal, comumente organizando em fases que se conectam formando ciclos investigativos. Para este trabalho a proposta de Pedaste e colaboradores (2015) foi escolhida por ser baseada em uma revisão de ciclos existentes na literatura, a partir da análise de artigos com esse tema, os autores identificaram cinco fases gerais de investigação e suas sub-fases, são elas: Orientação, Conceitualização (contendo as sub-fases de questionamento e geração de hipóteses), Investigação (exploração, experimentação e interpretação de dados), Conclusão e Discussão (reflexão e comunicação). Assim, desenvolveram uma estrutura contendo as fases e sub-fases representadas na figura a seguir:

Figura 5- Estrutura do ensino por investigação incluindo as fases, sub-fases e suas relações.

Fonte: Pedaste et al., 2015, p. 56, tradução nossa.

Neste modelo a fase inicial é a de “orientação”, na qual o interesse e a curiosidade em relação ao problema ou questão são despertados. Nessa fase, o tema de aprendizagem é introduzido pelo professor ou definido pelo aluno. Na fase de “conceitualização”, os alunos têm a opção de avançar para a fase de “investigação”, gerando questões ou hipóteses pelo processo de planejamento de exploração ou experimentação, coletando e analisando dados. Na fase de “conclusão”, os estudantes abordam suas questões ou hipóteses de pesquisa originais e consideram se elas são respondidas ou apoiadas pelos resultados do estudo. Nessa fase, novos conhecimentos teóricos podem ser construídos e seu resultado é a conclusão final baseada na investigação. Já a fase de “discussão”, que inclui reflexão e comunicação, está potencialmente presente em todas as etapas da aprendizagem e se relaciona

com todas as outras fases, pois pode ocorrer em qualquer momento durante ou após o aprendizado, em que os alunos apresentam e comunicam seus achados e conclusões e refletem sobre o sucesso do processo ao propor novos problemas ou sugerem como o processo de aprendizagem poderia ser melhorado (PEDASTE et al., 2015, pp. 55-58). É importante ressaltar que este modelo norteou a construção das atividades investigativas da SD proposta neste trabalho, a fim de “conduzir o aluno no processo do trabalho científico (de modo simplificado) para que ele possa ampliar sua cultura científica gradativamente” (CARVALHO, 2014).

Apesar das atividades de investigação poderem admitir várias modalidades que variam de acordo com a participação dos alunos e professores na condução e nas diferentes etapas da investigação, é importante salientar o papel do professor como propositor de problemas, orientador de análises e fomentador de discussões, independente de qual seja a atividade didática proposta. Entretanto, diversos trabalhos enfatizam que as estratégias devem buscar envolver ativamente os alunos em sua aprendizagem (MELLVILE et al., 2008; GRANDY e DUSCHL, 2005; TRIVELATO e TONIDANDEL, 2015).

De acordo com Banchi e Bell (2008, p. 26) o envolvimento dos alunos em atividades de investigação pode ocorrer em vários níveis. Isso porque não se pode esperar que os alunos possam projetar e realizar suas próprias investigações imediatamente, já que a maioria deles, independentemente da idade, precisa de uma prática extensiva para desenvolver suas habilidades de investigação e compreensão até um ponto em que eles possam realizar sua própria investigação do início ao fim. Desse modo, os estudantes podem progredir nos níveis de investigação enquanto se aproximam de um pensamento científico mais complexo, podendo experimentar vários níveis durante as atividades de uma SD, por exemplo.

Figura 6 - Os quatro níveis de investigação e a informação fornecida pelo professor em cada um deles. P= Professor/ A= Aluno

Nível de investigação	Questão	Procedimentos	Solução
1- Investigação de confirmação Estudantes confirmam um princípio baseados em resultados já conhecidos.	P	P	P
2- Investigação estruturada Estudantes investigam uma questão a partir dos procedimentos fornecidos pelo professor.	P	P	A
3-Investigação guiada Estudantes investigam uma questão fornecida pelo professor, desenvolvendo os procedimentos	P	A	A
4-Investigação aberta Estudantes investigam questões formuladas por eles mesmos, desenvolvendo os procedimentos também.	A	A	A

Fonte: BANCHI e BELL, 2008, p.27, tradução nossa.

No nível da “Investigação de confirmação”, os alunos recebem a pergunta e um método no qual os resultados já são conhecidos. Este primeiro nível é útil quando o objetivo do professor é reforçar uma ideia previamente introduzida para apresentar aos alunos a experiência de realização de investigações ou para que os alunos pratiquem uma habilidade de pesquisa específica, como a de coletar dados. No próximo nível, “Investigação estruturada”, a questão e o procedimento ainda são fornecidos pelo professor; no entanto, os alunos geram uma explicação com base na evidência que eles coletaram. Embora essas duas primeiras etapas sejam consideradas investigações de nível inferior são importantes porque permitem que os alunos desenvolvam gradualmente suas habilidades para realizar uma investigação mais aberta. Já no terceiro nível, “Investigação guiada”, o professor fornece apenas a questão de pesquisa, e os alunos desenvolvem o procedimento para testar a pergunta e fornecem as explicações resultantes. Entretanto só porque os alunos estão desenvolvendo seus próprios métodos não significa que o papel do professor seja passivo. Pelo contrário, os alunos precisam de orientação para saber se seus planos de investigação têm sentido. No quarto e mais alto nível de investigação, “Investigação aberta”, os alunos têm a oportunidade de agir como boa parte dos cientistas, elaborando as próprias questões, projetando e realizando investigações e comunicando seus resultados. Este nível requer maior demanda cognitiva dos estudantes e com ampla experiência nos primeiros três níveis, os estudantes poderão

realizar investigações abertas, como as do último nível, com sucesso (BANCHI e BELL, 2008, p. 27)

Na elaboração da SD apresentada neste trabalho, as atividades foram pensadas de forma que apresentem investigações estruturadas e guiadas, levando em consideração a dificuldade de abordar a “investigação aberta” em turmas sem experiências em investigações anteriores e o fato da “investigação de confirmação” não atender aos objetivos de desenvolvimento de investigação científica, também propostos na SD deste trabalho. Os tipos de investigação estão identificados no início de cada atividade.

Como no senso comum se costuma associar as ciências naturais à execução de experimentos, é importante ressaltar que a experimentação não é um método obrigatório na ciência e, portanto, não é indispensável em atividades que seguem o ENCI. Na verdade, as atividades propostas aos alunos podem utilizar uma diversidade de modalidades de pesquisa, como estudos comparativos e exploratórios, adotados, por exemplo, em ecologia. Também devem ser explorados em diferentes modalidades didáticas, pois cada situação demanda soluções variadas que além de motivar diferentemente cada aluno, podem contribuir para o desenvolvimento de diferentes habilidades presentes no fazer científico (SCARPA e SILVA, 20014, p. 150).

As habilidades de investigação científica utilizadas neste trabalho, seguem de acordo com Padilla (1990), que classifica as habilidades e procedimentos científicos em básicas e integradas. As básicas (mais simples) fornecem a base para a aprendizagem das habilidades integradas (mais complexas). As básicas são a observação, o registro, a inferência, a classificação, a mensuração e a predição e a comunicação. As integradas são a construção de hipóteses, o controle de variáveis, a experimentação, a criação de definições operacionais, a elaboração e o uso de modelos e a interpretação dos dados. As habilidades que serão trabalhadas em cada uma das atividades da SD estão indicadas no Quadro 5.

4. METODOLOGIA DE CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

As ideias preliminares para o planejamento da SD apresentada neste trabalho surgiram após a apresentação do trabalho de conclusão de curso da graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas desta pesquisadora. No trabalho intitulado: “História da Ciência no ensino de Sistema Circulatório”, havia uma SD composta por 7 aulas aplicadas em uma turma de Ensino Médio em uma escola da rede privada do estado de São Paulo, que buscava trabalhar conteúdos do sistema circulatório de modo integrado e contextualizado. A partir do mesmo tema, uma nova SD foi construída, baseada em um estudo histórico realizado antes, contido no capítulo 1 da primeira parte deste trabalho.

4.1 A construção da sequência didática

A construção da SD foi norteada por diferentes abordagens, porém complementares, a começar pela modelagem proposta por Méheut e Psillos (2004), que concebe a SD como uma ferramenta de pesquisa, ensino e aprendizagem, a inserção da HC no ensino (ALLCHIN, 2013) e pelo planejamento de sequências didáticas orientadas pelos princípios do ENCI (ALMEIDA e SASSERON 2013, BANCHI e BELL, 2008; CARVALHO, 2014; PEDASTE, 2015). Essas abordagens são melhor trabalhadas na segunda parte desta dissertação (capítulo 1, 2 e 3).

A SD foi estruturada de modo a articular os conteúdos científicos investigados (dimensão epistêmica) com a história da ciência por meio de atividades que pudessem promover a interação entre os alunos e entre professor-aluno (dimensão pedagógica).

As atividades buscam garantir o papel ativo dos alunos durante as aulas a partir de investigações estruturadas, na qual os estudantes investigam uma questão a partir dos procedimentos fornecidos pelo professor e guiadas, na qual os alunos investigam uma questão fornecida pelo professor desenvolvendo os procedimentos (BANCHI e BELL, 2008).

Na elaboração das atividades da SD foram utilizadas as ideias apresentadas por Almeida e Sasserón (2013, p.1190) para o planejamento de uma sequência de ensino investigativa (FIGURA 7). Os autores apresentam elementos essenciais para embasar a construção das atividades em relação ao planejamento, orientação dos alunos, recursos didáticos e administração do tempo, avaliação sobre a construção

do conhecimento por parte dos alunos e avaliação reflexiva sobre a prática docente que foram levadas em consideração durante a construção das atividades da SD apresentada neste trabalho.

Figura 7 - Ideias necessárias ao planejamento de uma sequência de ensino investigativa.

Categorias	Subcategorias	Sumário das Ideias
Ideias sobre o planejamento das atividades (I.1)	Antecipação de Problemas ou questionamentos	Durante o planejamento da atividade o professor é capaz de prever questionamentos ou problemas que podem surgir durante a realização da atividade.
	Atenção aos pré-requisitos	Preocupações que o professor deve ter sobre os pré-requisitos, de conteúdo ou cognitivos, necessário ao aluno para que ele possa construir conhecimento a partir da atividade proposta.
	Atenção aos objetivos da atividade	Atenção do professor aos objetivos da atividade a ser desenvolvida.
Ideias para a orientação dos alunos em sala de aula (I.2)	Sugestões ou observações sobre a abordagem do conteúdo	Ideias sobre como abordar os conteúdos para que a aula se caracterize como investigativa, mantendo os pressupostos do EI.
	Sugestões ou observações sobre o uso do material	Orientações dadas aos alunos durante a aula sobre a utilização dos recursos didáticos necessários à realização da atividade.
	Sugestões ou observações sobre o encaminhamento da aula	Organização e orientação dos alunos para que a atividade se desenvolva seguindo seu planejamento e seus objetivos finais.
Ideias Estruturais (I.3)	Atenção aos recursos didáticos: disponibilidade, manipulação e características.	Necessidade de o professor planejar o uso dos materiais a serem utilizados durante a atividade, quanto a sua disponibilidade e quanto ao conhecimento de seu manuseio.
	Planejamento de tempo para a realização da atividade	Preocupação durante o planejamento com a disponibilidade de tempo de aula para a realização das atividades propostas.
Ideias de avaliação sobre a construção de conhecimento dos alunos (I.4)	Aluno constrói conhecimento através da interação com o professor, com outros alunos ou com o material	Busca identificar situações nas quais o aluno só pôde evoluir em sua linha de raciocínio após a intervenção do professor, trocando ideias com os outros alunos ou através da interação com o material didático.
	O aluno reflete sobre o uso do material	Ao receber uma sugestão sobre o uso do material (I.2), o aluno reflete e avalia tal sugestão, pondo-a ou não em prática.
Ideias de avaliação reflexiva sobre a prática docente (I.5)	Reflexão sobre a prática docente	Ideias que surgem quando o professor avalia suas ações em sala de aula e vislumbra novas perspectivas além daquela executada.
	Sugestões ou observações sobre as atividades	Ideias ou observações que surgiram durante as reuniões que tinham como objetivo identificar algum ponto que pudesse vir a ser problemático durante a aplicação da atividade, ou alguma modificação que pudesse vir a melhorar a atividade.

Fonte: Almeida e Sasseron (2013, p.1190).

Além disso, as atividades da SD contam com a estrutura do ENCI apresentado por Pedaste e colaboradores (2015), ou seja, cada atividade foi construída buscando contemplar todas as fases do ciclo investigativo (FIGURA 5): orientação, conceitualização, investigação, discussão e conclusão. Excluindo a primeira e última

atividade, de levantamento de conhecimentos prévios e avaliação final respectivamente.

Quanto a HC no ensino, a SD foi desenvolvida procurando contemplar os quatro objetivos da inserção de HC no ensino indicados por Douglas Allchin (2013), a fim de que o aluno possa adquirir: 1) conhecimento histórico (contribuições de Harvey contextualizadas nos conhecimentos precedentes e contemporâneos); 2) conhecimento científico (sistema circulatório); 3) habilidades de investigação científica (observação, registro, inferência, construção de hipóteses, interpretação de dados, experimentação, entre outros); 4) e compreensão de como a ciência é realizada (dentre os numerosos aspectos da natureza da ciência serão particularmente abordados: a inserção social e cultural do conhecimento científico, sua natureza criativa e imaginativa e seu status sujeito a mudanças e sua construção por meio de inferências e sua base empírica (LEDERMAN, 2007, p. 833).

A SD conta também com a utilização de textos de fontes primárias, retirados do *De motu cordis*, obra na qual William Harvey apresenta suas investigações e conclusões a respeito da circulação sanguínea nos humanos e nos animais. Por tanto, a distribuição dos conteúdos científicos da SD é baseada nesta obra, Harvey aborda a estrutura e movimento do coração e das artérias, veias e válvulas, função do coração e trajeto do sangue pelo corpo na circulação pulmonar e sistêmica, sendo assim, esses mesmos conteúdos são abordados nas atividades da SD, além dos conteúdos de história e natureza da ciência, já mencionados anteriormente.

Quadro 2- Atividades da SD “William Harvey e a circulação sanguínea”

Atividades
Atividade 1: Atividade de levantamento de conhecimentos prévios. Tempo: Duas sessões de 45 minutos cada.
Atividade 2: Construção do painel “O século XVII”. Tempo: 90 minutos
Atividade 3: Vida e obra de William Harvey. PARTE 1: Quem é esse tal de William Harvey? Tempo: 45 minutos
PARTE 2: O <i>De motu cordis</i> . Tempo: 45 minutos

Atividade 4: Qual a estrutura do coração? PARTE 1: Dissecção do coração de galinha. Tempo: 90 minutos
PARTE 2: O método de Harvey. Tempo: 45 minutos
Atividade 5: O coração se movimenta? Tempo: 90 minutos
Atividade 6: Que caminho o sangue percorre pelo corpo? Tempo: 45 minutos
Atividade 7: Qual a função da circulação sanguínea? Tempo: 90 minutos
Atividade 8: Avaliação Tempo: 45 minutos

Fonte: Produzido pela autora.

O número de aulas necessárias para a aplicação das atividades pode variar, levando em consideração o número de alunos por classe, quantidade de aulas disponíveis, programa curricular da escola, e ainda, da escolha do professor em retomar ou aprofundar algum tema de determinada atividade. Além disso, por serem atividades que demandam trabalho em grupo, é exigido um tempo considerável devido às ações necessárias para organizar a classe, fazer chamada, passar as instruções da atividade, sensibilizar os estudantes e posterior ao término da atividade deve ser realizada a sistematização das discussões com o grupo todo, além do esclarecimento de dúvidas que por ventura tenham ficado. Desta forma, Carvalho (2014) destaca que em uma SD investigativa, as intervenções do docente precisam incentivar a produção de argumentos e justificativas por parte dos alunos, além de estimular a reflexão e a motivação para a resolução de problemas.

4.2 Validação da sequência didática

Após a elaboração das atividades a SD foi submetida a um processo de validação *a priori*, processo este, discutido no trabalho de Artigue (1987) com a Engenharia Didática e no trabalho de Meheut e Psillos (2004) com a abordagem

Teaching-Learning Sequences (TLS) que apresentam linhas teóricas de elaboração e validação de SDs utilizadas no ensino de ciências.

A validação considerada pela Engenharia Didática é composta por quatro fases: uma análise prévia que fomenta a construção da SD, a validação *a priori* que busca assegurar a capacidade do instrumento de permitir a construção dos conhecimentos nas situações da sala de aula; experimentação que seria a fase da aplicação em sala de aula e a análise *a posteriori*, que constitui uma revisão das intenções de ensino e os efeitos da sequência em relação aos seus objetivos (ARTIGUE, 1987).

Já na abordagem TLS a validação se desenvolve a partir das dimensões epistemológica, psicocognitiva e didática. A primeira está relacionada aos conteúdos da SD e aos problemas que serão resolvidos pelos estudantes; a segunda analisa as características cognitivas dos alunos e a última dimensão, analisa as restrições relacionadas ao funcionamento da instituição de ensino, como os cronogramas, materiais disponíveis etc. (MEHEUT e PSILLOS, 2004).

Para este trabalho, além da fase de elaboração já discutida anteriormente, foi realizada a etapa de validação *a priori*, a partir das dimensões epistemológica, psicocognitiva e didática, buscando dessa forma, investigar elementos relacionados às limitações e potencialidades da sequência, utilizando esses resultados para aperfeiçoá-la e reelaborá-la para melhor adequação ao público alvo ao qual se destina. Segundo Guimarães e Giordan (2013) esse processo requer que o professor esteja em constante pesquisa e aprendizado e por isso, considera que há uma contribuição significativa para o desenvolvimento profissional do docente.

Baseando-se nesses princípios, a validação da SD elaborada se constituiu em duas etapas e foi realizada pelos membros do Grupo de Pesquisa em História da Biologia e Ensino do IB-USP (composto por professores de ciências e biologia que estão desenvolvendo projetos de mestrado e doutorado na área). O instrumento da primeira etapa contém questões específicas sobre cada atividade elaborada afim de se obter uma análise mais completa da sequência sob diversos aspectos e comentários gerais acerca da sequência como um todo. Já a segunda etapa consiste na leitura integral da sequência, comentários, críticas e sugestões baseadas nas dimensões de Meheut e Psillos, 2004.

Primeira etapa de validação *a priori*

Esta etapa de validação ocorreu em novembro de 2018 e consistiu na análise de cada atividade da SD pelo Grupo de Pesquisa em História da Biologia e Ensino que é coordenado pela orientadora desta pesquisa. O grupo é composto em sua maioria, por alunos de pós-graduação que realizam pesquisas na área de história da ciência no ensino e são, simultaneamente, professores de Ensino Fundamental II e Médio da rede pública e particular do estado de São Paulo.

Essa etapa ocorreu a fim de garantir que as intenções de ensino propostas na sequência estavam adequadas e sejam factíveis na realidade de sala de aula. O instrumento para a avaliação está dividido em categorias de análise, baseadas em Guimarães e Giordan (2013). Elas sugerem aspectos de tempo, conteúdo, objetivos e estratégias, os voluntários responderam “SIM”, se concordaram com a afirmação apresentada na questão; “NÃO”, se discordaram, ou “N/A” se a questão não se aplicou à atividade. Além disso, os professores puderam apontar sugestões e expor críticas e comentários após a leitura integral da SD.

Quadro 3- Primeiro instrumento de validação

AValiação da Atividade Nº ____.

Questões			
1. A atividade possui uma redação clara, contendo explicações suficientes para um bom entendimento do que é proposto e de como deve ser aplicada em sala de aula?	SIM	NÃO	N/A
2. O tempo previsto é adequado para a realização da atividade?	SIM	NÃO	N/A
3. Os conteúdos científicos abordados estão adequados ao nível de escolarização ao qual a SD se refere?	SIM	NÃO	N/A
4. Os conteúdos históricos abordados estão adequados ao nível de escolarização ao qual a SD se refere?	SIM	NÃO	N/A
5. As habilidades de investigação científica abordadas estão adequados ao nível de escolarização ao qual a SD se refere?	SIM	NÃO	N/A

6. Os aspectos de Natureza da Ciência abordadas estão adequados ao nível de escolarização ao qual a SD se refere?	SIM	NÃO	N/A
7. A quantidade de conteúdos (científicos, históricos, habilidades de investigação científica e aspectos de NdC) a serem desenvolvidos é condizente com o número de aulas previstas?	SIM	NÃO	N/A
8. A(s) estratégia(s) didática(s) é (são) adequada(s) para alcançar os objetivos propostos?	SIM	NÃO	N/A
9. A atividade promove a contextualização dos conteúdos científicos a serem aprendidos?	SIM	NÃO	N/A
10. Os instrumentos de avaliação estão de acordo com os objetivos e conteúdos propostos.	SIM	NÃO	N/A
11. Essa atividade possui aplicabilidade dentro da minha realidade escolar.	SIM	NÃO	N/A
COMENTÁRIOS GERAIS			

Fonte: Adaptado de Guimarães e Giordan (2013).

Este instrumento de validação foi encaminhado por e-mail para cada integrante do Grupo de Pesquisa juntamente com a primeira versão da sequência didática elaborada para que o material fosse lido antes da reunião que se deu com a presença de cinco integrantes. Além das contribuições recebidas durante a reunião, os integrantes que não puderam comparecer também enviaram seus comentários e o instrumento de validação preenchido.

O áudio da reunião foi gravado a fim de que posteriormente, os comentários, sugestões e discussões fossem levados em consideração na modificação da sequência didática.

Segunda etapa de validação *a priori*

A segunda etapa da validação *a priori* da SD ocorreu em dezembro de 2019, em uma reunião no Laboratório de Licenciatura (LabLic) do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, do Grupo de Pesquisa em História da Biologia e Ensino.

O grupo teve acesso por e-mail a versão construída a partir da primeira etapa de validação, podendo assim, realizar uma leitura prévia antes da reunião. Após a leitura integral da SD, os integrantes do Grupo expuseram suas críticas, comentários e sugestões.

Essa fase teve o propósito de avaliar se os objetivos e estratégias da SD elaborada tem respaldo na literatura e se estão de acordo com os princípios do ENCI e da história da ciência no ensino. Para a validação, os integrantes do grupo realizaram a leitura integral da sequência didática para expor críticas, comentários e sugestões. A análise obedeceu aos critérios propostos por Meheut e Psillos (2004) nas dimensões epistemológica, psicocognitiva e didática. A primeira dimensão se refere aos conteúdos a serem aprendidos (científicos, históricos, habilidades de investigação científica, aspectos de NdC), já a segunda dimensão considera as características cognitivas dos estudantes e a dimensão didática analisa as restrições do funcionamento da instituição de ensino como o cronograma, programas de ensino, quantidade de aulas, entre outros.

Quadro 4- Segundo instrumento de validação.

Critérios	Comentários
Dimensão Epistemológica	
Dimensão Psicocognitiva	
Dimensão Didática	

Fonte: Elaborado pela autora.

Durante a reunião, quatro integrantes do grupo analisaram a sequência didática e trouxeram suas contribuições, outros dois integrantes que não puderam comparecer enviaram o segundo instrumento de validação preenchido por e-mail. Assim como na primeira etapa de validação, esse material foi analisado e relatado no próximo capítulo desse trabalho, organizando os comentários e sugestões de acordo com os critérios.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Primeira etapa da validação

A primeira versão da SD elaborada por esta pesquisadora continha oito atividades, sendo a primeira de levantamento de conhecimentos prévios e a última, de avaliação final que ainda não havia sido definida. Essa versão da SD foi encaminhada aos professores integrantes do grupo, juntamente com um instrumento de avaliação para cada atividade (QUADRO 3), adaptado de Guimarães e Giordan (2013), que basicamente incluía questões sobre o tempo previsto para cada atividade, conteúdos científicos, históricos, habilidades de investigação científica, aspectos de natureza da ciência, estratégias didáticas e instrumentos de avaliação da SD. Os professores avaliaram as atividades trazendo também comentários gerais a respeito da SD como um todo.

A partir da avaliação foi sugerido acrescentar algumas respostas possíveis às “paradas para pensar” e questões apresentadas nas atividades, além das intenções de cada questão, para auxiliar os professores que vierem aplicar a sequência. A atividade 4: “Qual a estrutura do coração” foi dividida em duas partes, por demandar mais tempo e se tratar de uma atividade prática complexa. Sendo assim, na primeira parte há a atividade prática de dissecação do coração de galinha enquanto a segunda parte se dedica ao estudo do método de trabalho de Harvey, facilitando assim a organização do tempo e materiais para as atividades.

Sobre a atividade oito que ainda não havia sido definida, foi sugerido repetir a primeira aula de levantamento de conhecimentos prévios na última atividade de avaliação, com a função de verificar as influências da SD aplicada.

Outra alteração sugerida foi quanto a diagramação das atividades dirigidas aos alunos, por conter textos de fontes primárias, muitas vezes apresentam termos mais complexos que poderiam tornar a leitura maçante. Alguns textos então, foram reduzidos e indicados por uma ilustração de William Harvey, para contribuir com a familiarização do personagem pelos alunos e tornar a aparência do texto mais agradável.

O quadro 5 que continha apenas os conhecimentos históricos, científicos, aspectos de NdC e estratégias para cada atividade da SD também foi alterado a partir das sugestões, foram acrescentadas colunas especificando as habilidades de investigação científica e estratégias de avaliação para cada atividade. O nome de

algumas atividades também foi alterado para frases interrogativas, realçando o problema a ser investigado durante as aulas de modo a facilitar a compreensão dos estudantes quanto ao que devem responder ao fim da investigação.

O grupo solicitou a preparação de um material instrucional para o professor como as apresentações de slides necessárias para as atividades 1 e 3, além de um texto de apoio também para a atividade 3. Reconhecendo a dificuldade de encontrar materiais de HC contextualizados sobre o tema da SD e levando em consideração o trabalho exaustivo do professor atualmente que muitas vezes não tem tempo suficiente para realizar seus estudos e planejamentos de aula, o material solicitado foi elaborado e encontra-se no Apêndice A, C e D deste trabalho.

Por fim, foi sugerido acrescentar no início de cada atividade algumas informações como o tipo de investigação, fase do ciclo investigativo, aspecto de NdC abordado e tempo estimado para a realização da mesma. A sugestão foi acatada e as informações foram acrescentadas no começo de cada atividade.

De modo geral, os professores responderam “sim” para as questões do instrumento de validação, significando que as atividades estavam adequadas e que possuíam aplicabilidade dentro de suas realidades escolares.

Essa primeira etapa de validação foi muito importante por poder receber críticas e sugestões de professores atuantes na Educação Básica, capazes de avaliar a SD sob sua perspectiva de trabalho e como possíveis aplicadores da sequência no futuro. Além disso, os professores com suas experiências em sala de aula puderam prever situações e comportamentos dos estudantes propondo possibilidades de ações e escolhas para construção de estratégias, tomadas de decisões e organização das situações de aprendizagem que estejam de acordo com os objetivos propostos pela SD.

Assim, após as considerações dessa primeira etapa de validação, foi produzida uma segunda versão da SD e materiais instrucionais, mantendo o número inicial de oito atividades voltadas à aprendizagem de conteúdos do sistema circulatório contextualizados historicamente a partir de leituras de fontes primárias da obra de William Harvey.

5.2 Segunda etapa da validação

Após a leitura integral da segunda versão da SD, os integrantes do Grupo expuseram suas críticas, comentários e sugestões, desta vez, seguindo os critérios de validação *a priori* de Meheut e Psillos (2004). Esses critérios integram três dimensões: dimensão epistemológica, psicocognitiva e didática. A primeira dimensão diz respeito aos conteúdos a serem aprendidos; a segunda dimensão considera as características cognitivas dos estudantes, suas concepções, dificuldades e obstáculos; a terceira analisa as restrições de funcionamento da instituição de ensino, tais como: o cronograma, programas de ensino, quantidades de aulas, entre outros. Ao final, foi encaminhado o instrumento de validação dessa segunda etapa (QUADRO 4), no qual os integrantes puderam preencher seus comentários de acordo com as dimensões, além de fazer comentários da sequência como um todo.

Em relação à dimensão epistemológica, o grupo salientou que: “Os conteúdos a serem aprendidos estão de acordo com o nível de conhecimento dos alunos de Ensino Médio para os quais são dirigidas as atividades. Eles permitem trabalhar com aspectos importantes de NdC e ajudam a desenvolver habilidades de investigação científica, bem como de leitura e interpretação de textos históricos. Os conteúdos e habilidades desenvolvidas ao longo da SD se mostram adequados à faixa etária dos estudantes e condizentes com o que é previsto nos documentos oficiais. Além disso, trabalhou-se aspectos de NdC de forma explícita e reflexiva, que visa promover aprendizagem mais abrangente e significativa desses conteúdos”.

Foi sugerido modificar a atividade 5, a fim de melhorar suas características investigativas, deixando o aluno mais livre em relação a sua investigação, sugerindo apenas uma possibilidade para aferição da pressão, deixando os estudantes elaborarem outras três variações.

Os textos de algumas questões nas atividades 1, 2, 4 e 8 também foram alterados a fim facilitar a compreensão do aluno quanto ao que se espera que ele faça durante as atividades. Desse mesmo modo, algumas instruções ao professor, contidas nas notas de rodapé também foram reelaboradas.

Os procedimentos da dissecação do coração de galinha da parte 1 da atividade 4 também foram reelaborados a fim de serem mais específicos quanto as incisões que deveriam ser realizadas. Além disso, o grupo recomendou que os termos “sangue

venoso” e “sangue arterial” fossem substituídos pelos termos “ sangue não oxigenado” e “sangue oxigenado” respectivamente, já que apesar de usuais, os termos anteriores poderiam causar incompreensões da parte dos alunos ao pensar que o sangue venoso é aquele que só percorre as veias e que o arterial só percorre as artérias, sendo que não é esse o critério que o classifica.

Quanto à dimensão psicocognitiva o grupo comentou: “As atividades propostas estão de acordo com o nível cognitivo e concepções de estudantes de Ensino Médio, para o qual elas se destinam. O grau de dificuldade das atividades está coerente com essa faixa etária, que deverá ter perfeitas condições de superar os obstáculos e os desafios que as atividades propõem. As atividades propostas na SD se mostram dentro da zona proximal de desenvolvimento dos estudantes, uma vez que parte das concepções prévias e adentra no conteúdo de forma progressiva, factível e ao mesmo tempo desafiadora para os estudantes do Ensino Médio” Ainda acrescentaram: “Como os textos de fontes primárias são um pouco longos, talvez os alunos não tenham paciência para ler sozinhos. Algumas palavras utilizadas também talvez não sejam de fácil compreensão para os alunos. Por isso, talvez seja importante pontuar algumas estratégias para contornar essas dificuldades, como ler alguns textos com os alunos ou colocar sinônimos para algumas palavras”.

A partir dessa última recomendação, foram acrescentados alguns parágrafos ao texto que precede a apresentação da SD trazendo algumas recomendações ao professor, ressaltando a importância das discussões entre os grupos e com a classe toda, além de recomendações quanto a leitura das fontes primárias apresentadas para os alunos e como discutir explicitamente os aspectos de NdC abordados nas atividades.

Em relação à dimensão didática o grupo destacou que: “A SD proposta não apresenta restrições de funcionamento, pois levanta uma série de alternativas a possíveis condições adversas ou impossibilidades encontradas pelo professor, sendo assim, é passível de ser aplicada em praticamente qualquer instituição de ensino. O tempo previsto se faz adequado, na medida que o professor tem liberdade para determinar quando os diferentes momentos da SD vão ocorrer (em uma única aula, em metade da aula, em duas aulas e assim por diante). As atividades propostas estão de acordo com a instituição e o nível escolar a que se destinam e podem ser encaixadas tanto dentro do cronograma quanto do programa de ensino para o público-

alvo. Quanto à a quantidade de aulas ou de atividades propostas, a única restrição que talvez possa ser imposta seja a da quantidade de leituras de fontes primárias, que pode ser repensada com o intuito de evitar repetições ou trechos muito longos, privilegiando somente o que for estritamente necessário para o desenvolvimento da atividade proposta. No entanto, isso não invalida de forma alguma, uma vez que a maior parte dos textos está de acordo e a ideia seria cortar apenas alguns pequenos trechos repetidos”.

Quanto a última sugestão, os trechos de fontes primárias que se repetiam durante a SD foram retirados, entretanto, na atividade 4, alguns trechos do texto de fonte primária direcionados aos alunos se repetem nas correções das questões nas notas de rodapé destinadas ao professor. Isto porque a atividade demanda localizar e utilizar o texto para responder às questões e de modo a facilitar a correção pelo professor, além da explicação fisiológica atual, encontra-se também os trechos nos quais os alunos devem se basear para responder às perguntas.

É importante ressaltar a importância de se ter realizado a validação com dois instrumentos distintos, pois apesar de semelhantes, ambas etapas de validação trouxeram resultados valiosos para a construção da versão final da SD apresentada neste trabalho. Pode-se considerar que a primeira etapa culminou na modificação de algumas atividades, enquanto a segunda etapa confirmou de modo mais específico o alinhamento das propostas utilizadas para a construção da SD com o material apresentado de fato, além das modificações pontuais também realizadas. O foco da primeira etapa consistiu em mudanças relacionadas à cada atividade e suas estratégias, utilizando um instrumento que limitava os avaliadores quanto às críticas e sugestões, facilitando, por sua vez, as alterações realizadas em cada atividade. Já a segunda etapa visou a avaliação da sequência como um todo baseada nas dimensões propostas por Meheut e Psillos (2004), de modo mais livre os avaliadores puderam realizar comentários e sugestões, justificando a adequação da SD com as propostas metodológicas e epistemológicas já mencionadas, utilizadas para a construção da SD. Essa última etapa expôs outros pontos a serem alterados diferentes daqueles já estabelecidos no primeiro instrumento de validação.

Na próxima seção serão apresentadas as atividades propostas para uma SD sobre o sistema circulatório, assim como os materiais instrucionais necessários para sua realização.

Em cada uma das atividades, buscou-se considerar em sua elaboração os princípios destacados anteriormente com relação ao ENCI, ensino de aspectos de natureza da ciência e história da ciência no ensino. O número de aulas necessárias para a aplicação das atividades pode variar, levando em consideração o número de alunos por classe, quantidade de aulas disponíveis, programa curricular da escola, e ainda, da escolha do professor em retomar ou aprofundar algum tema de determinada atividade. Além disso, por serem atividades que demandam trabalho em grupo, é exigido um tempo considerável devido às ações necessárias para organizar a classe, fazer chamada, passar as instruções da atividade, sensibilizar os estudantes e posterior ao término da atividade deve ser realizada a sistematização das discussões com o grupo todo, além do esclarecimento de dúvidas que por ventura tenham ficado. Desta forma, Carvalho (2014) destaca que em uma sequência investigativa, as intervenções do docente precisam incentivar a produção de argumentos e justificativas por parte dos alunos, além de estimular a reflexão e a motivação para a resolução de problemas.

A distribuição dos conteúdos da SD é baseada no livro *De motu cordis* de William Harvey. O autor aborda a estrutura e movimento do coração e das artérias, veias e válvulas, função do coração e trajeto do sangue pelo corpo na circulação pulmonar e sistêmica, sendo assim, esses mesmos conteúdos serão abordados nas atividades da SD, além dos conteúdos de história e natureza da ciência.

5.3 Sequência didática: William Harvey e a circulação sanguínea

A SD “William Harvey e a circulação sanguínea” conta com oito atividades, destinadas à estudantes do Ensino Médio devido ao conteúdo do Sistema Circulatório ser recomendado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (2002, p.48) para essa turma. O conteúdo pertence ao Tema : “Diversidade da vida”; Unidade temática : “Os seres vivos diversificam os processos vitais” na qual, “reconhecer os princípios básicos e as especificidades das funções vitais dos animais e estabelecer as relações entre as várias funções vitais do organismo humano” se constituem como dois dos objetivos dessa unidade temática.

Além disso, a Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio (BRASIL, 2018), traz como uma das competências específicas:

“Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC)” (BRASIL, 2018, p.539).

Nesta competência, destaca-se duas habilidades que se relacionam com a proposta de sequência didática, seus objetivos e conteúdos:

“(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural” (BRASIL, 2018, p.545).

A sequência didática ainda foi desenvolvida procurando contemplar os quatro objetivos da inserção de HC no ensino indicados por Douglas Allchin (2013), a fim de que o aluno possa adquirir: 1) conhecimento histórico (contribuições de Harvey contextualizadas nos conhecimentos precedentes e contemporâneos); 2) conhecimento científico (sistema circulatório); 3) habilidades de investigação científica (observação, registro, inferência, construção de hipóteses, interpretação de dados, experimentação, entre outros); 4) e compreensão de como a ciência é realizada (dentre os numerosos aspectos da natureza da ciência serão particularmente abordados: a inserção social e cultural do conhecimento científico, sua natureza criativa e imaginativa e seu status sujeito a mudanças e sua construção por meio de inferências e sua base empírica (Lederman, 2007, p. 833).

Abaixo encontra-se um quadro resumindo os conhecimentos, habilidades aspectos de NdC, estratégias e avaliação em cada uma das atividades.

Quadro 5- Conhecimentos, habilidades e estratégias abordadas nas atividades da SD.

Atividades	Conhecimentos históricos	Conhecimentos científicos	Habilidades de investigação científica	Aspectos de NdC	Estratégias	Avaliação
Atividade 1: Atividade de levantamento de conhecimentos prévios. Tempo: Duas sessões de 45 minutos cada.	Concepções dos antecessores de Harvey a respeito do sistema circulatório.	Conhecimentos prévios relacionados ao sistema circulatório.	-	O conhecimento científico é tentativo, ou sujeito a mudanças, isto é, possui um desenvolvimento histórico.	Atividade diagnóstica impressa.	Atividade diagnóstica.
Atividade 2: Construção do painel "O século XVII". Tempo: 90 minutos	Inglaterra no século XVII. Contexto de produção da obra de William Harvey.	-	Registro; Comunicação; Construção de hipóteses.	O conhecimento científico é um empreendimento humano, sendo, social e culturalmente determinado.	Atividade em grupo de pesquisa e construção da linha do tempo.	Montagem do painel, pesquisa e paradas para pensar.
Atividade 3: PARTE 1: Quem é esse tal de William Harvey? Tempo: 45 minutos	Biografia científica de William Harvey.	-	Registro; Comunicação.	O conhecimento científico é um empreendimento humano, sendo, social e culturalmente determinado.	Discussão em grupo, aula expositiva dialogada.	Paradas para pensar
PARTE 2: O <i>De motu cordis</i> . Tempo: 45 minutos	Obra de William Harvey.	-	Registro; Comunicação.	O conhecimento científico é um empreendimento humano, sendo, social e culturalmente determinado.	Discussão em grupo, leitura de texto.	Paradas para pensar
Atividade 4: Qual a estrutura do coração? PARTE 1: Dissecção do coração de galinha. Tempo: 90 minutos	-	Anatomia cardiovascular.	Observação; Registro; Construção de hipóteses; Inferência; Comunicação.	O conhecimento científico é construído por meio de "inferências" derivadas da "observação" do mundo Vida e obra de William Harvey. natural. O conhecimento científico é empiricamente baseado.	Atividade prática no laboratório e discussão em grupo.	Participação e questões da atividade.

PARTE 2: O método de Harvey. Tempo: 45 minutos	Método de Harvey.	Anatomia cardiovascular.	Registro; comunicação	O conhecimento científico é construído por meio de “inferências” derivadas da “observação” do mundo natural. O conhecimento científico é empiricamente baseado.	Discussão em grupo, leitura de texto.	Paradas para pensar e participação.
Atividade 5: O coração se movimenta? Tempo: 90 minutos	Concepções de Harvey acerca da função e movimento do coração	Pressão arterial. Movimentos de sístole e diástole. Função do coração.	Registro; Mensuração; Observação; Controle de variáveis; Interpretação de dados; Construção de hipóteses; Experimentação; Comunicação.	O conhecimento científico é construído por meio de “inferências” derivadas da “observação” do mundo natural. O conhecimento científico é empiricamente baseado.	Atividade de aferição de P.A em grupos, discussão dos resultados.	Participação e questões da atividade.
Atividade 6: Que caminho o sangue percorre pelo corpo? Tempo: 45 minutos	Concepções de Harvey a respeito do trajeto do sangue em sistema fechado.	Circulação pulmonar e sistêmica.	Registro; Classificação.	O conhecimento científico envolve criatividade e imaginação.	Atividade em grupo, leitura e resolução de problemas.	Questões da atividade.
Atividade 7: Qual a função da circulação sanguínea? Tempo: 90 minutos	-	Funções da circulação sanguínea nos animais.	Observação; Registro; Mensuração; Controle de variáveis; Construção de hipóteses; Experimentação; Interpretação de dados; Comunicação.	O conhecimento científico envolve criatividade e imaginação. O conhecimento científico é construído por meio de “inferências” derivadas da “observação” do mundo natural. O conhecimento científico é empiricamente baseado.	Atividade prática em duplas e discussão.	Participação e questões da atividade.
Atividade 8: Avaliação e roda de conversa. Tempo: 45 minutos	-	Retomada dos conceitos relacionados ao Sistema Circulatório.	-	-	Atividade reflexiva individual.	Repetição do questionário da Atividade 1.

Fonte: Elaborado pela autora.

Todas as atividades realizadas farão parte da avaliação, incluindo a participação dos grupos nas discussões. Essas atividades deverão ser corrigidas pelo professor e devem voltar para o grupo com os apontamentos e observações, de modo que não apenas o produto seja avaliado, mas também o processo de construção dos conhecimentos. É importante ressaltar que por conterem trechos de fontes primárias (*De motu cordis*) a linguagem pode ser rebuscada fazendo com que a leitura dos textos seja complexa, apresentando termos e conceitos de difícil compreensão por parte dos alunos. Por isso, recomenda-se que o professor esteja atento às dúvidas dos alunos durante as leituras, os auxiliando com as palavras que não souberem o significado, ou frases em que haja má interpretação, podendo também ler os textos com os alunos, caso julgue necessário. Além disso, as atividades propõem em diversos momentos, discussões entre os membros do grupo e com a sala toda, esses momentos devem ser valorizados pois promovem trocas de informações que muito contribuem para a construção do conhecimento, podendo sanar algumas dúvidas que porventura surjam durante a realização das atividades.

Para cada atividade há um ou mais aspectos de NdC relacionados, esses devem ser abordados de maneira explícita durante as reflexões e discussões com a classe. Segundo Lederman (2007), na abordagem explícita, o estudante, desde o início da atividade, sabe qual aspecto da NdC será trabalhado, por isso, o professor pode, por exemplo, anotar na lousa o(s) aspecto(s) de NdC apresentado(s) em cada atividade e mencioná-lo(s) sempre que necessário.

A seguir as atividades serão mais detalhadas, com informações ao professor e instruções aos alunos, além da sugestão de espaços que podem ser utilizados durante cada atividade e os materiais necessários para a realização das mesmas. As notas de rodapé indicam as intenções e objetivos de algumas questões propostas, enquanto os quadros azuis apresentam algumas respostas possíveis para as “Paradas para pensar”. O tipo de investigação e as fases do ciclo investigativo que se aplicam em cada atividade também são apresentadas, juntamente com uma sugestão de tempo previsto para cada um e o(os) aspecto(s) de NdC abordado(s).

ATIVIDADE 1: LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

Investigação estruturada

Fase do ciclo investigativo: Orientação e Discussão

Aspecto de NdC: O conhecimento científico é tentativo, ou sujeito a mudanças, isto é, possui um desenvolvimento histórico.

Tempo previsto: Duas sessões de 45 minutos cada.

PARA O PROFESSOR

Para esta atividade, os alunos deverão ser orientados quanto ao funcionamento da atividade diagnóstica. Deverão responder às questões individualmente e entregar ao professor. O docente fará a leitura das respostas e os alunos receberão suas atividades novamente, podendo assim, realizar uma discussão em pequenos grupos. O professor fará a mediação nesses grupos, instigando os alunos a discutirem suas opiniões e compartilharem seus conhecimentos. É importante que em algum momento seja feita uma contextualização sobre o tema a ser estudado, para isso, a questão 4 dessa atividade apresenta algumas concepções de precedentes e contemporâneos de Harvey, por esta razão, há uma apresentação de slides (APÊNDICE A) que reúne as principais concepções acerca do sistema circulatório de algumas personalidades da Antiguidade até contemporâneos de Harvey, na qual o professor poderá se informar acerca dessas ideias e relacioná-las durante a discussão.

ESPAÇOS E MATERIAIS SUGERIDOS

- Atividades impressas para cada aluno
- Lápis, borracha e caneta
- Sala de aula

ATIVIDADE DO ALUNO

Cara (o) aluna (o), esta atividade tem como objetivo o levantamento dos seus conhecimentos prévios, logo, preocupe-se em responder às questões, não em verificar se a resposta está certa ou errada. Lembre-se de não consultar nenhum outro aluno ou material enquanto estiver respondendo.

1. Na ilustração abaixo temos o corpo humano com a representação de alguns órgãos, indique quais você julga fazerem parte do sistema circulatório.²⁴

2. No corpo de um indivíduo de 75 kg circulam aproximadamente 6L de sangue diariamente. Sabendo que esse sangue não sai do corpo (a menos que haja um

---

²⁴ Com essa questão busca-se saber quais os órgãos que os alunos consideram fazerem parte do sistema circulatório, tais como coração e vasos sanguíneos (artérias, veias e capilares). Tendo em vista que os sistemas são integrados é possível que os alunos indiquem outros órgãos, tais como pulmão ou cérebro. Cabe ao professor ressaltar que no caso do pulmão, por exemplo, apesar de participar da pequena circulação é considerado um órgão pertencendo ao sistema respiratório,

sangramento), que caminho ele percorre no seu corpo? Represente de alguma forma (desenho, esquema, mapa mental) esse caminho, no espaço abaixo.²⁵

3. Em uma aula de educação física, três alunos apostaram uma corrida até a quadra. Na “linha de chegada” os estudantes estavam se sentindo cansados, com respiração ofegante e perceberam que seus batimentos estavam acelerados. Diante disto, os alunos começaram a discutir.²⁶

---

²⁵ Espera-se que os alunos representem a partir de desenhos ou esquemas a pequena e a grande circulação em um sistema fechado. O professor deve ficar atento aos casos em que os desenhos indiquem a circulação em sistema aberto e corrigir.

²⁶ Com essa questão busca-se verificar se os alunos conseguem relacionar o aumento da frequência cardíaca com o aumento da frequência respiratória e a função da circulação do sangue, sendo correta a alternativa B. Na alternativa A o ponto incorreto é: “mandar mais ar para o corpo”, em vez de mandar mais sangue, e na alternativa C “ produção de energia no coração”, em vez de todas as células do corpo produzem mais energia.

ESTUDANTE A: Eu acho que o coração bate mais rápido quando corremos para mandar mais ar para o corpo e dar mais energia para o exercício.

ESTUDANTE B: Eu acho que é para levar oxigênio para os músculos que estão trabalhando mais durante o exercício e consomem mais O₂. Por isso respiramos mais rápido também.

ESTUDANTE C: Como gastamos mais energia, ficamos cansados e o ritmo da respiração acelera para a produção de energia no coração que também acelera levando sangue mais rápido para o corpo.

Com qual afirmação você concorda? Em que ponto as outras duas estão erradas.

---

4. Analise as sentenças abaixo e assinale se você as considera falsas ou verdadeiras. **Corrija** as afirmações que julgar **falsas**.²⁷

- A. Quando nos exercitamos, sentimos calor e até suamos, isso porque o coração produz calor que mantém a temperatura corporal adequada. No exercício, ele bate mais rápido, produzindo mais calor.

( ) FALSA   ( ) VERDADEIRA

- B. O sangue leva ar captado do ambiente através das artérias para o corpo. Sendo assim, as artérias podem levar ar misturado com sangue.

( ) FALSA   ( ) VERDADEIRA

---

²⁷ A questão 4 apresenta algumas concepções precedentes da história da Biologia acerca da circulação sanguínea e funcionamento do coração, que estão presentes no material de apoio (APÊNDICE A). As ideias correspondem a: A- Galeno; B- Hipócrates; C- Aristóteles; D- Galeno; E- Harvey (única correta). Apesar de as 4 primeiras afirmações serem descartadas pela ciência atual, fazem parte do senso comum e podem ser consideradas verdadeiras pelos alunos. É importante que o professor promova discussão sobre elas. A questão corrigida encontra-se no APÊNDICE B.

- C. O sangue é produzido a partir da digestão dos alimentos que ingerimos. Assim, a qualidade do sangue está diretamente relacionada à dieta adotada.

( ) FALSA ( ) VERDADEIRA

- D. Entre os dois lados do coração existem pequenos poros que permitem a passagem do sangue do lado direito para o lado esquerdo do coração.

( ) FALSA ( ) VERDADEIRA

- E. Quando o coração contrai, ele expulsa o sangue e quando há o relaxamento, o coração se enche de sangue.

( ) FALSA ( ) VERDADEIRA

ATIVIDADE 2: CONSTRUÇÃO DO PAINEL “O SÉCULO XVII”

Investigação estruturada

Fase do ciclo investigativo: Orientação e Discussão

Aspecto de NdC: O conhecimento científico é um empreendimento humano, sendo, social e culturalmente determinado.

Tempo previsto: 90 minutos

PARA O PROFESSOR

A obra estudada é *De motu cordis* de William Harvey (1578-1656) que foi publicada no século XVII, no ano de 1628. Para compreender melhor o contexto dessa publicação e o impacto dos conhecimentos que ela apresenta, os alunos formarão duplas ou trios e pesquisarão os principais eventos e costumes da época na Inglaterra, trazendo datas, imagens e uma pequena descrição dos acontecimentos. Os alunos deverão ser orientados quanto às fontes de pesquisa confiáveis²⁸ e poderão realizar a pesquisa em pequenos grupos na escola, por exemplo, em um laboratório de informática com e com a ajuda do professor de história. O professor poderá orientar os alunos quanto aos aspectos a serem pesquisados tais como: economia, política, música, pintura, literatura, vestimenta, moradia, alimentação, escola, moeda, costumes, entre outros. Dentre os aspectos a serem pesquisados, o professor poderá separar os aspectos entre os grupos, de modo a cobrir o maior número de temas. Os grupos indicarão quais informações encontraram e a classe decidirá quais serão representadas no painel. Durante a pesquisa, os alunos deverão responder às questões das “Paradas para pensar”, que tendem a guiar o aluno em sua pesquisa e suscitam reflexões durante e após a montagem do painel.

O painel será uma construção coletiva, que tanto pode ser confeccionado em forma de “varal”, com uma folha pendurada para cada evento ou informação, como também em forma de mural. Caso a atividade esteja sendo realizada em um laboratório de informática, o professor pode recorrer a recursos eletrônicos,

---

²⁸ Ao preparar essa atividade o professor pode consultar:

A) Divisão de Biblioteca da Escola Politécnica da USP. Fontes de informação para Trabalhos Acadêmicos, São Paulo, 2017. Disponível em <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4127408/mod_resource/content/1/Fontes%20de%20informacao%20para%20trabalhos%20acad%C3%AAsicos.pdf> Acesso em: fev.2019

B) PUCCI, L.F.S., GARCIA, M. **Oficina de orientação para estudo e pesquisa**. Secretaria de educação do estado de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <https://cursosextensao.usp.br/pluginfile.php/35571/mod_resource/content/1/Caderno%20de%20orienta%C3%A7%C3%B5es%20da%20Oficina%20OEP.pdf> Acesso em: fev.2019.

disponíveis livremente na internet como por exemplo, o Padlet²⁹. Durante a construção do painel, o(s) professor(es) deve(m) esclarecer as dúvidas dos alunos e enfatizar a importância de tais acontecimentos para a época, para que os alunos conheçam os contextos social, político, econômico e religioso do século XVII que influenciaram Harvey e sua obra.³⁰

ESPAÇOS E MATERIAIS SUGERIDOS

- Questões impressas para cada grupo
- Sala de informática com computadores suficientes para os grupos
- Sala de aula com um local para pendurar o “varal”
- Caderno, lápis, borracha e canetas
- 1 Rolo de barbante
- Prendedores de roupa
- Papel colorido
- Tesouras
- Cola em bastão
- Canetas hidrográficas coloridas

ATIVIDADE DO ALUNO

Escolha alguns temas que deseja pesquisar sobre a Inglaterra no século XVII, durante a pesquisa e depois da montagem do painel, reflita com seu grupo e responda às questões apresentadas nas “Paradas para pensar”.

Durante a pesquisa:

PARADA PARA PENSAR 1: Quais eventos ou costumes você escolheu pesquisar? Quais os critérios que você vai utilizar para selecionar os aspectos a serem colocados no painel? Explique

Após a montagem do painel:

PARADA PARA PENSAR 2: Você acredita que esses aspectos influenciaram Harvey e seu trabalho? Se sim, explique de que forma você acha que isso ocorreu. Se não, justifique sua resposta.

---

²⁹ Disponível em <<https://pt-br.padlet.com/>>.

³⁰ É importante que o professor retome o tema que será estudado, citando Harvey e sua publicação.

Algumas respostas possíveis

Parada para pensar 1: Os alunos podem abordar aspectos da economia, política, arte, vestimenta, moradia, alimentação, escola entre outros. Os estudantes ainda podem colocar na linha do tempo as pesquisas mais interessantes ou que de alguma forma consigam relacionar com o que já sabem sobre Harvey.

Parada para pensar 2: Os alunos podem levantar hipóteses sobre como tais aspectos podem ter influenciado Harvey, podem comentar aspectos sociais e políticos por exemplo.

ATIVIDADE 3: QUEM É ESSE TAL DE WILLIAM HARVEY?

Investigação estruturada

Fase do ciclo investigativo: Conceitualização e Discussão

Aspecto de NdC: O conhecimento científico é um empreendimento humano, sendo, social e culturalmente determinado.

Tempo previsto: 90 minutos

PARA O PROFESSOR

PARTE 1: A vida de William Harvey

Esta atividade será dividida em três momentos distintos. No primeiro, os alunos receberão algumas questões iniciais sobre Harvey, as quais deverão ser respondidas individualmente em no máximo 10 minutos. No segundo momento, o professor fará uma breve apresentação da biografia científica de Harvey (APÊNDICE C), contendo informações sobre sua vida, sua formação acadêmica e seu trabalho sob a forma de apresentação de slides (APÊNDICE D). Em um terceiro momento, os alunos deverão formar pequenos grupos de até quatro pessoas e discutir o que responderam na “Parada para pensar 3”, e juntos, poderão responder às questões da “Parada para pensar 4”, produzindo uma conclusão que represente as ideias discutidas antes e depois da apresentação. Esta conclusão deverá ser apresentada para a classe na forma de texto escrito ou esquema.

ESPAÇOS E MATERIAIS SUGERIDOS

- Sala com projetor de slides
- Caderno, lápis, borracha, caneta
- Atividade impressa para os alunos

ATIVIDADE DO ALUNO

Responda às questões abaixo em seu caderno, individualmente, em no máximo 10 minutos.

PARADA PARA PENSAR 3: A demonstração da circulação sanguínea é atribuída a William Harvey, que em 1628 publicou um livro com informações coletadas ao longo de alguns anos sobre o trajeto do sangue no corpo de humanos e outros animais. Provavelmente, você nunca ouviu falar em Harvey, mas tente imaginá-lo por alguns instantes. A) Como ele era? B) Agora pense no que foi necessário para que ele realizasse tal feito. Pense em termos de instrumentos, auxílios, estudos, influências familiares, características de sua personalidade etc. C) Quando você imagina um cientista atual, que semelhanças e diferenças você imagina que existam entre ele e Harvey?³¹

Com base na apresentação feita pelo professor, discuta com o seu grupo suas respostas da “Parada para pensar 3” e, juntos, respondam abaixo às questões da “Parada para pensar 4”. Após a discussão, o grupo deve produzir uma conclusão que represente as ideias discutidas antes e depois da apresentação. Esta conclusão deverá ser apresentada para a classe em forma de um texto escrito ou de um esquema.

PARADA PARA PENSAR 4: Sabendo-se/levando-se em conta que a repercussão da publicação de Harvey não foi muito grande na época, tente elaborar uma explicação para tal fato, com base na biografia de Harvey e em informações pesquisadas anteriormente sobre o período da publicação de sua obra.

---

³¹ Essa questão busca levantar conhecimentos prévios dos alunos acerca da imagem do cientista. É esperado que eles descrevam Harvey como o cientista caricato que é veiculado nos programas de televisão, desenhos animados etc. Alguns trabalhos indicam que os estudantes imaginam o cientista como alguém carrancudo, que trabalha sozinho, geralmente idoso e genial (NUNES, 2015; SILVA, 2010; MAIA, 2009; ZOMPERO, 2005).

PARADA PARA PENSAR 5: Depois de conhecer um pouco mais sobre Harvey, que fatos sobre sua vida e formação chamaram mais sua atenção? Responda novamente: Quando você imagina um cientista atual, quais as semelhanças e diferenças que você imagina que existam entre ele e Harvey?

Algumas respostas possíveis

***Parada para pensar 3:** Na resposta a essa questão, os alunos terão a oportunidade de revelar suas concepções acerca do cientista e seu trabalho.*

***Parada para pensar 4:** Os estudantes podem relacionar este fato à influência que outros médicos pesquisadores como Galeno tinham na época, e como o conhecimento produzido por Harvey pode ter representado uma quebra nessa autoridade. Nos catorze séculos que se seguiram à morte de Galeno, suas concepções sobre estrutura e função do coração, veias e artérias continuaram sendo aceitas pelos médicos ocidentais. Contradizer essas ideias representava uma espécie de heresia durante a Idade Média (FRIEDMAN e FRIEDLAND, 2001, p. 40).*

***Parada para pensar 5:** Neste momento é esperado que os alunos reflitam e exponham mais uma vez suas ideias acerca do trabalho do cientista, agora com base em novas reflexões e informações. Eles podem citar algumas características essenciais para este trabalho, como criatividade, persistência, foco etc.*

PARA O PROFESSOR

PARTE 2: O *De motu cordis*

No primeiro momento desta atividade, os alunos se reunirão em pequenos grupos de até 4 pessoas. Juntos, deverão ler as cartas apresentadas no início do livro *De motu cordis* de William Harvey. Durante a leitura, serão propostas algumas questões, as “Paradas para pensar”. Os grupos deverão discutir as questões e elaborar as respostas para compartilhar com a classe em um segundo momento, em uma discussão geral em roda. É importante ressaltar que o texto apresenta linguagem rebuscada e pode ser de difícil compreensão, por isso, esteja atento às dúvidas dos alunos em relação aos termos utilizados.

ESPAÇOS E MATERIAIS SUGERIDOS

- Sala de aula
- Caderno, lápis, borracha, caneta
- Textos impressos

ATIVIDADE DO ALUNO

1. Os textos a seguir encontram-se no início do livro *De motu cordis*, de Harvey, e correspondem a cartas dirigidas a diferentes públicos. Leia essas cartas atentamente e responda com seu grupo às questões reflexivas contidas nas “Paradas para pensar”. Nesses momentos de reflexão, a leitura deve ser interrompida para que sejam discutidas as questões propostas. Uma vez respondidas as questões, a leitura deverá ser retomada e, após o término da atividade, será feita uma discussão geral em roda.

CARTA 1

Ao sereníssimo e invencível príncipe Carlos, rei da Grã-Bretanha, da França e da Irlanda, defensor da fé.

Sereníssimo Rei,

O coração dos animais é o fundamento de suas vidas, o soberano de todos seus órgãos, o sol do microcosmo, fonte a partir da qual todo o crescimento depende, todo poder e toda força emanam. O Rei, da mesma forma, é o fundamento do seu reino, o sol do seu microcosmo e o coração do seu Estado, dele todo o poder emana e toda a graça provém. O que aqui escrevi acerca do movimento do coração, segundo os costumes da época, atrevo-me a oferecer a vós, Majestade, porque assim como os assuntos humanos são feitos tomando-se o homem como exemplo, muitas coisas de um Rei são feitas tomando-se como exemplo o coração. Portanto, longe de que o conhecimento do coração possa ser inútil para um Rei, poderá, no mínimo, servir como modelo divino para suas ações, uma vez que se costuma comparar as coisas pequenas com as grandes. Assim, acima do destino humano onde estais, Vós, melhor dos Reis, podereis contemplar no coração, que é o primeiro movente e regente do corpo humano, o emblema de Vosso próprio poder soberano. Com isso, rogo humildemente que aceitais com Vossa costumeira bondade e clemência este meu novo tratado sobre o coração, uma vez que sois o esplendor deste século e seu próprio coração, Príncipe abundante em virtudes e graças, a quem, com justiça, todos creditamos os benefícios de que goza nossa Inglaterra e as alegrias que temos em nossas vidas.

O devotadíssimo servo da Vossa Augusta Majestade,

William Harvey.

Londres, 1628

PARADA PARA PENSAR 6: Com que objetivo você acredita que Harvey teria escrito essa carta ao rei? Você acredita que hoje em dia exista tal comunicação entre o governo de um país e seus pesquisadores, a fim de anunciar algum conhecimento científico?

PARADA PARA PENSAR 7: De acordo com o que você leu na carta, como você imagina que seria a relação entre o rei Carlos e Harvey? Você acredita que essa relação tenha beneficiado os estudos e a divulgação de seu trabalho? Ela poderia ter, de alguma forma, influenciado sua carreira?

Algumas respostas possíveis

***Parada para pensar 6:** Neste momento os alunos poderão expor suas ideias acerca da comunicação entre o governo e os pesquisadores, portanto, seria importante discutir a relação do fomento da pesquisa científica no Brasil, incentivos e órgãos responsáveis.*

***Parada para pensar 7:** Os alunos poderão imaginar, devido à linguagem utilizada na carta, que Harvey e o rei Carlos se conheciam e que talvez isso tenha facilitado a divulgação de seu trabalho. De acordo com Rebollo (2012, p.56) em 1618, Harvey tornou-se médico do rei Jaime I e, após sua morte, passou a ser amigo e médico de Carlos I, seu sucessor. Carlos tinha interesse e apoiava as pesquisas médicas e anatômicas de Harvey.*

CARTA 2

Para vosso amigo, excelentíssimo e honorabilíssimo senhor doutor Argent, presidente do Colégio Real de Médicos, e para cada um dos demais sábios médicos, seus queridos colegas.

Em minhas leituras anatômicas, eminentes colegas, tenho repetidamente apresentado a vós minha nova opinião acerca do movimento e da função do coração, bem como da circulação do sangue. Mas, tendo já, por mais de nove anos, confirmado a exatidão dessas novidades com muitas demonstrações oculares feitas na vossa presença, ilustrando-as com razões e argumentos e desvencilhando-as das objeções dos mais cuidadosos peritos anatomistas e cedendo por fim, ao desejo de alguns e às súplicas de outros, trago tudo isso à luz neste pequeno tratado, colocando à vista de todos.

PARADA PARA PENSAR 8: De acordo com o que foi lido até aqui dessa carta, qual você imagina que tenha sido o propósito de Harvey ao escrever seu livro?

Ninguém melhor do que vós, meus queridos colegas, para defender e transmitir de modo tão íntegro, uma vez que tendes sido o testemunho fiel e reiterado de todas as observações, por meio das quais busco a verdade ou refuto os erros. Além disso, tendes assistido às minhas dissecações e demonstrações, que aqui declaro serem plenamente acessíveis aos sentidos e que puderam ser assistidas sem prejuízo, com as quais estiveram de acordo. E como este livro é o único que afirma que o sangue passa repetidamente por um novo caminho, totalmente diferente do trilhado e aceito desde inúmeros séculos passados e ilustrado por tantos homens lúcidos e ilustres, se, sem mais, o houvesse entregado ao público e o tivesse mandado imprimir além dos mares, teria despertado uma grande acusação de presunção e nem sequer teriam suscitado que eu já tivesse anteriormente exposto essas novas ideias perante todos vós e que as venho igualmente aperfeiçoando nos últimos anos; que a comprovei por autópsias; que respondi vossas dúvidas e objeções e que tenho sido favorecido pelas críticas e objeções de nosso horribilíssimo presidente.

PARADA PARA PENSAR 9: Harvey afirma que seu livro é o único que diz que o sangue passa repetidamente por um novo caminho. Você acha que ele foi o primeiro em sua época a trazer esses conhecimentos?

Além disso, estou inteiramente persuadido de que, se na vossa presença e na de nosso Colégio, enobrecido por tantos homens ilustres, for possível sustentar o proposto, terei que temer muito menos dos demais que são tão filósofos quanto vós.

PARADA PARA PENSAR 10: Imagine qual público Harvey procurava atingir por meio desta carta. Como seriam as pessoas que pertenciam ao Colégio Real de Médicos? Pense nos aspectos físico, socioeconômico, intelectual etc. Justifique por que você os imaginou dessa maneira.

Pois os verdadeiros filósofos são aqueles que (...) jamais possuem a mente tão estreita, acreditando que qualquer uma das artes ou das ciências nos foi levada pelos antigos em um estado de avanço tão completo e com perfeição absoluta que não sobre nada, a menor coisa, para a indústria e a diligência dos outros por fazer. (...) Tampouco chegam a prestar à mestra Antiguidade juramento de tal fidelidade que os faça negar e deserdar a verdade na presença

de todos. (...) Os verdadeiros filósofos são aqueles que nas aulas nos ensinam a recusar igualmente as fábulas dos poetas, os delírios dos loucos e as falsas conclusões dos céticos. E, se, além de estudiosos, são bons e honestos, não permitem que sua mente seja perturbada por paixões, como ódio ou inveja, que fazem com que os homens sejam incapazes de julgar com a mesma disposição as razões apresentadas em prol da verdade e mesmo para compenetrarem-se das coisas realmente demonstradas. Não se negam de maneira torpe a mudar de opinião se estão convencidos de que existe uma demonstração franca da verdade e não julgam que seja desonroso apartar-se do erro, mesmo quando se encontra estabelecido pelos antigos. Pois sabem perfeitamente que é humano errar e enganar-se e que são muitas as coisas que se descobrem por acaso e muitas que se chega a aprender, que procedem de qualquer fonte, do jovem ou do velho, do obtuso ou do inteligente.

Algumas respostas possíveis

Parada para pensar 8: Segundo a carta, Harvey tem o objetivo de divulgar aos colegas o resultado de mais de 9 anos de estudos.

Parada para pensar 9: A esta altura, espera-se que os alunos incluam em suas respostas a importância de antecessores e contemporâneos de Harvey na construção das ideias, bem como as conclusões apresentadas no *De motu cordis*. Apesar da inovação de Harvey e da importância de suas conclusões, não podemos descartar os estudos realizados anteriormente.

Parada para pensar 10: Nesta questão, os alunos poderão destacar as características dos membros do Colégio Real de Médicos, que podem ser: homens, já que ele se refere aos membros como “homens ilustres”, brancos, de elevado poder aquisitivo, graduados e experientes, dado ao contexto da Inglaterra no século XVII, abordado na segunda atividade. O objetivo dessa questão é principalmente, levar à reflexão acerca daqueles que representavam a comunidade científica da época. Além de elencar as características, é interessante que os alunos discutam sobre as características que imaginaram. Por que imaginaram desse modo? Basearam-se em quê?

Para não aumentar este tratado até convertê-lo em um grande volume, não quis, meus caros colegas, revisar os nomes dos autores e escritores anatomistas, examinando suas obras e opiniões, nem fazer ostentação de minha própria memória de minhas múltiplas aulas ou do volume de meus esforços. Procedo assim porque professo a convicção de que a Anatomia deve

ser aprendida e ensinada não por livros, mas sim por dissecações, tomando como ponto de partida não as posições que tomaram os filósofos, mas a própria fábrica da natureza.

PARADA PARA PENSAR 11: Atualmente você acredita que os pesquisadores têm uma atitude de investigação como a expressada por Harvey, no trecho acima? Tente justificar sua resposta.

Da mesma forma, não quero despojar nenhum dos antigos das honras que lhes são devidas, nem desejo que os modernos cheguem a se sentir irritados ou provocados porque pensem que censuro sua honestidade. Muito menos desejo disputar com quem tenha se sobressaído na Anatomia e que me ensinou, como tampouco é meu propósito culpar aqueles que honestamente buscam a verdade ou que voluntariamente tenham cometido crime de falsidade ou, ainda, acusar alguém de ter caído em erro. Como tão somente busco a verdade, quero declarar publicamente que os esforços que esta obra exigiu tiveram por único objetivo produzir algo que resultasse agradável para os bons, proveitoso para os doutos e útil para as letras.

PARADA PARA PENSAR 12: Quem você acha que eram os “antigos” que Harvey não queria desonrar e os “modernos” que ele não queria irritar ou provocar?

Saudações, Excelentíssimos Doutores e que penseis em vosso anatomista,

William Harvey.

Algumas respostas possíveis

Parada para pensar 11: Resposta pessoal. Os alunos podem relacionar as características apresentadas por Harvey como necessárias para o pesquisador atual.

Parada para pensar 12: Os alunos devem se referir aos antecessores e contemporâneos de Harvey.

ATIVIDADE 4: QUAL A ESTRUTURA DO CORAÇÃO?

Investigação estruturada

Fase do ciclo investigativo: Discussão, Conceitualização e Investigação.

Aspectos de NdC: O conhecimento científico é construído por meio de “inferências” derivadas da “observação” do mundo natural; O conhecimento científico é empiricamente baseado.

Tempo previsto: 135 minutos

PARA O PROFESSOR

PARTE 1: DISSECÇÃO DO CORAÇÃO DE GALINHA

Nesta atividade os alunos receberão um roteiro para a observação do coração de galinha. O roteiro conterá alguns procedimentos com questões para investigação. Para realizar essa atividade, os alunos deverão reunir-se em grupos de 5 ou 6 e cada grupo deverá ter no mínimo dois corações de galinha para observar. O professor fará a mediação durante as atividades, tirando/esclarecendo as dúvidas procedimentais e instigando os alunos a refletir a respeito da observação realizada na aula e sobre a importância das observações feitas a partir da dissecção.

ESPAÇOS E MATERIAIS SUGERIDOS

- Laboratório de Ciências e/ou Biologia
- Atividades impressas
- Caderno, lápis, borracha e caneta
- Bandejas
- Corações de galinha (mínimo 2 em cada grupo)
- Pinças anatômicas para dissecção
- Bisturis n.11
- Luvas de látex
- Lupas

ATIVIDADE DO ALUNO

Harvey e seus antecessores investigaram corações de diversos tipos de animais, vivos ou mortos. Para o nosso estudo, utilizaremos o coração de uma galinha. Siga as instruções abaixo e responda às questões no final da atividade.

Instruções: 1. Para começar, observe o coração inteiro da galinha e faça um desenho das partes anterior e posterior.

2.Com o auxílio das imagens abaixo, procure localizar as estruturas indicadas, nomeando-as no seu desenho.

Figura 8 - Ilustração das partes anterior e posterior de um coração humano.

Fonte: Google Imagens, 2017.

3.Coloque outro coração na bandeja e introduza o bisturi na artéria pulmonar direita, cortando o lado direito do coração de cima a baixo, verticalmente.

4.Em seguida, introduza o bisturi pela artéria aorta e corte o lado esquerdo do coração de cima a baixo, verticalmente.

5.Faça um desenho do coração aberto e tente localizar as estruturas indicadas na imagem abaixo, nomeando-as no seu desenho.

Figura 9- Esquema de um coração humano em corte frontal.

Fonte: Google Imagens, 2017.

6. Utilize a pinça para examinar as estruturas e a lupa para observá-las melhor.

Questões

1. Localize os átrios e os ventrículos. Que diferenças e semelhanças você consegue observar entre as quatro câmaras do coração? (Compare o lado direito com o esquerdo, bem como os átrios com os ventrículos) ³²

³² O coração tem quatro câmaras. As duas câmaras de recepção superiores são os átrios e as duas câmaras de bombeamento inferiores são os ventrículos. O par de átrios recebe sangue dos vasos sanguíneos que retornam o sangue ao coração através das veias, enquanto os ventrículos ejetam o sangue do coração para vasos sanguíneos chamados artérias. Os estudantes devem perceber que o ventrículo direito forma a maior parte da superfície anterior do coração e que seu interior é fibroso; o átrio direito forma a borda direita do coração, seu exterior é liso e o interior é áspero e ele contém paredes finas. O átrio esquerdo tem paredes mais finas, semelhantes às do átrio direito e ele forma a maior parte da porção superior do coração. O ventrículo esquerdo forma o ápice do coração e é o que tem a parede mais espessa, pois bombeia sangue para grandes distâncias, para todas as partes do corpo com exceção dos pulmões, com uma pressão maior e resistência maior. fluxo sanguíneo. Assim, o ventrículo esquerdo trabalha muito mais arduamente do que o ventrículo direito para manter a mesma taxa de fluxo sanguíneo. A anatomia dos dois ventrículos confirma esta diferença funcional, como já mencionado, a parede muscular do ventrículo esquerdo é consideravelmente mais espessa do que a parede do ventrículo direito (TORTORA e DERRICKSON, p.954, 2016). De acordo com Harvey "O ventrículo esquerdo parece, ele mesmo, constituir o coração: tem um tamanho médio; se acha esculpido em uma fossa profunda; é feito com o maior cuidado, como se todo o coração fosse elaborado em virtude dele. O ventrículo direito parece existir apenas como escravo do esquerdo: ele não chega até a ponta de seu congênere; suas paredes são três vezes mais finas; ele está unido ao ventrículo

2. Localize e observe com atenção o septo Interventricular. Qual seria a função dessa estrutura e qual sua importância?³³
3. Observe a presença de válvulas (mitral ou bicúspide e tricúspide), que ficam entre os átrios e ventrículos esquerdo e direito, respectivamente. Qual seria a importância dessas válvulas na circulação do sangue?³⁴
4. Localize a artéria aorta e a veia cava. Que diferenças você consegue observar entre elas? Proponha uma hipótese para explicar a relação entre essas diferenças anatômicas e as funções das artérias e veias.³⁵
5. Observe o pericárdio (membrana fina que reveste o coração). Proponha uma hipótese para explicar a função dessa membrana para o coração.³⁶
6. O Miocárdio é o músculo que compõe o coração. Que características desse músculo você pode observar? Qual seria a função desse músculo?³⁷
7. Aponte diferenças e semelhanças entre o coração humano (a partir das ilustrações) e o coração de galinha que você observou. Formule uma conclusão a respeito das suas observações e apresente aos colegas.³⁸

---

esquerdo por um tipo de articulação. Apresenta, no entanto, uma capacidade maior, uma vez que deve fornecer sangue não somente ao ventrículo esquerdo, mas ainda os pulmões”.

³³ Internamente, o ventrículo direito é separado do ventrículo esquerdo por uma partição chamada de septo interventricular. A ausência dessa estrutura resultaria em uma mistura do sangue oxigenado do ventrículo esquerdo com o sangue não oxigenado no ventrículo direito (TORTORA e DERRICKSON, p.991, 2016).

³⁴ As válvulas cardíacas evitam o refluxo do sangue (TORTORA e DERRICKSON, p.956, 2016). De acordo com Harvey: “Consideremos igualmente o papel das válvulas mitral e tricúspide que foram criadas para impedir o retorno do sangue, uma vez evacuado pelos ventrículos.”

³⁵ Os estudantes devem relacionar forma e função das artérias e veias. De modo que as artérias recebem o sangue vindo do coração, sendo assim, são elásticas e têm alta complacência, o que significa que suas paredes se esticam ou expandem facilmente sem se romper em resposta a um pequeno aumento da

pressão. As veias retornam o sangue ao coração durante o ciclo cardíaco e em geral, têm paredes muito finas em relação ao seu diâmetro total (TORTORA e DERRICKSON, p.1009-1010, 2016). De acordo com Harvey: “Por que a grossura e a resistência das paredes das artérias diferem tanto daquelas das veias? Simplesmente, porque sustentam o ímpeto do coração que impulsiona e do sangue que as inunda...”

³⁶ Essa membrana envolve e protege o coração. O pericárdio ainda ajuda o coração a ocupar a posição funcional ideal, possibilitando liberdade de movimento suficiente para a contração vigorosa e rápida (TORTORA e DERRICKSON, p.947, 2016).

³⁷ O Miocárdio é a camada média e mais espessa do coração. Compõe aproximadamente 95% da parede do coração e é composto de músculo estriado cardíaco. É esse tipo de músculo que permite que o coração se contraia e, portanto, impulsiona o sangue (TORTORA e DERRICKSON, p.949, 2016).

³⁸ Os alunos podem diferenciar anatomicamente o coração humano a partir das figuras que receberam e o coração de galinha que analisaram, quanto ao tamanho por exemplo e a dificuldade de observar e localizar determinadas estruturas no coração de galinha, além disso, as paredes internas dos ventrículos são mais lisas e não possuem a válvula tricúspide. De acordo com Harvey: “Certos animais

8. Avalie com seu grupo a importância da dissecação para a construção do conhecimento sobre anatomia.³⁹

PARTE 2: O MÉTODO DE HARVEY

PARA O PROFESSOR

Nesta atividade os alunos deverão ler alguns trechos da obra de Harvey acerca de seu método e sobre a importância da dissecação para a construção do conhecimento sobre Anatomia. Os trechos estão acompanhados das “Paradas para pensar”, que devem ser respondidas e discutidas nos grupos e com a classe. Logo em seguida, os estudantes receberão outro texto, também contendo trechos de *De motu cordis*, que apresentam algumas das conclusões de Harvey sobre a anatomia cardiovascular. O texto auxiliará os estudantes na correção das respostas das questões realizadas na primeira parte desta atividade, por isso, os alunos devem ter em mãos as questões que foram respondidas durante a dissecação do coração de galinha. Essa correção poderá ser feita entre os próprios grupos ou, se o professor preferir, poderá ser realizada com toda a classe.

ESPAÇOS E MATERIAIS SUGERIDOS

- Textos impressos
- Caderno, lápis, borracha e caneta

ATIVIDADE DO ALUNO

No início do *De motu cordis*, Harvey apresenta algumas ideias de seus antecessores e acaba questionando algumas das conclusões feitas por eles. Ao

---

possuem a parede interna do ventrículo lisa, sem fibras, sem linguetas musculares e sem fissuras: quase todos os pássaros, as serpentes, as tartarugas e outros da mesma espécie, da mesma forma a galinha e a maior parte dos peixes não possuem nem tais fibras, nem as válvulas tricúspide nos seus ventrículos” Entretanto, devem perceber que apesar de pertencerem a grupos diferentes (Aves e Mamíferos) o coração possui basicamente as mesmas estruturas e funções.

³⁹ Resposta pessoal. Os alunos podem comentar a importância, relacionando a atividade que realizaram e como ela contribuiu para que conheçam um pouco mais sobre a anatomia do coração.

mesmo tempo, ele apresenta em certos trechos algumas características de seu método de investigação:

“Por todas as considerações anteriores e por outras tantas da mesma natureza, resulta que tudo o que até agora se afirmou sobre o movimento e as funções do coração e das artérias deve ser considerado incerto, obscuro e pleno de impossibilidade de qualquer consideração formal. Por isso, será muito útil investigar as coisas um pouco mais a fundo e examinar cuidadosamente o movimento das artérias e do coração, não somente no homem, mas também em todos os animais que têm coração, recorrendo frequentemente às vivissecções e às observações com os próprios olhos, para investigar e chegar à descoberta da verdade” (HARVEY, 2012, p. 176).

“Quando pela primeira vez me entreguei à prática de múltiplas vivissecções, a fim de observar e averiguar por meio de autópsia, e não por meio de livros e escritos de outros, o movimento, a função e a utilidade do coração nos animais, considerei que a tarefa era tão árdua e tão cheia de dificuldades, que quase cheguei a pensar que o movimento do coração poderia somente ser conhecido por Deus, pois não podia distinguir nem de que modo e nem quando ocorria a sístole e a diástole e nem quando e onde ocorriam a contração e a dilatação, porque em muitos animais, o movimento se oferecia aos sentidos com a rapidez de um piscar de olhos ou quase como um relâmpago...

Mas, refletindo melhor e tendo mais cuidado e maior diligência, observando repetidamente diferentes animais vivos e realizando muitas observações, cheguei a compreender muitas coisas, a escapar de um labirinto tão intrincado e a considerar que havia chegado a compreender tanto o movimento quanto a função do coração e das artérias, coisa que tanto desejava” (HARVEY, 2012, p.177 e 178).

PARADA PARA PENSAR 13: O que esses trechos podem nos dizer acerca do método de trabalho de Harvey?

PARADA PARA PENSAR 14: De acordo com os trechos acima, qual foi ou quais foram as razões que motivaram Harvey a estudar o sistema sanguíneo?

Algumas respostas possíveis

Parada para pensar 13: Os alunos devem perceber que Harvey preferiu averiguar com seus próprios olhos os movimentos e funções do coração e vasos sanguíneos, a partir de vivisseções e autópsias, ou seja, observando animais vivos e mortos e não tirar conclusões apenas a partir de leituras e consultas nos manuais da época.

Parada para pensar 14: De acordo com os trechos lidos, Harvey tinha o objetivo de “descobrir a verdade” acerca dos movimentos do coração e vasos sanguíneos, pois considerava que até então todas as informações eram “obscuras e incertas”. Entretanto, é possível perceber que, apesar de ser uma tarefa “ádua e cheia de dificuldades”, Harvey se dedicou a ela a fim de obter as respostas que desejava.

Para auxiliar na correção das questões realizadas na atividade anterior, leia os trechos abaixo retirados do *De motu cordis*, contendo algumas das conclusões de Harvey a respeito da anatomia cardiovascular.

“Portanto todos os animais dotados de pulmões possuem um coração composto por dois ventrículos, o direito e o esquerdo. Os que possuem um ventrículo direito possuem igualmente um esquerdo, mas o contrário não é verdade. Aqueles que possuem o ventrículo esquerdo não possuem necessariamente um ventrículo direito. Eu distingo ventrículo esquerdo não por sua posição ou pelo lugar que ocupa, mas sim por sua função, que é a de distribuir o sangue para

todo o organismo e não somente para os pulmões. O ventrículo esquerdo parece, ele mesmo, constituir o coração: tem um tamanho médio; se acha esculpido em uma fossa profunda; é feito com o maior cuidado, como se todo o coração fosse elaborado em virtude dele. O ventrículo direito parece existir apenas como escravo do esquerdo: ele não chega até a ponta de seu congênere; suas paredes são três vezes mais finas; ele está unido ao ventrículo esquerdo por um tipo de articulação. Apresenta, no entanto, uma capacidade maior, uma vez que deve fornecer sangue não somente ao ventrículo esquerdo, mas ainda os pulmões.

Por outro lado, existem no coração pequenos músculos, por assim dizer, um tipo de lingueta carnosa e frequentemente fibrosa.

Certos animais possuem a parede interna do ventrículo lisa, sem fibras, sem linguetas musculares e sem fissuras: quase todos os pássaros, as serpentes, as tartarugas e outros da

mesma espécie; da mesma forma a galinha e a maior parte dos peixes não possuem nem tais fibras, nem as válvulas tricúspides nos seus ventrículos.

Consideremos igualmente o papel das válvulas mitral e tricúspide que foram criadas para impedir o retorno do sangue, uma vez evacuado pelos ventrículos. As tricúspides são as guardiãs situadas na entrada da veia cava e *arteria venosa* [veia pulmonar] encarregadas de vigiar para que o sangue não regresse quando é impelido com maior força pelos ventrículos. As válvulas do ventrículo esquerdo são duas [mitrais], que em virtude de uma impulsão maior do sangue, fecham perfeitamente e, ao entrar em amplo contato na parte média do cone que formam, impedem com eficiência que o sangue retorne à *arteria venosa* [veia pulmonar]. Na *arteria venosa* [veia pulmonar], o sangue não retorna no sentido contrário e o ventrículo esquerdo tem todo o tempo disponível para reservar suas forças para distribuir o sangue para o corpo de tal modo que as válvulas mitrais lhe são um obstáculo maciço, sólido e perfeito (...)

Por que a grossura e a resistência das paredes das artérias diferem tanto daquelas das veias? Simplesmente, porque sustentam o ímpeto do impulso do coração e do sangue que as inunda. Por isso e porque a natureza não faz nada em vão e tudo aquilo que faz executa de modo suficiente, quanto mais próximas as artérias se encontram do coração, mais sua constituição difere daquela das veias; são mais robustas e seu tecido é mais ligamentoso.

(...) quanto mais uma artéria se encontra afastada do coração, a força com que é alcançada pelo golpe do coração é muito menor, por causa da longa distância que teve que percorrer. Acrescente-se a isso que, porque todos os troncos e ramificações das artérias devem conter sangue suficiente, é provável que o impulso do coração resulte menor, reduzido à metade após cada uma das divisões.

As paredes da *vena arteriosa* [artéria pulmonar] são mais finas que as da aorta, na mesma proporção que as paredes e a carne do ventrículo direito do coração são mais frágeis e mais estreitas que as do esquerdo (...)" (HARVEY, 2012, p.265-269).

ATIVIDADE 5: O CORAÇÃO SE MOVIMENTA?

Investigação guiada

Fase do ciclo investigativo: Discussão, Conceitualização e Investigação.

Aspectos de NdC: O conhecimento científico é construído por meio de “inferências” derivadas da “observação” do mundo natural; O conhecimento científico é empiricamente baseado.

Tempo previsto: 90 minutos

PARA O PROFESSOR

Esta atividade deve ser realizada em um espaço maior, como área ao ar livre, quadra de esportes ou pátio, com grupos de 4 ou 5 pessoas. Os alunos deverão medir a Pressão arterial (P.A.) de diversas formas⁴⁰ a fim de obter medidas que apontem variações, explicando em seguida por que elas ocorrem. Para isso, receberão uma tabela que deverão preencher com os valores obtidos de um mesmo voluntário, ou seja, os alunos farão a aferição da pressão arterial de um único colega. A aferição pode ocorrer com o auxílio de um esfigmomanômetro ou de um aparelho digital, sendo necessário nos dois casos que o professor ensine a forma de manusear e utilizar os equipamentos (ANEXO 1). Após a coleta dos dados, os alunos farão a leitura de trechos do *De motu cordis*, no qual Harvey discute o movimento do coração e das artérias, que servirão de base para responder às questões sobre a atividade prática e a leitura. As respostas serão posteriormente discutidas com a classe.

ESPAÇOS E MATERIAIS SUGERIDOS

- Pátio, quadra de esportes, ou área ao ar livre
- Sala de aula com lousa
- Lápis, caneta, caderno e borracha
- Atividades impressas
- Esfigmomanômetro ou aparelhos digitais

ATIVIDADE DO ALUNO

A. Eleja um voluntário para ter sua pressão arterial aferida durante a atividade e registre os resultados na tabela, sendo o primeiro referente à pressão sistólica, o segundo à pressão diastólica e sendo P.A. o valor “abreviado” final de ambos, como, por exemplo, 12 por 8, 13 por 8 etc.

---

⁴⁰ De acordo com a Sociedade Brasileira de Hipertensão (SBH), a posição adequada para aferição é sentado com as costas relaxadas e apoiadas em um encosto, braço esquerdo relaxado, apoiado na altura do coração, com a palma da mão para cima.

Os valores serão obtidos para as variações combinadas de posição do corpo (azul), posição do braço (rosa), lado do membro (verde) e estado do corpo (laranja). Ou seja, no final, você obterá 4 valores de pressão sistólica, diastólica e P.A que deverão ser preenchidos na Tabela 2. Para cada categoria já existe uma sugestão, formando assim a possibilidade 1; você deverá sugerir de uma a três outras variações, completando as lacunas na Tabela 1. Ao término da atividade, responda às questões com seu grupo.

Tabela 1: Variações

1	Sentado	Posição do corpo
2		
3		
4		
1	Braço na altura do coração	Posição do braço
2		
3		
4		
1	Braço esquerdo	Lado do membro
2		
3		
4		
1	Em repouso	Estado do corpo
2		
3		
4		

Tabela 2: Possibilidades

	Sistólica/mmHg	Diastólica/mmHg	P.A.
1			
2			
3			
4			

Valores de referência (SBH, 2017).	Valor ótimo de pressão arterial: <120 x 80 mmHg (12 por 8)
	Valor normal de pressão arterial: < 130/85 mmHg

Questões

1. Verifique os resultados da tabela e descreva o que você observou.⁴¹
2. Formule uma explicação para o que você observou.⁴²
3. Quais variações seriam mais adequadas para a aferição de pressão de um ser humano? Justifique sua resposta.⁴³

B. Leia atentamente as conclusões de Harvey a respeito do movimento do coração nos trechos de *De motu cordis* abaixo e responda às questões com seu grupo.

“A primeira coisa que se pode observar ao se abrir o peito dos animais e dissecar a cápsula que envolve o coração é que ele, em um momento, se move e em outro, repousa, isto é, durante um tempo se move e durante outro permanece privado de movimento” (HARVEY, 2012, p. 181).

“Parece, portanto, que o certo é exatamente o oposto da opinião vigente, que supõe que o coração se choca com o peito ao mesmo tempo

que se ouve a batida externamente, dilatando-se no sentido dos ventrículos e enchendo-se de

⁴¹ Os alunos devem perceber as diferenças nos valores de P.A. sistólica e diastólica, dependendo das variações escolhidas.

⁴² Os estudantes podem relacionar as posições de cada categoria com os valores obtidos, sendo assim devem concluir que os valores de P.A podem variar de acordo com as posições e estado do corpo.

⁴³ Os alunos devem perceber que a posição adequada para aferição é sentado, braço esquerdo relaxado, apoiado na altura do coração com o corpo em repouso.

sangue. É exatamente o contrário aquilo que se ajusta aos fatos, ou seja, o coração esvazia ao contrair. Portanto, o movimento tido geralmente como diástole do coração é, na realidade, sua sístole. E, assim, o movimento próprio do coração não é a diástole, mas sim a sístole, uma vez que não é durante a diástole, mas durante a sístole que o coração entra em atividade, pondo-se tenso, movendo-se e adquirindo força.

(...)Tampouco é verdadeira a crença vulgar de que o coração atrai sangue dos ventrículos em virtude de um movimento próprio de distensão, uma vez que veremos que, quando se move fica tenso, o expulsa, e ao relaxar, o recebe” (HARVEY, 2012, p. 182-183).

“Consideramos agora o movimento e a pulsação das artérias por estarem também relacionados ao movimento do coração:

1. No mesmo instante em que o coração fica tenso e contrai, golpeia o peito e executa o movimento da sístole, as artérias do corpo dilatam, produzem uma pulsação e se encontram na diástole; da mesma forma, quando o ventrículo direito contrai e expulsa o sangue contido, a *vena arteriosa* [artéria pulmonar] pulsa, dilatando ao mesmo tempo que todas as outras artérias do corpo.
2. Quando o ventrículo esquerdo para de se movimentar, de pulsar e contrair, a pulsação das artérias cessa. E, se o coração contrai com fraqueza, a pulsação das artérias é dificilmente percebida. Da mesma forma, se o coração direito se detém, a mesma coisa ocorre com a *vena arteriosa* [artéria pulmonar].
3. Além disso, quando uma artéria qualquer é cortada ou perfurada, o sangue é expulso com ímpeto através da ferida, exatamente no momento em que o ventrículo esquerdo contrai. Da mesma forma, se a *artéria venosa* [veia pulmonar] é cortada, pode observar-se que o sangue sai com ímpeto exatamente no momento em que o ventrículo direito fica tenso e contrai” (HARVEY, 2012, p. 185).

“Em suma, a pulsação das artérias resulta do efeito do impulso que é dado ao sangue pelo ventrículo esquerdo, como acontece quando se assopra uma luva cujos dedos, então, se distendem todos de uma só vez. Por isso, a pulsação varia de acordo com a tensão do coração: é mais forte, veemente e mais frequente., sempre se sujeitando ao mesmo ritmo, quantidade e ordem, pois não se espera que, por causa do movimento do sangue, a dilatação das artérias possa retardar após a contração do coração (nem por mais distantes que elas se encontrassem)

ou que deixe de bater ao mesmo tempo, pois as coisas acontecem da mesma forma quando, ao se inflar uma luva ou um odre ou ao golpear um tambor, o golpe ocorre como um único movimento ao mesmo tempo nos dois extremos” (HARVEY, 2012, p. 186).

“Pelas observações aqui relatadas e por outras do mesmo tipo, estou convencido de que o movimento do coração se dá da seguinte forma:

Primeiro, a aurícula [átrio] se contrai e, como estuário das veias, receptáculo e cisterna sanguínea, introduz no ventrículo o sangue que continha.

Com isso o coração fica repleto de sangue; levanta e tensiona seus nervos; contrai os ventrículos e bate, lançando para as artérias o sangue que contém e que acabou de receber da aurícula.

O ventrículo direito envia sangue aos pulmões pelo vaso que, embora denominado *vena arteriosa* [artéria pulmonar] é, na realidade, por sua constituição, função e tudo mais, uma artéria. O ventrículo esquerdo envia o sangue à aorta e às artérias do corpo todo.

Esses dois movimentos, um, das aurículas [átrios], e o outro, dos ventrículos, seguem um ao outro, conservando entre si tal harmonia e ritmo que parecem acontecer simultaneamente, como se fossem um só, especialmente nos animais mais quentes, nos quais o movimento se dá com uma rapidez maior” (HARVEY, 2012, p. 195 e 196).

Questões

1. De que modo as observações realizadas na atividade “A” podem corroborar as conclusões de Harvey a respeito do movimento do coração e artérias?⁴⁴

---

⁴⁴ A pressão arterial (P.A.) é a força exercida pelo sangue quando ele é pressionado contra as paredes dos vasos sanguíneos. Quando o coração bate mais rápido ou com mais força, a P.A. se eleva. Pressão Arterial Sistólica: Pressão Arterial máxima do ciclo cardíaco, ocorrendo durante a sístole ventricular. Pressão Arterial Diastólica: Pressão Arterial mínima do ciclo cardíaco, equivalendo à pressão no fim da diástole ventricular (TORTORA e DERRICKSON, p.949, 2016). Harvey denomina esses movimentos de “impulsos” e “golpes” em sua obra.

2. De acordo com os trechos lidos, que experimento(s) Harvey pode ter realizado a fim de obter essas conclusões?⁴⁵

ATIVIDADE 6: QUE CAMINHO O SANGUE PERCORRE PELO CORPO?

Investigação estruturada

Fase do ciclo investigativo: Discussão, Conceitualização e Investigação.

Aspecto de NdC: O conhecimento científico envolve criatividade e imaginação.

Tempo previsto: 45 minutos

PARA O PROFESSOR

Esta atividade deverá ser realizada em duplas, na sala de aula. Os alunos deverão indicar o caminho que o sangue percorre pelo corpo (circulação pulmonar e sistêmica) e representar os sangues oxigenado (arterial) e não oxigenado (venoso)⁴⁶ com cores diferentes. Essas tarefas deverão realizar a partir da leitura de trechos da obra de Harvey, na qual há suas constatações a respeito do movimento circular do sangue em sistema fechado.

ESPAÇOS E MATERIAIS SUGERIDOS

- Sala de aula
- Atividade impressa
- Textos impressos
- Lápis de cor, caneta, lápis de escrever e borracha

ATIVIDADE DO ALUNO

1. Leia atentamente o texto extraído do *De motu cordis* e faça o que se pede na instrução A, B e C.

---

⁴⁵ Resposta pessoal, entretanto, os estudantes devem lembrar das atividades anteriores e de como Harvey prezava as dissecções e vivissecções.

⁴⁶ Sangue arterial é o sangue rico em oxigênio, este sangue circula pelas veias pulmonares e pelas artérias sistêmicas, por isso, o termo sangue arterial não significa sangue que circula nas artérias, mas sim sangue rico em oxigênio. Já sangue venoso é o sangue pobre em oxigênio e rico em dióxido de carbono, que circula pelas veias sistêmicas e pelas artérias pulmonares. Portanto, termo sangue venoso não significa sangue que circula nas veias, mas sim sangue não oxigenado.

- A.** Utilize uma cor para representar o caminho do sangue oxigenado e outra para o caminho do sangue não oxigenado. Não esqueça de representar as cores na legenda do canto inferior direito.
  - B.** Utilize setas para representar esses caminhos dentro dos vasos sanguíneos e do coração.
  - C.** Nomeie as estruturas indicadas pelas letras de A a K.⁴⁷
- 2.** Internamente, o ventrículo direito é separado do ventrículo esquerdo por uma partição chamada septo interventricular. Galeno, antecessor de Harvey, acreditava que este septo era poroso, ou seja, que existiam nele pequenos poros que permitiam a passagem do sangue do lado direito para o lado esquerdo do coração (GALENO, 1994 apud REBOLLO, 2012, p. 69), entretanto, Harvey e outros sucessores de Galeno não conseguiam constatar a presença desses poros, indicando que o sangue deveria passar de um lado para outro de outra forma. De que forma isso aconteceria? Que tipo de experimento você poderia elaborar para demonstrar a forma como o sangue passaria do lado direito para o lado esquerdo do coração?⁴⁸

---

⁴⁷ As respostas da atividade se encontram no APÊNDICE E.

⁴⁸ O sangue passa de um lado para outro a partir da circulação pulmonar, ou seja, ele sai do coração pela artéria pulmonar, passa pelos pulmões e volta ao coração, pelo outro lado, pelas veias pulmonares. Quanto ao experimento, os alunos podem elaborar planos de investigação que incluam vivissecções e a observação do que ocorre de fato, entretanto, os estudantes devem ser encorajados a realizar experimentos considerados éticos, atualmente.

A. _____ D. _____ G. _____ J. _____
 B. _____ E. VEIAS CAVAS H. _____ K. CAPILARES DO CORPO
 C. _____ F. _____ I. _____

TEXTO DE APOIO

“[...] estou convencido de que o movimento do coração se dá pela seguinte forma: primeiro a aurícula [átrio] contrai e introduz no ventrículo o sangue que continha. Com isso, o coração fica repleto de sangue; levanta e tensiona suas fibras; contrai os ventrículos e bate, lançando para as artérias o sangue que contém e que acabou de receber da aurícula [átrio]. O ventrículo direito envia o sangue aos pulmões pelo vaso que, embora denominado *vena arteriosa* [artéria pulmonar], é, na realidade, por sua constituição, sua função e tudo o mais, uma artéria. O ventrículo esquerdo envia o sangue à aorta e às artérias do corpo todo” (HARVEY, 2012, p. 195).

“Prosseguirei com aquilo que mais parasse presta a confirmar meu propósito de sustentar que tanto nos animais mais perfeitos e quentes, quanto nos adultos, quanto no homem, o sangue do ventrículo direito do coração passa para os pulmões pela *vena arteriosa* [artéria pulmonar] e em seguida passa da *artéria venosa* [veia pulmonar] para aurícula esquerda [átrio esquerdo] e desta para o ventrículo esquerdo.

Assim foi como comecei a pensar que se poderia verificar uma espécie de movimento como em um círculo, cuja verdade logo pude comprovar; o sangue sai do coração e é lançado pela pulsação do ventrículo esquerdo para a aorta, que o leva para para todo o corpo. Já o sangue do ventrículo direito é carregado do mesmo modo pela *vena arteriosa* [artéria pulmonar] até os pulmões. O sangue retorna das partes do corpo pelas veias cavas, chegando ao átrio direito e depois ventrículo direito. O que me leva a denominar este movimento de circular é que ele imita o movimento dos corpos superiores, da mesma forma que o fazem, segundo Aristóteles, o ar e as chuvas.” (HARVEY, 2012, p. 213-214).

(...) Por fim considerei repetida e seriamente, repassando várias vezes em minha mente, a construção harmoniosa e perfeita das válvulas, das fibras musculares e do resto da fábrica do coração. Não podia admitir nem que a quantidade de sangue pudesse proceder do suco dos alimentos nem tampouco que pudesse se originar deles no curto espaço de tempo em que é transmitida. Pensei ainda que, deixando passar tal quantidade de sangue, as veias ficariam vazias e completamente exaustas e que as artérias, ao recebê-la, se romperiam devido à excessiva entrada do sangue.

“Para que ninguém diga que somente ofereço palavras, que somente faço afirmações enganosas sem fundamento ou que inovo sem justa causa, seguem aqui três pontos para confirmação e que, após estarem devidamente fundamentados, farão com que a verdade e todas essas coisas sejam necessariamente reconhecidas como evidentes.

Primeiro ponto: contínua e incessantemente o sangue da veia cava é transmitido para as artérias através da pulsação do coração em tal quantidade que não poderia ser derivada dos alimentos ingeridos⁴⁹, nem a totalidade de sua massa poderia ser originada dessa forma em um espaço tão curto de tempo.

Segundo ponto: por meio do ímpeto da pulsação arterial, o sangue penetra continua e uniformemente em cada um dos membros e partes do corpo em uma quantidade muito maior do que aquela requerida para nutri-lo e da quantidade de todos os líquidos que pudessem ser derivados dos alimentos.

Terceiro ponto: de modo análogo, as veias de cada um dos membros devolvem continuamente o sangue ao coração.

Considero que, uma vez os três pontos demonstrados, restará como uma verdade clara e evidente que o sangue circula, que dá voltas, que é lançado e reflui do coração para as extremidades e dessas para o coração como se, de fato, efetuasse o movimento circular” (HARVEY, 2012, p. 217).

“Ficou inteiramente confirmado pela razão e por meio de experimentos oculares que a pulsação dos ventrículos obriga o sangue a atravessar os pulmões e o coração, lançando-o para todo o corpo; que, em seguida, segue pelas veias e pelas porosidades da carne e pelas próprias veias reflui de todos os pontos da circunferência para o centro, das veias mais finas às maiores e destas à veia cava, até chegar finalmente na aurícula direita do coração. Além disso, por sua quantidade e fluxo e refluxo daqui para lá pelas artérias e de lá para cá regressando pelas veias, não é possível que seja derivado apenas dos alimentos, pois ultrapassa em abundância os alimentos ingeridos e aqueles que poderiam ser requeridos para a nutrição do corpo. É, pois, necessário concluir que o sangue nos animais

---

⁴⁹ Pode ser lembrada, se necessário, a crença dos antecessores de Harvey a respeito da origem do sangue vinda dos alimentos ingeridos. Aristóteles acreditava que o sangue era produzido a partir da cocção dos alimentos digeridos. Sendo assim, a natureza do alimento exercia forte influência na qualidade do sangue (ARISTÓTELES, 2010, p. 69; 2006, p. 151). Para Galeno, o sangue era consumido pelas partes do corpo e, por isso, precisaria ser repostado pelos alimentos que forneciam seu substrato básico (GALENO, 1994 apud REBOLLO, 2012, p. 72).

se agita com um movimento circular e perpétuo e que a única causa desse movimento está no coração, que exerce essa ação ou função por meio da compressão ou pulsação” (HARVEY, 2012, p. 247).

ATIVIDADE 7: QUAL A FUNÇÃO DA CIRCULAÇÃO SANGUÍNEA?

Investigação guiada

Fase do ciclo investigativo: Discussão, Conceitualização e Investigação.

Aspectos de NdC: O conhecimento científico envolve criatividade e imaginação; O conhecimento científico é construído por meio de “inferências” derivadas da “observação” do mundo natural; O conhecimento científico é empiricamente baseado.

Tempo previsto: 90 minutos

PARA O PROFESSOR

Em duplas, os alunos deverão escolher um meio de verificar os batimentos cardíacos do colega em repouso e após exercícios de trote e de corrida de tiro. O mesmo aluno deverá ser voluntário em todas as variações.

Ao término da atividade, os alunos deverão responder a algumas questões e, na sala de aula, devem apresentar o método que escolheram para verificar os batimentos, expondo os resultados obtidos juntamente com as suas conclusões. Durante a comunicação, o professor pode colocar os resultados na lousa e a classe, com a mediação do professor, pode avaliar os métodos utilizados, elegendo o mais adequado e analisando as diferenças obtidas, justificando-as.

Posteriormente, o professor apresentará algumas críticas feitas à obra de Harvey na época, principalmente àquelas relacionadas ao fato dele não ter determinado a função da circulação sanguínea. A partir disso, será possível discutir com os alunos os motivos pelos quais essa determinação não foi feita, como a falta de instrumentos e as limitações tecnológicas da época, tais como a falta do microscópio para se observar as células sanguíneas, dentre outras.

De acordo com Rebollo (2012), o propósito da circulação do sangue não foi apresentado por Harvey em *De motu cordis*, fato que contribuiu enormemente para a negação da circulação do sangue por parte dos anatomistas da época, sobretudo Jean Riolan e Caspar Hoffman.

Jean Riolan recusou-se a aceitar a circulação do sangue, pois alegava que seu propósito não tinha sido apresentado. No capítulo 15 do *De motu cordis*, Harvey parece afirmar que os propósitos da circulação do sangue seriam a distribuição de calor e a nutrição das partes do corpo (HARVEY, 2012, p. 250-252). Mas tal explicação não foi considerada por seus adversários como causa ou propósito final da circulação, pois muito antes de suas conclusões já se afirmava que o sangue era necessário para nutrição do corpo e o relacionavam com o calor produzido pelo coração, sem que houvesse necessidade de que esse sangue circulasse (WILLIS, 1847, p. 48; REBOLLO, 2012, p. 150).

Antes de Riolan, o médico alemão Caspar Hofmann (1594- 1648), também formado em Pádua e aluno de Acquapendente alguns anos antes de Harvey, apresentou suas objeções em uma carta, após uma demonstração pública da circulação do sangue feita por Harvey em 1636 na Suíça. Nesta carta, as objeções de Hofmann se concentravam em duas questões principais, uma de natureza filosófica e outra de natureza anatômica. A primeira, referia-se ao propósito da circulação, que ele considerava não ter sido esclarecido por Harvey, enquanto a segunda referia-se aos meios pelos quais o sangue passava das artérias para as veias, ou seja, ao retorno do sangue. Hofmann estava voltado à doutrina Galênica ensinada a partir de manuais e por isso não aceitou as ideias de Harvey, desprezando também o argumento quantitativo e as demonstrações anatômicas apresentados em sua obra (REBOLLO, 2002, p. 496).

Em resposta às discordâncias apresentadas por Hofmann, Harvey solicitou que seu livro fosse lido novamente, com mais atenção, e que os experimentos ali descritos fossem repetidos, a fim de que Hofmann pudesse verificar com seus próprios olhos. Além disso, em suas cartas, Harvey enfatizava a qualidade de seu método experimental, indicando a demonstração pública repetida e o testemunho ocular como “provas definitivas” (REBOLLO, 2002). Já para Riolan, Harvey escreveu um livro em 1649, o *Exercitatio Anatomica de Circulatione Sanguinis*, contendo dois pequenos ensaios. Nele, Harvey respondeu às dúvidas de Riolan quanto à sua negação da circulação sanguínea e procurou deixar claro para Riolan e aqueles que viam suas ideias como uma ameaça à medicina antiga que, ao contrário do que pensavam, seus estudos não procuravam acabar com as ideias médicas da Antiguidade, mas se baseavam nela. Além disso, Harvey também reafirmou suas hipóteses apoiando-se em evidências que observou (REBOLLO, 2002, p. 58; FRENCH, 1994, p. 266).

ESPAÇOS E MATERIAIS SUGERIDOS

- Pátio, quadra de esportes ou outra área ao ar livre
- Sala de aula com lousa
- Lápis, caneta, caderno e borracha
- Atividades impressas
- Cronômetro

ATIVIDADE DO ALUNO

Com seu(sua) parceiro(a), escolha quem será o voluntário para ter seus batimentos cardíacos verificados. Escolham um meio de marcar o tempo para registro dos batimentos com a ajuda de um cronômetro, que pode ser o do próprio celular. Durante 1 minuto conte os batimentos do voluntário: após 5 minutos de repouso, após 5 minutos de trote e após 5 minutos de corrida de tiro. Descreva o meio utilizado, anote os resultados na tabela e responda às questões no final da atividade.

Método utilizado:

Nome do aluno: _____

Variações	F.C/bpm
Repouso	
Trote	
Corrida de tiro	

Questões

1. Observe os resultados da tabela e descreva o que você constatou.⁵⁰
2. Formule uma explicação para as diferenças dos batimentos por minuto (bpm) em repouso, após o trote e após a corrida de tiro.⁵¹
3. Descreva o método que você utilizou para a contagem dos batimentos cardíacos. Observe os métodos utilizados pelos colegas e reflita se o seu foi o mais eficiente. Caso a sua resposta seja afirmativa, justifique. Caso contrário, qual foi o mais eficaz na sua opinião e por quê?⁵²
4. Apesar de Harvey não ter apresentado a função específica da circulação do sangue, você pode inferir, baseando-se nas observações e leituras realizadas ao longo da sequência, qual seria essa função? ⁵³

ATIVIDADE 8: AVALIAÇÃO FINAL E RODA DE CONVERSA

Investigação estruturada

Fase do ciclo investigativo: Discussão e Conclusão

Aspecto de NdC: -

Tempo previsto: 45 minutos

PARA O PROFESSOR

Nessa atividade, os alunos deverão refazer individualmente a Atividade 1, que consiste no levantamento de conhecimentos prévios. Neste caso, o objetivo será o de verificar quais foram as influências da SD aplicada. Após a realização dessa atividade, os alunos poderão comparar suas respostas mais recentes com aquelas apresentadas na primeira atividade e discutir com a classe, em roda de conversa, que concepções foram modificadas, não somente a respeito dos conteúdos científicos, mas também daquelas relacionadas aos conteúdos históricos e de Natureza da

---

⁵⁰ Os alunos devem notar diferenças nos valores dos batimentos cardíacos de acordo com as variações: repouso, trote e corrida de tiro.

⁵¹ Os estudantes devem relacionar o aumento gradativo da frequência cardíaca com a demanda de oxigênio pelo corpo.

⁵² Os alunos provavelmente escolherão colocar a mão na região do coração, dedo indicador e médio no pescoço ou pulso. O mais eficaz dependerá da precisão com a qual a F.C. foi verificada, se a posição dos dedos estava adequada, abrangendo o ponto carotídeo (pescoço) ou radial (pulso).

⁵³ A função da circulação sanguínea é a de atender às necessidades de todos os tecidos do corpo, transportando nutrientes até os tecidos e removendo deles os produtos de excreção, além de levar hormônios de uma parte para outra do corpo e manter, em geral, em todos os líquidos teciduais, um ambiente apropriado à sobrevivência e função ótimas das células (GUYTON, 1993).

Ciência. Além disso a roda de conversa é importante para que os alunos discutam a experiência vivenciada durante a sequência e suas aprendizagens.

ESPAÇOS E MATERIAIS SUGERIDOS

- Sala de aula
- Atividades impressas
- Lápis, caneta e borracha

ATIVIDADE DO ALUNO

Cara(o) aluna(o), esta atividade é igual àquela que você realizou no início da sequência didática, tendo desta vez como objetivo verificar a influência da sequência de aulas que foram aplicadas sobre seu entendimento a respeito desse assunto. Lembre-se que você não deve consultar nenhum outro aluno ou material enquanto estiver respondendo, para que os resultados sejam confiáveis.

1. Na ilustração abaixo temos o corpo humano com a representação de alguns órgãos, indique quais você julga fazerem parte do sistema circulatório.

Fonte: App "O corpo"
por Tinybop Inc, 2017.

2. No corpo de um indivíduo de 75 kg circulam aproximadamente 6L de sangue diariamente. Sabendo que esse sangue não sai do corpo (a menos que haja um sangramento), que caminho ele percorre no seu corpo? Represente de alguma forma (desenho, esquema, mapa mental) esse caminho, no espaço abaixo.

3. Em uma aula de educação física, três alunos apostaram uma corrida até a quadra. Na “linha de chegada” os estudantes estavam se sentindo cansados, com respiração ofegante e perceberam que seus batimentos estavam acelerados. Diante disto, os alunos começaram a discutir.

ESTUDANTE A: Eu acho que o coração bate mais rápido quando corremos para mandar mais ar para o corpo e dar mais energia para o exercício.

ESTUDANTE B: Eu acho que é para levar oxigênio para os músculos que estão trabalhando mais durante o exercício e consomem mais O₂. Por isso respiramos mais rápido também.

ESTUDANTE C: Como gastamos mais energia, ficamos cansados e o ritmo da respiração acelera para a produção de energia no coração que também acelera levando sangue mais rápido para o corpo.

Com qual afirmação você concorda? Em que ponto as outras duas estão erradas.

---

4. Analise as sentenças abaixo e assinale se você as considera falsas ou verdadeiras.
Corrija as afirmações que julgar **falsas**.

- A. Quando nos exercitamos, sentimos calor e até suamos, isso porque o coração produz calor que mantém a temperatura corporal adequada. No exercício, ele bate mais rápido, produzindo mais calor.

( ) FALSA   ( ) VERDADEIRA

- B. O sangue leva ar captado do ambiente através das artérias para o corpo. Sendo assim, as artérias podem levar ar misturado com sangue.

( ) FALSA   ( ) VERDADEIRA

- C. O sangue é produzido a partir da digestão dos alimentos que ingerimos. Assim, a qualidade do sangue está diretamente relacionada à dieta adotada.

( ) FALSA   ( ) VERDADEIRA

D. Entre os dois lados do coração existem pequenos poros que permitem a passagem do sangue do lado direito para o lado esquerdo do coração.

( ) FALSA   ( ) VERDADEIRA

E. Quando o coração contrai, ele expulsa o sangue e quando há o relaxamento, o coração se enche de sangue.

( ) FALSA   ( ) VERDADEIRA

---

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Trabalhar com a inclusão de história da ciência no ensino tem se mostrado um tanto desafiador. Embora muitos trabalhos estejam disponíveis avaliando diversas propostas de aplicação em sala de aula e até mesmo indicando como realizar os estudos na área, ainda parece um campo difícil de se explorar, pouco acessível àqueles que não possuem formação na área, mas se interessam por ele.

Durante as aulas de História da Biologia na pós-graduação o desconforto em relação a essa situação aumentava à medida que observávamos livros didáticos dedicando apenas notas de rodapé ou pequenos quadros no canto da página para disponibilizar algumas informações sobre o personagem envolvido na construção de um dado conhecimento científico. Essa abordagem, além de decorrer de uma interpretação descontextualizada, muitas vezes, equivocada ou mesmo tendenciosa das fontes e/ou de um período histórico, contribui para a supervalorização de um único “personagem da ciência” com a finalidade de exaltar sua genialidade, omitindo propostas anteriores e contribuições de outros contemporâneos ou colaboradores de um mesmo grupo (FORATO et al., 2011).

A falta de materiais didáticos adequados pode ainda, levar os alunos a construir concepções ingênuas de natureza da ciência, que incluem a ideia de verdade absoluta estabelecida por um único método empírico universal, realizado por gênios que trabalham sozinhos e observam os fenômenos naturais de forma neutra. Consequentemente, o estudante compreende a ciência como algo distante de sua realidade, como diversos trabalhos já mencionaram, a falta dessa aproximação entre a ciência e a sociedade acarreta a desvalorização do conhecimento científico, e mais recentemente, à difusão de informações sem respaldo científico, sem crítica e/ou reflexão. Vivemos em tempos de terraplanismo, negação da eficácia das vacinas quanto à prevenção de doenças, e compartilhamento em massa de notícias falsas, as conhecidas “fake news”, paralelamente a ciência continua se desenvolvendo, visualizando buracos negros, imprimindo órgãos em impressoras 3D, conhecendo e se aproximando da cura de diversas doenças entre outros; tais fatos, evidenciam assim, a urgência em tratar de aspectos de natureza da ciência de forma explícita e reflexiva desde a educação básica, que podem vir a ser uma das abordagens a suplantarem tais equívocos.

Desse modo, entendemos que construir uma narrativa histórica pode, muitas vezes, sugerir uma visão de ciência diferente daquela que buscamos defender, que é a compreensão da ciência como uma atividade humana, historicamente construída, desenvolvida em um contexto cultural e social. Para isso, acreditamos no uso de diversas ferramentas que promovam um ensino e aprendizagem que favoreça a construção de concepções mais informadas de natureza da ciência levando, consequentemente a promover a alfabetização científica.

Diante dessa realidade, como prosseguir? Depois da escolha do tema, em que os conteúdos científicos fossem claros e possibilitassem desenvolver um trabalho na interface de história da ciência e ensino, buscamos selecionar que tipo de abordagem didática utilizaríamos para elaborar um material que visasse o ensino e aprendizagem de conhecimentos científicos, históricos, de natureza da ciência e de habilidades de investigação científica. Os princípios do Ensino por Investigação então, constituíram o ponto norteador para a elaboração das atividades, já que eles levam em consideração a alfabetização científica, natureza da ciência e abordagem de aspectos históricos fomentando a aprendizagem dos estudantes com base em questionamentos e resolução de problemas (PEDASTE et al.,2015).

Buscamos então, desenvolver uma pesquisa em HC relacionada à construção do conhecimento sobre a circulação sanguínea pelo médico inglês William Harvey (1578-1656), contextualizando-o em relação aos conhecimentos precedentes e contemporâneos; procuramos também tornar esse estudo histórico tema de uma SD, pensada para alunos de Ensino Médio, com base nos princípios do ENCI.

A obra *De motu cordis*, estudada nesse trabalho, foi resultado de nove anos de observações anatômicas de diferentes espécies animais, incluindo seres humanos. O estudo dessa publicação permitiu concluir que a formulação da doutrina da circulação do sangue foi resultado de um diálogo de Harvey com seus antecessores, desde a Antiguidade até o século XVI. Ao contrário do que se costuma encontrar em abordagens históricas elaboradas especialmente na primeira metade do século XX, motivadas em eleger os “heróis” da ciência, Harvey não partiu do nada e não fez tudo sozinho. Ele levou em consideração os conhecimentos elaborados por Hipócrates (460 a.C-370 a.C), Aristóteles (384 a.C- 322 a.C) e Galeno (129-c.200 d.C.), que constituíram a longa tradição médica que chegou ao século XVI. Em suas observações anatômicas, Harvey também dialogou de perto com antecessores mais próximos, como Serveto (1511-1553), Colombo (1516-1559) e Cesalpino (1525-

1603), que propuseram novas formulações a respeito das funções do coração e sobre o trajeto do sangue.

Além do estudo histórico, este trabalho gerou alguns materiais instrucionais que podem vir a servir de subsídio para o professor que se sinta motivado a desenvolver trabalho semelhante em sala de aula: um texto sobre a biografia científica de Harvey, atividades investigativas teóricas e experimentais contextualizadas com trechos de fontes primárias e apresentações de slides que auxiliam o professor na explanação dos aspectos históricos abordados na SD. A SD elaborada ainda permitiu encarar o desafio de realizar a abordagem inclusiva de um episódio histórico que se propõe ao ensino contextual de um tema da fisiologia humana, promovendo a diminuição da ocorrência dos erros historiográficos e de anedotas lendárias que costumam circular no ensino.

As atividades da SD apresentam eixos estruturantes que podem auxiliar no planejamento de sequências didáticas investigativas que visem a aplicação de HC no ensino como: a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos; entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e por fim, a compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que envolvem sua prática. Ainda por meio do uso de trechos de fontes primárias, a SD proporciona situações nas quais os alunos vivenciem a prática científica, apontando os obstáculos que surgem durante o desenvolvimento da ciência, respondendo a questionamentos e problemas de investigação em determinados modelos explicativos e conceituais, manipulando ferramentas e materiais para a realização de atividades práticas, observando dados e utilizando linguagens que possibilitem a comunicação das hipóteses e sínteses realizadas.

A partir das avaliações realizadas nas duas fases de validação da SD, percebemos que utilizar os textos de fontes primárias pode ser desafiador, ao passo que os trechos apresentam, geralmente, linguagem rebuscada que dificultam a compreensão dos termos por parte dos alunos, além disso, se o professor almejar realizar um trabalho semelhante e buscar por conta própria textos originais de assuntos relacionados à história da biologia, vai se deparar com alguns obstáculos, dentre eles, o da língua, pois muitos textos ainda não apresentam tradução para o português. No caso deste trabalho, os trechos foram retirados da obra *De motu cordis*, publicado por William Harvey em 1628, entretanto, a obra está disponível em português, o que facilitou a elaboração da SD e a seleção dos trechos. Este fato evidencia a necessidade de

ações concretas que aproximem educadores e historiadores da ciência, a fim de que mais materiais desse tipo sejam produzidos, como livros, artigos e a disponibilização de materiais didáticos na internet, na tentativa de minimizar versões históricas que fomentem visões inadequadas sobre a NdC. Portanto, ressaltamos também a importância do nosso grupo de pesquisa, que propõe soluções que se materializam em traduções, narrativas e atividades didáticas que visam a aplicação e que foram aplicadas em ambientes reais de sala de aula nos mais diversos níveis da educação básica.

Além disso, o estudo histórico aqui apresentado pode servir como uma alternativa às histórias que estão nos livros didáticos, que de acordo com Beltran e colaboradores (2016), estão baseadas, atualmente, em uma vertente historiográfica tradicional, reforçando a linearidade do desenvolvimento do conhecimento, omitindo debates e outras questões que direta ou indiretamente, estiveram ligadas no momento de sua formulação. Por tanto, os textos de fontes primárias se apresentam como subsídios que facilitam e auxiliam o entendimento dos conteúdos científicos, históricos, de NdC e que promovem o desenvolvimento de habilidades de investigação científica. As atividades possibilitam assim, que estes materiais sejam utilizados de forma profícua na educação em ciências, podendo ser adaptado a outros níveis de ensino e o estudo histórico, por sua vez, por ser contextualizado e panorâmico pode ser útil para elaboração e discussão de novos trabalhos focados em HC.

Ressaltamos também que as atividades da SD, apresentam níveis de investigação factíveis e compatíveis com a realidade de muitas escolas brasileiras, que seguem programas de ensino conteudistas e que, portanto, não tiveram a oportunidade de realizar investigações anteriormente. Sendo assim, apresentamos atividades com investigações estruturadas e guiadas que podem ser bons pontos de partida para que se alcancem, no futuro, o mais alto nível de investigação, a investigação aberta, que requer maior demanda cognitiva dos estudantes e ampla experiência nos níveis de investigação anteriores.

Em relação a aplicabilidade do que está sendo proposto, acreditamos que o professor da educação básica tem condições, utilizando trabalhos de historiadores da ciência, de fazer uma abordagem similar à que realizamos aqui, fato este que foi evidenciado a partir do processo de validação da SD. Esperamos então, que os estudos aqui realizados auxiliem no aprendizado de biologia sob diversos aspectos. Contudo, cabe ressaltar que esse processo é algo lento, que exige esforço e dedicação do

docente, por isso, enxergamos as dificuldades da aplicabilidade diante da realidade de jornadas duplas de trabalho a qual muitos professores da educação básica estão sujeitos. Além do fato de que muitas escolas possuem programas de ensino conteudistas e apostilados, reduzindo o tempo para o ensino e aprendizagem de conteúdos complexos como os de fisiologia humana.

Sendo assim, reconhecemos que trabalhos similares são possíveis em escolas que fornecem certa liberdade ao seu corpo docente e permite a elaboração e aplicação de sequências didáticas que podem se apresentar um pouco mais longas que de costume. Entretanto, realçamos que nossa intenção não foi produzir um manual que deve ser reproduzido em sua totalidade de modo a solucionar todos os problemas aqui mencionados, mas deixamos livre o professor que necessite modificar, reelaborar, utilizar parte da sequência ou de seus materiais instrucionais, de acordo com sua realidade e exigências da classe.

Esperamos que esse, assim como outros trabalhos que apresentem objetivos semelhantes, sirvam como ponto de partida, inspiração e motivação para os professores que desejem estabelecer novos caminhos pelos quais percorrer na jornada da educação científica.

Iniciamos agora, uma nova agenda de pesquisa, focada na produção de artigos curtos, que possam ter maior alcance entre professores e pesquisadores, focada na divulgação dessas metodologias em meios acessíveis a professores e alunos. Além disso, esperamos aplicar a SD posteriormente analisando os dados coletados de modo a pontuar, compreender e explorar as potencialidades da SD sob diversos aspectos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS PRIMÁRIAS

- ARISTÓTELES. **História dos animais**. Livros I-IV Tradução: Paula Lobo Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa. Lisboa: Imprensa Nacional-Casa da Moeda, 2006. Disponível em < <http://www.obrasdearistoteles.net/files/volumes/0000000026.pdf>> Acesso em: 21 nov. 2016.
- ARISTÓTELES. **Partes dos animais**. Tradução de Maria de Fátima Sousa e Silva. Lisboa: Imprensa Nacional-Casa da Moeda, 2010. Disponível em: <<http://www.obrasdearistoteles.net/files/volumes/0000000029.pdf>> Acesso em: 21 nov. 2016.
- COLOMBO, Matteo, R. **De re anatomica**. Venettis: Nicoló Bevilacqua, 1559.
- CESALPINO, Andrea. **Quaestiones peripateticarum Lib. V**. Veneziis: Apud Iuntas, 1593.
- GALENO. **Galien: Oeuvres Médicales Choiesies: De l'utilité des parties du corps humain**. Tradução: C. Daremberg. Paris: Gallimard, 1994.
- HARVEY, William. **Estudo anatômico sobre o movimento do coração e do sangue nos animais**. Tradução: Regina Andrés Rebollo. São Paulo: Editora da Unesp, 2012.
- HIPÓCRATES. **Conhecer, cuidar, amar: O juramento e outros textos**. Tradução: Dunia Marino Silva. São Paulo: Landy, 2002.
- HIPOCRATTE. **Oeuvres completes**. Traduit : Émile Littré. Paris: Baillière et fils, 1839-1861.
- SERVETO, Michael. **Christianisme restituito**. Viena: Baltasar Arnoullet, 1553.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS SECUNDÁRIAS

- ABD-EL-KHALICK, Fouad; LEDERMAN, Norman. The influence of history of science courses on students' views of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, 2000. Disponível em: < <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500690050044044>> Acesso em: 20 out. 2016.
- ACEVEDO, José. A.; VÁZQUES, Ángel; PAIXÃO, Maria. F.; MANASSERO, Maria. A. Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino das ciências. **Ciência e Educação**, vol. 11, n. 1, p. 1-15, 2005. Disponível em:< <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/iienpec/Dados/trabalhos/A39.pdf>> Acesso em: 20 nov. 2016
- ADITOMO Anindito; GOODYEAR, Peter; BLIUC, Ana-Maria; ELLIS, Robert A. Inquiry-based learning in higher education: principal forms, educational objectives, and disciplinary variations. **Studies in Higher Education**, v.38, n.9, pp.1239-1258, 2013. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1080/03075079.2011.616584>> Acesso em: 31 out. 2017.
- AIRD, W. C. Discovery of the cardiovascular system: from Galen to William Harvey. **Journal of Thrombosis and Haemostasis**, v.9, n.1, p.118–129, 2011. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1538-7836.2011.04312.x>> Acesso em: 16 out. 2017.

ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria. **O que é História da Ciência**. São Paulo, Brasiliense, 1994. (Col. Primeiros Passos).

ALMEIDA, Andrey. G. F. E.; SASSERON, Lúcia. H. As ideias balizadoras necessárias ao professor ao planejar e avaliar a aplicação de uma sequência de ensino investigativo. **Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. extra, p. 1188-1192, 2013.

Disponível em: <

https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2013nExtra/edlc_a2013nExtrap1188.pdf> Acesso em: 09 dez. 2017.

ALLCHIN, Douglas. Why respect for history and historical error matters. **Science & Education**, v. 15, n. 1, p. 91-111, 2006. Disponível em: <

<http://www.tc.umn.edu/~allch001/papers/respect.pdf>> Acesso em: 16 nov. 2016.

_____. How not to teach historical case studies in science. **Journal of College Science Teaching**, v.30, p. 33-37, 2000. Disponível em: <

<http://www.pantaneto.co.uk/issue7/allchin.htm>> Acesso em 03 jan. 2017.

_____. **Teaching the nature of science: perspectives & resources**. Saint Paul (MN): SHiPS Education Press, 2013.

_____. Douglas (ed.). **Teaching science through history: The Minnesota Case Study Collection**. CD-ROM, 2007.

ARTIGUE, Michèle. **L'ingenierie didactique: un instrument privilegie pour une prise en compte de la complexité de la classe**. 11º International Conference on the Psychology of Mathematics Education. p. 19-25, 1987. Disponível em:

<http://www.numdam.org/article/PSMIR_1990-1991__5_A2_0.pdf> Acesso em: 11 nov. 2017.

AZIZI, Mohammad- Hossein; NAYERNOURI, Touraj; AZIZI, Farzaneh. A Brief History of the Discovery of the Circulation of Blood in the Human Body. **Arch Iranian Med**, v.11, n.3, p.345-350, 2008. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18426332> > Acesso em: 16 out. 2017

BANCHI, Heather; BELL, Randy. The many levels of Inquiry. **Science and Children**, v.46, n.2, p. 26-29, 2008.

BELTRAN, Maria. H. R.; FUMIKAZU, Saito. TRINDADE, Laís. S.P. **História da Ciência: Tópicos atuais 4**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

BERÇOT, Filipe, F.; PRESTES, Maria Elice, B. Narrativa de história da biologia para a sala de aula: "Abraham Trembley (1710-1784) e a criatura que desafiou a classificação". **Boletim de História e Filosofia da Biologia**, v.10, n.4, p. 7-22.

Disponível em: < <http://www.abfhib.org/Boletim/Boletim-HFB-10-n4-Dez-2016.pdf> > Acesso em 03 jan. 2017

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais/ Secretaria de Educação Fundamental**. Brasília: MEC/SEF, 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>.> Acesso em 20 out. 2016.

_____. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em:

<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf> Acesso em 01 jul. 2019.

_____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+): Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>> Acesso em: 25 nov. 2016.

BRICCIA, Viviane; CARVALHO, Anna Maria, P. Visões sobre a natureza da ciência construídas a partir do uso de um texto histórico na escola média.

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. v.10, n.1, p.1-22, 2011. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen10/ART1_Vol10_N1.pdf> Acesso em: 03 nov. 2017.

BYNUM, William. **História da Medicina**. Tradução: Flávia Souto Maior. Porto Alegre: L&PM, 2011.

CARNEIRO, Maria. H. S.; GASTAL, Maria. L. História e filosofia das ciências no ensino de biologia. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n1/03.pdf>> Acesso em 20 nov. 2016.

CARVALHO, Anna Maria. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, p.1-20, 2014.

CASTRO, Renato, S.; CARVALHO, Anna Maria. P. História da ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 225-237, 1992. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7394>> Acesso em: 28 nov. 2016.

CLARK, C.E. **Concise dictionary of scientific biography**. 2. Ed. New York: Charles Scribner's Sons, 2000.

CUTHBERT, Anthony. J. Do children have a holistic view of their internal body maps? **School Science Review**, v.82, n. 299, p.25-32, 2000.

DELIZOICOV, Nadir.C. **O movimento do sangue no corpo humano: história e ensino**. Florianópolis, 2002. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/84223?show=full>> Acesso em: 25 nov. 2016.

FARA, Patricia. William Harvey, an Aristotelian anatomist. **Endeavour**. v.31, n.2, p. 43-44. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.endeavour.2007.05.006>> Acesso em: 16 out. 2017.

FERREIRA, Vilma. M.; COUTINHO, Francisco. A.; SILVA Fabio. A. R. Concepções alternativas ou perfis conceituais? Um estudo com educadores em ciências sobre a função digestiva. **Anais Encontro Perspectiva do Ensino de Biologia**, 8, São Paulo: USP, 2002.

FRENCH, Roger. **William Harvey's natural philosophy**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

FRIEDMAN, Meyer; FRIEDLAND, Gerald, W. **As dez maiores descobertas da medicina**. Tradução: José Rubens Siqueira. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

FORATO, Thais. C. M.; PIETROCOLA, Mauricio; MARTINS, Roberto. A Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n.

- 1, p. 27-59, 2011. Disponível em: <
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3683153>> Acesso em 30 nov. 2016.
- GIL PÉREZ, Daniel; MONTORO, Isabel. F.; ALÍS, Jaime. C.; CACHAPUZ, Antônio; PRAIA, João. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001. Disponível em: <
<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/01.pdf>> Acesso em: 21 nov. 2016.
- GUIMARÃES, Yara, A. F.; GIORDAN, Marcelo. Elementos para validação de Sequências Didáticas. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC**, 2013. Disponível em:
 <https://midia.atp.usp.br/plc/plc0703/impressos/plc0703_aula16_elementos_validacaoS D.pdf> Acesso em: 11 nov. 2017.
- GUYTON, Arthur, C. **Fisiologia humana e mecanismos das doenças**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993.
- GRANDY, R. E; DUSCHL, R. A. Reconsidering the character and role of inquiry in schools: science: Analysis of a conference. **Science and Education**, 16, p. 141-166, 2007.
- HANKINSON, R.J. Galen In: Noretta Koertge (Org), **New Dictionary of Scientific Biography**, Ambix, p.91-96, 2008
- IBAÑEZ, Nelson. William Harvey e a descoberta da circulação sanguínea. **Cadernos de História da Ciência**. v.11, n.1, p.131-146, 2015.
- KEY, Jack. D.; KEYS, Thomas. E.; CALLAHAN, John. A. Historical Development of Concept of Blood Circulation. **The American Journal of Cardiology**. v.43, p.1026-1032, 1979. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/373409>> Acesso em: 16 out. 2017.
- KOSMINSKY, Luis; GIORDAN, Marcelo. Visões sobre ciência e sobre os cientistas entre estudantes do ensino médio. **Química Nova na Escola**, v. 15, p. 11-18, 2002. Disponível em: < http://www.lapeq.fe.usp.br/textos/ec/ecpdf/kosminsky_giordan-qnesc-2002.pdf> Acesso em: 21 out. 2016.
- KRAGH, Helge. **Introdução à historiografia da ciência**. Porto editora, 2001.
- LEDERMAN, Norman. G. e LEDERMAN, Judith. S. Research on teaching and learning of nature of science. Pp. 600-620, in: LEDERMAN, N. G. e ABELL, S. K (eds.) **Handbook of research in science education - volume II**. New York and London: Routledge. 2014.
- LEDERMAN, Norman. G. Nature of Science: past, present and future. pp. 831-879, in: ABELL, Sandra. K. e LEDERMAN, N. G. **Handbook of research on science education**. Mahwah, NJ: Lorence Earlbaum Associates, 2007.
- MARTINS, Lilian. A. C. P. A História da Ciência e o ensino de biologia. **Ciência e Ensino**, Campinas, v. 5, p. 18-21, dez. 1998. Disponível em:
 <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/fevereiro2013/ciencias_artigos/historia_ciencia.pdf> Acesso em: 13 nov. 2014.
- MARTINS, Lilian. A. C. P. História da ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p.305-317, 2005. Disponível em:<
<http://www.ghctc.usp.br/server/PDF/ar10r11v2.pdf>> Acesso em: 03 de nov. 2017.

MARTINS, Roberto de Andrade. A teoria aristotélica da respiração. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, v.2, n.2,1990. Disponível em:<<http://ghc.ifi.unicamp.br/pdf/ram-39.pdf>> Acesso em: 30 out. 2017.

_____. **Aristóteles e o estudo dos seres vivos**. São Paulo: Livraria da física, 2015.

_____. A doutrina das causas finais na Antiguidade. 2. A teleologia na natureza, segundo Aristóteles. **Filosofia e História da Biologia**, v. 8, n. 2, p. 167-209, 2013.

MAIA, Juliana. O.; SILVA, Jefferson. R.; JESUS, Karen; PASSOS, Messias. S.; GOMES, Verena. B.; SILVA, Aparecida. F. A. Concepções de ciência, tecnologia e construção do conhecimento científico para alunos do Ensino Médio. **Anais ENPEC**, 7, Florianópolis: UFSC, 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viipec/pdfs/1391.pdf>> Acesso em 27 maio. 2015.

_____. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual e a reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995. Disponível em: < http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-2457-0_1#page-1> Acesso em 30 nov. 2016.

_____. **Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science**. New York/London: Routledge, 1994.

McCOMAS, William. Uma proposta de classificação para os tipos de aplicação da História da Ciência na formação científica: Implicação para a pesquisa e desenvolvimento. In: SILVA, Cibelle, C.; PRESTES, Maria Elice, B. **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: Abordagens históricas e filosóficas**. São Carlos: Editora Tipographia p.425-447, 2013.

MÉHEUT, Martine. Teaching-learning sequences tolls for learning and/or research. In: BORESMA, K; et al. **Research and quality of science education**. Holanda: Spring, p. 195-207, 2005.

MÉHEUT, Martine; PSILLOS, Dimitris. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 5, p. 515-535, 2004.

MOTOKANE, Marcelo. T. Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia. **Revista Ensaio**, v.17 n.especial, p. 97-114, 2015. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00115.pdf>> Acesso em: 03 nov.2017.

NASCIMENTO, Vânia. B.; CARVALHO, Anna. M. P. Visões sobre a natureza da ciência construídas a partir do uso de um texto histórico na escola média. REEC. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, p. 1-22, 2011. Disponível em:< http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen10/ART1_Vol10_N1.pdf> Acesso em: 28 nov. 2016.

NOGUEIRA, Luciano J.; MONTANARI, Carlos A.; DONNICI, Claudio L. Histórico da evolução da química medicinal e a importância da lipofilia: de Hipócrates e Galeno a Paracelsus e as contribuições de Overton e de Hansch. **Rev. Virtual Quim**, v.1, n.3, p. 227-240, 2009. Disponível em: < http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/quimica/hist_evol_quim_medicinal.pdf> Acesso em 21 out. 2017.

NUNES, Luana. B. X.; PECHIYE, Magda. M. **História da Ciência no ensino de Sistema Circulatório**. São Paulo, 2015. 100 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Presbiteriana Mackenzie. Disponível em: <
http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCBS/Cursos/Ciencias_Biologicas/TCC/Luana_Nunes.pdf> Acesso em: 28 nov. 2016.

ORFANOS, C.E. From Hippocrates to modern medicine. **J Eur Acad Dermatol Venereol**, v.21, n.6, p.852–858, 2007. Disponível em: <
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17567335>> Acesso em: 19 ago. 2017.

PADILLA, Michael. J. The science process skills, **NARST- Research matters - to the science teacher**, n.9004,1990. Disponível em: < <https://narst.org/research-matters/science-process-skills> > Acesso em: 12 fev. 2019.

PAGEL, Walter. William Harvey and the Purpose of Circulation, **Isis**, v.42, n.1, p.22-38, 1951.

PEDASTE, Margus; MAEOTS, Mario; SIIMAN. Leo; JONG. Ton; RIESEN. Siswa. A. N.; KAMP. Ellen. T.; MANOLI. Constantinos. C.; ZACHARIA. Zacharias. C.; TSOURLIDAKI. Eleftheria. Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, v. 14, p. 47-61, 2015.

PEDUZZI, Luiz. O. Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. p. 151-170, in: PIETROCOLA, Maurício (ed.) **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

PÉREZ, Daniel.G.; MONTORO, Isabel. F.; ALÍS, Jaime. C.; CACHAPUZ, Antonio; PRAIA, João. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001. Disponível em: <
<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/01.pdf>> Acesso em: 21 nov. 2016.

PLOCHMANN, George, K. William Harvey and His Methods. **University of Chicago Press**. v.10, p. 192-210, 1963. Disponível em: < <http://www.jstor.org/stable/2857056>> Acesso em: 16 out. 2017.

PRAIA, João; GIL-PÉREZ, Daniel; VILCHES, Amparo. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v13n2/v13n2a01>> Acesso em: 28 nov. 2016.

PRESTES, Maria. E. B.; CALDEIRA, Ana. M. A. Introdução: A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 1-16, 2009. Disponível em: <<http://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-0-Maria-Elice-Prestes-Ana-Maria-Caldeira.pdf>> Acesso em: 13 out. 2016.

REBOLLO, Regina. A. A difusão da doutrina da circulação do sangue: a correspondência entre William Harvey e Caspar Hofmann em maio de 1636. **História, Ciências, Saúde -Manguinhos**, v.9, n.3, p. 479-513, 2002. Disponível em: <
<http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v9n3/14070.pdf> > Acesso em: 16 out. 2017.

_____. O legado hipocrático e sua fortuna no período greco-romano: de Cós a Galeno. **Scientiæ Studia**, v. 4, n. 1, p. 45-82, 2006. Disponível em: <
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662006000100003> Acesso em 19 ago. 2017.

_____. A. A Escola Médica de Pádua: medicina e filosofia no período moderno. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v.17, n.2, p.307-331, 2010. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-59702010000200003> > Acesso em: 16 out. 2017.

_____. A. William Harvey e a descoberta da circulação do sangue. São Paulo: Editora Unesp, 2012.

RIBEIRO JR, W.A. Aspectos reais e lendários da biografia de Hipócrates, o "pai da medicina". **Jornal Brasileiro de História da Medicina**, v. 6, n. 1, p. 8-10, 2003. Disponível em: <<http://warj.med.br/pub/pdf/hipocrates.pdf> > Acesso em: 16 out. 2017.

RISKIN, Jessica. **The restless clock: A History of the Centuries-Long Argument over What Makes Living Things Tick**. Chicago: The University of Chicago Press, 2016.

SÃO PAULO. Secretaria Municipal da Educação. **Orientações curriculares e proposições de expectativas de aprendizagem para o ensino fundamental: ciclo II**. São Paulo: Secretaria Municipal da Educação, 2007. Disponível em: <<http://portaleducacao.prefeitura.sp.gov.br/>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

SANTOS, Maria. E. Encruzilhadas de mudança no limiar do século XXI: construção do saber científico e da cidadania via ensino CTS de ciências. **Anais Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2, Valinhos: 1999. Disponível em: < <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/iienpec/Dados/trabalhos/A39.pdf> > Acesso em: 30 nov. 2016.

SASSERON, Lúcia. H.; CARVALHO, Anna Maria. P. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SASSERON, Lúcia. H.; BRICCIA, Viviane; CARVALHO, Anna Maria. Aspectos da natureza das ciências na sala de aula: Exemplos do uso de textos científicos em prol do processo de alfabetização científica dos estudantes. In: SILVA, Cibelle, C.; PRESTES, Maria Elice, B. **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: Abordagens históricas e filosóficas**. São Carlos: Editora Tipographia p.265-276, 2013.

SCARPA, Daniela.L.; SILVA, Maíra.B. A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, p.129-152, 2013.

SILVA, Ana Paula, B.; GUERRA, Andreia. **História da ciência e ensino: fontes primárias e propostas para sala de aula**. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

SILVA, Boniek. V. C. A natureza da ciência pelos alunos do ensino médio: um estudo exploratório. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 4, n. 3, p. 620-627, 2010. Disponível em: < http://www.lajpe.org/sep10/417_Boniek_da_Cruz_Silva.pdf > Acesso em: 16 nov. 2016.

SILVEIRA, Alessandro. F.; ATAIDE, Ana. R. P.; SILVA, Ana Paula B.; FREIRE, Morgana. L. F. Natureza da ciência numa sequência didática: Aristóteles, Galileu e o movimento relativo. **Experiências em Ensino de Ciências (UFRGS)**, v. 5, p. 57-66, 2010. Disponível em:< <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0482-1.pdf> > Acesso em 03 nov. 2017.

SINGER, C. **Uma Breve História da Anatomia e Fisiologia desde os Gregos até Harvey**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1996.

SILVA, Ana.P.B; GUERRA, Andreia (org). **História da Ciência e Ensino: Fontes primárias e propostas para sala de aula**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

SILVEIRA, Alessandro. F.; ATAÍDE, Ana. R. P.; SILVA, Ana. P. B.; FREIRE, Morgana. L. F. Natureza da ciência numa sequência didática: Aristóteles, Galileu e o movimento relativo. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 57-66, 2010.

SMITH, Sean, B.; MACCHI, Veronica; PARENTI, Anna; DE CARO, Raffaele. Hieronymous Fabricius Ab Acquapendente (1533–1619). **Clinical Anatomy**, v.17, n.7, p.540-543, 2004.

SOUZA, Rosa. A. L.; PRESTES, Maria. E. B. História da ciência no ensino: uma análise de dissertações de mestrado. In: **13º Seminário nacional de história da ciência e da tecnologia**, São Paulo, SP, 2012. Disponível em:

<http://www.13snhct.sbhc.org.br/resources/anais/10/1344603331_ARQUIVO_artigo_SBHC_completo.pdf> Acesso em 16 nov. 2016

SOUZA, Rosa. A. L.; PRESTES, Maria. E. B. Motivação e emoção no ensino de biologia: análise de sequência didática sobre a viagem de Wallace ao Brasil. **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 233-256, 2015. Disponível em: <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-10-2/FHB-v10-n2-04.html> Acesso em: 21 nov. 2016.

STINNER, Arthur; McMILLAN, Barbara. A.; METZ, Don; JILEK, Jana. M.; KLASSEN, Stephen. The renewal of case studies in science education. **Science & Education**, v.12, n.7, p. 617-643, 2003. Disponível em: <<http://www.hsse.uwinnipeg.ca/Publications/Stinner%20et%20al.pdf>> Acesso em: 30 nov. 2016.

STOQUI, Fabiana. M.V.; TRIVELATO, Silvia. L.F **Características de sequências didáticas promotoras da alfabetização científica no ensino de biologia**. IX Congresso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias. Girona, p. 2421-2424, 2013. Disponível em: <http://congres.manners.es/congres_ciencia/gestio/creacioCD/cd/articulos/art_889.pdf> Acesso em: 25 mai. 2017.

TONIDANDEL, Sandra. M. **Escrita argumentativa de alunos do ensino médio**. 2008. 171 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de educação da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.

TONIDANDEL, Sandra. M. **Superando obstáculos no ensino e na aprendizagem da evolução biológica**: O desenvolvimento da argumentação dos alunos no uso de dados como evidências da seleção natural numa sequência didática baseada em investigação. 2013. 342 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação Universidade de São Paulo, São Paulo. 2013.

TORTORA, Gerard. J.; DERRICKSON, Bryan. **Princípios de Anatomia e fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

TRIVELATO, Silvia, L.F.; TONIDANDEL, Sandra. M.R. Ensino por investigação: Eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. **Revista Ensaio**, v.17 n.especial, p. 97-114, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00097.pdf>> Acesso em 03 nov. 2017.

- VITOR, Fernanda C.; SILVA, Ana Paula B. Alfabetização e educação científicas: consensos e controvérsias. **Rev. bras. Estudos Pedagógicos**, v. 98, n. 249, p. 410-427, 2017. Disponível em:<
<http://rbep.inep.gov.br/index.php/rbep/article/view/2637/pdf>> Acesso em: 03 nov. 2017.
- WHITTERIDGE, Gwenet. William Harvey on the Circulation of the Blood and on Generation. **The American Journal of Medicine**, v.65, p.888-890,1978.
- WILLIS, Robert. **The Works of William Harvey**. London: Sydenham Society, 1847.
- ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.
- ZOMPERO, Andreia. F.; GARCIA, Maria. F. L.; ARRUDA, Sérgio. M. Concepções de ciência e cientista em alunos do ensino fundamental. **Anais Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 5. São Paulo, 2005. Disponível em:
<<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0422-4.pdf>> Acesso em: 30 mai. 2015.

APÊNDICE A- ATIVIDADE 1: LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS
MATERIAL DE APOIO PARA O PROFESSOR

MATERIAL DE APOIO DA ATIVIDADE 1

Antecessores de Harvey

LaHBE
Laboratório de
História da Biologia
e Ensino – IB/USP

William Harvey (1578-1656)

Exercícios Anatômicos sobre o Movimento do Coração e Sangue nos Animais (1628).

- O ano de 1628 foi marcado pela contribuição de William Harvey (1578-1657) para o conhecimento médico e anatômico a respeito da circulação sanguínea, com a publicação de *Exercitatio anatômica de motu cordis et sanguinis animalibus* (Estudo anatômico sobre o movimento do coração e do sangue nos animais), corriqueiramente abreviado para *De Motu Cordis*, como será citado neste trabalho. Entretanto, a formulação da doutrina da circulação do sangue foi resultado de um conhecimento construído desde a Antiguidade até o início do século XVII. Harvey utilizou os conhecimentos de seus antecessores, refez experimentos, dialogou com contemporâneos e acumulou novas observações anatômicas (REBOLLO, 2012, p. 61). Assim, apesar do mérito de seu trabalho, marcado por dedicação e independência, Harvey não fez tudo sozinho.

Hipócrates de Cós (460 a.C-370 a.C)

Corpus hippocraticum (Corpo hipocrático)

- Coração como sede do "fogo natural".
- Músculo de forma piramidal e cor vermelho-escura, dois ventrículos distintos, túnica lisa, com um pouco de líquido.
- Papel do ar inspirado e expirado.
- Características das veias

O ventrículo direito envia sangue ao pulmão, para alimentá-lo através da artéria pulmonar e recebe uma pequena quantidade de ar por meio da mesma artéria cujas válvulas não se fecham hermeticamente. O ventrículo esquerdo recebe ar pelas veias, mas como ele não contém sangue, não pode enviá-lo; em compensação, ele é a sede do fogo natural e da inteligência do homem, comandando também a alma (HIPOCRATTE, 1861, p. 76-77).

Aristóteles (384 a.C-322 a.C)

Historia animalium (História dos animais)

De partibus animalium (Das partes dos animais)

- Sangue produzido a partir da cocção dos alimentos digeridos, com função de nutrir o corpo.
- Coração com tendões que permitem o movimento de contração e relaxamento, lado esquerdo mais frio que o direito.
- Papel do pulmão.

O alimento, após passar pela cocção no intestino e fígado, segue para o coração por meio da veia cava inferior, devido ao calor que lá reside, sofre ebulição que infla o coração, fazendo o sangue escapar pelos vasos que o distribuem pelo corpo. Logo após, o coração contrai e esse processo ocorre constantemente, sem descanso (ARISTÓTELES, 2010, p.123).

Galeno de Pérgamo (129-c.200 d.C.)

- Sangue e os "espíritos naturais" são produzidos no fígado a partir dos alimentos e são responsáveis pela nutrição do corpo.
- O fígado é essencial no processo de "sanguificação" e dele partem as veias. O coração é fonte do "calor inato".
- Dois sistemas de vasos anatomicamente independentes.
- No septo cardíaco há pequenos poros que permitem a passagem do sangue do lado direito para o lado esquerdo do coração, e entre veias e artérias, há passagens ou anastomoses.

Galeno de Pérgamo (129-c.200 d.C.)

- Características do sangue.
- Coração e o pulmão intimamente unidos pela artéria venosa (veia pulmonar) e ambos compartilham de uma mesma função, a de formação e distribuição dos espíritos vitais.
- Diferenças entre artérias e veias
- Movimento de sístole e diástole causado por uma fibra que reveste o coração, diferente das fibras presentes nos músculos.
- Características das válvulas cardíacas.

O sangue é consumido pelas partes do corpo, e por isso, precisa ser repostado pelos alimentos que fornecem seu substrato básico. Sendo assim, cada parte do corpo possui propriedades que atraem ou repelem o sangue, sendo atraído pelo vazio das veias (GALENO, 1994 apud REBOLLO, 2012, p. 72).

Miguel Serveto (1511-1553)

Christianismi Restitutio (1546)

- Negação da existência dos poros no septo do coração.
- Postulação de um trânsito sanguíneo pulmonar.
- Função da artéria pulmonar.

Serveto ainda sugeriu a existência de um novo tipo de vaso que comunica as veias com as artérias e estas com os nervos, possibilitando, no pulmão, as trocas sanguíneas entre veias e artérias. Uma inovação importante introduzida por Serveto foi o conhecimento de que o sangue venoso, ao passar pelos pulmões, se tornava sangue arterial (SERVETO apud REBOLLO, 2012, p. 80).

Matteo Realdo Colombo (1516-1559)

De re anatômica (1559)

- Contração e relaxamento dos ventrículos
- Negação do septo interventricular
- Circulação pulmonar
- Função das válvulas cardíacas
- Nega a produção de vapores fuliginosos

Andrea Cesalpino (1525-1603)

- Direção centrípeta do sangue nas veias (experimento de obstrução temporária de uma veia).
- Afeito às ideias de Aristóteles em relação à função do sistema cardiovascular.
- Observações da veia cava

Assim, existiriam, para ele, como que dois sistemas de irrigação do corpo, já que uma parte do sangue das veias não volta ao coração, sendo retido pelas artérias, e uma parte do sangue atravessava os poros entre os ventrículos, chegando ao lado esquerdo do coração (CESALPINO apud REBOLLO, 2012, pp. 89-91).

(AIRD, 2011, p.120).

(A) De acordo com Erasístrato, as veias contêm sangue (cor azul), enquanto as artérias contêm ar (cor branca). (B) Galeno demonstrou que as artérias normalmente contêm sangue (cor vermelha), não ar. O sangue arterial é derivado da passagem de sangue venoso através de poros invisíveis no septo interventricular. (C) Colombo descreveu a circulação pulmonar, no entanto, manteve a visão clássica grega de que o fluxo sanguíneo nas veias é centrífugo, com apenas uma pequena quantidade entrando no lado direito do coração. Assim, o sistema de Colombo é um híbrido entre fechado (pulmonar) e aberto (sistêmico). (D) Harvey constatou que o sistema é conduzido pelos movimentos cardíacos (representados em preto). A transferência de sangue das artérias para veias no pulmão e periferia pode ocorrer através de conexões diretas, anastomoses ou de porosidades na carne (AIRD, 2011, p.120).

Referências Bibliográficas

- ARISTÓTELES. **História dos animais**. Livros I-IV Tradução: Paula Lobo Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa. Lisboa: Imprensa Nacional-Casa da Moeda, 2006. Disponível em < <http://www.obrasdearistoteles.net/files/volumes/0000000026.pdf> > Acesso em: 21 nov. 2016.
- ARISTÓTELES. **Partes dos animais**. Tradução de Maria de Fátima Sousa e Silva. Lisboa: Imprensa Nacional-Casa da Moeda, 2010. Disponível em: <<http://www.obrasdearistoteles.net/files/volumes/0000000029.pdf>> Acesso em: 21 nov. 2016.
- COLOMBO, Matteo, R. **De re anatomica**. Venetis: Nicoló Bevilacqua, 1559.
- CESALPINO, Andrea. **Questionen peripateticarum Lib. V**. Venezia: Apud Iuntas, 1593.
- GALENO. **Galen: Oeuvres Médicales Choiesies : De l'utilité des parties du corps humain**. Tradução: C. Daremberg. Paris: Gallimard, 1994.
- HARVEY, William. **Estudo anatômico sobre o movimento do coração e do sangue nos animais**. Tradução: Regina Andrés Rebollo. São Paulo: Editora da Unesp, 2012.
- HIPÓCRATES. **Conhecer, cuidar, amar: O Juramento e outros textos**. Tradução: Dunia Marino Silva. São Paulo: Landy, 2002.
- HIPOCRATTE. **Oeuvres completes**. Traduit : Émile Littré. Paris: Baillière et fils, 1839-1861.
- SERVETO, Michael. **Christianisme restituito**. Viena: Baltasar Arnoullet, 1553.

APÊNDICE B- ATIVIDADE 1: LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS- QUESTÃO 4 CORRIGIDA

4. Analise as sentenças abaixo e assinale se você as considera falsas ou verdadeiras. **Corrija** as afirmações que julgar **falsas**.

- A. Quando nos exercitamos, sentimos calor e até suamos, isso porque o coração produz calor que mantém a temperatura corporal adequada. No exercício, ele bate mais rápido, produzindo mais calor.

☒ FALSA   ☐ VERDADEIRA

DURANTE O EXERCÍCIO, O CORAÇÃO BATE MAIS RÁPIDO PARA ENVIAR MAIS OXIGÊNIO PARA O CORPO. A MANUTENÇÃO DA TEMPERATURA DA TEMPERATURA CORPORAL NÃO TEM RELAÇÃO COM O CORAÇÃO E SIM, COM O HIPOTÁLAMO.

- B. O sangue leva ar captado do ambiente através das artérias para o corpo. Sendo assim, as artérias podem levar ar misturado com sangue.

☒ FALSA   ☐ VERDADEIRA

O SANGUE É COMPOSTO POR PLASMA, HEMÁCIAS, PLAQUETAS E LEUCÓCITOS. AS CÉLULAS SANGÜÍNEAS CONSEGUEM CAPTAR O₂, MAS NÃO É MISTURADO COM O AR PROPRIAMENTE DITO.

- C. O sangue é produzido a partir da digestão dos alimentos que ingerimos. Assim, a qualidade do sangue está diretamente relacionada à dieta adotada.

☒ FALSA   ☐ VERDADEIRA

AS CÉLULAS DO SANGUE SÃO PRODUZIDAS PELA MEDULA ÓSSEA VERMELHA, JÁ O PLASMA É FORMADO PRINCIPALMENTE PELA ÁGUA QUE INGERIMOS.

- D. Entre os dois lados do coração existem pequenos poros que permitem a passagem do sangue do lado direito para o lado esquerdo do coração.

☒ FALSA   ☐ VERDADEIRA

A PASSAGEM DO SANGUE DE UM LADO PARA O OUTRO SE DÁ A PARTIR DA CIRCULAÇÃO PULMONAR. SAÍ DO CORAÇÃO PELA ARTERIA PULMONAR PASSA PELOS PULMÕES E RETORNA AO CORAÇÃO PELAS VEIAS PULMONARES.

- E. Quando o coração contrai, ele expulsa o sangue e quando há o relaxamento, o coração se enche de sangue.

☐ FALSA   ☒ VERDADEIRA

APÊNDICE C- ATIVIDADE 3: QUEM É ESSE TAL DE WILLIAM HARVEY? -TEXTO DE APOIO PARA O PROFESSOR

William Harvey nasceu no dia primeiro de abril de 1578 em Folkstone, Kent, no sul da Inglaterra. Filho mais velho de Joan Halke e Thomas Harvey, possuía sete irmãos e duas irmãs. Aos dez anos de idade, Harvey foi colocado na *King's School* em Canterbury, uma das escolas mais antigas da Inglaterra, onde iniciou os estudos de latim e grego, permanecendo ali até cerca de quinze anos de idade. Ainda aos quinze anos foi levado para *Caius College*⁵⁴, em Cambridge, onde passou de três a quatro anos para obter o título de bacharel em Artes, necessário para a obtenção do grau de doutor em Medicina. Esse curso incluía estudos sobre gramática, astronomia, matemática e filosofia e os estudantes ainda precisavam cumprir residência por quatro anos, assistir às aulas especiais e participar de alguns exercícios acadêmicos. O currículo ainda incluía o estudo de algumas obras de Aristóteles, Plínio, Platão, Euclides, entre outros escritos de autores clássicos gregos. Quanto à formação médica, estudava-se os tratados que pertenciam ao *Corpus Hipocraticum* e obras de Galeno. Lá, Harvey obteve seu diploma em 1597 (WILLIS, 1847, p. 19; REBOLLO, 2012, p. 45).

Dois anos depois, em 1599, Harvey foi estudar medicina em Pádua⁵⁵, na Itália, na maior escola de medicina da época. Apesar de ser oferecida formação médica em Cambridge, os alunos podiam viajar para continuar seus estudos médicos em outras universidades consideradas superiores. Em Pádua, ele se dedicou ao estudo de medicina prática e teórica. O currículo da época girava em torno da fisiologia e da anatomia de Hipócrates, Aristóteles e Galeno (REBOLLO, 2010, p. 313 e 316) e por isso Harvey também pôde estudar mais profundamente as obras desses autores, obtendo o título de Doutor em Medicina aos 24 anos, em 1602. Para a obtenção desse título, era preciso ter estudado por no mínimo três anos, ter assistido a todas as aulas,

---

⁵⁴ O *Caius College* era a melhor opção para aqueles que pretendiam seguir carreira médica. Foi fundado por John Caius, médico formado em Pádua, que empregou sua fortuna obtida com a prática médica na reforma e construção do *Caius College*, preparando-o para a formação da carreira. Em 1572, um arcebispo doou ao *College* uma bolsa para o curso de medicina. Com a bolsa, o estudante poderia lá morar e estudar por seis anos. Em 1593 Harvey foi escolhido para receber a bolsa, permanecendo com ela durante o tempo em que ficou no *College* (REBOLLO, 2012, p.44).

⁵⁵ A Universidade de Pádua era considerada o melhor centro europeu para o estudo da medicina no século XVI. Estudantes não italianos buscavam obter o doutorado em medicina em Pádua após a conclusão do bacharelado em artes em outras instituições. O sucesso da Universidade está relacionado a fatores sociais e políticos, como o respeito às liberdades civis, políticas e religiosas, o apoio institucional da República de Veneza, além da riqueza da cidade e a sua demanda crescente por profissionais bem formados. Além disso, o currículo médico era tradicional e baseado nas obras de Hipócrates, Galeno e Aristóteles (REBOLLO, 2010, p.308).

disputado publicamente com um médico formado, participado das leituras e aulas públicas, além de ter praticado a medicina por no mínimo um ano, sob a supervisão de um médico reconhecido (REBOLLO, 2012, p. 48).

Em Pádua, Harvey foi aluno de Fabricius d'Acquapendente (1537-1619)⁵⁶, e tornou-se seu assistente em 1600, sendo por isso provável que ele tenha visto uma demonstração das válvulas das veias bem antes dela ter sido publicada em 1603, em *De Venarum Ostiolis*. Nesse tratado, Acquapendente explica que as válvulas tinham a função de impedir o forte escoamento do sangue para os membros inferiores, evitando assim, que a parte superior do corpo ficasse com pouco sangue. Foi em Pádua também que Andreas Vesálio (1514-1564), Matteo Realdo Colombo (1516-1559) e Gabrielle Falópio (1523-1562) ocuparam, sucessivamente, a cadeira de anatomia antes de Acquapendente. Após a obtenção do título de Doutor em Medicina, Harvey voltou para Londres. Entretanto, para exercer a profissão na Inglaterra, era necessário obter uma autorização, emitida pelo *London Collage of Physicians*, a qual foi conseguida em 1607, após ter sido examinado três vezes (FRIEDMAN e FRIEDLAND, 2001, p. 47; AIRD, 2011, p. 123; REBOLLO, 2012, p.53).

No dia 24 de novembro de 1604, aos 26 anos, ele se casou com Elizabeth Browne, cujo pai, Lancelot Browne, era médico da rainha Elizabeth. Desse modo, Harvey passou a frequentar os círculos reais, ampliando seus contatos profissionais e sociais. Como consequência, Harvey foi nomeado médico assistente no Hospital Saint Bartholomew. Lá ele examinava e prescrevia medicamentos para os doentes no pátio do hospital, pelo menos uma vez por semana, além de participar e supervisionar as operações cirúrgicas (FRIEDMAN e FRIEDLAND, 2001, p. 47; REBOLLO, 2012, p. 54).

Em 1609 Harvey foi aceito como membro do *Royal College of Physicians* (Colégio Real de médicos). Nos primeiros oito anos, ele atuou no exame de novos candidatos, no julgamento de transgressões por parte de colegas que praticavam a medicina sem treinamento e impedia que boticários e cirurgiões atuassem sem a

---

⁵⁶ Fabricius d'Acquapendente (1537-1619), foi professor particular de Anatomia em Pádua de 1562 a 1565, tornando-se posteriormente professor de Cirurgia e Anatomia na mesma universidade, como sucessor de Falópio. Acquapendente inaugurou o "Teatro Anatômico de Pádua", uma estrutura montada para as aulas de Anatomia durante o inverno. Ele escreveu pequenos tratados sobre órgãos específicos, incluindo uma descrição das válvulas das veias, além de estudos sobre a geração animal. Suas publicações influenciaram estudos anatômicos durante séculos e sua abordagem de investigação era aristotélica, assim como a de Harvey, seu aluno em Pádua (SMITH et al., 2004, p.540 e 541).

supervisão de médicos. Em 1615 Harvey começou a trabalhar como professor de Anatomia e Cirurgia, um importante cargo que ocupou por 28 anos (WILLIS, 1847, p. 22). Nesse cargo, deveria lecionar duas vezes por semana durante seis anos e foi nessa época, segundo Aird (2011, p. 124), que surgiram as primeiras anotações da sua teoria da circulação do sangue. Essas anotações consistiam em observações pessoais e informações advindas de pesquisas na literatura médica e anatômica antiga e moderna. Além disso, havia descrições de cerca de 128 tipos de animais que ele analisou anatomicamente.

Como professor, Harvey pôde pôr em prática seu projeto de pesquisa pessoal, primeiramente estudando e revisando a literatura antiga e moderna e acumulando um grande número de evidências para, posteriormente, oferecer um sistema explicativo para os fenômenos observados. A partir dos conhecimentos acumulados desde sua experiência em Cambridge e em Pádua, mais as vivissecções e autópsias realizadas em diferentes animais e até mesmo em seres humanos, Harvey pôde produzir novos conhecimentos, alterar, corrigir e atualizar outras informações provenientes das obras de seus antecessores (REBOLLO, 2012, p. 106).

Em 1618, Harvey tornou-se médico do rei Jaime I e, após sua morte, passou a ser amigo e médico de Carlos I, seu sucessor. Carlos se interessava as pesquisas médicas e anatômicas de Harvey e as apoiava. Entre 1641 e 1642, Harvey dedicou-se exclusivamente ao rei Carlos. Na mesma época, devido a Guerra Civil, Harvey perdeu a maior parte de seus escritos e anotações. Além disso, em 1666 um incêndio atingiu a sede do Colégio Real de médicos, destruindo quase completamente sua biblioteca particular (REBOLLO, 2012, p. 56).

Durante sua vida, Harvey publicou três livros, escritos originalmente em latim. Aos 50 anos, publicou em Frankfurt, em 1628, seu primeiro e mais importante livro, *Exercitatio anatomica de motu cordis e sanguinis em animalibus*, que foi referido aqui pelo título curto usual, *De motu cordis*. Nele, Harvey apresenta a descrição da estrutura do corpo e de suas partes e também sua causa ou propósito, seguindo assim um método anatômico baseado em seus antecessores Aristóteles, Galeno e Acquapendente. Em 1649, vinte e um anos depois, publicou *Exercitatio anatomica de circulatione sanguinis*, um pequeno livro com dois ensaios dirigidos a Jean Riolan (1577-1657), professor de Anatomia na Universidade de Paris que havia publicado uma opinião contrária sobre a circulação do sangue no ano de 1648 em *Opuscula*

anatomica nova quae nunc primum in lucem proderunt: Instautatio magna Physicae & Medicinae, per novam Doctrinam de Motu Circulatorio Sanguinis in Corde.

Harvey também publicou *Exercitationes de Generatione Animalium* (Exercícios sobre a geração animal) em 1651, contendo 72 demonstrações anatômicas além de três capítulos sobre o parto, a estrutura do útero e a concepção, desenvolvidos a partir de suas observações diárias de um embrião de galinha e de observações mensais do feto de uma corça. O interesse de Harvey por geração animal se iniciou em Pádua, quando Acquapendente publicou uma obra com uma série de experimentos embriológicos (WILLIS, 1847; WHITTERIDGE, 1978, p. 889; REBOLLO, 2012, p. 57 e 58).

De modo geral, é possível perceber que ao longo de sua vida Harvey se empenhou em obter a maior quantidade possível de “fatos” da natureza, recorrendo à dissecação e vivissecção de muitas espécies de animais, além de ensinar anatomia para os colegas do Colégio Real de médicos, onde apresentava as vivissecções. Ele nunca teve filhos e morreu de um colapso em 1657, com 79 anos. Seu corpo está mantido na abadia de Westminster (FRIEDMAN E FRIEDLAND, 2001, p. 50; AIRD, 2011, p. 124).

**APÊNDICE D- ATIVIDADE 3: QUEM É ESSE TAL DE WILLIAM HARVEY?-
MATERIAL DE APOIO PARA O PROFESSOR**

MATERIAL DE APOIO DA ATIVIDADE 3

QUEM É ESSE TAL DE WILLIAM HARVEY?

LaHBE
Laboratório de
História da Biologia
e Ensino - IB/USP

WILLIAM HARVEY (1578-1657)

William Harvey nasceu no dia primeiro de abril de 1578 em Folkstone, Kent, no sul da Inglaterra. Filho mais velho de Joan Halke e Thomas Harvey, possuía sete irmãos e duas irmãs. Aos dez anos de idade, Harvey foi colocado na *King's School* em Canterbury, uma das escolas mais antigas da Inglaterra, onde iniciou o estudo de latim e grego, permanecendo até cerca de quinze anos de idade.

FOLKSTONE, KENT

KING'S SCHOOL EM CANTERBURY

ADOLESCÊNCIA

- Ainda aos quinze anos, foi levado para Caius College em Cambridge onde ele passou de três a quatro anos para obter o título de bacharel em Artes, necessário para a obtenção do grau de doutor em Medicina. O Caius College era a melhor opção para aqueles que pretendiam seguir carreira médica. Em 1572, um arcebispo doou ao College uma bolsa para o curso de medicina. Com a bolsa, o estudante poderia lá morar e estudar por seis anos. Em 1593 Harvey foi escolhido para receber a bolsa, permanecendo com ela durante o tempo que ficou no College (REBOLLO, 2012, p.44).
- Esse curso incluía estudos sobre gramática, astronomia, matemática e filosofia e os estudantes ainda precisavam cumprir residência por quatro anos, assistir as aulas especiais e participar de alguns exercícios acadêmicos. Lá, Harvey obteve seu diploma em 1597 (WILLIS, 1847, p. 19; REBOLLO, 2012, p. 45).

CAIUS COLLEGE

MEDICINA E PÁDUA

- Dois anos depois, em 1599, Harvey foi estudar medicina em Pádua, na Itália, a maior escola de medicina da época. Apesar de ser oferecida formação médica em Cambridge, os alunos podiam viajar para continuar seus estudos médicos em outras universidades consideradas superiores. Em Pádua, ele se dedicou ao estudo de medicina prática e teórica. O currículo da época girava em torno da fisiologia e anatomia de Hipócrates, Aristóteles e Galeno (REBOLLO, 2010, p. 313 e 316) e por isso Harvey também pode estudar mais profundamente as obras desses autores, obtendo o título de Doutor em Medicina aos 24 anos, em 1602.

- A Universidade de Pádua era considerada o melhor centro europeu para o estudo da medicina no século XVI. Estudantes não italianos buscavam obter o doutorado em medicina em Pádua, após a conclusão do bacharelado em artes em outras instituições. O sucesso da Universidade está relacionado à fatores sociais e políticos, como o respeito às liberdades civis, políticas e religiosas, apoio institucional da República de Veneza, como também à riqueza da cidade e a sua demanda crescente por profissionais bem formados. Além disso, o currículo médico era tradicional e baseado nas obras de Hipócrates, Galeno e Aristóteles (REBOLLO, 2010, p.308).

SUA OBRA

- William Harvey (1578-1656) apresentou a doutrina da circulação do sangue em 1628, em um tratado de 17 capítulos, o *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus* (Exercícios Anatômicos sobre o Movimento do Coração e Sangue nos Animais), considerado seu trabalho mais importante. O tratado foi resultado de nove anos de observações e demonstrações anatômicas de animais e humanos. A publicação causou grande impacto entre médicos, filósofos e anatomistas do período, gerando diversos comentários e refutações, principalmente porque as ideias de Harvey sobre a circulação implicavam a quebra de autoridade e do conhecimento tradicional que era aceito na época (REBOLLO, 2013, p. 19-20).

**EXERCÍCIOS
ANATÔMICOS
SOBRE O
MOVIMENTO DO
CORÇÃO E
SANGUE NOS
ANIMAIS (1628).**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HARVEY, William. **Estudo anômico sobre o movimento do coração e do sangue nos animais**. Tradução: Regina Andrés Rebollo. São Paulo: Editora da Unesp, 2012.
- AIRD, W. C. Discovery of the cardiovascular system: from Galen to William Harvey. **Journal of Thrombosis and Haemostasis**, v.9, n.1, p.118-129, 2011. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1111/j.1538-7836.2011.04312.x>> Acesso em: 16 out. 2017.
- ENTRALGO, P.L. **História de lá medicina**. Madrid:Alianza Editorial,1993.
- FARA, Patricia. William Harvey, an Aristotelian anatomist. **Endeavour**. v.31, n.2, p. 43-44. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.endeavour.2007.05.006>> Acesso em: 16 out. 2017.
- FRANK JR. Robert. William Harvey and the Circulation of the Blood, **Isis**, v.84, n. 4, p. 756-758, 1993.
- FRENCH, Roger. **William Harvey's natural philosophy**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- FRIEDMAN, Meyer; FRIEDLAND, Gerald, W. **As dez maiores descobertas da medicina**. Tradução: José Rubens Siqueira. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.
- PLOCHMANN, George, K. William Harvey and His Methods. **University of Chicago Press**. v.10, p. 192-210, 1963. Disponível em: < <http://www.jstor.org/stable/2857056>> Acesso em: 16 out. 2017.
- WHITTERIDGE, Gwenet. William Harvey on the Circulation of the Blood and on Generation. **The American Journal of Medicine**, v.65, p.888-890,1978.
- WILLIS, Robert. **The Works of William Harvey**. London: Sydenham Society, 1847.

APÊNDICE E- ATIVIDADE 6: QUE CAMINHO O SANGUE PERCORRE PELO CORPO?- ATIVIDADE RESPONDIDA

A. <u>Pulmões</u>	D. <u>Veia Pulmonar</u>	G. <u>Átrio Direito</u>	J. <u>Ventrículo Esquerdo</u>
B. <u>Capilares dos pulmões</u>	E. <u>VEIAS CAVAS</u>	H. <u>Átrio Esquerdo</u>	K. <u>CAPILARES DO CORPO</u>
C. <u>Arteria Pulmonar</u>	F. <u>Arteria Aorta</u>	I. <u>Ventrículo Direito</u>	

ANEXO 1- ATIVIDADE 5: O CORAÇÃO SE MOVIMENTA? -GUIA PARA MEDIR A PRESSÃO ARTERIAL

SOCIEDADE
BRASILEIRA DE
HIPERTENSÃO

SOCIEDADE BRASILEIRA DE HIPERTENSÃO
Departamento de Enfermagem

Saiba como medir sua pressão com aparelho eletrônico
Siga corretamente as instruções

Preparo antes da medida da pressão

1 - Evite grandes refeições, bebida alcoólica, café ou fumo pelo menos 30 minutos antes da medida. Descanse 5 a 10 minutos. Após exercício físico aguarde 60-90 min.

2 - Sente-se em uma cadeira com as costas relaxadas e apoiadas no encosto, sem cruzar as pernas.

3 - Retire qualquer roupa do braço antes de colocar a braçadeira. Não coloque a braçadeira sobre roupas.

4 - Coloque a braçadeira no braço esquerdo, sem folgas, 2 a 3 dedos acima da dobra do braço, com a marca da braçadeira sobre a artéria, na parte interna do braço.

5 - Mantenha o braço relaxado, apoiado na altura do coração e vire a palma da mão para cima.

Como manusear o aparelho

6. Com a mão direita conecte a extensão de borracha da braçadeira e aperte o botão para ligar o aparelho.

7. Espere o aparelho indicar no visor que está pronto para iniciar a medida. Aperte o botão para iniciar, a braçadeira começará a encher, apertando seu braço. Não converse nem movimente o braço durante a medida.

8 - Quando a braçadeira esvaziar e aparecer uma sequência de números no visor, a medida terminou. O primeiro valor é a pressão sistólica ou máxima, o segundo é a diastólica ou mínima, se aparecer um terceiro valor, ele corresponde ao pulso.

9 - Anote os valores da pressão iguais aos mostrados no visor, com data e horário. Se você tem pressão alta o ideal é medir a pressão pelo menos 2 vezes, com intervalo de 1 a 2 min. antes de tomar seus remédios.

10 - Quando terminar, aperte o botão para desligar o aparelho.

Atenção:

Certifique-se que seu aparelho é de qualidade, o que permite medidas exatas da pressão. Para tanto, o aparelho deve ter sido validado e aprovado por entidades científicas.

Consulte o site www.bhsec.org/bp_monitors/automatic.stm, nele há uma lista de aparelhos automáticos validados.

SE VOCÊ TEM HIPERTENSÃO (PRESSÃO ALTA) NÃO MODIFIQUE O TRATAMENTO EM FUNÇÃO DOS VALORES DA PRESSÃO. SE TIVER DÚVIDA, CONSULTE SEU MÉDICO E MOSTRE OS VALORES DA PRESSÃO!

O que significa o valor da sua pressão

Pressão maior ou igual a 140 / 90
CUIDADO!!!
Pode significar que sua pressão está alta.

Pressão máxima entre 130-139 ou pressão mínima entre 85-89
ATENÇÃO!!! Sua pressão está no limite.

Pressão menor que 130 / 85
Sua pressão está **normal**.

Pressão menor ou igual a 120 / 80
PARABÉNS!!!! – sua pressão está ótima.

Sociedade Brasileira de Hipertensão

Avenida Paulista, 2073, Salas 505 – 508
CEP: 01311-300 - São Paulo/SP

(11) 3284-0215 | Fax: (11) 3286-3279
sbh@sbh.org.br