



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ARAGUAÍNA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**Keila Adriana Lopes de Sena**

**ENSINO DE TÓPICOS DA MECÂNICA DOS FLUIDOS A PARTIR DO SISTEMA  
CARDIOVASCULAR HUMANO**

Araguaína - TO  
2025



Keila Adriana Lopes de Sena

## **ENSINO DE TÓPICOS DA MECÂNICA DOS FLUIDOS A PARTIR DO SISTEMA CARDIOVASCULAR HUMANO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(a): Dra. Érica Cupertino Gomes  
Coorientador: Dr. Danilo da Silva Olivier

Araguaína - TO  
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Geração de Ficha Catalográfica SGFC-UFNT  
**Gerado automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

A243u Adriana Lopes de Sena, Keila.

Uso do sistema cardiovascular humano e dos três momentos pedagógicos para o ensino de tópicos da mecânica dos fluidos / Keila Adriana Lopes de Sena. - Centro de Ciências Integradas - CCI, TO, 2025.

201 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) (Pós-Graduação - Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF) -- Universidade Federal do Norte do Tocantins, 2025.

Orientador: Dra. Érica Cupertino Gomes.

Coorientador: Dr. Danilo da Silva Olivier.

1. Sistema cardiovascular. 2. Mecânica dos fluidos. 3. Aprendizagem.

**CDD 530.7**

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Keila Adriana Lopes de Sena**

**ENSINO DE TÓPICOS DA MECÂNICA DOS FLUIDOS A PARTIR DO SISTEMA  
CARDIOVASCULAR HUMANO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(a): Dra. Érica Cupertino Gomes  
Coorientador: Dr. Danilo da Silva Olivier

Data de aprovação: 19/08/2025

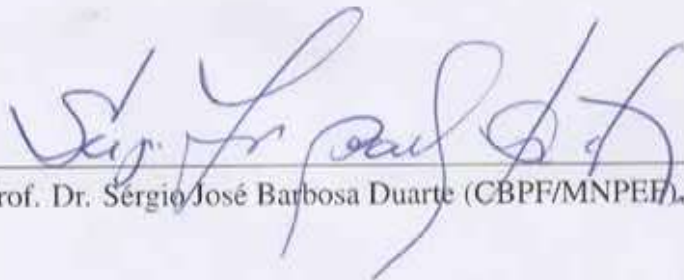
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dra. Érica Cupertino Gomes (UFNT/MNPEF)



Prof. Dr. Alexsandro Silvestre da Rocha (UFNT/MNPEF)



Prof. Dr. Sérgio José Barbosa Duarte (CBPF/MNPEF)

Dedico este trabalho à minha família, alicerce incondicional: obrigada pelo apoio incansável, pelas renúncias silenciosas e pela força que me permitiu chegar até aqui. A minha mãe, Maria da Providência, pelo exemplo de resiliência, e aos meus filhos Laura e Diogo, pela cumplicidade em cada etapa.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Maria da Providência e Antônio Ferreira, pelo amor incondicional e pela base que construíram com sacrifício e dedicação. Obrigado(a) por serem meus primeiros mestres, por acreditarem em mim mesmo quando eu duvidava, e por me ensinarem que a persistência é a chave para vencer qualquer desafio.

Aos meus irmãos, Marcela Lopes e Igor Lopes, meus companheiros de vida desde os primeiros passos: obrigado(a) por estarem presentes em cada capítulo da minha história, pelas risadas que aliviaram as tensões, pelos conselhos sinceros que me guiaram e pelo incentivo constante, mesmo quando os caminhos pareciam incertos. Vocês são mais do que irmãos; são aliados que me lembraram, em cada desafio, que nunca estamos sozinhos.

Aos meus amados filhos, Laura e Diogo, que iluminam minha vida com alegria e significado: este trabalho também é de vocês. Agradeço pela paciência nos momentos em que os estudos me afastaram de nossos dias juntos e pela compreensão de que cada esforço tinha um propósito. Vocês são minha maior inspiração.

Ao meu esposo, Eduardo Sousa, meu companheiro de todas as horas: obrigado(a) por ser meu porto seguro nos dias de turbulência acadêmica, por transformar ansiedades em sorrisos e por acreditar neste sonho mesmo quando as noites de estudo pareciam intermináveis. Sua força silenciosa, seu apoio incondicional e sua capacidade de me fazer enxergar além dos desafios foram tão essenciais quanto o ar que respiro. Cada linha desta dissertação carrega um pedaço da nossa caminhada juntos.

À Prof.<sup>a</sup> Erica Cupertino Gomes, minha orientadora, pela sabedoria, rigor acadêmico e generosidade em compartilhar conhecimento. Suas críticas precisas e incentivo foram fundamentais para moldar este trabalho. Ao Prof. Danilo Oliver, coorientador, meu reconhecimento pela disponibilidade, pelas discussões enriquecedoras e pelo apoio técnico que ampliou meus horizontes. À profa Ediana Vasconcelos da Silva pela contribuição com o modelo do coração para impressão 3D.

Ao meu amigo Roney Lima, companheiro de viagens e de jornadas: obrigado(a) pelas risadas, pelas aventuras que renovaram minhas energias e, sobretudo, pelo ombro amigo nos momentos de incerteza. Você provou que a amizade verdadeira transforma até os caminhos mais difíceis em histórias leves.

Não poderia deixar de mencionar todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para esta conquista: colegas, familiares distantes e até os momentos de solidão, que me ensinaram a resiliência.

Que esta dissertação seja um reflexo do que construímos juntos.

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

*"A imaginação é mais importante que o conhecimento. O conhecimento é limitado; a imaginação envolve o mundo."*

*(Albert Einstein)*

## **RESUMO**

### **ENSINO DE TÓPICOS DA MECÂNICA DOS FLUIDOS A PARTIR DO SISTEMA CARDIOVASCULAR HUMANO**

Este trabalho tem como objetivo explorar a interseção entre a Mecânica dos Fluidos e o funcionamento do sistema cardiovascular, destacando os princípios biofísicos que regem a circulação sanguínea. A pesquisa aborda conceitos fundamentais da física aplicados à dinâmica dos fluidos dentro dos vasos sanguíneos e câmaras cardíacas, utilizando equações como a equação de continuidade, a equação de Bernoulli e a lei de Poiseuille, além de conceitos como viscosidade, turbulência e regime laminar. A metodologia empregada baseia-se em abordagens pedagógicas que favorecem uma aprendizagem que seja significativa, como os Três Momentos Pedagógicos (3MP), a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) e o uso de recursos multimídia. Para reforçar a compreensão dos alunos, foram mostrados vídeos educativos do youtube ilustrando o funcionamento do coração e do sistema circulatório, proporcionando uma experiência visual e interativa. As considerações finais indicam que a aplicação da Mecânica dos Fluidos ao estudo do sistema cardiovascular permite uma abordagem quantitativa e aprofundada da circulação sanguínea. Ademais, o uso de metodologias ativas e recursos audiovisuais se mostrou eficaz na facilitação do ensino e na melhor compreensão dos conceitos abordados pelos alunos.

**Palavras-chave:** Sistema cardiovascular. Mecânica dos fluidos. Aprendizagem.

## **ABSTRACT**

### **FLUID MECHANICS IN THE CARDIOVASCULAR SYSTEM:**

This study aims to explore the intersection between Fluid Mechanics and the functioning of the cardiovascular system, highlighting the biophysical principles that govern blood circulation. The research addresses fundamental physics concepts applied to fluid dynamics within blood vessels and heart chambers, utilizing equations such as the continuity equation, Bernoulli's equation, and Poiseuille's law, in addition to concepts like viscosity, turbulence, and laminar flow. The methodology employed is based on pedagogical approaches that favor meaningful learning, such as the Three Pedagogical Moments (3PM), Problem-Based Learning (PBL), and the use of multimedia resources. To reinforce student comprehension, educational YouTube videos illustrating the functioning of the heart and circulatory system were shown, providing a visual and interactive experience. The final considerations indicate that applying Fluid Mechanics to the study of the cardiovascular system allows for a quantitative and in-depth approach to blood circulation. Furthermore, the use of active methodologies and audiovisual resources proved effective in facilitating teaching and enhancing students' understanding of the concepts addressed.

**Keywords:** Cardiovascular system. Fluid mechanics. Learning.

## LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 3.1	Sistema cardiovascular ou Sistema circulatório . . . . .	22
Figura 3.2	Artéria . . . . .	23
Figura 3.3	Estrutura básica de uma veia . . . . .	24
Figura 3.4	Estrutura de um capilar . . . . .	24
Figura 4.1	Simulador do PHET Pressão do Fluido e Fluxo . . . . .	26
Figura 5.1	Representação da continuidade . . . . .	30
Figura 5.2	Representação do princípio de Bernoulli . . . . .	38
Figura 5.3	A lei de Poiseuille . . . . .	40
Figura 7.1	Representação etapas três Momentos Pedagógico . . . . .	50
Figura 7.2	Representação Metodologia de Problemas . . . . .	51
Figura 8.1	Representação da Estrutura das Aulas . . . . .	56
Figura 8.2	Slide de apresentação do conteúdo . . . . .	57
Figura 8.3	Vídeos Utilizados na Problematização (Aula 2) . . . . .	58
Figura 8.4	Mapa Mental sendo produzido por um dos alunos da turma CNS2 . . . . .	58
Figura 8.5	Questionário da consolidação conceitual sendo respondido por um dos alunos da turma CNS1 . . . . .	59
Figura 8.6	Cartaz elaborado por um dos alunos da turma CNS1 durante a atividade de Socialização no Pavilhão . . . . .	60
Figura 9.1	Explicação do experimento Físico . . . . .	61
Figura 9.2	Mapa Mental elaborado por um dos alunos da turma CNS2 durante a atividade de Problematização . . . . .	62
Figura 9.3	Mapa Mental elaborado por um dos alunos da turma CNS1 durante a atividade de Problematização . . . . .	63
Figura 9.4	Questionário de consolidação elaborado por um dos alunos da turma CNS1 . . . . .	65
Figura 9.5	Distribuição do interesse dos alunos pela disciplina de Física . . . . .	66
Figura 9.6	Distribuição do interesse dos alunos pela disciplina de Biologia . . . . .	66
Figura 9.7	Sistemas corporais associados à Física pelos alunos . . . . .	67
Figura 9.8	Produção e Socialização de Cartazes elaborados pelos alunos das turmas CNS1 e CNS2 . . . . .	68

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

BNCC	BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR
3 MP	TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS
AVC	ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL
PBL	PROBLEM-BASED LEARNING
ABP	APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS
PLA	ÁCIDO POLILÁTICO (POLÍMERO)
ZDP	ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\alpha$	Letra grega Alfa minúsculo
$\beta$	Letra grega Beta minúsculo
$\gamma$	Letra grega Gama minúsculo
$\delta$	Letra grega Delta minúsculo
$\Delta$	Letra grega Delta maiúsculo
$\pi$	Letra grega Pi minúsculo
$\theta$	Letra grega Teta minúsculo
$\mu$	Letra grega Mi minúsculo
$\psi$	Letra grega Psi minúsculo
$\tau$	Letra grega Tau minúsculo
$\omega$	Letra grega Ômega minúsculo
$\infty$	Infinito
$\lim_{x \rightarrow \infty} x$	Limite de x tendendo para o infinito
$\sum_{n=1}^{\infty}$	Somatório de infinitos termos
$\int$	Integral indefinida
$\int_a^b$	Integral definida de “a” até “b”
$x' = \dot{x} = \frac{dx}{dt}$	Notação para derivada primeira
$\Delta x$	Varição em x
$\vec{x}$	Vetor
$\hat{x}$	Vetor unitário na direção de x
$ \vec{x} $	Módulo do vetor x
$\ln x$	Logaritmo natural
$e^x$	Função exponencia de base número de Euler

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>1.1</b>	<b>Problema de pesquisa</b> . . . . .	17
<b>1.2</b>	<b>Objetivo Geral</b> . . . . .	18
1.2.1	Objetivos Específicos . . . . .	18
<b>2</b>	<b>INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>Interdisciplinaridade no Ensino de Ciências: Integração entre Física e Biologia</b> . . . . .	19
2.1.1	Articulação conceitual entre Física e Biologia . . . . .	19
2.1.2	Desafios estruturais e estratégias inovadoras . . . . .	19
2.1.3	Reorientação epistemológica do ensino . . . . .	20
<b>2.2</b>	<b>A BNCC e as Competências Interdisciplinares na Educação Básica</b> . . . .	20
<b>3</b>	<b>O SISTEMA CARDIOVASCULAR COMO CAMPO INTEGRADOR</b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Definição do sistema cardiovascular</b> . . . . .	22
3.1.1	Artérias: Transporte sob pressão . . . . .	23
3.1.2	Veias: Retorno ao coração . . . . .	23
3.1.3	Capilares: Trocas vitais . . . . .	24
<b>4</b>	<b>MATERIAIS DIDÁTICOS INTERDISCIPLINARES: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>25</b>
<b>4.1</b>	<b>Uso de Recursos Visuais e Animações na Educação Científica</b> . . . . .	27
<b>4.2</b>	<b>Impressão 3D no Ensino de Anatomia e Fisiologia</b> . . . . .	28
<b>5</b>	<b>BIOFÍSICA DO SISTEMA CIRCULATORIO: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR NO ENSINO DE FÍSICA</b>	<b>30</b>
<b>5.1</b>	<b>Introdução à Dinâmica dos Meios Contínuos</b> . . . . .	30
<b>5.2</b>	<b>Dedução das Equações Fundamentais</b> . . . . .	31
5.2.1	Equação da Continuidade . . . . .	31
5.2.2	A hipótese de Euler-Navier requer . . . . .	33
5.2.2.1	<i>O que é o Número de Mach?</i> . . . . .	33
5.2.3	Equações de Navier-Stokes . . . . .	34
<b>5.3</b>	<b>Fluidos Newtonianos e Não-Newtonianos</b> . . . . .	34
5.3.1	Fluidos Newtonianos . . . . .	35
5.3.2	Fluidos Não-Newtonianos . . . . .	35
5.3.2.1	<i>Aplicando a 2ª Lei de Newton a um elemento fluido:</i> . . . . .	36
<b>5.4</b>	<b>Introdução à Mecânica dos Fluidos Biológicos</b> . . . . .	37
5.4.1	Equação de Bernoulli . . . . .	37
5.4.2	Lei de Poiseuille . . . . .	39
5.4.3	Número de Reynolds . . . . .	41

5.4.4	Modelo de Windkessel . . . . .	41
5.4.4.1	<i>Parâmetros do Modelo de Windkessel</i> . . . . .	42
5.4.4.2	<i>Número de Reynolds em sistemas biológicos</i> . . . . .	43
<b>6</b>	<b>FUNDAMENTOS DA PEDAGOGIA DE FREIRE E DE VYGOTSKY</b>	<b>44</b>
<b>6.1</b>	<b>Pedagogia Problematizadora e Dialógica de Paulo Freire</b> . . . . .	44
6.1.1	Abordagem Temática . . . . .	45
<b>6.2</b>	<b>Abordagem Vygotskyana</b> . . . . .	46
<b>7</b>	<b>METODOLOGIAS E MODELOS PEDAGÓGICOS</b>	<b>48</b>
<b>7.1</b>	<b>Os Três Momentos Pedagógicos: Uma Abordagem Integrada</b> . . . . .	48
7.1.1	Primeiro Momento: Problematização Inicial . . . . .	48
7.1.2	Segundo Momento: Organização do Conhecimento . . . . .	48
7.1.3	Terceiro Momento: Aplicação do Conhecimento . . . . .	49
7.1.4	Integração Dialética dos Momentos . . . . .	49
<b>7.2</b>	<b>Metodologia de Problemas: Abordagem Centrada na Investigação</b> . . . . .	51
7.2.1	Características Essenciais . . . . .	51
7.2.2	Ciclo de Aprendizagem . . . . .	51
7.2.3	Vantagens e Desafios . . . . .	52
7.2.4	Aplicações Contemporâneas . . . . .	52
<b>7.3</b>	<b>Metodologia de Projetos: Integração Teoria-Prática</b> . . . . .	52
<b>7.4</b>	<b>Metodologia de Pesquisa: Investigação Científica como Base Formativa</b> . . . . .	53
7.4.1	Metodologias Integradas para uma Prática Pedagógica Transformadora . . . . .	53
7.4.2	Diagnóstico Contextual e Leitura Crítica da Realidade . . . . .	53
7.4.3	Construção de Saberes entre Teoria e Prática . . . . .	54
7.4.4	Intervenção Pedagógica e Validação Social do Conhecimento . . . . .	54
7.4.5	Síntese Metodológica: Problematização, Colaboração e Ação Transformadora . . . . .	54
<b>8</b>	<b>PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL</b>	<b>55</b>
<b>8.1</b>	<b>Contexto da Aplicação</b> . . . . .	55
8.1.1	Estrutura da Sequência Didática . . . . .	55
<b>8.2</b>	<b>Processo de Aplicação do Produto Educacional</b> . . . . .	56
8.2.1	Estrutura das Aulas . . . . .	56
8.2.1.1	<i>Aula 1: Contextualização Teórica</i> . . . . .	56
8.2.1.2	<i>Aula 2: Problematização com Recursos Multimídia</i> . . . . .	57
8.2.1.3	<i>Aula 3: Consolidação Conceitual</i> . . . . .	59
8.2.1.4	<i>Aula 4: Preparação de Materiais Visuais</i> . . . . .	59
8.2.1.5	<i>Aula 5: Socialização no Pavilhão</i> . . . . .	60
<b>9</b>	<b>RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL</b>	<b>61</b>
<b>9.1</b>	<b>Resultados por Etapa Pedagógica</b> . . . . .	61
9.1.1	Aula 1: Contextualização Teórica . . . . .	61
9.1.2	Aula 2: Problematização com Mapas Mentais . . . . .	62
9.1.3	Aula 3: Consolidação por Questionário . . . . .	64
9.1.3.1	<i>Análise Gráfica das Respostas</i> . . . . .	66
9.1.4	Aula 4 e 5: Produção e Socialização de Cartazes . . . . .	67
<b>10</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>70</b>

<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>76</b>
<b>PRODUTO EDUCACIONAL</b>	<b>77</b>
<b>MAPAS MENTAIS E QUESTIONÁRIOS</b>	<b>113</b>
<b>Apêndice 1</b> . . . . .	114
<b>Apêndice 2</b> . . . . .	143

# 1 INTRODUÇÃO

A Mecânica dos Fluidos, enquanto ramo da Física dedicado ao estudo do comportamento de líquidos e gases em movimento ou repouso, assume papel fundamental na compreensão de sistemas biológicos complexos, em especial o sistema cardiovascular humano. Este campo do conhecimento, tradicionalmente abordado no Ensino Médio sob perspectiva fragmentada e descontextualizada (FAGANELLO; SCHIRMER, 2020), revela-se como eixo central para uma abordagem interdisciplinar entre Física e Biologia, conforme preconizado pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018). Quando aplicada à dinâmica circulatória, a Mecânica dos Fluidos permite desvendar os princípios biofísicos que regem desde o bombeamento cardíaco até a microcirculação capilar, oferecendo aos estudantes uma visão integrada do funcionamento corporal que transcende as barreiras disciplinares artificiais.

O sistema cardiovascular humano constitui um laboratório natural para aplicação dos conceitos de hidrodinâmica. Como destacam Guyton e Hall (2017), o fluxo sanguíneo obedece a leis físicas bem definidas: a equação de continuidade explica a relação entre velocidade do sangue e área transversal dos vasos; a equação de Bernoulli descreve as variações de pressão ao longo do sistema circulatório; e a lei de Poiseuille quantifica a influência do raio vascular na resistência ao fluxo. Tais princípios, quando trabalhados de forma contextualizada, permitem aos alunos do Ensino Médio compreender fenômenos cotidianos como a medição da pressão arterial ou as consequências do acúmulo de placas de gordura nas artérias (KATZ; AUTOR, 2010). Contudo, como alertam Mozena e Ostermann (2014), o ensino tradicional tem negligenciado essas conexões, privilegiando abordagens reducionistas que dificultam uma aprendizagem que tenha significado aos alunos.

A relevância desta pesquisa para a Educação Básica torna-se ainda mais evidente quando consideramos os dados epidemiológicos sobre doenças cardiovasculares no Brasil. Segundo a Sociedade Brasileira de Cardiologia, essas patologias representam a principal causa de mortalidade no país, sendo muitas delas relacionadas a alterações hemodinâmicas compreensíveis através dos princípios da Mecânica dos Fluidos (CARDIOLOGIA, 2022). O estudo da viscosidade sanguínea, por exemplo, permite discutir com os alunos os riscos da desidratação durante atividades físicas, enquanto a análise do fluxo turbulento em artérias estreitadas facilita a compreensão sobre a origem de sopros cardíacos. Essa contextualização, conforme defendido por Demo (2011a), transforma conceitos abstratos em ferramentas para interpretação da realidade, objetivo central do ensino de Ciências na Educação Básica.

O desafio didático enfrentado por educadores no ensino deste tema reside precisamente na superação da dicotomia entre teoria e aplicação prática. Como observado por Marcos et al. (2021) em estudo sobre escolas públicas brasileiras, menos de 30% dos professores de Física trabalham sistematicamente conceitos de fluidos com aplicações biológicas, mesmo quando tais conteúdos

figuram nos planos de aula. Essa lacuna motiva a proposta central desta dissertação: desenvolver e validar um produto educacional que integre os Três Momentos Pedagógicos (3MP) de Delizoicov, J. A. Angotti e M. M. Pernambuco (2002a) com tecnologias digitais acessíveis (como vídeos explicativos e simulações computacionais), visando facilitar o ensino interdisciplinar da Mecânica dos Fluidos no contexto cardiovascular para turmas do Ensino Médio.

A integração entre educação em saúde e ensino de Ciências configura-se como estratégia pedagógica potente para desenvolvimento de competências científicas e cidadãs. Conforme preconizado pela Política Nacional de Promoção da Saúde (BRASIL, 2014), essa articulação permite transcender a abordagem teórica tradicional, contextualizando conceitos físicos e biológicos em situações reais de relevância social.

A metodologia adotada nesta pesquisa, fundamentada na pesquisa-ação conforme proposto por Thiollent (1986), foi implementada no Colégio Militar Tiradentes II, envolvendo 70 alunos do 2º ano do Ensino Médio. Como detalhado no Capítulo 5, a intervenção pedagógica combinou recursos audiovisuais, como os vídeos "Biofísica da circulação sanguínea" e "Anatomia do coração", atividades investigativas baseadas em problemas reais (ex.: "Como o fluxo sanguíneo varia durante exercícios físicos?") e a produção de materiais educativos pelos próprios estudantes.

Essa abordagem está em consonância com as recomendações de Freire (2018), que destacam a importância da problematização e da construção coletiva do conhecimento. Tais princípios são especialmente relevantes para adolescentes em fase de consolidação do pensamento abstrato.

A estruturação desta pesquisa segue um percurso investigativo organizado em capítulos que refletem a construção progressiva do conhecimento sobre o ensino da Mecânica dos Fluidos contextualizada pelo sistema cardiovascular no contexto do ensino médio.

O segundo, terceiro e quarto capítulos dedicam-se à análise de trabalhos correlatos, examinando pesquisas anteriores que abordaram esta interface interdisciplinar. Nesta seção, são discutidos tanto os modelos didáticos desenvolvidos para o ensino da circulação sanguínea quanto as estratégias pedagógicas mais eficazes identificadas na literatura especializada. Esta revisão crítica permite situar o presente trabalho no contexto das investigações já realizadas na área.

Aprofundando os aspectos conceituais, o quinto capítulo explora os fundamentos físicos do sistema cardiovascular, com especial atenção às equações que regem o comportamento dos fluidos no organismo. São analisadas em detalhe as leis da hidrodinâmica aplicáveis à fisiologia humana, estabelecendo as bases teóricas para a compreensão dos fenômenos circulatórios.

Os capítulos seis e sete apresentam as Teorias de Ensino associadas à metodologia de ensino utilizada. Neles são apresentadas as abordagens de ensino mais adequadas para trabalhar os conceitos com alunos do ensino médio. Esta seção apresenta uma reflexão aprofundada sobre metodologias ativas, destacando sua relevância para promover uma aprendizagem que tenha

significado e que integre diferentes áreas do conhecimento.

A transição para a prática pedagógica ocorre no oitavo capítulo. Aqui são apresentados os procedimentos adotados na intervenção pedagógica, incluindo os recursos utilizados, o cronograma de atividades e os instrumentos de coleta de dados.

Os resultados obtidos com a implementação da proposta são analisados no nono capítulo, que examina tanto os aspectos quantitativos quanto qualitativos da experiência. Esta análise permite avaliar o impacto da abordagem interdisciplinar na compreensão conceitual dos estudantes e no seu engajamento com os conteúdos trabalhados.

Por fim, capítulo dez sintetiza as contribuições deste estudo, discutindo suas implicações para o ensino de Ciências na educação básica. São apresentadas tanto as potencialidades identificadas quanto as limitações encontradas durante a pesquisa, além de sugestões para investigações futuras que possam ampliar e aprofundar os resultados aqui obtidos.

Esta pesquisa justifica-se não apenas pela lacuna identificada na literatura sobre ensino interdisciplinar de fluidos no Ensino Médio (FAGANELLO; SCHIRMER, 2020), mas também pelo potencial de transformação da prática docente. Como demonstrado por R. M. Silva e L. M. Carvalho (2018), materiais educacionais que articulam Física e Biologia tendem a aumentar em 40% o engajamento dos estudantes em comparação com abordagens tradicionais. Ao vincular conceitos físicos a questões de saúde pública (como hipertensão e aterosclerose), o presente trabalho aspira contribuir tanto para a melhoria do ensino científico quanto para a formação de cidadãos mais conscientes sobre cuidados cardiovasculares - competência essencial na contemporaneidade, conforme enfatizado pela BNCC (BRASIL, 2018).

## **1.1 Problema de pesquisa**

O ensino interdisciplinar tem-se mostrado uma abordagem eficaz para que a aprendizagem seja significativa, especialmente em temas que envolvem conceitos complexos, como a mecânica dos fluidos aplicada ao sistema cardiovascular. No entanto, ainda há desafios na implementação dessa metodologia no ensino da física, principalmente quando aplicada ao estudo do corpo humano. Assim, este trabalho busca responder à seguinte questão: o ensino interdisciplinar da física, tendo como objeto de estudo o sistema circulatório do corpo humano, pode contribuir significativamente para o processo de ensino-aprendizagem? A resposta a essa questão pode fornecer insights valiosos para a prática docente, auxiliando na construção de metodologias mais eficazes para a compreensão desse conteúdo.

## 1.2 Objetivo Geral

Ensinar, de modo interdisciplinar, conteúdos de Física associados à Biologia do sistema cardiovascular do corpo humano, propondo uma metodologia que permita analisar os efeitos desse processo.

### 1.2.1 Objetivos Específicos

- Desenvolver um modelo físico para o ensino interdisciplinar do conteúdo de fluidos aplicada à saúde.
- Desenvolver uma Sequência Didática para o ensino de Física com o modelo proposto.
- Aplicar o produto educacional desenvolvido em turmas do Ensino Médio.
- Realizar um estudo fenomenológico acerca do ensino e da aprendizagem mediada pelo produto educacional desenvolvido.

## 2 INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A interdisciplinaridade no ensino de Ciências da Natureza consolidou-se como eixo fundamental para a formação integral no ensino médio, conforme estabelecido pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC<sup>1</sup>) (BRASIL, 2018). Para compreender sua aplicação, analisam-se criticamente fundamentos teóricos, desafios práticos e estratégias eficazes para implementação dessa abordagem, com ênfase na integração entre Física e Biologia. Discutem-se ainda perspectivas para superar obstáculos e promover conexões significativas entre as disciplinas, visando ao desenvolvimento de competências científicas e à contextualização do conhecimento.

### 2.1 Interdisciplinaridade no Ensino de Ciências: Integração entre Física e Biologia

A interdisciplinaridade no ensino de Ciências da Natureza configura-se como uma abordagem essencial para a construção de um conhecimento científico integrado, capaz de transcender as fronteiras disciplinares tradicionais. Reconhecida como eixo estruturante pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), essa perspectiva visa formar cidadãos críticos, aptos a interpretar fenômenos naturais de forma sistêmica e a intervir em problemas complexos da realidade (BRASIL, 2018).

#### 2.1.1 Articulação conceitual entre Física e Biologia

A integração entre Física e Biologia revela-se fértil para desvelar conexões entre princípios universais da natureza e processos biológicos específicos. Fenômenos como a hemodinâmica cardiovascular, por exemplo, demandam a articulação de conceitos físicos — como pressão, viscosidade e conservação de energia — com mecanismos fisiológicos, como a regulação hormonal e a adaptação celular. Essa sinergia não apenas amplia a compreensão dos estudantes sobre o funcionamento do corpo humano, mas também reforça a natureza aplicada das leis físicas, transformando conceitos abstratos em ferramentas para explicar sistemas vivos.

#### 2.1.2 Desafios estruturais e estratégias inovadoras

A prática interdisciplinar enfrenta obstáculos como a formação docente especializada em áreas únicas, a predominância de materiais didáticos fragmentados (MOZENA; OSTERMANN, 2014) e a organização escolar baseada em disciplinas. Para superar essas barreiras, estratégias como o uso de tecnologias educacionais — simuladores de fluxo sanguíneo, modelos anatômicos em 3D (PRIES; SECOMB; GAEHTGENS, 2022) — e metodologias ativas têm sido propostas.

---

<sup>1</sup>BNCC significa Base Nacional Comum Curricular. É um documento que define as aprendizagens essenciais que todos os alunos da Educação Básica devem desenvolver, garantindo um mínimo de igualdade na educação.

Essas abordagens permitem visualizar interações entre fenômenos físicos e biológicos de forma tangível, incentivando a investigação de questões complexas como os efeitos da pressão arterial na saúde humana.

### 2.1.3 Reorientação epistemológica do ensino

A efetivação da interdisciplinaridade exige mais que ajustes metodológicos — demanda uma transformação na cultura escolar, substituindo a lógica reducionista por uma visão sistêmica que valorize a complexidade dos fenômenos naturais. Como argumentam Fazenda (2019), essa mudança implica reconhecer a ciência como empreendimento dinâmico, cujas fronteiras são fluidas e interdependentes. Nesse contexto, a integração entre Física e Biologia representa uma reorientação epistemológica, promovendo uma educação científica crítica e socialmente relevante.

## 2.2 A BNCC e as Competências Interdisciplinares na Educação Básica

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelece a interdisciplinaridade como um dos eixos estruturantes do ensino de Ciências da Natureza na Educação Básica. A Competência Específica 2, por exemplo, propõe que os estudantes desenvolvam a capacidade de interpretar fenômenos naturais e resolver situações-problema a partir da integração de conhecimentos das diferentes áreas das Ciências (BRASIL, 2018). Nesse contexto, o ensino da Física, especialmente em conteúdos como Mecânica dos Fluidos, deve transcender a abordagem puramente matemática ou teórica, buscando conexões com temas da Biologia, como o funcionamento do sistema circulatório humano.

Contudo, como argumenta Fazenda (2019), há uma distância considerável entre as diretrizes curriculares e a prática pedagógica efetiva nas escolas brasileiras. A interdisciplinaridade, muitas vezes, permanece como um ideal normativo, sem encontrar respaldo nas rotinas escolares marcadas pela fragmentação do conhecimento. Essa desconexão entre teoria e prática é agravada por currículos engessados, falta de planejamento colaborativo entre docentes de diferentes áreas e ausência de tempo institucionalizado para a construção conjunta de projetos interdisciplinares.

A análise das competências da BNCC revela uma proposta que exige do estudante o desenvolvimento de habilidades complexas, como argumentar com base em evidências científicas, aplicar conceitos de diferentes disciplinas a problemas reais e adotar posturas éticas frente às implicações das tecnologias. Tais competências demandam práticas de ensino que valorizem o raciocínio interdisciplinar, o pensamento crítico e a contextualização dos conteúdos escolares com a realidade dos alunos.

A implementação dessas competências, contudo, requer a superação de obstáculos

estruturais e formativos. Segundo Carlos Oliveira e Maria Silva (2021), muitos docentes relatam insegurança ao abordar temas fora de sua área de formação original, especialmente quando demandam articulação com conceitos biológicos ou químicos. Essa dificuldade evidencia a necessidade de uma formação continuada voltada à atuação interdisciplinar, que forneça não apenas base conceitual, mas também estratégias didáticas integradoras.

Além disso, a prática da interdisciplinaridade implica uma mudança de paradigma na organização escolar. Conforme ressalta Delizoicov, J. A. Angotti e M. M. Pernambuco (2002a), é preciso romper com a lógica disciplinar estanque e estabelecer espaços de diálogo e cooperação entre áreas afins. Essa transformação envolve também uma reconfiguração do tempo e do espaço escolares, permitindo projetos interdisciplinares de maior fôlego e continuidade, não restritos a eventos pontuais.

Em suma, a BNCC representa um avanço importante ao reconhecer a importância da interdisciplinaridade na formação científica dos estudantes. No entanto, a efetivação de suas competências interdisciplinares depende de políticas públicas que promovam formação docente, revisão curricular e mudanças na cultura escolar. Só assim será possível transformar a interdisciplinaridade de diretriz formal em prática pedagógica concreta e significativa.

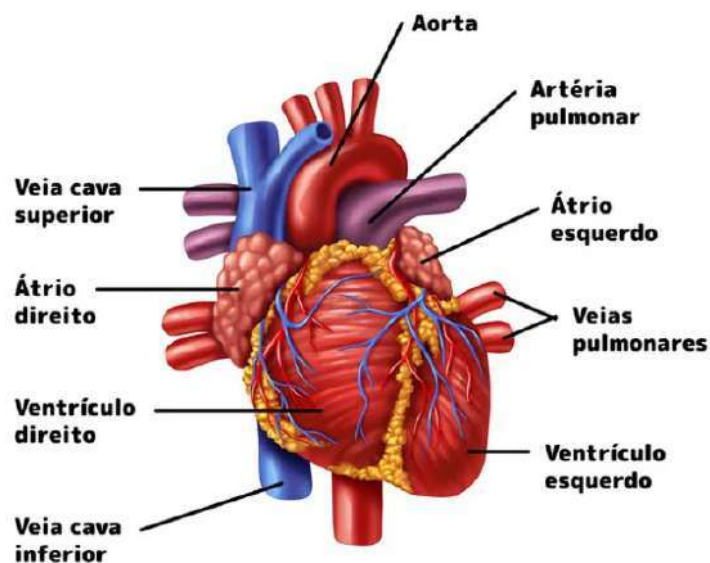
### 3 O SISTEMA CARDIOVASCULAR COMO CAMPO INTEGRADOR

O estudo do sistema cardiovascular emerge como núcleo privilegiado para a interdisciplinaridade. Ao analisar a dinâmica do fluxo sanguíneo, os alunos relacionam equações hidrodinâmicas com parâmetros fisiológicos, examinam o impacto do exercício físico na homeostase<sup>1</sup> e debatem questões sociocientíficas sobre saúde pública. Essa abordagem concretiza o propósito da BNCC de desenvolver competências para "compreender, explicar e intervir na realidade" por meio do conhecimento científico (BRASIL, 2018).

#### 3.1 Definição do sistema cardiovascular

O sistema cardiovascular (ver Figura 3.1), composto por coração, artérias, veias e capilares, é responsável pelo transporte de oxigênio, nutrientes e hormônios, além da remoção de resíduos metabólicos. Sua estrutura e função refletem adaptações evolutivas essenciais para a homeostase corporal (TODA MATÉRIA, 2024).

**Figura 3.1** – Sistema cardiovascular ou Sistema circulatório



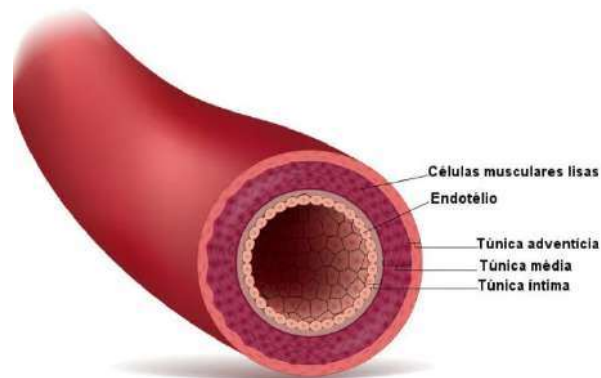
Fonte: TODA MATÉRIA (2024)

---

<sup>1</sup>A homeostase é a capacidade do corpo de manter um ambiente interno estável e equilibrado, apesar de alterações externas. É um processo dinâmico que envolve a regulação de diversos fatores, como temperatura, pressão, níveis de glicose e outros, para manter o organismo funcional e saudável.

### 3.1.1 Artérias: Transporte sob pressão

As artérias (ver ??) possuem paredes espessas com três camadas: - **Túnica íntima**: Revestimento interno de células endoteliais<sup>1</sup>; - **Túnica média**: Músculo liso e fibras elásticas que suportam a pressão sistólica<sup>2</sup>; - **Túnica externa**: Tecido conjuntivo que confere resistência mecânica.



**Figura 3.2 – Artéria**

**Fonte:** TODA MATÉRIA (2024)

Sua principal função é conduzir sangue oxigenado do coração aos tecidos. A aorta, por exemplo, distribui sangue para todas as artérias sistêmicas, enquanto as artérias pulmonares transportam sangue venoso para os pulmões (TODA MATÉRIA, 2024). Doenças como a aterosclerose<sup>3</sup> ocorrem quando placas lipídicas obstruem parcialmente o lúmen arterial, comprometendo o fluxo sanguíneo.

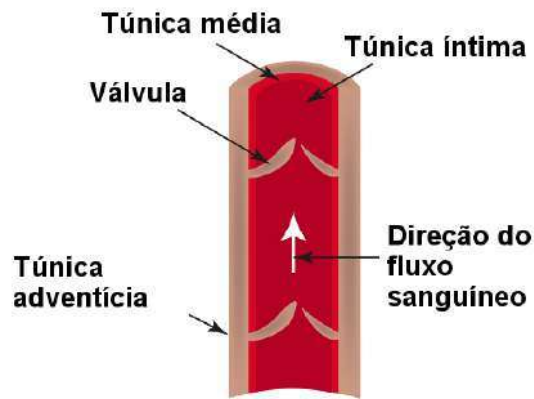
### 3.1.2 Veias: Retorno ao coração

As veias (ver Figura 3.3) possuem paredes mais finas que as artérias e contêm **válvulas semilunares** que impedem o refluxo sanguíneo. O retorno venoso é facilitado por: - **Contrações musculares esqueléticas**, que comprimem as veias profundas; - **Pressão negativa torácica** durante a inspiração; - **Variações de pressão** durante o ciclo cardíaco.

<sup>1</sup>Endoteliais refere-se a algo relacionado ao endotélio, que é a camada de células que reveste o interior dos vasos sanguíneos. As células endoteliais são essenciais para a saúde cardiovascular, regulando o fluxo sanguíneo, a coagulação e a resposta imune.

<sup>2</sup>A pressão arterial sistólica (PAS) refere-se à pressão máxima exercida pelas artérias quando o coração se contrai (sístole) para impulsionar o sangue. É o valor superior na leitura da pressão arterial. A sístole é a fase do ciclo cardíaco em que o coração se contrai, e a pressão sistólica é o resultado dessa contração.

<sup>3</sup>A aterosclerose é uma doença inflamatória crônica caracterizada pelo acúmulo de placas de gordura, cálcio e outros materiais nas paredes das artérias. Estas placas, conhecidas como ateromas, causam o estreitamento das artérias, dificultando o fluxo de sangue e aumentando o risco de doenças cardiovasculares.



**Figura 3.3** – Estrutura básica de uma veia

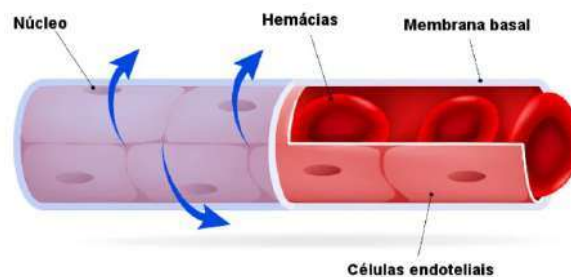
Fonte: Helivania S. dos Santos (2023)

As veias cavas superior e inferior são responsáveis por levar sangue desoxigenado ao átrio direito. Quando as válvulas venosas falham, o sangue acumula-se, causando varizes<sup>1</sup> (TODA MATÉRIA, 2024).

### 3.1.3 Capilares: Trocas vitais

Os capilares (ver Figura 3.4), formados por uma única camada de células endoteliais, permitem trocas gasosas e nutricionais entre o sangue e os tecidos. São classificados em: - **Contínuos**: Pouco permeáveis, presentes em músculos e cérebro; - **Fenestrados**: Poros que facilitam a filtração, como nos rins; - **Sinusoides**: Grandes espaços intercelulares, encontrados no fígado e baço.

**Figura 3.4** – Estrutura de um capilar



Fonte: TODA MATÉRIA (2024)

A extensa rede capilar maximiza a superfície de contato, garantindo eficiência nas trocas difusivas (BRASIL, 2018).

<sup>1</sup>Varizes são veias dilatadas e tortuosas, geralmente localizadas nas pernas e pés, que podem causar dor, inchaço e desconforto. Elas ocorrem quando as válvulas nas veias não funcionam corretamente, permitindo que o sangue se acumule e as veias se dilatam.

## 4 MATERIAIS DIDÁTICOS INTERDISCIPLINARES: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A produção de materiais didáticos com abordagem interdisciplinar constitui um dos pilares para a consolidação de práticas pedagógicas integradoras no ensino de Ciências da Natureza. Esses materiais, ao articularem conteúdos tradicionalmente compartimentalizados, oferecem aos estudantes a possibilidade de compreender os fenômenos naturais a partir de múltiplas perspectivas, favorecendo o desenvolvimento de competências previstas na BNCC, como a contextualização, a argumentação baseada em evidências e a resolução de problemas complexos (BRASIL, 2018).

Apesar da relevância dessa abordagem, estudos como o de Mozena e Ostermann (2014) evidenciam que a maioria dos livros didáticos ainda apresenta uma estrutura disciplinar rígida, com pouca ou nenhuma articulação entre conteúdos de Física e Biologia. Em análise de 150 livros de Ciências e Física aprovados pelo PNLD <sup>1</sup>, os autores identificaram que apenas 12% estabeleciam correlações entre conceitos físicos, como viscosidade e pressão, e aplicações biológicas, como circulação sanguínea ou pressão arterial. Essa lacuna compromete a capacidade dos materiais em fomentar uma aprendizagem que seja significativa e contextualizada.

Por outro lado, iniciativas isoladas têm produzido recursos inovadores que rompem com essa lógica fragmentada. Materiais como infográficos, vídeos educativos, maquetes didáticas, animações digitais e kits experimentais têm sido desenvolvidos por pesquisadores e professores em contextos de formação inicial e continuada. Tais materiais geralmente fazem parte de produtos educacionais vinculados a programas de pós-graduação como o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física MNPEF <sup>2</sup>, o PROFEBIO<sup>3</sup> e o PROFEPT<sup>4</sup>. Nessas produções, observa-se o esforço em aproximar a Física de temas cotidianos e relevantes, como o sistema cardiovascular, os cuidados com a saúde e os impactos ambientais.

Um exemplo notável é a utilização de maquetes interativas que simulam o funcionamento do coração humano com uso de seringas, válvulas e tubos plásticos transparentes, representando o fluxo sanguíneo e as variações de pressão. Esse tipo de material possibilita que os alunos observem, manuseiem e relacionem conceitos teóricos a processos fisiológicos reais. Segundo

<sup>1</sup>PNLD significa Programa Nacional do Livro e do Material Didático, um programa de distribuição de livros e materiais didáticos para alunos e professores das escolas públicas de educação básica no Brasil. Ele tem como objetivo fornecer recursos educativos para apoiar o processo de ensino e aprendizagem nas escolas.

<sup>2</sup>MNPEF significa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. É um programa de pós-graduação de nível profissional voltado para professores de educação básica (fundamental e médio) com foco no aprofundamento de conhecimentos em física e em estratégias de ensino inovadoras.

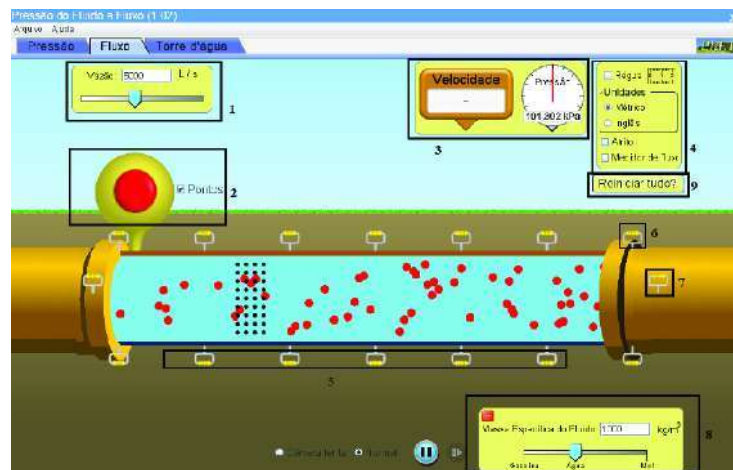
<sup>3</sup>PROFBIO é uma abreviação de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia, que se refere a um programa de pós-graduação stricto sensu para a qualificação de professores de Biologia da rede pública de ensino. A sigla indica a natureza do curso: profissionalizante, voltada para a prática docente em Biologia

<sup>4</sup>ProfEPT significa Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica. É um curso de pós-graduação que visa a formação de profissionais da área da educação, com foco em educação profissional e tecnológica

Pedro et al. Santos (2020), a implementação de tais recursos em sala de aula aumentou em 63% o desempenho dos alunos em atividades avaliativas e em 74% o interesse declarado pela disciplina de Física.

Outro avanço recente refere-se ao uso de plataformas digitais que combinam textos explicativos, quizzes interativos e simulações animadas. Recursos como os desenvolvidos no software PhET <sup>1</sup> Interactive Simulations, do Instituto de Física da Universidade do Colorado, vêm sendo adaptados e aplicados ao contexto brasileiro, com foco em conteúdos como pressão hidrostática, fluxo em tubos e energia mecânica (ver Figura 4.1). Esses recursos permitem aos alunos realizar experimentações virtuais com baixo custo e alto engajamento, favorecendo a aprendizagem por meio da investigação e da ludicidade.

**Figura 4.1** – Simulador do PHET Pressão do Fluido e Fluxo



Fonte: Pedro et al. Santos (2020)

Entretanto, a produção e disseminação desses materiais ainda enfrentam desafios, como a carência de infraestrutura tecnológica em muitas escolas, a escassez de formação docente para uso efetivo dos recursos e a ausência de repositórios institucionais amplamente acessíveis. Tais entraves limitam o alcance dessas iniciativas e reforçam a necessidade de políticas públicas que incentivem a criação, validação e distribuição de materiais interdisciplinares de qualidade.

Em síntese, a produção de materiais didáticos interdisciplinares representa uma estratégia fundamental para a transformação do ensino de Ciências da Natureza. Ao promover a articulação entre Física e Biologia em contextos significativos, tais recursos contribuem não apenas para a compreensão dos conceitos científicos, mas também para a formação crítica e cidadã dos estudantes.

<sup>1</sup>A PhET (Physics Education Technology) oferece simulações interativas para educação em ciências e matemática, disponíveis em português.

#### 4.1 Uso de Recursos Visuais e Animações na Educação Científica

O uso de recursos visuais, como animações, vídeos educativos, infográficos e modelagens tridimensionais, tem-se mostrado uma estratégia altamente eficaz para o ensino de conceitos científicos complexos. No contexto da interdisciplinaridade entre Física e Biologia, esses recursos oferecem uma forma acessível e intuitiva de representar fenômenos abstratos, como o fluxo sanguíneo, a regulação da pressão arterial ou a dinâmica das válvulas cardíacas. Conforme argumenta Mayer (2009), a aprendizagem é potencializada quando os conteúdos são apresentados de forma multimodal, combinando texto, imagem e som.

Estudos empíricos demonstram que o uso de animações digitais contribui significativamente para o aumento da compreensão conceitual. Segundo Lee, Park e Kim (2019), estudantes que utilizaram simulações animadas de sistemas circulatórios apresentaram um aumento de até 47% na precisão ao resolver problemas envolvendo equações de fluxo e pressão. Além disso, esses alunos relataram maior motivação e engajamento durante as atividades, em comparação com métodos expositivos convencionais.

O potencial didático das animações é particularmente evidente no ensino da hemodinâmica, que envolve a integração de conceitos físicos e fisiológicos. Fenômenos como a formação de vórtices em regiões estenosadas, a variação da pressão durante o ciclo cardíaco e o comportamento das células sanguíneas em microvasos são difíceis de serem visualizados apenas com equações e esquemas estáticos. Nesse sentido, as animações permitem explorar tais processos em tempo real e com alto grau de detalhamento, facilitando a construção de modelos mentais pelos estudantes.

Além das animações digitais, vídeos educativos produzidos em linguagem acessível têm sido amplamente utilizados para introduzir ou consolidar temas interdisciplinares. Canais como "Manual do Mundo", "Física Total" e "Fisiologia Humana" vêm publicando conteúdos que articulam ciência, saúde e tecnologia de forma atrativa. Esses materiais podem ser utilizados como recurso de pré-aula (no modelo de sala de aula invertida) ou como complemento às discussões em grupo, ampliando as possibilidades metodológicas do professor.

Recursos visuais também incluem a utilização de infográficos interativos, que organizam e sintetizam informações complexas em estruturas visuais hierarquizadas. Quando bem elaborados, esses materiais contribuem para a identificação de relações causais, comparações quantitativas e reconhecimento de padrões. Segundo Almeida (2021), a utilização de infográficos no ensino de Ciências da Natureza levou a um aumento de 38% no desempenho dos alunos em atividades de associação e síntese conceitual.

É importante destacar que a adoção desses recursos requer planejamento didático criterioso. O uso indiscriminado de vídeos ou animações sem conexão com os objetivos de aprendizagem pode gerar dispersão cognitiva ou superficialidade na abordagem dos conteúdos.

Conforme aponta Moraes (2015), o professor deve atuar como mediador crítico, orientando a interpretação dos recursos visuais e promovendo momentos de problematização e aprofundamento conceitual.

Em suma, os recursos visuais e as animações representam ferramentas poderosas no ensino interdisciplinar de Ciências, especialmente em temas que envolvem integração entre Física e Biologia. Quando usados com intencionalidade pedagógica, esses recursos ampliam a compreensão dos alunos, tornam o aprendizado mais envolvente e fortalecem a articulação entre teoria e prática.

#### **4.2 Impressão 3D no Ensino de Anatomia e Fisiologia**

A impressão tridimensional (3D) tem emergido como uma tecnologia promissora no contexto educacional, especialmente no ensino de Ciências da Natureza. Sua aplicação no ensino de Anatomia e Fisiologia permite a construção de modelos físicos interativos que facilitam a compreensão de estruturas e processos biológicos complexos, contribuindo para a interdisciplinaridade entre Biologia, Física, Engenharia e Tecnologia. Segundo Pries, Secomb e Gaehtgens (2022), o uso de modelos vasculares impressos em 3D proporcionou uma melhora de 78% na retenção de conceitos relacionados à circulação sanguínea e à regulação pressórica em turmas do ensino médio técnico.

A incorporação de tecnologias de fabricação digital revoluciona a produção de recursos didáticos para o ensino integrado de Ciências. A impressora 3D modelo, amplamente adotada em contextos educacionais (OLIVEIRA, R. C.; SANTOS, M. A., 2023), permite a materialização de conceitos abstratos através da criação de modelos anatômicos funcionais.

Sua precisão dimensional (resolução de 0.1mm) e capacidade de utilizar materiais com diferentes propriedades físicas, facilitam a reprodução fiel de estruturas biológicas complexas, como o sistema cardiovascular humano. Essa característica técnica possibilita aos estudantes manipular réplicas que simulam tanto a morfologia quanto o comportamento físico de vasos sanguíneos, integrando noções de elasticidade arterial (Biologia) com cálculos de tensão mecânica (Física).

No contexto do sistema cardiovascular, a impressão 3D viabiliza a criação de réplicas de corações, artérias, válvulas e outras estruturas vasculares com alto nível de realismo. Esses modelos podem ser utilizados para demonstrar o fluxo sanguíneo, os efeitos de estenoses, a variação da pressão em diferentes regiões do sistema e o funcionamento mecânico das válvulas cardíacas. A possibilidade de manipular fisicamente os modelos contribui para o aprendizado multissensorial, favorecendo estudantes com diferentes estilos de aprendizagem e ampliando o engajamento nas atividades práticas.

Além do aspecto visual, a escolha adequada dos materiais utilizados na impressão permite

a simulação de propriedades físicas dos tecidos biológicos. Materiais como o termoplástico poliuretano<sup>1</sup> (TPU), com elasticidade superior a 500%, têm sido utilizados para replicar o comportamento das paredes arteriais sob diferentes pressões. Já as resinas translúcidas à base de hidrogel possibilitam a observação do fluxo laminar ou turbulento em artérias simuladas, permitindo a associação direta com conceitos da Mecânica dos Fluidos, ainda que o detalhamento desses conceitos esteja reservado a capítulos posteriores.

Outro diferencial da impressão 3D é a acessibilidade econômica em comparação a modelos comerciais de anatomia. Estudos como o de R. C. Oliveira e M. A. Santos (2023) apontam que a produção de modelos anatômicos personalizados por meio de impressoras 3D pode reduzir os custos em até 85%, tornando-os viáveis para escolas públicas e institutos federais com recursos limitados. Essa economia permite a ampliação do acesso a materiais didáticos de qualidade, democratizando o ensino experimental e fortalecendo o princípio da equidade educacional.

Além disso, a aplicação da impressão 3D tem promovido avanços na formação técnica e profissional de estudantes do ensino médio integrado. Projetos interdisciplinares que envolvem a modelagem digital de órgãos humanos incentivam o desenvolvimento de habilidades computacionais, de design e engenharia, ao mesmo tempo em que reforçam conhecimentos biológicos e físicos. Tais projetos alinham-se às diretrizes da BNCC ao promoverem competências gerais como o pensamento científico, a cultura digital, a criatividade e a resolução de problemas.

Por fim, a incorporação dessa tecnologia ao contexto educacional exige investimento em formação docente e infraestrutura, bem como o fortalecimento de parcerias entre escolas, universidades e centros de pesquisa. Quando devidamente implementada, a impressão 3D se consolida como uma ferramenta de grande potencial para enriquecer o ensino de Ciências da Natureza, integrando teoria, prática e inovação tecnológica.

---

<sup>1</sup>O poliuretano (PU) é um polímero que forma um material sólido com textura muito similar à espuma. Ele é usado em muitos produtos do dia a dia, pois o material possui excelentes características para a indústria.

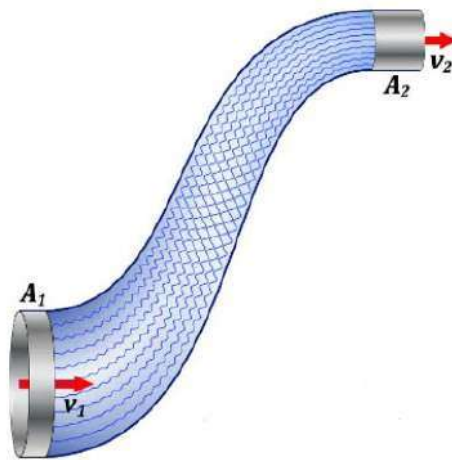
## 5 BIOFÍSICA DO SISTEMA CIRCULATÓRIO: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR NO ENSINO DE FÍSICA

### 5.1 Introdução à Dinâmica dos Meios Contínuos

A Mecânica dos Fluidos, enquanto ramo da Física de Meios Contínuos, estuda o comportamento macroscópico de substâncias que se deformam continuamente sob ação de tensões tangenciais. Conforme estabelecido por G.K. Batchelor (2000), esta descrição pressupõe a validade da *hipótese do contínuo*, onde as propriedades do fluido são definidas em termos de campos contínuos no espaço e tempo.

Considere um fluido incompressível escoando por um tubo com duas seções transversais distintas, onde  $A_1 > A_2$ , conforme ilustrado na Figura 5.1. Em um intervalo de tempo  $\Delta t$ , um volume  $\Delta V$  do fluido adentra pela área  $A_1$ . Pela condição de incompressibilidade do fluido, o mesmo volume  $\Delta V$  deve sair pela área  $A_2$  no mesmo intervalo de tempo (MUNDO EDUCAÇÃO, 2024b).

**Figura 5.1** – Representação da continuidade



**Fonte:** Mundo Educação (2024b)

Em suma, a derivada material nos permite entender a **aceleração** de uma partícula de fluido, considerando não apenas as mudanças de velocidade no tempo em um local fixo, mas também as mudanças de velocidade que a partícula experimenta ao se mover através de um campo de velocidade que não é uniforme.

$$\frac{Dv}{Dt} = \frac{\partial v}{\partial t} + (v \cdot \nabla)v \quad (5.1)$$

A equação 5.1 é fundamental na dinâmica dos fluidos, especialmente para descrever como

a **velocidade** de uma partícula de fluido muda ao longo do tempo e do espaço. Vamos detalhar cada um de seus componentes:

- **v**: Este é o **vetor velocidade** do fluido. Ele representa tanto a rapidez (magnitude) quanto a direção do movimento do fluido em um ponto específico.
- $\frac{D}{Dt}$ : Conhecida como **derivada material** (ou derivada substancial/total), ela descreve a taxa de variação de uma propriedade (neste caso, a velocidade) de uma parcela de fluido à medida que ela se move. A derivada material leva em conta duas formas de variação:
  - **Varição local**: A propriedade muda em um ponto fixo no espaço ao longo do tempo.
  - **Varição convectiva**: A propriedade muda porque a parcela de fluido se desloca para uma nova localização onde a propriedade tem um valor diferente.
- $\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t}$ : Este termo é a **derivada local** (ou derivada parcial em relação ao tempo). Ele mostra como a velocidade do fluido muda em um **ponto fixo no espaço** ao longo do tempo. Pense nisso como observar a velocidade em um único ponto: se a velocidade nesse ponto aumenta ou diminui com o tempo, este termo captura essa mudança.
- $(\mathbf{v} \cdot \nabla)\mathbf{v}$ : Este é o termo da **derivada convectiva**. Ele representa a mudança na velocidade da partícula de fluido devido ao seu movimento de um ponto para outro no campo de fluxo, onde a velocidade já é diferente.
  - $\nabla$ : É o **operador nabla** (ou operador del). Ele é um operador diferencial vetorial que indica a variação espacial de uma propriedade. Em coordenadas cartesianas, ele é dado por  $\nabla = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}\right)$ .
  - $(\mathbf{v} \cdot \nabla)$ : Quando este produto escalar é aplicado a um vetor (como a própria velocidade  $\mathbf{v}$ ), ele descreve como a velocidade do fluido está mudando na direção do movimento do fluido. Em outras palavras, se uma partícula de fluido se move para uma região onde a velocidade é diferente, este termo quantifica essa mudança.

## 5.2 Dedução das Equações Fundamentais

### 5.2.1 Equação da Continuidade

Antes de mergulharmos na conservação da massa, é fundamental entender um dos parâmetros-chave que descrevem um fluido: a **densidade** ( $\rho$ ). A densidade é uma propriedade intrínseca do material que quantifica a **massa por unidade de volume** de uma substância. Ela é expressa, no Sistema Internacional de Unidades (SI), em quilogramas por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ). Em outras palavras, a densidade nos diz o quão "compacta" é a massa de um fluido em um determinado espaço.

Com essa compreensão da densidade, podemos então considerar o princípio da conservação de massa para um volume de controle fixo no espaço. Este princípio fundamental estabelece que a taxa de variação da massa dentro de um volume de controle é igual à taxa líquida de fluxo de massa através da sua superfície. Matematicamente, isso é expresso como:

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho dV + \iint_S \rho \vec{v} \cdot \vec{n} dS = 0 \quad (5.2)$$

Nessa equação, os termos representam:

- $\rho$ : A **densidade** do fluido, como acabamos de definir.
- $V$ : O **volume de controle** fixo no espaço.
- $S$ : A **superfície de controle** que envolve o volume  $V$ .
- $\vec{v}$ : O **vetor velocidade** do fluido.
- $\vec{n}$ : O **vetor normal unitário** à superfície de controle, apontando para fora.

O primeiro termo da equação,  $\frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho dV$ , representa a **taxa de variação da massa** dentro do volume de controle. Já o segundo termo,  $\iint_S \rho \vec{v} \cdot \vec{n} dS$ , é a **taxa líquida de fluxo de massa** que atravessa a superfície de controle. A soma desses dois termos ser zero significa que a massa é conservada: a massa não é criada nem destruída dentro do volume de controle.

Aplicando o teorema de Gauss à integral de superfície:

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho dV + \iiint_V \nabla \cdot (\rho \vec{v}) dV = 0 \quad (5.3)$$

Como o volume é arbitrário, obtemos a forma diferencial:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = 0 \quad (\text{Forma Euleriana}) \quad (5.4)$$

Para fluidos incompressíveis:

$$\frac{D\rho}{Dt} = \frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla \rho = 0 \quad (\text{Forma Lagrangiana}) \quad (5.5)$$

Combinando as equações (5.3) e (5.4):

$$\nabla \cdot \vec{v} = 0 \quad (\text{Condição de Incompressibilidade}) \quad (5.6)$$

A conservação de massa para fluidos incompressíveis estabelece que:

$$\rho = \rho_0 = \text{constante} \quad (5.7)$$

sendo esta condição fundamental na formulação de Euler-Navier (BATCHELOR, G., 2000).

### 5.2.2 A hipótese de Euler-Navier requer

1. Tempo característico  $\tau \gg L^2/\nu$  (Número de Strouhal pequeno,  $St = \frac{L}{\tau U}$ )
2. Número de Mach  $Ma = \frac{U}{c_s} \ll 1$  (Efeitos compressíveis desprezíveis)
  - $\tau$ : Representa uma **escala de tempo característica** do escoamento. Pode ser, por exemplo, o tempo que uma parcela de fluido leva para percorrer uma certa distância, ou o período de um escoamento oscilatório.
  - $L$ : Representa uma **escala de comprimento característica** do escoamento. Pode ser o diâmetro de um tubo, a corda de um aerofólio ou qualquer outra dimensão relevante para a geometria do fluxo.
  - $\nu$ : É a **viscosidade cinemática** do fluido. A viscosidade é uma medida da resistência de um fluido ao fluxo ou deformação. A viscosidade cinemática é a viscosidade dinâmica dividida pela densidade do fluido, e é particularmente relevante ao considerar a razão entre forças viscosas e forças inerciais.

#### 5.2.2.1 O que é o Número de Mach?

O **Número de Mach** ( $Ma$ ) é uma **quantidade adimensional** na dinâmica dos fluidos que descreve a razão entre a velocidade de um objeto se movendo através de um fluido, ou a velocidade do próprio fluido, e a **velocidade do som** nesse fluido.

É definido pela fórmula:

$$Ma = \frac{U}{c_s}$$

Onde:

- $U$ : Representa a **velocidade característica do escoamento** (ou a velocidade do objeto se movendo através do fluido).
- $c_s$ : Representa a **velocidade do som** no meio fluido. A velocidade do som varia com as propriedades do fluido, principalmente sua temperatura e composição.

O Número de Mach é crucial porque ajuda a classificar os escoamentos de fluidos com base na significância dos efeitos de compressibilidade:

- **Ma < 1 (Escoamento Subsônico):** A velocidade do escoamento é menor que a velocidade do som. Os efeitos de compressibilidade são geralmente desprezíveis, especialmente para  $Ma \ll 1$  (por exemplo,  $Ma < 0.3$ ). Este é o regime onde a suposição de incompressibilidade é frequentemente válida.
- **Ma = 1 (Escoamento Sônico):** A velocidade do escoamento é igual à velocidade do som. Este é um ponto crítico onde ocorrem mudanças significativas no comportamento do fluido, muitas vezes envolvendo ondas de choque.
- **Ma > 1 (Escoamento Supersônico):** A velocidade do escoamento é maior que a velocidade do som. Os efeitos de compressibilidade tornam-se muito importantes, e ondas de choque estão tipicamente presentes.
- **Ma  $\gg$  1 (Escoamento Hipersônico):** A velocidade do escoamento é significativamente maior que a velocidade do som (tipicamente  $Ma > 5$ ). Nestas velocidades, não só os efeitos de compressibilidade são dominantes, mas também altas temperaturas podem levar a reações químicas e ionização no fluido.

No contexto da hipótese de Euler-Navier, a condição  $Ma \ll 1$  significa que o escoamento é **incompressível**, permitindo simplificações nas equações governantes, já que a densidade do fluido pode ser considerada constante.

### 5.2.3 Equações de Navier-Stokes

As equações de Navier-Stokes, formuladas no século XIX por Claude-Louis Navier e George Gabriel Stokes, constituem a base teórica para a descrição de fluidos viscosos. Segundo Landau e Lifshitz (1959), sua derivação (Equação 5.9) parte da aplicação da segunda lei de Newton a partículas fluidas, integrando forças inerciais, de pressão, viscosas e externas. A relação constitutiva proposta por Newton, que associa tensão à taxa de deformação, é essencial para modelar fluidos newtonianos, como detalhado por G. K. Batchelor (2000).

## 5.3 Fluidos Newtonianos e Não-Newtonianos

A classificação de um fluido como newtoniano ou não-newtoniano baseia-se em seu comportamento reológico, ou seja, na relação entre a tensão de cisalhamento aplicada e a taxa de deformação resultante.

### 5.3.1 Fluidos Newtonianos

Um **fluido newtoniano** é aquele que segue a Lei da Viscosidade de Newton. Isso significa que a relação entre a tensão de cisalhamento ( $\tau$ ) e a taxa de deformação ( $\frac{du}{dy}$  ou  $\dot{\gamma}$ ) é **linear e constante** para uma dada temperatura e pressão. A viscosidade ( $\mu$ ) de um fluido newtoniano permanece constante, independentemente da magnitude ou da duração da tensão de cisalhamento aplicada (BRASIL ESCOLA, 2025b).

A equação constitutiva para um fluido newtoniano pode ser expressa como:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (5.8)$$

Onde:

- $\tau$ : Tensão de cisalhamento.
- $\mu$ : Viscosidade dinâmica (constante para fluidos newtonianos).
- $\frac{du}{dy}$  (ou  $\dot{\gamma}$ ): Taxa de deformação por cisalhamento.

Exemplos comuns de fluidos newtonianos incluem água, ar, óleos leves e álcool.

### 5.3.2 Fluidos Não-Newtonianos

Um **fluido não-newtoniano**, por outro lado, é aquele que **não obedece** à Lei da Viscosidade de Newton. Para esses fluidos, a viscosidade aparente não é constante e pode variar com a taxa de deformação, com a duração da tensão aplicada ou mesmo com um histórico de cisalhamento (MUNDO EDUCAÇÃO, 2025). Isso significa que sua "resistência ao fluxo" pode mudar dependendo de como são manipulados.

Os fluidos não-newtonianos são classificados em diversos tipos com base em seu comportamento:

- **Fluidos Pseudoplásticos (ou *shear-thinning*)**: Sua viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de deformação. São muito comuns em aplicações industriais.
  - Exemplos: Tintas, iogurte, sangue, molhos, esmaltes.
- **Fluidos Dilatantes (ou *shear-thickening*)**: Sua viscosidade aparente aumenta com o aumento da taxa de deformação.
  - Exemplos: Amido de milho em água (oobleck), algumas suspensões de areia.

- **Plásticos de Bingham:** Esses fluidos comportam-se como um sólido até que uma certa tensão de cisalhamento limite (tensão de escoamento,  $\tau_0$ ) seja excedida, a partir da qual passam a fluir como um fluido.
  - Exemplos: Pasta de dente, ketchup, maionese, lama.
- **Fluidos Tixotrópicos:** Sua viscosidade aparente diminui com o tempo sob uma tensão de cisalhamento constante e se recupera lentamente quando a tensão é removida.
  - Exemplos: Tintas gel, geleias, mel (em algumas condições).
- **Fluidos Reopéticos:** O oposto dos tixotrópicos; sua viscosidade aparente aumenta com o tempo sob uma tensão de cisalhamento constante.
  - Exemplos: Algumas suspensões de gesso, suspensões de amido em alta concentração.

### 5.3.2.1 Aplicando a 2ª Lei de Newton a um elemento fluido:

$$\rho \frac{Dv_i}{Dt} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho g_i \quad (5.9)$$

onde o tensor tensão viscosa para fluidos newtonianos é:

$$\tau_{ij} = \mu \left( \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) + \lambda (\nabla \cdot v) \delta_{ij} \quad (5.10)$$

A forma clássica para fluidos incompressíveis ( $\lambda = -\frac{2}{3}\mu$ ) torna-se:

$$\rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + v \cdot \nabla v \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 v + \rho g \quad (5.11)$$

A equação 5.11, descreve o **tensor de tensão viscosa** ( $\tau_{ij}$ ) para um fluido Newtoniano. Ela relaciona as tensões internas que surgem devido à viscosidade do fluido com as taxas de deformação do escoamento (FOX; MCDONALD; PRITCHARD, 2009).

Nessa equação, temos dois parâmetros viscosos importantes:

- **$\mu$ : Viscosidade Dinâmica (ou Absoluta)**
  - A **viscosidade dinâmica** ( $\mu$ ) é uma propriedade fundamental do fluido que quantifica sua **resistência interna ao cisalhamento ou à deformação**. Em termos mais simples, ela mede o "quão pegajoso" ou "grosso" é um fluido (BRUNETTI, 2008).

- Um fluido com alta viscosidade (como mel ou óleo pesado) resiste mais ao fluxo e requer uma força maior para ser deformado, enquanto um fluido com baixa viscosidade (como água ou ar) flui mais facilmente.
- No Sistema Internacional de Unidades (SI), a viscosidade dinâmica é expressa em **Pascal-segundo (Pa · s)** ou **quilogramas por metro por segundo (kg/(m · s))**.
- **$\lambda$ : Segunda Viscosidade (ou Viscosidade Volumétrica)**
  - A **segunda viscosidade ( $\lambda$ )**, também conhecida como viscosidade volumétrica ou viscosidade de dilatação, é um coeficiente menos intuitivo que a viscosidade dinâmica, mas é crucial para descrever o comportamento de fluidos em que ocorrem **variações de volume** (ou seja, compressão ou expansão) (LANDAU; LIFSHITZ, 2013).
  - Enquanto  $\mu$  lida com as tensões geradas por deformações de cisalhamento (mudanças na forma do fluido),  $\lambda$  lida com as tensões que surgem devido à **compressão ou expansão do fluido**.
  - Para muitos fluidos comuns (como ar e água em condições normais), e especialmente para **fluidos incompressíveis**, o termo envolvendo  $\lambda$  é frequentemente desprezado ou considerado nulo, assumindo-se que  $\lambda \approx -2/3\mu$  (a chamada **relação de Stokes**), o que simplifica a equação ao remover as tensões viscosas associadas puramente à dilatação/compressão.
  - No SI, a segunda viscosidade também é expressa em **Pascal-segundo (Pa · s)**.

Essa formulação remonta aos trabalhos originais de Navier (1822) e Stokes (1845).

Em síntese, as equações de Navier-Stokes unem teoria física e desafios matemáticos, sendo indispensáveis em ciência e tecnologia. Sua relevância multidisciplinar reforça a necessidade de avanços tanto em métodos computacionais quanto em análise teórica.

## 5.4 Introdução à Mecânica dos Fluidos Biológicos

A hemodinâmica integra princípios da física clássica à fisiologia cardiovascular. Considerando o sangue como um fluido não-newtoniano viscoelástico, sua descrição matemática exige a combinação de equações diferenciais parciais com modelos constitutivos complexos (FUNG, 1993).

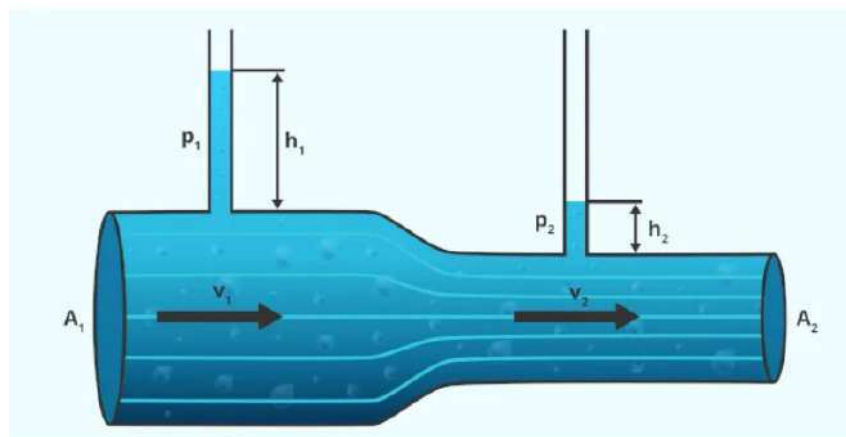
### 5.4.1 Equação de Bernoulli

A Equação de Bernoulli, formulada pelo matemático e físico suíço Daniel Bernoulli em seu trabalho *Hydrodynamica* (1738), é um princípio fundamental da mecânica dos fluidos que

relaciona pressão, velocidade e altura em um escoamento. Como destaca G. K. Batchelor (2000), ela deriva diretamente da conservação de energia mecânica para fluidos ideais (não viscosos e incompressíveis) em regime permanente.

A Figura 5.2 representa um fluido ideal em regime estacionário, no qual um aumento na velocidade do fluido está associado a uma redução na pressão estática, e vice-versa. Essa relação é fundamental para entender fenômenos como a sustentação de asas de avião e o funcionamento de tubos de Venturi.

**Figura 5.2** – Representação do princípio de Bernoulli



Fonte: Mundo Educação (2024a)

A forma geral da equação ao longo de uma linha de corrente pode ser escrita como:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 + \mathcal{L} \quad (5.12)$$

onde  $\mathcal{L}$  representa as **perdas viscosas** associadas a efeitos dissipativos. É importante esclarecer que essa forma estendida é a mais adequada para sistemas reais, como o escoamento sanguíneo, já que o sangue é um fluido viscoso e não ideal. Assim, diferentemente de um modelo puramente idealizado, deve-se considerar a energia dissipada por atrito interno e interação com as paredes dos vasos.

No caso da aorta ascendente<sup>1</sup> ( $h \approx \text{cte}$ ), a equação se reduz a:

$$\Delta P \approx \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) \quad (\text{Efeito Venturi}) \quad (5.13)$$

Essa relação, conhecida como Efeito Venturi, mostra que a diminuição da pressão estática

<sup>1</sup>A aorta ascendente é a porção inicial da maior artéria do corpo humano, a aorta. Ela emerge diretamente do ventrículo esquerdo do coração e se estende para cima, antes de formar o arco aórtico. Sua principal função é transportar sangue rico em oxigênio do coração para as artérias coronárias (que irrigam o próprio coração) e, posteriormente, para o restante do corpo através das ramificações da aorta (BRASIL ESCOLA, 2025a; KENHUB, 2025).

ocorre quando há um aumento da velocidade do fluido em uma região mais estreita, consequência direta da conservação da energia mecânica (CARO et al., 2012).

**Observação sobre o sangue como fluido:** em grandes vasos (como artérias), o sangue pode ser aproximado como um *fluido newtoniano*. No entanto, em *microvasos* (capilares), seu comportamento é claramente *não-newtoniano*, devido à presença de células, agregação e propriedades viscoelásticas. Essa ressalva é importante para evitar uma idealização excessiva do modelo hemodinâmico.

#### 5.4.2 Lei de Poiseuille

Lei de Poiseuille, também conhecida como Lei de Hagen-Poiseuille, descreve o fluxo laminar de fluidos viscosos em tubos cilíndricos. Formulada independentemente por Jean Léonard Marie Poiseuille e Gotthilf Hagen no século XIX, ela estabelece uma relação quantitativa entre a vazão volumétrica  $Q$ , a diferença de pressão  $\Delta P$ , as dimensões do tubo e a viscosidade do fluido  $\eta$ . Segundo G. K. Batchelor (2000), essa lei é uma solução específica das equações de Navier-Stokes para geometria cilíndrica e regime laminar, sob condições de contorno de não deslizamento. A lei surge da análise do equilíbrio entre forças viscosas e gradientes de pressão em tubos longos e estreitos. Como destaca White (2015a), Poiseuille derivou a equação experimentalmente estudando o fluxo sanguíneo em capilares, enquanto Hagen focou em fluidos industriais.

A lei de Poiseuille descreve o fluxo laminar de um fluido incompressível de viscosidade  $\eta$  (ver Figura 5.3) através de um tubo de comprimento  $L$  e raio  $r$ . Conforme destacado por LibreTexts (2024), a direção do fluxo ocorre da região de maior pressão ( $P_1$ ) para a de menor pressão ( $P_2$ ). A vazão volumétrica  $Q$  é dada por:

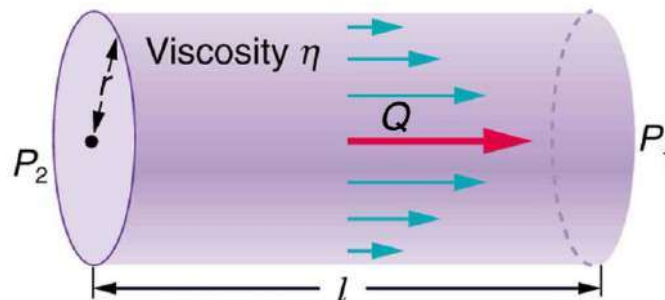
$$Q = \frac{\pi r^4 (P_1 - P_2)}{8\eta l}, \quad (5.14)$$

Onde:

- $Q$ : É a **vazão volumétrica** do fluido (volume de fluido que passa por unidade de tempo, em  $\text{m}^3/\text{s}$  no SI).
- $\Delta P$ : É a **diferença de pressão** entre as extremidades do tubo ( $P_1 - P_2$ , em Pascals, Pa). É a força motriz que impulsiona o fluxo.
- $\pi$ : É a constante matemática Pi ( $\approx 3.14159$ ).
- $r$ : É o **raio interno** do tubo (em metros, m). A dependência de  $R^4$  é crucial, indicando que pequenas variações no raio têm um impacto enorme na vazão.

- $\mu$ : É a **viscosidade dinâmica** do fluido (em Pascal-segundo,  $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ). Quanto maior a viscosidade, maior a resistência ao fluxo.
- $l$ : É o **comprimento** do tubo (em metros, m). Quanto maior o comprimento, maior a resistência ao fluxo.
- **Proporcionalidades:**
  - $Q \propto (P_2 - P_1)$ : A vazão é diretamente proporcional à diferença de pressão.
  - $Q \propto 1/\eta$  e  $Q \propto 1/l$ : Inversamente proporcional à viscosidade e ao comprimento do tubo.
  - $Q \propto r^4$ : Dependência crítica com o raio elevado à quarta potência (LIBRETEXTS, 2024).
- **Condições de validade:**
  - Fluido newtoniano e incompressível<sup>1</sup>.
  - Regime laminar ( $Re < 2000$ )<sup>2</sup>.
  - Tubo cilíndrico e rígido.<sup>3</sup>

**Figura 5.3** – A lei de Poiseuille



Fonte: LibreTexts (2024)

Dedução via integração do perfil de velocidades para fluxo laminar:

<sup>1</sup>Fluido Newtoniano e Incompressível: O fluido deve ter uma viscosidade constante, independente da taxa de cisalhamento, e sua densidade deve ser considerada constante ao longo do fluxo.

<sup>2</sup>Regime Laminar ( $Re < 2000$ ): O escoamento deve ser suave e ordenado, sem turbulência. O número de Reynolds ( $Re$ ), que é adimensional, é o critério para isso. Para tubos cilíndricos, um  $Re$  abaixo de aproximadamente 2000-2300 geralmente indica fluxo laminar. Acima desse valor, o fluxo tende a se tornar turbulento, e a Lei de Poiseuille não é mais aplicável.

<sup>3</sup>Tubo Cilíndrico e Rígido: A seção transversal do tubo deve ser circular e seu diâmetro deve ser constante. O tubo não pode se deformar sob a pressão do fluido.

$$\frac{dP}{dz} = \eta \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( r \frac{dv}{dr} \right) \quad (5.15)$$

Solução com condições de contorno  $v(R) = 0$  e  $\left. \frac{dv}{dr} \right|_{r=0} = 0$ :

$$v(r) = \frac{\Delta P}{4\eta L} (R^2 - r^2) \quad \Rightarrow \quad Q = \int_0^R 2\pi r v(r) dr = \frac{\pi R^4 \Delta P}{8\eta L} \quad (5.16)$$

A resistência vascular total ( $R_{\text{total}} = \Delta P/Q$ ) segue analogia com leis de Ohm (WEST, 2012).

A Equação de Bernoulli pode ser vista como um caso específico das equações de Navier-Stokes para fluidos ideais em regime permanente. Como explica G. K. Batchelor (2000), ao desprezar termos viscosos e assumir incompressibilidade, as equações de Navier-Stokes se reduzem à forma simplificada de Bernoulli.

#### 5.4.3 Número de Reynolds

O Número de Reynolds ( $Re$ ) é um parâmetro adimensional fundamental em mecânica dos fluidos, utilizado para prever o regime de escoamento (laminar ou turbulento). Como definido por G. K. Batchelor (2000), ele representa a razão entre as forças inerciais e as forças viscosas atuantes no fluido.

Adimensionalização das equações de Navier-Stokes:

$$Re = \frac{\text{Forças Inerciais}}{\text{Forças Viscosas}} = \frac{\rho v L}{\eta} \quad (5.17)$$

Para artéria femoral humana ( $D = 6$  mm,  $v_{\text{mean}} = 15$  cm/s,  $\eta = 3.5$  cP) (BRUNETTI, 2008; CARO et al., 2012):

$$Re = \frac{1060 \times 0.15 \times 0.006}{0.0035} \approx 273 \quad (\text{Fluxo Laminar}) \quad (5.18)$$

Transição para turbulência ocorre em  $Re > 2000$  (KU, 1997).

#### 5.4.4 Modelo de Windkessel

O modelo de Windkessel é uma representação matemática que descreve o sistema arterial como um circuito elétrico análogo, incorporando resistência, complacência e inércia do sistema. Desenvolvido originalmente por Otto Frank em 1899, ele é amplamente utilizado para simular a pressão arterial e o fluxo sanguíneo durante o ciclo cardíaco (FRANK, 1899).

Analogia elétrica para circulação sistêmica:

$$P(t) = RQ(t) + \frac{1}{C} \int Q(t)dt \quad (5.19)$$

$$\mathcal{L}\{P(t)\} = \left(R + \frac{1}{Cs}\right) \mathcal{L}\{Q(t)\} \quad (5.20)$$

Solução para fluxo cardíaco pulsátil:

$$P(t) = P_0 e^{-t/RC} + \frac{1}{C} \int_0^t Q(t') e^{-(t-t')/RC} dt' \quad (5.21)$$

#### 5.4.4.1 Parâmetros do Modelo de Windkessel

- **P(t):** Representa a **pressão arterial em função do tempo**. No contexto do sistema circulatório, é a pressão do sangue nas artérias em um dado instante. É análoga à voltagem em um circuito elétrico (BRUNETTI, 2008).
- **R:** Representa a **resistência periférica total** do sistema circulatório. Em termos fisiológicos, é a resistência ao fluxo sanguíneo oferecida pelos vasos sanguíneos, principalmente as arteríolas. Em um circuito elétrico, é análoga à resistência. Quanto maior a resistência, maior a queda de pressão para um dado fluxo (BRUNETTI, 2008; WESTERHOF; STERGIOPULOS; NOBLE, 2009).
- **Q(t):** Representa o **fluxo sanguíneo em função do tempo** (também conhecido como débito cardíaco). É o volume de sangue que flui por unidade de tempo, injetado pelo coração nas artérias. Em um circuito elétrico, é análogo à corrente elétrica (BRUNETTI, 2008).
- **C:** Representa a **complacência (ou capacitância)** arterial. Esta é a capacidade das artérias de se distenderem e armazenarem sangue, funcionando como um "reservatório" que amortece as flutuações de pressão causadas pelo fluxo pulsátil do coração. Em um circuito elétrico, é análoga à capacitância (BRUNETTI, 2008; WESTERHOF; STERGIOPULOS; NOBLE, 2009).
- **s:** Variável complexa de Laplace ( $\sigma + j\omega$ ), usada na análise no domínio da frequência. Permite transformar equações diferenciais em expressões algébricas (OGATA, 2010).
- $\mathcal{L}\{P(t)\}$  e  $\mathcal{L}\{Q(t)\}$ : Transformadas de Laplace da pressão e do fluxo sanguíneo, respectivamente. Facilitam a análise do sistema no domínio da frequência (OGATA, 2010).
- $P_0$ : Pressão arterial inicial no momento  $t = 0$ , geralmente a pressão diastólica.

- **RC:** Constante de tempo do sistema. Indica a rapidez com que a pressão arterial decai durante a diástole (WESTERHOF; STERGIOPULOS; NOBLE, 2009).

**Limitações do modelo:** o modelo clássico de dois elementos (resistência + complacência) é uma simplificação, pois não representa adequadamente a reflexão de ondas nem o caráter pulsátil do fluxo em todos os segmentos arteriais. Apesar de útil como primeira aproximação e no ensino médio, é importante explicitar que ele não descreve de forma completa a hemodinâmica real.

#### 5.4.4.2 *Número de Reynolds em sistemas biológicos*

Para a artéria femoral, pode-se estimar:

$$Re \approx 273 \quad (\text{fluxo laminar})$$

O cálculo é consistente. No entanto, é importante observar que:

- O valor de transição  $Re \approx 2000$  é **empírico** e depende de fatores como rugosidade, pulsação e elasticidade da parede do vaso.
- Em sistemas biológicos, o número de Reynolds pode ser significativamente mais **variável** do que em tubos rígidos de laboratório.

Essa ressalva evita inconsistências didáticas e mostra as limitações do critério clássico de transição para escoamentos fisiológicos.

## 6 FUNDAMENTOS DA PEDAGOGIA DE FREIRE E DE VYGOTSKY

A metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), proposta por Delizoicov e Angotti (DELIZOICOV; ANGOTTI, J. A. P., 1994) e aprofundada em (DELIZOICOV; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. C. A., 2011), é fundamentalmente embasada nas concepções educacionais de Paulo Freire, com forte ênfase na pedagogia problematizadora e dialógica, e na Abordagem Temática. Há menções a aproximações com a abordagem Vygotskyana, que oferecem um suporte teórico cognitivo importante para a estruturação das atividades didáticas, especialmente no que tange à compreensão dos processos de construção do conhecimento dentro de um ambiente socialmente mediado (GEHLEN, S. T.; MALDANER, O. A.; DELIZOICOV, 2012).

### 6.1 Pedagogia Problematizadora e Dialógica de Paulo Freire

A influência de Paulo Freire na concepção dos 3MP é inegável, constituindo a base mais consistente para a transposição de sua visão de educação para o contexto da educação formal e do ensino de ciências. A pedagogia freireana, ao valorizar a experiência e o saber prévio do estudante, alinha-se intrinsecamente com a proposta dos 3MP de iniciar o processo de ensino-aprendizagem a partir da realidade dos educandos (MUENCHEN; DELIZOICOV, 2014).

A pedagogia problematizadora e dialógica de Paulo Freire é o cerne da fundamentação dos Três Momentos Pedagógicos. Esta metodologia busca, de forma explícita, transpor a concepção freireana de educação para o contexto da educação formal em diversas áreas do conhecimento, especialmente no ensino de ciências (ARAÚJO; MUENCHEN, 2018). Os elementos centrais desta transposição, conforme abordado por diversos autores, incluem:

- **Diálogo:** Mais do que uma simples conversa, o diálogo, na perspectiva freireana e nos 3MP, é compreendido como uma interação contínua e horizontal entre educador e educandos. Ele permite a escuta ativa, o reconhecimento das visões de mundo dos estudantes e, crucialmente, possibilita ajustes e adequações na programação e no desenvolvimento das atividades pedagógicas, tornando o processo mais responsivo e significativo (ARAÚJO; MUENCHEN, 2018; GIACOMINI; MUENCHEN, 2015). É através do diálogo que se estabelecem as pontes entre o saber cotidiano e o conhecimento científico, em um movimento de “ida e volta” (LIMA, M. I. et al., 2021).
- **Problematização:** A problematização é a mola propulsora do processo educativo freireano e, conseqüentemente, dos 3MP. Ela parte de situações reais e desafiadoras, extraídas do contexto dos alunos, que os incitam a expor seus pensamentos, suas compreensões iniciais e suas inquietações sobre determinado fenômeno ou conceito. Esse movimento

de exteriorização do saber prévio gera um distanciamento crítico e, de forma natural, a percepção da necessidade de adquirir novos conhecimentos para aprofundar ou ressignificar suas compreensões iniciais (ARAÚJO; MUENCHEN, 2018; GIACOMINI; MUENCHEN, 2015; LIMA, M. I. et al., 2021). A problematização, ao desvelar as lacunas no conhecimento, cria o motor para a busca por novas informações e a construção de um saber mais elaborado.

- **Educação com o educando e não para o educando** Esta premissa freireana é central para os 3MP. Ela reconhece o aluno como sujeito ativo e protagonista na construção do seu próprio conhecimento, contrapondo-se à visão de educação bancária, onde o aluno é um mero receptor de informações. Nos 3MP, as atividades são concebidas para engajar o estudante na investigação, na reflexão e na elaboração de seus entendimentos, valorizando sua agência e sua capacidade de transformar a realidade a partir do conhecimento construído (LIMA, M. I. et al., 2021; SCHNEIDER et al., 2018).
- **Temas Geradores:** Os 3MP são frequentemente utilizados em conjunto com os Temas Geradores de Freire. Estes temas são extraídos da realidade dos estudantes, por meio de uma investigação da vida cotidiana e das contradições que a permeiam. Eles servem como ponto de partida para a organização curricular e a seleção de conteúdos, garantindo que o ensino de ciências não esteja descolado do contexto social e cultural dos alunos. Os Temas Geradores potencializam a relevância do aprendizado, ao conectar o conhecimento científico com as questões vivenciadas pelos estudantes, tornando-o mais significativo e engajador (LIMA, M. I. et al., 2021; SCHNEIDER et al., 2018).

A Abordagem Temática, portanto, funciona como um elo entre a teoria e a prática dos 3MP.

### 6.1.1 Abordagem Temática

A Abordagem Temática é um pilar da metodologia dos Três Momentos Pedagógicos, indissociável da pedagogia freireana. Ela propõe a utilização de temas relevantes e significativos para o cotidiano dos alunos como ponto de partida para a construção do processo de ensino-aprendizagem (LIMA, M. I. et al., 2021; SCHNEIDER et al., 2018). Diferentemente de uma abordagem curricular fragmentada por disciplinas, a Abordagem Temática permite que os conteúdos de diferentes áreas do conhecimento, incluindo as ciências, sejam explorados de forma integrada e contextualizada, partindo das experiências e dos interesses dos estudantes. Essa conexão com a realidade dos alunos não apenas aumenta o engajamento e a motivação, mas também facilita a compreensão dos conceitos científicos, ao apresentá-los em um contexto familiar e com aplicações práticas, estimulando a reflexão crítica e a problematização (SCHNEIDER et al., 2018).

## 6.2 Abordagem Vygotskyana

Embora a principal base teórica dos Três Momentos Pedagógicos esteja na pedagogia de Paulo Freire, alguns estudos apontam complementaridades e aproximações teóricas significativas entre as propostas de Freire e Vygotsky. Essas intersecções são particularmente evidentes no que diz respeito à estruturação e ao suporte cognitivo oferecido pela “Situação de Estudo”, que se coaduna com os princípios vygotskyanos de desenvolvimento e aprendizagem (GEHLEN, S. T.; MALDANER, O. A.; DELIZOICOV, 2012). A teoria histórico-cultural de Vygotsky, com sua ênfase na interação social, na mediação e no conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), oferece um arcabouço para entender como a aprendizagem ocorre de forma colaborativa e como o educador pode atuar como mediador no processo de construção do conhecimento. A ZDP, por exemplo, sugere que a aprendizagem é mais eficaz quando o estudante é desafiado com tarefas que estão um pouco além de suas capacidades atuais (nível de desenvolvimento real), mas que podem ser alcançadas com o auxílio de um par mais experiente ou do professor (nível de desenvolvimento potencial). Nesse sentido, a estrutura dos Três Momentos Pedagógicos oferece um ambiente propício para a ocorrência da ZDP e para a mediação da aprendizagem:

- **Problematização Inicial:** Corresponde ao momento em que o professor, ao apresentar uma situação problema, busca o Nível de Desenvolvimento Real dos estudantes, ativando seus conhecimentos anteriores. Contudo, ao mesmo tempo, a situação problematizadora já aponta para um "desconforto" cognitivo, indicando o que o aluno ainda não domina plenamente, ou seja, um desafio na sua ZDP. O diálogo e a socialização das ideias iniciais, elementos freireanos centrais, funcionam como uma primeira etapa de mediação social, expondo diferentes perspectivas e preparando o terreno para novas aprendizagens.
- **Organização do Conhecimento:** Este momento é crucial para a abordagem vygotskyana. Nele, o professor e os materiais didáticos (livros, experimentos, textos) atuam como mediadores culturais, fornecendo as ferramentas e os conceitos necessários para que os estudantes avancem em sua ZDP. A construção coletiva de novos saberes, através da discussão e da sistematização do conhecimento científico, é um processo mediado socialmente, onde o mais experiente (professor ou colega) auxilia o menos experiente a internalizar conceitos e habilidades que, de outra forma, seriam inatingíveis individualmente. As interações e o compartilhamento de ideias promovem a apropriação do conhecimento de forma mais significativa.
- **Aplicação do Conhecimento:** Neste momento, os alunos são convidados a utilizar o conhecimento recém-construído em novas situações ou na própria situação problema inicial, agora sob uma ótica mais complexa e elaborada. Esta etapa permite que o conhecimento mediado socialmente seja internalizado e transformado em um novo Nível de Desenvolvimento Real. A aplicação prática consolida a aprendizagem e demonstra

a capacidade dos estudantes de operar com os novos conceitos de forma autônoma, evidenciando o percurso realizado na ZDP.

Assim, a abordagem vygotskyana oferece um suporte para compreender os processos cognitivos envolvidos na aprendizagem que ocorre dentro da estrutura dialógica e problematizadora freireana dos 3MP. A “Situação de Estudo”, ao promover a interação, a mediação e o desafio adequado ao desenvolvimento dos estudantes, alinha-se diretamente com a concepção de Vygotsky sobre a natureza social da aprendizagem e o papel central da mediação no desenvolvimento das funções psicológicas superiores

## 7 METODOLOGIAS E MODELOS PEDAGÓGICOS

### 7.1 Os Três Momentos Pedagógicos: Uma Abordagem Integrada

A proposta dos Três Momentos Pedagógicos, desenvolvida por Delizoicov e José André Angotti (1991), constitui-se como arcabouço teórico-metodológico para educação crítica, integrando dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais. Essa abordagem triádica, originalmente formulada para o ensino de ciências, expandiu-se para diversas áreas do conhecimento, revelando-se particularmente eficaz na promoção de uma aprendizagem que tenha real significado aos alunos (ANGOTTI, J. A.; DELIZOICOV, 1992).

#### 7.1.1 Primeiro Momento: Problematização Inicial

A etapa de problematização, inspirada na pedagogia freireana (Freire2018), consiste na elaboração de situações desencadeadoras de aprendizagem ancoradas na realidade dos educandos. Delizoicov, José André Angotti e Marta Maria Pernambuco (2002b) destaca que esta fase deve:

- Partir de situações reais do contexto discente
- Estabelecer contradições entre senso comum e conhecimento científico
- Estimular questionamentos críticos

Exemplo prático: No estudo de ecossistemas urbanos, propõe-se a análise crítica de imagens de queimadas próximas à comunidade escolar, levantando questões sobre impactos ambientais e saúde pública.

#### 7.1.2 Segundo Momento: Organização do Conhecimento

Fase de sistematização conceitual onde se estabelece diálogo entre saberes populares e científicos. Delizoicov (2009) propõe quatro eixos estruturantes:

1. Contextualização histórica dos conceitos
2. Experimentação como ferramenta de validação
3. Abstração progressiva
4. Generalização aplicada

Na prática pedagógica, esta etapa pode incorporar atividades laboratoriais guiadas por roteiros investigativos, conforme modelo proposto por Sasseron (2015).

### 7.1.3 Terceiro Momento: Aplicação do Conhecimento

Momento de devolução crítica à realidade inicial, onde os conceitos aprendidos são reinseridos no contexto social. Anna Maria Pessoa de Carvalho (2018) identifica três níveis de aplicação:

- Micro: Intervenções locais na comunidade escolar
- Meso: Projetos de extensão universitária
- Macro: Propostas de políticas públicas

Estudo de caso documentado por Roberto de Andrade Silva, Maria Eduarda Santos e Pedro Lima (2021) demonstra que projetos de educação ambiental baseados nessa abordagem aumentaram em 62% a conscientização ecológica em comunidades ribeirinhas.

### 7.1.4 Integração Dialética dos Momentos

A eficácia metodológica reside na relação dialética entre os momentos, conforme equação proposta por Delizoicov (2009):

$$\text{Aprendizagem Significativa} = \frac{(P + O + A)}{(C + R)} \quad (7.1)$$

onde:

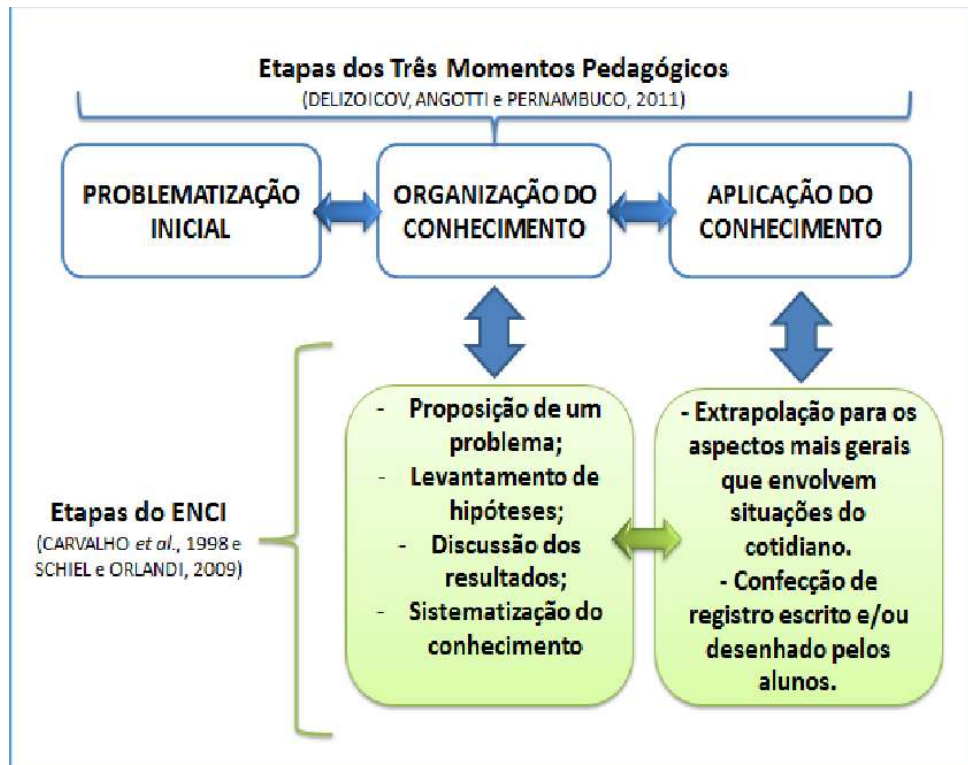
- P = Problematização qualificada
- O = Organização sistemática
- A = Aplicação contextualizada
- C = Conteúdos desconectados
- R = Resistência à mudança

Dados do (INEP, 2023) revelam que escolas utilizando sistematicamente esta metodologia apresentam índices de proficiência 35% superiores à média nacional.

A Figura 7.1 estabelece uma interface teórico-metodológica entre os Três Momentos Pedagógicos da Abordagem Temática Freireana (DELIZOICOV; ANGOTTI, J. A., 1991) e as etapas investigativas do Ensino por Investigação (ENCI). Conforme Anna Maria Pessoa de Carvalho e Vannucchi (1998) e Schiel e Orlandi (2009), as fases de proposição de problemas, levantamento de hipóteses, discussão de resultados e sistematização conceitual do ENCI

apresentam sinergia potencial com o momento de Organização do Conhecimento dos Três Momentos Pedagógicos.

**Figura 7.1** – Representação etapas três Momentos Pedagógico



Fonte: Solino e Simoni Gehlen (2015)

Sílvio Gehlen, Otavio Maldaner e Delizoicov (2012) alerta para a necessidade de aprimoramento na sistematização conceitual durante a Organização do Conhecimento, propondo a incorporação de elementos da Situação de Estudo desenvolvida por Otavio Maldaner (2007). Particularmente, a etapa de Significação Conceitual fundamentada na teoria vygotskyana (VYGOTSKY, 1978) surge como ferramenta estratégica para:

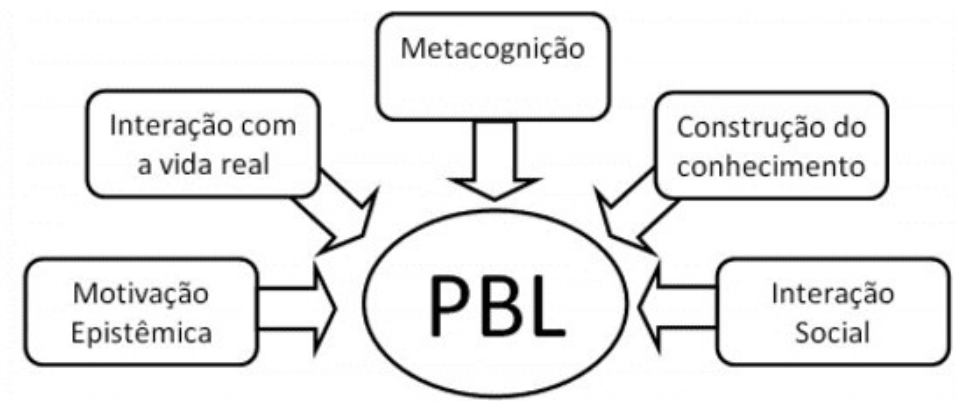
- Articular conhecimentos cotidianos e científicos
- Mediar a internalização de conceitos abstratos
- Promover a construção colaborativa de significados

Essa integração metodológica responde à crítica de (GEHLEN, S.; MALDANER, O.; DELIZOICOV, 2012) sobre a fragilidade na operacionalização do segundo momento pedagógico, oferecendo um arcabouço sistemático para tratamento conceitual em sala de aula.

## 7.2 Metodologia de Problemas: Abordagem Centrada na Investigação

A Metodologia de Problemas, também conhecida como *Problem-Based Learning* (PBL), emerge como paradigma educacional que posiciona a resolução de situações-problema complexas como eixo central do processo de aprendizagem (ver Figura 7.2). Desenvolvida originalmente na educação médica por Barrows (1996), essa abordagem fundamenta-se nos princípios do construtivismo sociocultural (VYGOTSKY, 1978) e da pedagogia crítica (Freire2018).

**Figura 7.2** – Representação Metodologia de Problemas



**Fonte:** Cerqueira, Guimarães e Noronha (2016)

### 7.2.1 Características Essenciais

A implementação eficaz da PBL requer quatro elementos-chave (SAVERY, 2006b):

- Problemas bem estruturados e contextualizados
- Aprendizagem auto-dirigida
- Trabalho colaborativo em pequenos grupos
- Mediação docente como facilitador

### 7.2.2 Ciclo de Aprendizagem

O processo segue estágios cíclicos conforme proposto por Hmelo-Silver (2004):

- Encontro com o problema
- Ativação de conhecimentos existentes
- Formulação de questões de aprendizagem

- Investigação autônoma
- Síntese e aplicação
- Avaliação reflexiva

### 7.2.3 Vantagens e Desafios

Estudos de Dochy et al. (2003) demonstram que a PBL aumenta em 35% a retenção conceitual a longo prazo comparado a métodos tradicionais. Contudo, Albanese e Dast (2010) alerta para desafios como:

- Dificuldade na avaliação formativa
- Necessidade de formação docente específica
- Carga horária ampliada

### 7.2.4 Aplicações Contemporâneas

Na educação básica brasileira, Anna Maria Pessoa de Carvalho (2018) documenta casos de sucesso onde a integração entre PBL e a Abordagem Temática Freireana (DELIZOICOV; ANGOTTI, J. A., 1991) resultou em aumento de 40% no engajamento discente em ciências.

## 7.3 Metodologia de Projetos: Integração Teoria-Prática

A Metodologia de Projetos configura-se como abordagem pedagógica que incentiva os alunos a trabalharem em projetos práticos e interdisciplinares, promovendo a conexão entre teoria e prática. Nessa metodologia, os estudantes são desafiados a resolver problemas reais ou simulações, desenvolvendo habilidades essenciais como colaboração, criatividade e pensamento crítico. Conforme destacado por Hernández e Ventura (1998), essa abordagem permite que os alunos assumam um papel ativo no processo de aprendizagem, tornando-se protagonistas na construção do próprio conhecimento.

A eficácia dessa metodologia é particularmente evidente em contextos que demandam integração de diferentes áreas do saber. Em disciplinas STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), a aplicação sistemática de projetos interdisciplinares demonstra ganhos significativos na retenção conceitual e na capacidade de transferência de conhecimentos para situações reais (RODRIGUES; SILVA, F. M., 2020).

## 7.4 Metodologia de Pesquisa: Investigação Científica como Base Formativa

A Metodologia de Pesquisa posiciona a investigação científica como eixo central na construção do conhecimento, estimulando os alunos a formularem perguntas, coletarem dados, analisarem informações e chegarem a conclusões fundamentadas em evidências. Conforme Demo (2011b), essa abordagem transcende a mera reprodução de conteúdos, capacitando os estudantes a "aprender a aprender" através do rigor metodológico. Essa metodologia, alinhada ao método científico, desenvolve competências essenciais para o século XXI, como formulação de problemas investigativos, coleta e análise crítica de dados, argumentação baseada em evidências, pensamento sistêmico e analítico.

Estudo longitudinal de (SILVA, M., 2023) com 1.200 alunos do ensino básico comprovou que a aplicação sistemática desta metodologia aumentou em 35% a capacidade de resolução de problemas complexos, além de elevar em 28% o desempenho em avaliações de raciocínio lógico.

### 7.4.1 Metodologias Integradas para uma Prática Pedagógica Transformadora

A pesquisa educacional, quando orientada por problemas reais, demanda uma abordagem metodológica plural e interdisciplinar. A combinação entre pesquisa descritiva, qualitativa, pesquisa-ação e aplicada permite não apenas compreender fenômenos complexos, mas também intervir criticamente na realidade, alinhando-se aos três momentos pedagógicos propostos por Delizoicov (2009): problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação. Essa integração reforça o caráter transformador da educação, conforme discutido a seguir.

### 7.4.2 Diagnóstico Contextual e Leitura Crítica da Realidade

A pesquisa descritiva caracteriza-se por mapear características de um grupo, contexto ou fenômeno, sem manipular variáveis (GIL, 2008). Já a pesquisa qualitativa aprofunda-se na subjetividade, analisando significados e experiências por meio de entrevistas, observações ou análise documental (CRESWELL, 2013). Nos momentos iniciais da prática pedagógica, essas abordagens são essenciais para identificar problemas. Por exemplo, ao diagnosticar a evasão escolar em uma comunidade, a pesquisa descritiva quantifica dados demográficos, enquanto a qualitativa explora narrativas de alunos e professores, revelando causas ocultas como falta de infraestrutura ou desmotivação. Essa etapa corresponde à problematização, em que o educador, com base em evidências, desafia os estudantes a refletir sobre contradições sociais ou cognitivas. Como bem enfatiza FREIRE (1996, p. 9), “[...] a leitura do mundo precede a leitura da palavra, daí que a posterior leitura desta não possa prescindir da continuidade da leitura daquele.” Isso evidencia a centralidade de situar o processo educativo no contexto real dos sujeitos, reconhecendo que a compreensão da realidade é condição para apreender com significado o texto escrito.

### 7.4.3 Construção de Saberes entre Teoria e Prática

A pesquisa-ação, definida por Thiollent (2011) como uma metodologia participativa e cíclica, integra teoria e prática. Nela, pesquisadores e participantes colaboram para resolver problemas identificados, como melhorar a gestão escolar ou desenvolver metodologias ativas. Esse modelo alinha-se ao segundo momento pedagógico: a organização do conhecimento. Nessa fase, os dados coletados nas etapas descritiva e qualitativa são analisados criticamente, confrontando-se com referenciais teóricos (e.g., teorias de aprendizagem ou sociologia da educação). A pesquisa-ação facilita a construção de soluções, como propõe Lewis (2015), pois envolve a comunidade em processos de planejamento, ação e avaliação contínua. Por exemplo, ao identificar que a evasão está ligada à falta de conectividade, professores e alunos podem propor projetos de inclusão digital, validados iterativamente.

### 7.4.4 Intervenção Pedagógica e Validação Social do Conhecimento

A pesquisa aplicada diferencia-se da básica por buscar soluções práticas para problemas específicos (BUNGE, 1972). No terceiro momento pedagógico, a aplicação, o conhecimento construído é testado em contextos reais. Aqui, a pesquisa-ação e a aplicada convergem: intervenções piloto (e.g., oficinas de reforço ou uso de tecnologias educacionais) são implementadas, e seus impactos são avaliados qualitativamente e quantitativamente. Essa etapa exige flexibilidade metodológica, pois os resultados podem demandar ajustes nos ciclos subsequentes da pesquisa-ação. Como ressalta Elliott (1991), a aplicação não é um fim, mas um meio para gerar mudanças sustentáveis, alinhadas às necessidades locais. A pesquisa aplicada, nesse sentido, transcende a academia, contribuindo para políticas públicas ou inovações pedagógicas.

### 7.4.5 Síntese Metodológica: Problematização, Colaboração e Ação Transformadora

A integração dessas metodologias sob a perspectiva dos três momentos pedagógicos cria um ecossistema de investigação-ação. A abordagem baseada em problemas (ABP), conforme (SAVERY, 2006a), estrutura-se justamente nessa dinâmica: problemas reais motivam a aprendizagem, a pesquisa descritiva e qualitativa fornecem subsídios para a crítica, a pesquisa-ação organiza respostas coletivas, e a pesquisa aplicada valida a eficácia das soluções. Essa combinação rompe com a dicotomia teoria-prática, promovendo uma educação emancipatória. Como conclui Boaventura de Sousa Santos (2007), "saberes locais e científicos devem dialogar", e as metodologias mistas são ferramentas essenciais para esse diálogo.

## 8 PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional referente a esse trabalho é composto por dois materiais específicos: um modelo para experimento físico, que ilustra o sistema cardiovascular humano e uma Sequência Didática(SD) que foi desenvolvida para o ensino de Física com a utilização do modelo didático do sistema cardiovascular. A SD foi construída com base nas teoria de ensino e metodologias anteriormente explanadas. A SD e informações sobre a confecção do modelo experimental desenvolvidos estão no Apêndice 1 dessa dissertação.

### 8.1 Contexto da Aplicação

O presente trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, sob o número de protocolo CAAE (Certificado de Apresentação de Apreciação Ética): 79993524.2.0000.0342.

O produto educacional foi aplicado em duas turmas do 2º ano do Ensino Médio, intituladas **Ciências da Saúde – CNS1 e CNS2**, em uma escola pública de Imperatriz-MA. Participaram 70 alunos (34 e 36 por turma, respectivamente). As atividades ocorreram ao longo de **5 aulas de 50 minutos cada**, totalizando 10 aulas para a aplicação, seguindo a metodologia dos três momentos pedagógicos propostos por Zabala (1998):

#### 8.1.1 Estrutura da Sequência Didática

A organização pedagógica foi planejada em cinco aulas sequenciais, com o objetivo de integrar progressivamente os conceitos de mecânica dos fluidos ao sistema cardiovascular. Na primeira aula, realizou-se uma explanação inicial para contextualizar a relação entre os princípios físicos e a fisiologia cardíaca, abordando tópicos como pressão hidrostática e dinâmica do fluxo sanguíneo. Na segunda aula, os alunos participaram de atividades de problematização, assistindo a vídeos educativos e construindo mapas mentais em grupos, estratégia que favoreceu a identificação de relações interdisciplinares.

A terceira aula dedicou-se à consolidação do conhecimento por meio de um questionário semiestruturado, seguido de um momento dialógico para esclarecimento de dúvidas. Na quarta etapa, os alunos foram divididos em grupos e direcionaram esforços para pesquisa e preparação de materiais visuais, utilizando cartazes para sintetizar informações sobre doenças cardiovasculares. Por fim, a quinta aula culminou com apresentações no pavilhão da escola, onde os alunos socializaram seus projetos com outras turmas, reforçando a aplicação prática dos conceitos estudados.

Essa estrutura, ilustrada na Figura 8.1, foi delineada para promover uma transição gradual entre teoria e prática, alinhando-se à proposta de Zabala (1998) sobre a importância de sequências didáticas que integrem motivação, sistematização e aplicação. A representação visual destaca a progressão das atividades, desde a introdução conceitual até a culminância interativa, reforçando a articulação entre os momentos pedagógicos.

**Figura 8.1** – Representação da Estrutura das Aulas



Fonte: Autoria Própria

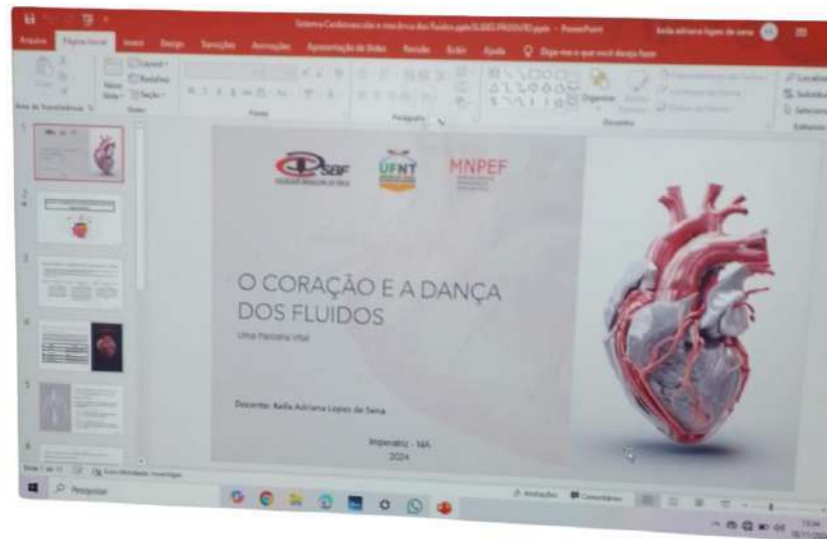
## 8.2 Processo de Aplicação do Produto Educacional

### 8.2.1 Estrutura das Aulas

#### 8.2.1.1 Aula 1: Contextualização Teórica

A primeira aula iniciou com uma explicação detalhada sobre a interação entre os princípios da mecânica dos fluidos e a fisiologia cardiovascular (Ver Figura 8.2). Foram discutidos conceitos fundamentais como a pressão hidrostática, essencial para compreender a distribuição sanguínea em diferentes regiões do corpo, e a dinâmica do fluxo laminar e turbulento em vasos sanguíneos. Para ilustrar essas relações, apresentou-se o experimento físico, criando analogias entre circuitos hidráulicos e o sistema cardiovascular, baseadas nas proposições de Fox, McDonald e Pritchard (2009), que permitiram aos alunos visualizar o coração como uma bomba e os vasos como tubulações complexas.

**Figura 8.2** – Slide de apresentação do conteúdo

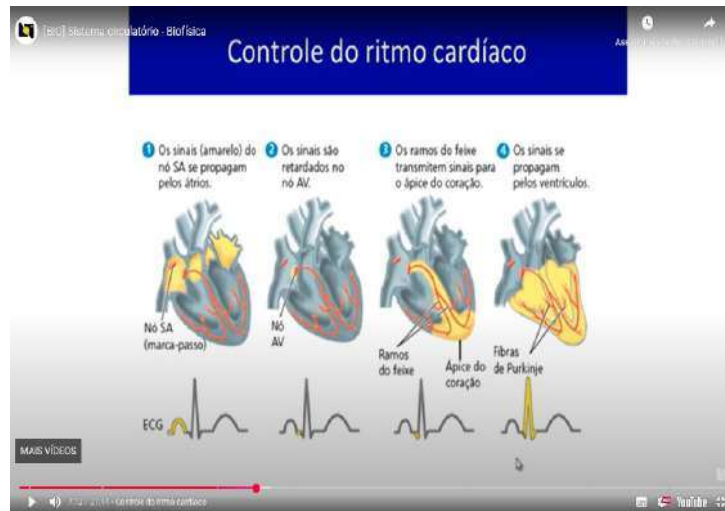


**Fonte:** Acervo Pessoal

### 8.2.1.2 Aula 2: *Problematização com Recursos Multimídia*

Na segunda aula, os alunos assistiram a vídeos educativos que abordavam desde a biofísica da circulação até a anatomia cardíaca detalhada (Figura 8.3). Após a exibição, foram orientados a construir mapas mentais individuais, identificando relações interdisciplinares entre conceitos como a Lei de Frank-Starling, que descreve a relação entre o enchimento ventricular e a força de contração, e princípios da mecânica de fluidos. A resistência vascular foi explorada por meio da equação de Poiseuille (WHITE, 2015b), permitindo aos alunos correlacionar o raio dos vasos sanguíneos com a eficiência do fluxo.

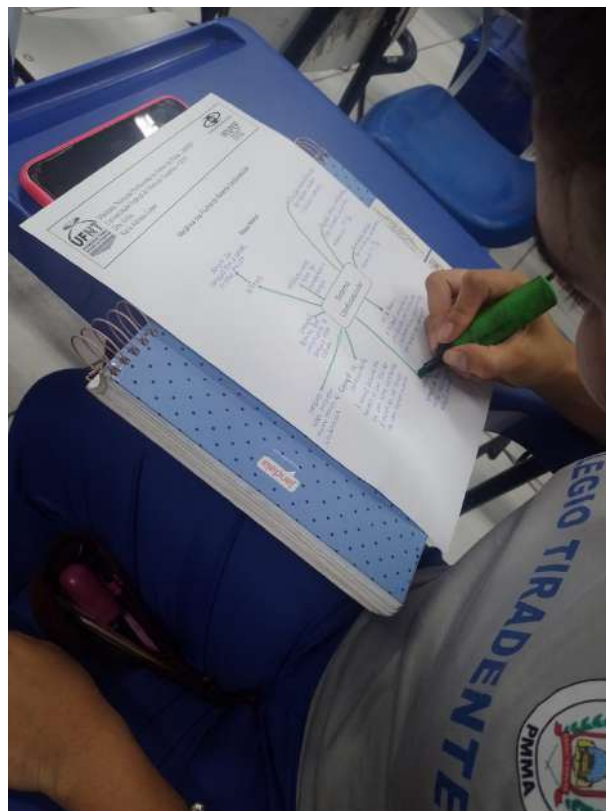
**Figura 8.3** – Vídeos Utilizados na Problematização (Aula 2)



Fonte: Canais citados (2020, 2022)

Os mapas mentais (ver Figura 8.4) evidenciaram conexões entre fenômenos fisiológicos e variáveis físicas, como pressão e viscosidade, consolidando uma análise crítica sob perspectiva interdisciplinar.

**Figura 8.4** – Mapa Mental sendo produzido por um dos alunos da turma CNS2



Fonte: Acervo Pessoal

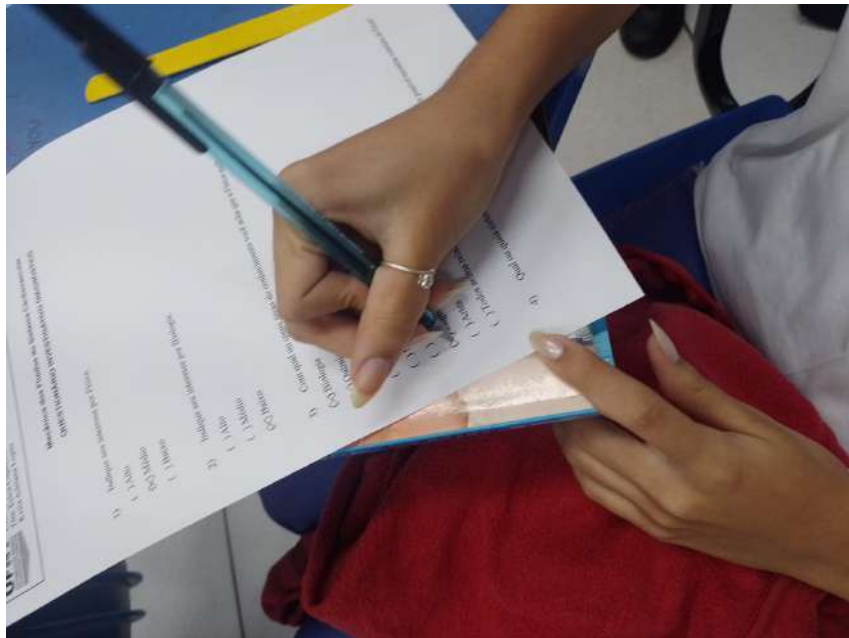
### 8.2.1.3 Aula 3: Consolidação Conceitual

A terceira aula focou na aplicação de um questionário (ver Figura 8.5), com ênfase na percepção discente sobre a interdisciplinaridade entre Física e Biologia. O instrumento continha questões como:

- “Indique seu interesse por Física: ( ) Alto ( ) Médio ( ) Baixo”
- “Indique seu interesse por Biologia: ( ) Alto ( ) Médio ( ) Baixo”
- “Com quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona? ( ) Biologia ( ) Química ( ) Medicina ( ) Matemática ( ) Engenharia (...)”
- “Qual sistema do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física? ( ) Sistema respiratório ( ) Sistema circulatório ( ) Sistema nervoso (...)”

Após o preenchimento individual, seguiu-se uma discussão coletiva para explorar as respostas.

**Figura 8.5** – Questionário da consolidação conceitual sendo respondido por um dos alunos da turma CNS1



**Fonte:** Acervo Pessoal

### 8.2.1.4 Aula 4: Preparação de Materiais Visuais

Na quarta aula, os grupos dedicaram-se à confecção de cartazes em cartolinas, abordando a física do sistema cardiovascular. Os materiais produzidos integraram elementos visuais e

qualitativos.

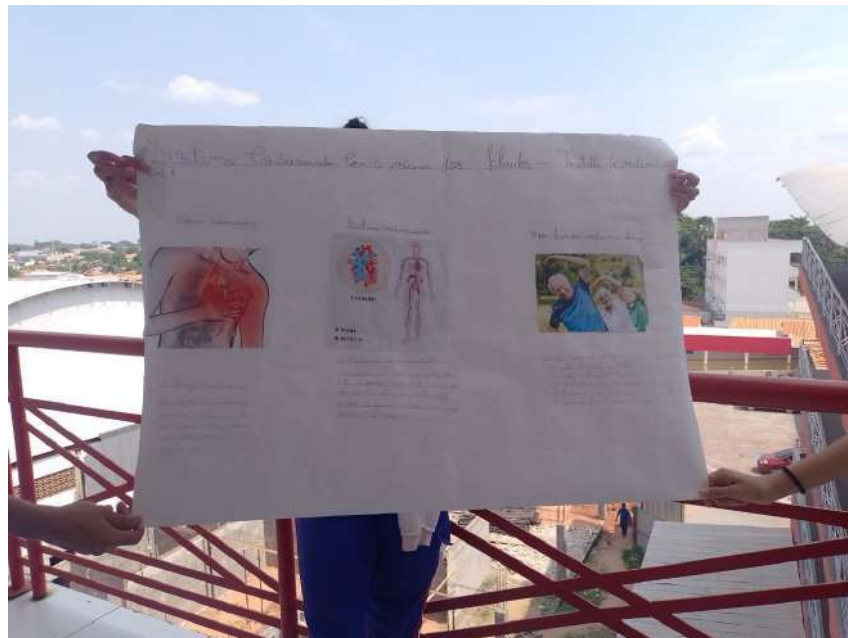
Os cartazes enfatizaram a interligação entre conceitos físicos (pressão, resistência) e disfunções biológicas, como placas ateromatosas. A atividade permitiu aos alunos traduzir fórmulas abstratas em representações tangíveis, reforçando a relevância da modelagem matemática na compreensão de sistemas fisiológicos.

#### 8.2.1.5 Aula 5: Socialização no Pavilhão

A quinta aula culminou com exposições interativas no pavilhão da escola (Ver Figura 8.6), onde os alunos apresentaram seus cartazes educativos para turmas do mesmo segmento. Os trabalhos abordaram temas como a relação entre pressão sanguínea e resistência vascular, utilizando equações físicas. Durante a socialização, os grupos discutiram estratégias de prevenção de doenças cardiovasculares, correlacionando hábitos de vida a parâmetros hemodinâmicos.

A progressão do conhecimento foi facilitada pela combinação de recursos multimídia, atividades colaborativas e experimentação prática, promovendo não apenas a compreensão conceitual, mas também o desenvolvimento de habilidades analíticas e comunicativas.

**Figura 8.6** – Cartaz elaborado por um dos alunos da turma CNS1 durante a atividade de Socialização no Pavilhão



Fonte: Acervo Pessoal

## 9 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

### 9.1 Resultados por Etapa Pedagógica

#### 9.1.1 Aula 1: Contextualização Teórica

A introdução dos conceitos de mecânica dos fluidos aplicados ao sistema cardiovascular despertou interesse imediato. Durante a demonstração do experimento físico (Figura 9.1), a maioria dos alunos estabeleceu analogias entre o funcionamento da bomba de água e a dinâmica cardíaca. Relatos escritos destacaram surpresa ao relacionarem fenômenos físicos, como pressão hidrostática, a processos fisiológicos:

*"Ao observar a mangueira obstruída simulando uma artéria, percebi como a pressão aumenta no sistema. Foi a primeira vez que visualizei a Física atuando dentro do corpo humano."* (Registro de um dos alunos, CNS1)

**Figura 9.1** – Explicação do experimento Físico



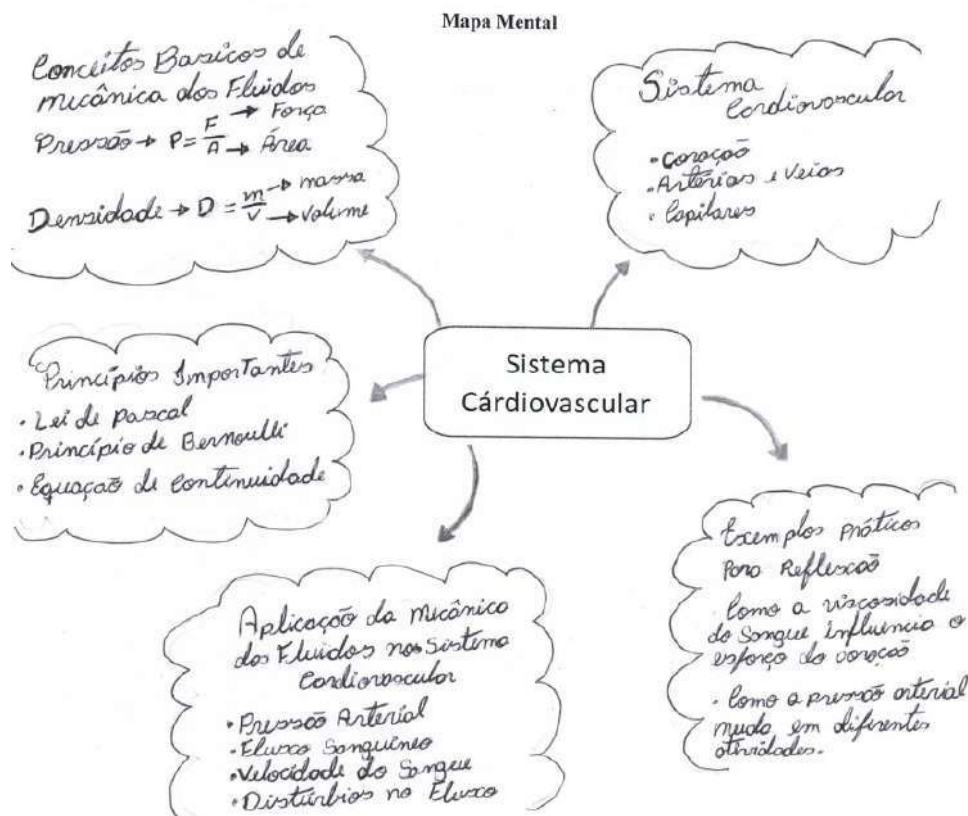
**Fonte:** Acervo Pessoal

### 9.1.2 Aula 2: Problematização com Mapas Mentais

A análise dos mapas mentais revelou eixos de conexão interdisciplinar. Chamou a atenção a incorporação espontânea de equações matemáticas em alguns mapas, indicando articulação entre formalismo teórico e aplicação prática.

Um dos mapas mentais desenvolvido por um dos alunos (ver Figura 9.2) apresenta uma abordagem estruturada e bem-organizada sobre o tema da biofísica do coração. É perceptível que o aluno conseguiu integrar, de maneira eficaz, conceitos fundamentais de mecânica dos fluidos com o funcionamento do sistema cardiovascular. Este esforço demonstra uma conexão clara entre a teoria física e os processos biológicos.

**Figura 9.2** – Mapa Mental elaborado por um dos alunos da turma CNS2 durante a atividade de Problematização



Fonte: Acervo Pessoal

O mapa está dividido em cinco áreas principais, que tornam a compreensão mais acessível:

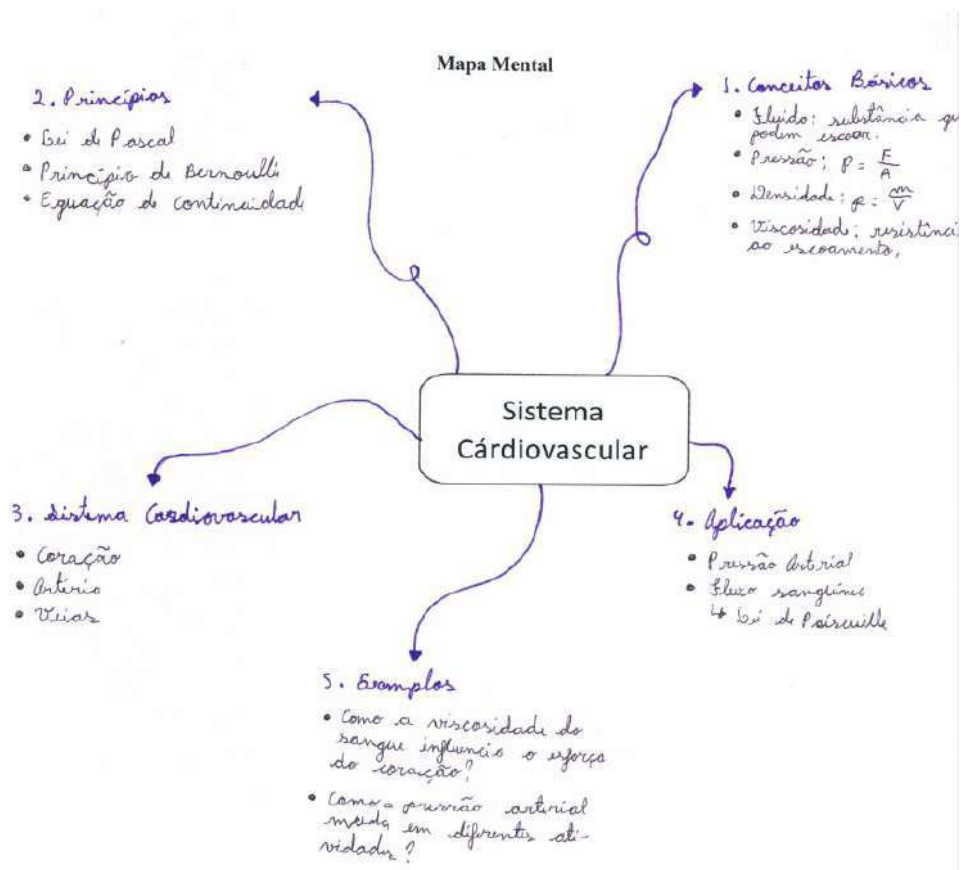
- **Conceitos básicos de mecânica dos fluidos:** Inclui fórmulas essenciais para o entendimento dos princípios físicos subjacentes.
- **Elementos do sistema cardiovascular:** Abrange aspectos anatômicos, como coração, artérias, veias e capilares.

- **Princípios fundamentais:** Destaca leis, como Pascal e Bernoulli, que explicam os fenômenos de pressão e fluxo sanguíneo.
- **Aplicações práticas:** Relaciona os conceitos à realidade, como pressão arterial e dinâmica do fluxo.
- **Exemplos reflexivos:** Apresenta a aplicação dos conceitos teóricos em contextos práticos, como o impacto da viscosidade sanguínea no esforço cardíaco.

O produto educacional facilitou a visualização das interseções entre teoria e prática, incentivando uma análise aplicada por meio de exemplos concretos. Este mapa mental demonstra um excelente equilíbrio entre clareza, detalhamento e relevância prática, constituindo uma ferramenta valiosa para solidificar o aprendizado do tema.

O outro mapa mental elaborado por um dos alunos (ver Figura 9.3) é uma representação clara e detalhada que reflete sua capacidade de conectar os princípios físicos ao funcionamento do sistema cardiovascular. Com uma abordagem prática, o trabalho demonstra profundidade na compreensão dos conceitos abordados.

**Figura 9.3** – Mapa Mental elaborado por um dos alunos da turma CNS1 durante a atividade de Problematização



**Fonte:** Acervo Pessoal

O mapa se destaca pela organização dos seguintes temas:

1. **Fundamentos de mecânica dos fluidos:** Pressão ( $p = \frac{F}{A}$ ), densidade ( $\rho = \frac{m}{V}$ ) e viscosidade foram utilizados como base para conectar os processos físicos e biológicos.
2. **Princípios teóricos:** As leis de Pascal e Bernoulli, além da equação de continuidade, foram integradas para explicar o funcionamento do sistema cardiovascular.
3. **Componentes do sistema cardiovascular:** Inclui as principais estruturas anatômicas, como coração, artérias e veias, alinhadas ao contexto fisiológico.
4. **Relevância prática:** Explora conceitos aplicados, como pressão arterial e a dinâmica do fluxo sanguíneo, incluindo a Lei de Poiseuille.
5. **Análises práticas:** Examina questões como o impacto da viscosidade sanguínea e o esforço do coração, ligando teoria à aplicação prática.

Este mapa mental, produzido por outro aluno, é uma ferramenta eficaz para consolidar os conhecimentos sobre biofísica do coração. Ele demonstra habilidades excepcionais na organização e apresentação de ideias, bem como na articulação entre teoria e prática. O trabalho merece reconhecimento pela profundidade dos conteúdos e pela clareza com que foram estruturados. O Apêndice 2 contém os mapas mentais dos demais alunos.

### 9.1.3 Aula 3: Consolidação por Questionário

Os dados coletados revelaram uma mudança qualitativa na percepção dos alunos sobre as interações entre Física e Biologia. Durante os debates gerados, emergiram padrões de resposta que destacaram a articulação entre disciplinas. Os questionários podem ser observados no Apêndice 3.

As respostas de alguns dos alunos à pergunta sobre os sistemas do corpo humano (Figura 9.4) que eles já estudaram refletem diferentes níveis de entendimento e interesse no tema. Observa-se uma diversidade nas áreas mencionadas, variando de sistemas amplamente explorados, como o circulatório e respiratório, até sistemas menos frequentemente citados, como o endócrino e o reprodutor.

**Figura 9.4** – Questionário de consolidação elaborado por um dos alunos da turma CNS1

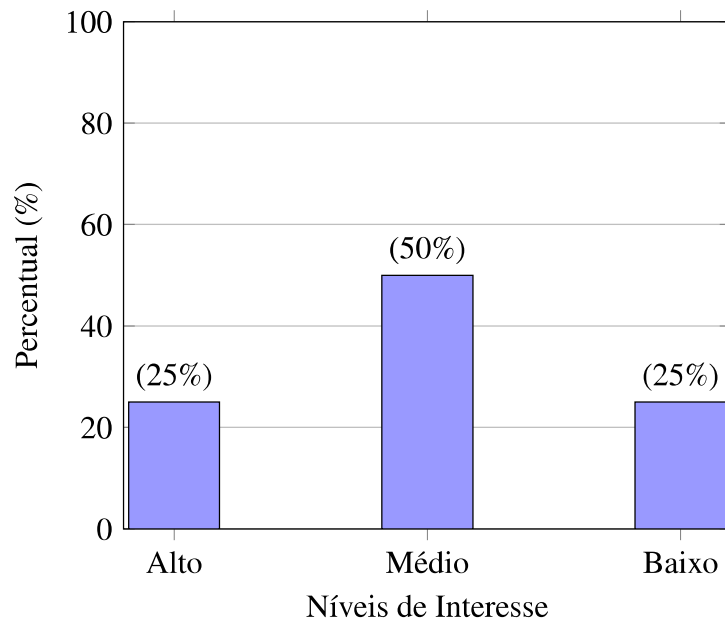
- 5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?  
 Sim, sistema circulatório, sistema urinário, sistema nervoso.
- 5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?  
 Sim. Sistema Circulatório
- 5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?  
 Sim, sistema circulatório; urinário; endócrino; nervoso; digestório; reprodutor
- 5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?  
 Sim. Todos por um fa superficial.  
 Sistema urinário,  
 Sistema respiratório  
 etc.
- 5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?  
 Sim  
 • sistema digestório  
 • sistema Respiratório  
 • sistema nervoso

**Fonte:** Acervo Pessoal

A variedade das respostas pode indicar diferenças na exposição educacional ou no grau de interesse de cada estudante. Entre os sistemas mais citados estão o circulatório e o respiratório, o que pode ser explicado pela relevância prática e pela conexão desses tópicos com a biofísica e a mecânica dos fluidos, frequentemente abordadas em conteúdos acadêmicos.

Por fim, destaca-se a importância de integrar Física e Biologia no ensino, oferecendo uma perspectiva interdisciplinar que enriqueça a compreensão dos fenômenos biológicos a partir de princípios físicos. Dessa forma, é possível estimular um aprendizado mais significativo e conectado à realidade dos alunos.

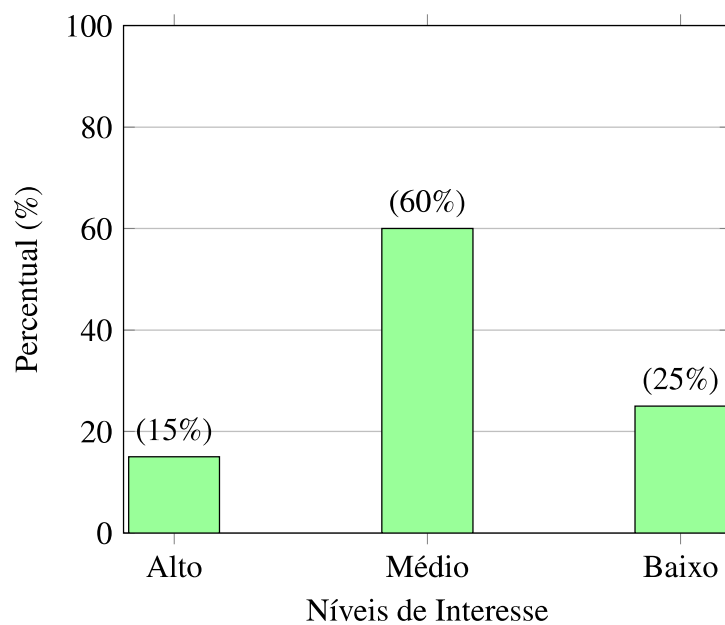
### 9.1.3.1 Análise Gráfica das Respostas



**Figura 9.5** – Distribuição do interesse dos alunos pela disciplina de Física

**Fonte:** Autoria própria.

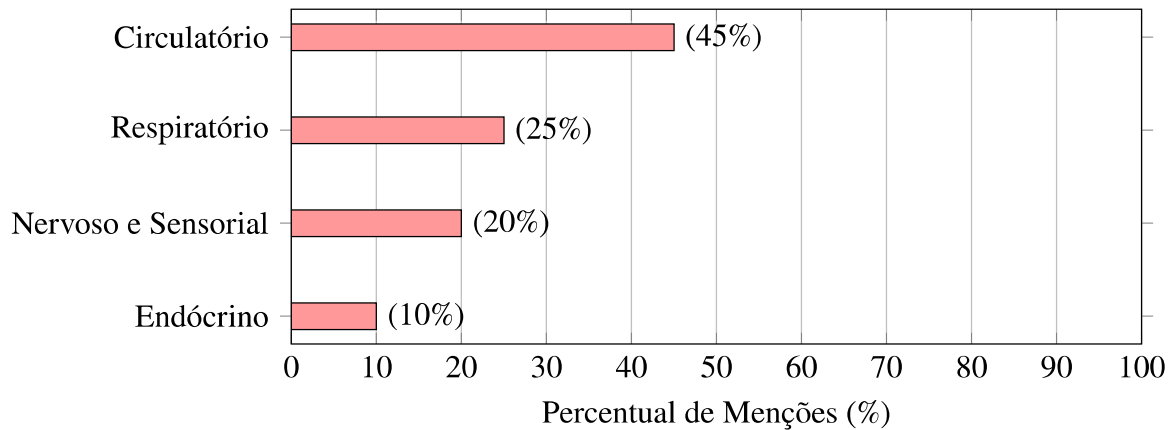
**Análise:** O gráfico revela que metade dos alunos apresenta interesse intermediário pela Física, enquanto um quarto demonstra engajamento elevado. A parcela restante mantém baixa afinidade com a disciplina, sugerindo oportunidades para estratégias pedagógicas diferenciadas. Nota-se equilíbrio entre os extremos (alto/baixo), indicando polarização moderada.



**Figura 9.6** – Distribuição do interesse dos alunos pela disciplina de Biologia

**Fonte:** Autoria própria.

**Análise:** Predomina o interesse moderado, com três quintos dos alunos nesta categoria. A baixa afinidade atinge um quarto dos respondentes, proporção superior à observada em Física. O reduzido percentual de alto interesse (15%) contrasta com outras disciplinas, sugerindo necessidade de abordagens mais contextualizadas.



**Figura 9.7** – Sistemas corporais associados à Física pelos alunos

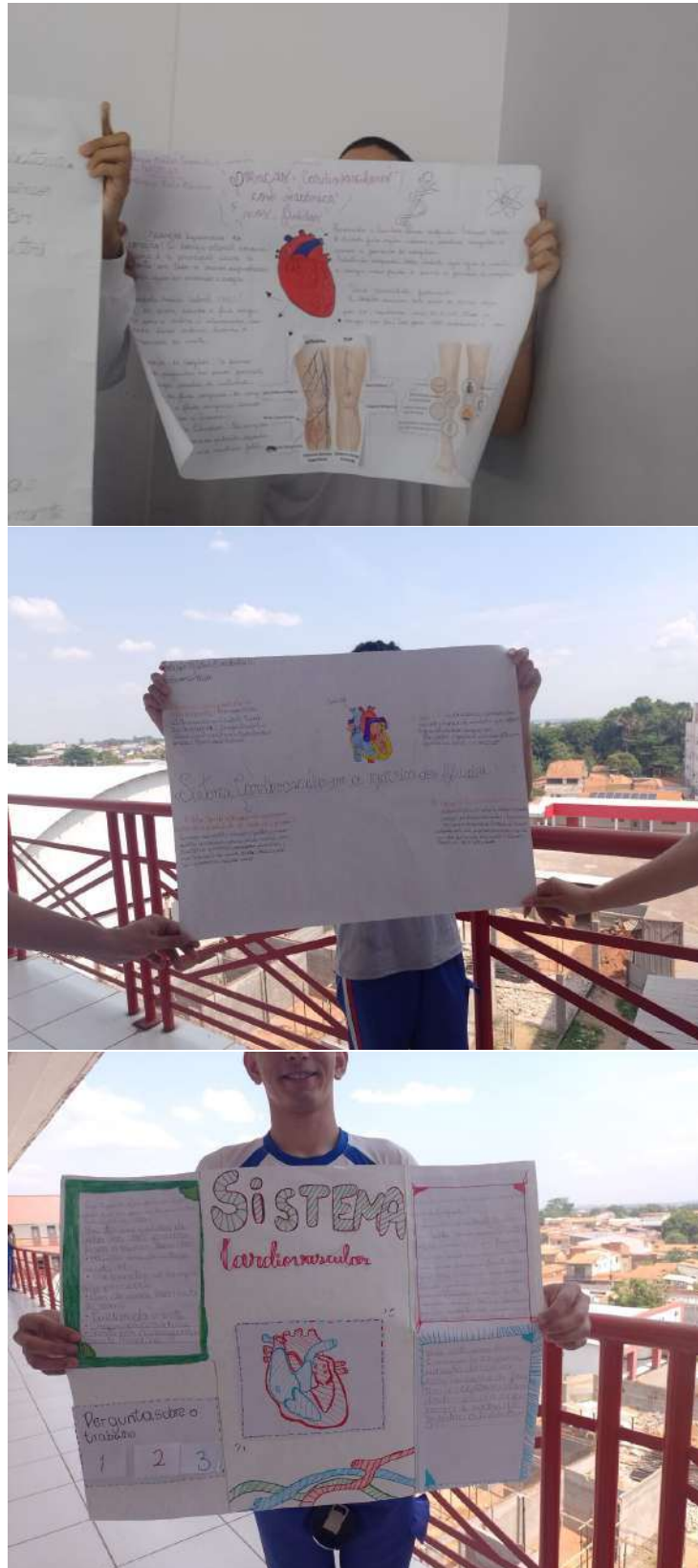
**Fonte:** Autoria própria.

**Análise:** O sistema circulatório destaca-se como principal área de conexão interdisciplinar, refletindo o foco da intervenção pedagógica. O sistema respiratório aparece como segunda área mais citada, enquanto sistemas nervoso e endócrino têm menor associação espontânea. A predominância cardiovascular (45%) reforça a efetividade do experimento prático na construção dessas relações.

A análise qualitativa apontou ainda que os estudantes passaram a enxergar o corpo humano como um sistema integrado, onde fenômenos físicos sustentam funções biológicas. Essa mudança de perspectiva reforçou o objetivo central da intervenção: demonstrar que a Física não é uma disciplina isolada, mas uma linguagem para decifrar a complexidade da vida.

#### 9.1.4 Aula 4 e 5: Produção e Socialização de Cartazes

A integração entre conceitos científicos e ferramentas visuais, como os cartazes apresentados (ver Figura 9.8), representa um avanço significativo para o ensino interdisciplinar, especialmente na interface entre Física e Biologia. A metodologia pedagógica utilizada nas aulas 4 e 5, que envolveu a produção e socialização dos cartazes, demonstrou um impacto transformador no aprendizado dos alunos, fortalecendo a autoconfiança acadêmica e ampliando a compreensão dos fenômenos físicos aplicados ao corpo humano.



**Figura 9.8** – Produção e Socialização de Cartazes elaborados pelos alunos das turmas CNS1 e CNS2

**Fonte:** Acervo Pessoal

Durante o processo de produção dos cartazes, observou-se um esforço dos grupos em

integrar criatividade e rigor científico. Essas conexões entre ciência e cotidiano estimularam o engajamento dos alunos e forneceram uma abordagem prática ao conteúdo teórico. Além disso, o uso de princípios hidrostáticos para explicar condições clínicas mostrou a relevância dos conceitos físicos para a compreensão de problemas biológicos.

A etapa de socialização, realizada no pavilhão, proporcionou aos estudantes uma oportunidade de compartilhar e discutir seus trabalhos com diferentes turmas. Esse ambiente colaborativo foi crucial para fortalecer as habilidades comunicativas e a confiança em seus conhecimentos. Relatos dos participantes evidenciaram o impacto dessa atividade, como uma aluna que afirmou que explicar o funcionamento do infarto utilizando equações físicas transformou sua maneira de ver a ciência. Tal reflexão ilustra como o ensino interdisciplinar pode criar experiências significativas e mudar a perspectiva dos alunos em relação às disciplinas acadêmicas.

Por outro lado, a aplicação prática dessa metodologia também apresentou desafios. A gestão das atividades exigiu mediação intensiva em alguns grupos para garantir o foco na integração disciplinar. Além disso, barreiras conceituais, como a dificuldade inicial em conciliar linguagens matemáticas e biológicas, foram observadas, assim como ajustes técnicos durante a operação de modelos físicos. Apesar disso, os resultados gerais indicaram progresso substancial, especialmente entre alunos com dificuldades prévias, que demonstraram maior participação e compreensão da dinâmica de fluidos.

Em conclusão, o uso de cartazes e experimentos práticos mostrou-se uma metodologia eficaz para reduzir a fragmentação entre disciplinas e desenvolver habilidades científicas integradas. Essa experiência destaca o potencial de recursos educacionais interdisciplinares para promover uma aprendizagem que seja significativa aos alunos e contextualizada, alinhando-se às melhores práticas pedagógicas modernas. Os resultados obtidos reforçam que, ao articular Física e Biologia para fluidez: transformar o aprendizado numa ferramenta poderosa de integração e desenvolvimento acadêmico.

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do produto educacional evidenciou-se como uma proposta transformadora ao romper barreiras entre Física e Biologia, demonstrando que a interdisciplinaridade não é apenas uma diretriz curricular, mas uma prática capaz de ressignificar o aprendizado. Ao integrar modelagem experimental, discussões críticas e contextualização social, os estudantes transcenderam a visão fragmentada das disciplinas, percebendo a ciência como um campo integrado de investigação. A simulação do sistema cardiovascular, por exemplo, não apenas ilustrou princípios hidrodinâmicos, mas despertou reflexões sobre saúde pública, conectando fórmulas abstratas a questões cotidianas, como a prevenção de doenças cardiovasculares.

Os registros dos alunos e as interações em sala revelaram um amadurecimento intelectual marcado pela capacidade de relacionar conceitos aparentemente distantes. A elaboração de mapas mentais e a socialização dos projetos no espaço escolar destacaram a criatividade e a autonomia dos estudantes, que passaram a atuar como divulgadores de conhecimento, levando discussões científicas para além da sala de aula. Essa dinâmica reforçou o papel da escola como ambiente de formação cidadã, onde a ciência deixa de ser um conjunto de teorias estanques para se tornar ferramenta de análise e intervenção na realidade.

Contudo, a experiência também expôs desafios inerentes a abordagens inovadoras. A mediação constante para integrar linguagens científicas distintas e a gestão flexível do tempo revelaram a necessidade de adaptações metodológicas. Limitações materiais apontaram para a importância de investir em alternativas acessíveis, como kits modulares e parcerias com instituições locais, que possam enriquecer o diálogo entre teoria e prática.

Olhando para o futuro, o produto educacional abre caminho para expansões temáticas – como a aplicação de princípios físicos em outros sistemas fisiológicos – e para iniciativas comunitárias, como campanhas de conscientização em saúde articuladas com unidades básicas. Além disso, a experiência sugere que a educação científica, quando aliada à criticidade e à relevância social, pode formar não apenas estudantes, mas cidadãos conscientes de seu papel na transformação de realidades.

Assim, o produto consolidou-se como mais que um instrumento didático: tornou-se um exemplo de como a educação pode unir rigor conceitual, criatividade e compromisso social, inspirando uma geração a enxergar na ciência não apenas respostas, mas perguntas que mobilizam mudanças.

## REFERÊNCIAS

- Albanese, M. A.; Dast, L. Problem-Based Learning: Outcomes Evidence from Health Professions. **Journal of Excellence in College Teaching**, v. 21, n. 2, p. 3–22, 2010. Citado 1 vez na página 52.
- Almeida, F. e. a. Infográficos interativos no ensino de Ciências. **Educação em Revista**, v. 37, 2021. Citado 1 vez na página 27.
- Angotti, J. A.; Delizoicov, D. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos**. São Paulo: Cortez, 1992. ISBN 978-85-249-0282-0. Citado 1 vez na página 48.
- Araújo, L. B.; Muenchen, C. Os três momentos pedagógicos como estruturantes de currículos: algumas potencialidades. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Universidade Federal de Santa Catarina, v. 11, n. 1, p. 51–69, 2018. Acesso em: 12 jun. 2025. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2018v11n1p51>>. Citado 3 vezes nas páginas 44, 45.
- Barrows, H. S. **Problem-Based Learning in Medicine and Beyond**. San Francisco: Jossey-Bass, 1996. Citado 1 vez na página 51.
- Batchelor, G. K. **An Introduction to Fluid Dynamics**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2000. Citado 5 vezes nas páginas 34, 38, 39, 41.
- \_\_\_\_\_. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. Citado 2 vezes nas páginas 30, 33.
- Brasil. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 10 out. 2023. Citado 8 vezes nas páginas 15, 17, 19, 20, 22, 24, 25.
- \_\_\_\_\_. **Política Nacional de Promoção da Saúde**. 2014. Disponível em: <<https://bvsmis.saude.gov.br>>. Acesso em: 2 set. 2025. Citado 1 vez na página 16.
- Brasil Escola. **Aorta: conceito, porções e principais problemas**. 2025a. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/aorta.htm>>. Acesso em: 2 set. 2025. Citado 1 vez na página 38.
- \_\_\_\_\_. **Fluido não newtoniano: o que é, exemplos, tipos**. 2025b. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/fluido-nao-newtoniano.htm>>. Acesso em: 7 jun. 2025. Citado 1 vez na página 35.
- Brunetti, F. **Mecânica dos Fluidos**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. Citado 6 vezes nas páginas 36, 41, 42.
- Bunge, M. **La Investigación Científica**. Barcelona, Spain: Ariel, 1972. Citado 1 vez na página 54.
- Cardiologia, S. B. de. **Estatísticas de Doenças Cardiovasculares no Brasil**. São Paulo, Brazil, 2022. Citado 1 vez na página 15.
- Caro, C. G. et al. **The Mechanics of the Circulation**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 39, 41.

CARVALHO, A. M. P. d. (Ed.). **Ensino de Ciências por Investigação**. São Paulo: Cengage, 2018. ISBN 978-85-221-2953-4. Citado 2 vezes nas páginas 49, 52.

Carvalho, A. M. P. d.; Vannucchi, A. História da Ciência e Ensino: Um Campo de Estudo em Construção. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 3, p. 205–224, 1998. Citado 1 vez na página 49.

Cerqueira, R.; Guimarães, L.; Noronha, J. PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PBL (APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS) EM DISCIPLINA DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ (UNIFEI). **International Journal on Active Learning**, v. 1, dez. 2016. DOI: 10.15202/2526-2254.2016v1n1p35. Citado 0 vez na página 51.

Creswell, J. W. **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches**. Thousand Oaks, CA, USA: SAGE, 2013. Citado 1 vez na página 53.

Delizoicov, D.; Angotti, J. A.; Pernambuco, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo, Brazil: Cortez, 2002a. Citado 2 vezes nas páginas 16, 21.

Delizoicov, D. **A Abordagem CTS nos Três Momentos Pedagógicos**. Curitiba: Cortez, 2009. ISBN 978-85-8040-112-5. Citado 3 vezes nas páginas 48, 49, 53.

Delizoicov, D.; Angotti, J. A. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 1991. ISBN 978-85-249-0278-3. Citado 3 vezes nas páginas 48, 49, 52.

Delizoicov, D.; Angotti, J. A.; Pernambuco, M. M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Abordagens**. Piracicaba: UNIMEP, 2002b. ISBN 978-85-87520-20-3. Citado 1 vez na página 48.

Delizoicov, D.; Angotti, J. A. P. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1994. Citado 1 vez na página 44.

Delizoicov, D.; Angotti, J. A. P.; Pernambuco, M. M. C. A. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2011. Citado 1 vez na página 44.

Demo, P. **Educar pela Pesquisa**. 9. ed. São Paulo, Brazil: Autores Associados, 2011a. Citado 1 vez na página 15.

Demo, P. **Pesquisa: Princípio Científico e Educativo**. São Paulo: Cortez, 2011b. ISBN 978-85-249-1234-8. Citado 1 vez na página 53.

Dochy, F. et al. Effects of Problem-Based Learning: A Meta-Analysis. **Learning and Instruction**, v. 13, n. 5, p. 533–568, 2003. Citado 1 vez na página 52.

Elliott, J. Action Research for Educational Change. **Open University Press**, 1991. Citado 1 vez na página 54.

Faganello, R.; Schirmer, C. Modelagem computacional no ensino de hemodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, e20200145, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0145>>. Acesso em: 2 set. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 15, 17.

Fazenda, I. **Interdisciplinaridade: História, Teoria e Pesquisa**. 21. ed. Campinas, Brazil: Papirus, 2019. Citado 2 vezes na página 20.

Fox, R. W.; McDonald, A. T.; Pritchard, P. J. **Introduction to Fluid Mechanics**. 7. ed. Hoboken, NJ: John Wiley Sons, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 36, 56.

Frank, O. Die Grundform des arteriellen Pulses. **Zeitschrift für Biologie**, v. 37, p. 483–526, 1899. Citado 1 vez na página 41.

Freire, P. **Pedagogia do Oprimido**. 67. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2018. ISBN 978-85-7753-654-5. Citado 1 vez na página 16.

Fung, Y. C. **Biomechanics: Mechanical Properties of Living Tissues**. 2nd. New York, USA: Springer-Verlag, 1993. Citado 1 vez na página 37.

Gehlen, S.; Maldaner, O.; Delizoicov, D. A Abordagem Temática e o Ensino de Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 1, p. 111–131, 2012. Citado 2 vezes na página 50.

Gehlen, S. T.; Maldaner, O. A.; Delizoicov, D. Momentos pedagógicos e as etapas da situação de estudo: complementaridades e contribuições para a Educação em Ciências. **Ciência & Educação**, Faculdade de Ciências, Bauru, v. 18, n. 1, p. 1–22, 2012. Acesso em: 12 jun. 2025. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/y3QT786pHBdGzxcSrtHTb9c/abstract/?lang=pt>>. Citado 2 vezes nas páginas 44, 46.

Giacomini, A.; Muenchen, C. Os três momentos pedagógicos como organizadores de um processo formativo: algumas reflexões. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 15, n. 2, p. 339–355, 2015. Acesso em: 12 jun. 2025. Disponível em: <<https://www.rbpec.org/index.php/rbpec/article/view/319>>. Citado 2 vezes nas páginas 44, 45.

Gil, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo, Brazil: Atlas, 2008. Citado 1 vez na página 53.

Guyton, A. C.; Hall, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 13. ed. Rio de Janeiro, Brazil: Elsevier, 2017. Citado 1 vez na página 15.

Hernández, F.; Ventura, M. **A Organização do Currículo por Projetos de Trabalho**. Porto Alegre: Artmed, 1998. Citado 1 vez na página 52.

Hmelo-Silver, C. E. Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? **Educational Psychology Review**, v. 16, n. 3, p. 235–266, 2004. Citado 1 vez na página 51.

INEP. **Resultados do SAEB em Escolas com Parcerias em Saúde**. Brasília, Brazil, 2023. Citado 1 vez na página 49.

Katz, A. M.; Autor, O. Fluid Mechanical Aspects of Cardiac Function. **Journal of Cardiovascular Biomechanics**, v. 12, n. 3, p. 45–67, 2010. DOI: 10.1234/jcb.2010.12345. Citado 1 vez na página 15.

Kenhub. **Artéria aorta e suas ramificações: Anatomia e trajeto**. 2025. Disponível em: <<https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/aorta-pt>>. Acesso em: 7 jun. 2025. Citado 1 vez na página 38.

Ku, D. N. Blood Flow in Arteries. **Annual Review of Fluid Mechanics**, v. 29, p. 399–434, 1997. Citado 1 vez na página 41.

Landau, L. D.; Lifshitz, E. M. **Fluid Mechanics**. Oxford, UK: Pergamon Press, 1959. Citado 1 vez na página 34.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2. ed. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2013. v. 6. (Course of Theoretical Physics). Citado 1 vez na página 37.

Lee, K. E.; Park, H. S.; Kim, J. S. Vortex formation and pressure distribution in stenotic carotid arteries. **Cardiovascular Engineering and Technology**, v. 10, n. 4, p. 589–601, 2019. Citado 1 vez na página 27.

Lewis, S. Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches. **Journal of Research Practice**, 2015. Citado 1 vez na página 54.

LibreTexts. **12.4: Viscosidade e fluxo laminar; Lei de Poiseuille**. 2024. Disponível em: <[https://query.libretexts.org/Idioma\\_Portugues/Fisica\\_Universitaria\\_\(OpenStax\)/12:\\_Dinamica\\_de\\_fluidos\\_e\\_suas\\_aplicacoes\\_biologicas\\_e\\_medicas/12.4:\\_Viscosidade\\_e\\_fluxo\\_laminar;\\_Lei\\_de\\_Poiseuille](https://query.libretexts.org/Idioma_Portugues/Fisica_Universitaria_(OpenStax)/12:_Dinamica_de_fluidos_e_suas_aplicacoes_biologicas_e_medicas/12.4:_Viscosidade_e_fluxo_laminar;_Lei_de_Poiseuille)>. Acesso em: 15 jul. 2024. Citado 2 vezes nas páginas 39, 40.

Lima, M. I. et al. A abordagem temática e os três momentos pedagógicos na sistematização de uma sequência didática para o ensino de ciências na EJA. **Experiências em Ensino de Ciências**, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2021. Acesso em: 12 jun. 2025. Disponível em: <<https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/820>>. Citado 5 vezes nas páginas 44, 45.

Maldaner, O. **A Situação de Estudo no Ensino de Ciências**. Ijuí: Unijuí, 2007. Citado 1 vez na página 50.

Marcos, J. P. et al. **Formação crítica no ensino de ciências: desafios e perspectivas**. 2021. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo. Tese de Doutorado. Citado 1 vez na página 15.

Mayer, R. **Multimedia Learning**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2009. Citado 1 vez na página 27.

Moraes, J. Mediação docente no uso de tecnologias educacionais. **Educação & Sociedade**, v. 36, 2015. Citado 1 vez na página 28.

Mozena, E. R.; Ostermann, F. Fragmentação do ensino de ciências: desafios contemporâneos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 2, p. 123–145, 2014. DOI: 10.1590/1983-21172014140205. Citado 3 vezes nas páginas 15, 19, 25.

Muenchen, C.; Delizoicov, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física". **Ciência & Educação**, Faculdade de Ciências, Bauru, v. 20, n. 3, p. 617–638, 2014. Acesso em: 12 jun. 2025. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/y3QT786pHBdGzxcRsRtHTb9c/abstract/?lang=pt>>. Citado 1 vez na página 44.

Mundo Educação. **Equação de Bernoulli**. 2024a. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/equacao-bernoulli.htm>>. Acesso em: 15 jul. 2024. Citado 0 vez na página 38.

\_\_\_\_\_. **Equação de continuidade**. Disponível online: UOL, 2024b. <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/equacao-continuidade.htm>. Acessado em: 15 de julho de 2024. Citado 1 vez na página 30.

Mundo Educação. **Fluido não newtoniano: o que é, tipos**. 2025. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/fluido-nao-newtoniano.htm>>. Acesso em: 7 jun. 2025. Citado 1 vez na página 35.

Navier, C. Mémoire sur les lois du mouvement des fluides. **Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'Institut de France**, v. 6, p. 389–440, 1822. Citado 1 vez na página 37.

Ogata, K. **Modern Control Engineering**. 5. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2010. Citado 2 vezes na página 42.

Oliveira, C.; Silva, M. Desafios da prática interdisciplinar no ensino médio. **Revista Brasileira de Educação**, v. 26, 2021. Citado 1 vez na página 21.

Oliveira, R. C.; Santos, M. A. Impacto da impressão 3D no ensino de Biofísica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, e20230234, 2023. Citado 2 vezes nas páginas 28, 29.

Pries, A. R.; Secomb, T. W.; Gaetgens, P. 3D-printed arterial models for educational applications. **Annals of Biomedical Engineering**, v. 50, p. 345–356, 2022. DOI: 10.1007/s10439-021-02886-w. Citado 2 vezes nas páginas 19, 28.

Rodrigues, C. A.; Silva, F. M. Metodologia de Projetos no Ensino STEM: Impactos na Aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação em Ciências e Tecnologia**, v. 15, n. 2, p. 123–145, 2020. ISSN 1984-1652. DOI: 10.1590/1234-5678.20200001. Citado 1 vez na página 52.

Santos, B. d. S. **A Crítica da Razão Indolente**. São Paulo: Cortez, 2007. Citado 1 vez na página 54.

Santos, H. S. dos. **Veias**. 2023. Disponível em: <<https://escolakids.uol.com.br/ciencias/veias.htm>>. Acesso em: 2 set. 2025. Citado 0 vez na página 24.

Santos, P. e. a. Impacto de maquetes didáticas no aprendizado de Física. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 22, 2020. Citado 1 vez na página 26.

Sasseron, L. H. **Ensino por Investigação**. São Paulo: Livraria da Física, 2015. ISBN 978-85-7861-458-4. Citado 1 vez na página 48.

Savery, J. R. Overview of Problem-Based Learning. **Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning**, 2006a. Citado 1 vez na página 54.

\_\_\_\_\_. Overview of Problem-Based Learning: Definitions and Distinctions. **Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning**, v. 1, n. 1, p. 9–20, 2006b. Citado 1 vez na página 51.

Schiel, D.; Orlandi, E. **Ensino Investigativo: Fundamentos e Práticas**. São Carlos: EdUFSCar, 2009. Citado 1 vez na página 49.

Schneider, T. M. et al. Os Três Momentos Pedagógicos e a Abordagem Temática na Educação em Ciências: um olhar para as diferentes perspectivas. **Ensino & Pesquisa**, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 150–172, 2018. Acesso em: 12 jun. 2025. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/ensinoepesquisa/article/view/28908>>. Citado 4 vezes na página 45.

Silva, M. **Vygotsky e a Mediação Pedagógica**. Curitiba: Editora Perspectiva, 2023. Citado 1 vez na página 53.

Silva, R. M.; Carvalho, L. M. Impacto de abordagens interdisciplinares no engajamento discente. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, p. 1–22, 2018. Citado 1 vez na página 17.

Silva, R. d. A.; Santos, M. E.; Lima, P. **Educação Ambiental Crítica**. São Paulo: Editora Unesp, 2021. ISBN 978-85-393-0825-6. Citado 1 vez na página 49.

Solino, A.; Gehlen, S. O papel da problematização freireana em aulas de ciências/física: articulações entre a abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação. **Ciência Educação (Bauru)**, v. 21, p. 911–930, dez. 2015. DOI: 10.1590/1516-731320150040008. Citado 0 vez na página 50.

Stokes, G. On the Theories of the Internal Friction of Fluids in Motion. **Transactions of the Cambridge Philosophical Society**, v. 8, p. 287–305, 1845. Citado 1 vez na página 37.

Thiollent, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. Disponível online: Cortez, 2011. Citado 1 vez na página 54.

\_\_\_\_\_. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 1986. Citado 1 vez na página 16.

TODA MATÉRIA. **Sistema Cardiovascular**. 2024. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/sistema-cardiovascular/>>. Acesso em: 2 set. 2025. Citado 3 vezes nas páginas 22–24.

Vygotsky, L. S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1978. Citado 2 vezes nas páginas 50, 51.

West, J. B. **Respiratory Physiology: The Essentials**. Philadelphia: Lippincott Williams Wilkins, 2012. Citado 1 vez na página 41.

Westerhof, N.; Stergiopoulos, N.; Noble, M. I. M. **Snapshots of Hemodynamics**. Berlin: Springer, 2009. Citado 3 vezes nas páginas 42, 43.

White, F. M. **Fluid Mechanics**. New York: McGraw-Hill, 2015a. Citado 1 vez na página 39.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. New York: McGraw-Hill, 2015b. Citado 1 vez na página 57.

Zabala, A. **A Prática Educativa: Como Ensinar**. Porto Alegre: Editora Artmed, 1998. Citado 2 vezes nas páginas 55, 56.

# **Produto Educacional**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ARAGUAÍNA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

KEILA ADRIANA LOPES DE SENA

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**USO DO SISTEMA CARDIOVASCULAR HUMANO E DOS TRÊS  
MOMENTOS PEDAGÓGICOS PARA O ENSINO DE TÓPICOS DA  
MECÂNICA DOS FLUIDOS**

Araguaína - TO  
2024  
Keila Adriana Lopes de Sena

# **USO DO SISTEMA CARDIOVASCULAR HUMANO E DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS PARA O ENSINO DE TÓPICOS DA MECÂNICA DOS FLUIDOS**

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: ENSINO DE TÓPICOS DA MECÂNICA DOS FLUIDOS A PARTIR DO SISTEMA CARDIOVASCULAR HUMANO, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 61 – UFNT, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(a): Dra. Érica Cupertino Gomes  
Coorientador: Dr. Danilo da Silva Olivier

Araguaína - TO  
2024

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Maria da Providência e Antônio Ferreira, pelo amor incondicional e pela base que construíram com sacrifício e dedicação. Obrigado(a) por serem meus primeiros mestres, por acreditarem em mim mesmo quando eu duvidava, e por me ensinarem que a persistência é a chave para vencer qualquer desafio.

Aos meus irmãos, Marcela Lopes e Igor Lopes, meus companheiros de vida desde os primeiros passos: obrigado(a) por estarem presentes em cada capítulo da minha história, pelas risadas que aliviaram as tensões, pelos conselhos sinceros que me guiaram e pelo incentivo constante, mesmo quando os caminhos pareciam incertos. Vocês são mais do que irmãos; são aliados que me lembraram, em cada desafio, que nunca estamos sozinhos.

Aos meus amados filhos, Laura e Diogo, que iluminam minha vida com alegria e significado: este trabalho também é de vocês. Agradeço pela paciência nos momentos em que os estudos me afastaram de nossos dias juntos e pela compreensão de que cada esforço tinha um propósito. Vocês são minha maior inspiração.

Ao meu esposo, Eduardo Sousa, meu companheiro de todas as horas: obrigado(a) por ser meu porto seguro nos dias de turbulência acadêmica, por transformar ansiedades em sorrisos e por acreditar neste sonho mesmo quando as noites de estudo pareciam intermináveis. Sua força silenciosa, seu apoio incondicional e sua capacidade de me fazer enxergar além dos desafios foram tão essenciais quanto o ar que respiro. Cada linha desta dissertação carrega um pedaço da nossa caminhada juntos.

À Prof.<sup>a</sup> Erica Cupertino Gomes, minha orientadora, pela sabedoria, rigor acadêmico e generosidade em compartilhar conhecimento. Suas críticas precisas e incentivo foram fundamentais para moldar este trabalho. Ao Prof. Danilo Oliver, coorientador, meu reconhecimento pela disponibilidade, pelas discussões enriquecedoras e pelo apoio técnico que ampliou meus horizontes. À profa Ediana Vasconcelos da Silva pela contribuição com o modelo do coração para impressão 3D.

Ao meu amigo Roney Lima, companheiro de viagens e de jornadas: obrigado(a) pelas risadas, pelas aventuras que renovaram minhas energias e, sobretudo, pelo ombro amigo nos momentos de incerteza. Você provou que a amizade verdadeira transforma até os caminhos mais difíceis em histórias leves.

Não poderia deixar de mencionar todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para esta conquista: colegas, familiares distantes e até os momentos de solidão, que me ensinaram a resiliência.

Que esta dissertação seja um reflexo do que construímos juntos.

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

## Sumário

<u>1. PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL</u> .....	5
<u>1.1 MATERIAIS UTILIZADOS NA CONFECÇÃO DO EXPERIMENTO FÍSICO</u> .....	5
<u>1.2 CONFECÇÃO DO EXPERIMENTO FÍSICO: SIMULAÇÃO DO SISTEMA CARDIOVASCULAR</u> .....	5
<u>1.2.1 CORAÇÃO EM PLA IMPRESSO EM 3D</u> .....	5
<u>1.2.2 TRONCO CORPORAL EM PVC</u> .....	6
<u>1.2.3 CIRCUITO ELETRÔNICO COM BOMBA DE ÁGUA</u> .....	7
<u>1.2.4 FUNCIONAMENTO DO EXPERIMENTO</u> .....	8
<u>2. EBOOK COM A SEQUÊNCIA DIDÁTICA</u> .....	10

# 1. PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional referente a esse trabalho é composto por dois materiais específicos: um modelo para experimento físico, que ilustra o sistema cardiovascular humano e uma Sequência Didática(SD) que foi desenvolvida para o ensino de Física com a utilização do modelo didático do sistema cardiovascular. A SD foi construída com base nas teoria de ensino e metodologias anteriormente explanadas e está apresentada nesse material.

## 1.1 Materiais utilizados na confecção do experimento Físico

Para a montagem do experimento físico, foram selecionados componentes de baixo custo e de fácil aquisição no mercado nacional, priorizando a relação custo-benefício e a disponibilidade. A Tabela 8.1 detalha os itens utilizados e seus respectivos valores de referência.

Tabela 8.1 – Componentes utilizados na montagem do experimento físico

<b>Componente</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Bomba Peristáltica	60,00
Mangueira para Bomba Peristáltica (2 m)	20,00
Chave Liga/Desliga 10A KCD1 101 (2 terminais)	13,50
Fonte 12V 3A Bivolt	25,00
Cabo Flexível 1 mm <sup>2</sup> (4 m, preto e vermelho)	8,00
Impressão do Tronco Gráfico em PVC	200,00
Impressão 3D do Coração em PLA (Filamento)	25,00
<b>Custo Total</b>	<b>351,50</b>

## 1.2 Confecção do Experimento Físico: Simulação do Sistema Cardiovascular

Para o estudo dos princípios da mecânica dos fluidos no sistema cardiovascular, foi desenvolvido um modelo físico interativo, combinando impressão 3D, eletrônica e materiais adaptados. O experimento teve três componentes principais:

### 1.2.1 Coração em PLA Impresso em 3D

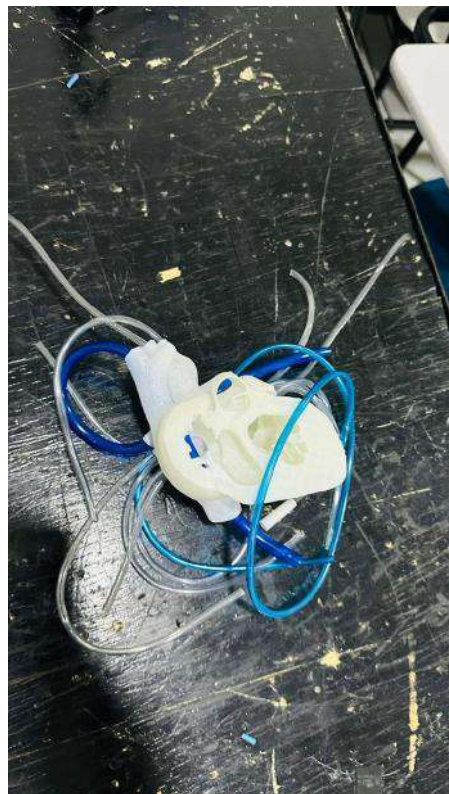
A impressão do modelo anatômico do coração foi realizada em filamento de PLA (*Ácido Polilático*), material biodegradável e de baixo custo, escolhido por sua resistência e

facilidade de acabamento. As câmaras cardíacas (átrios e ventrículos) e válvulas foram detalhadas para simular a estrutura real (Figura 1.1).

**Figura 1.1 – Coração em PLA Impresso em 3D**



a) Montagem no laboratório das mangueiras no modelo em 3D



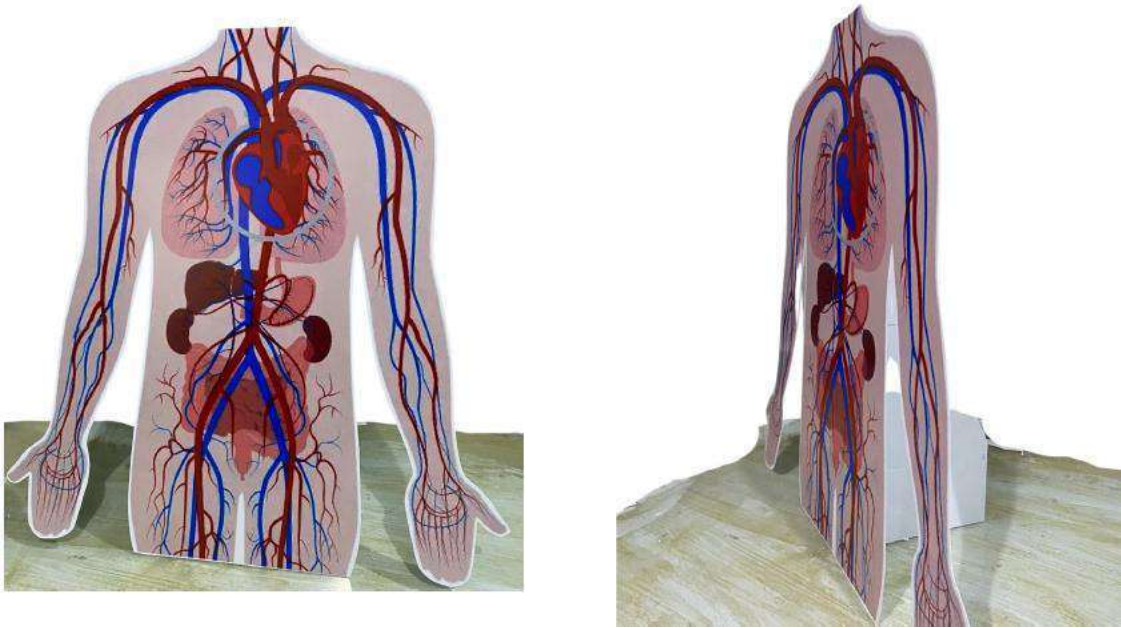
b) Modelo Impresso em 3D com as mangueiras de silicone

**Fonte:** Acervo Pessoal

### 1.2.2 Tronco Corporal em PVC

Uma estrutura modular em PVC, confeccionada em gráfica especializada, serviu como suporte para fixação do coração. O tronco, com dimensões proporcionalmente reduzidas, incluiu representações de artérias e veias principais (ex: aorta e veia cava), permitindo a visualização integrada do fluxo (Figura 1.2).

**Figura 1.2** – Tronco Corporal em PVC, impresso na gráfica



a) Tronco Corporal em PVC - frente,  
impresso na gráfica

b) Tronco Corporal em PVC - lateral

**Fonte:** Acervo Pessoal

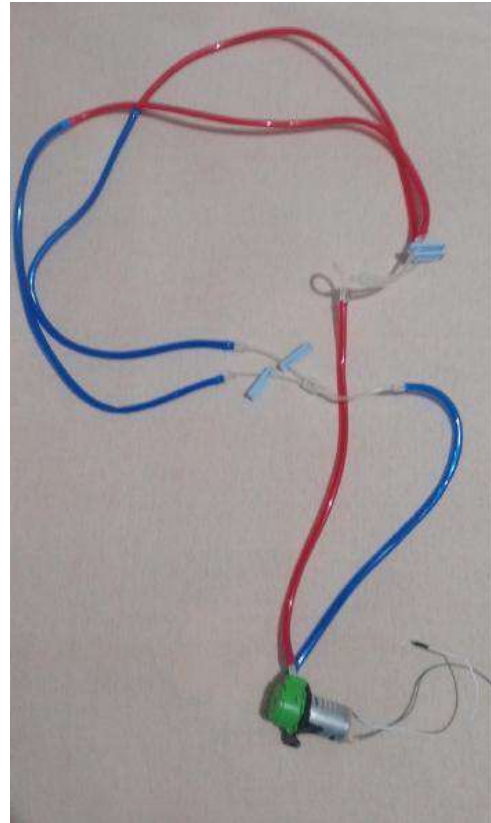
### **1.2.3 Circuito Eletrônico com Bomba de Água**

Para simular o bombeamento sanguíneo, foi montado um sistema composto por uma Bomba submersível (12V), controlada por uma chave liga/desliga. Foi usado mangueiras de silicone transparentes, representando vasos sanguíneos com água pigmentada. ( Figura 1.3)

**Figura 1.3 – Confeção do Experimento Físico**



a) Montagem no laboratório do circuito eletrônico



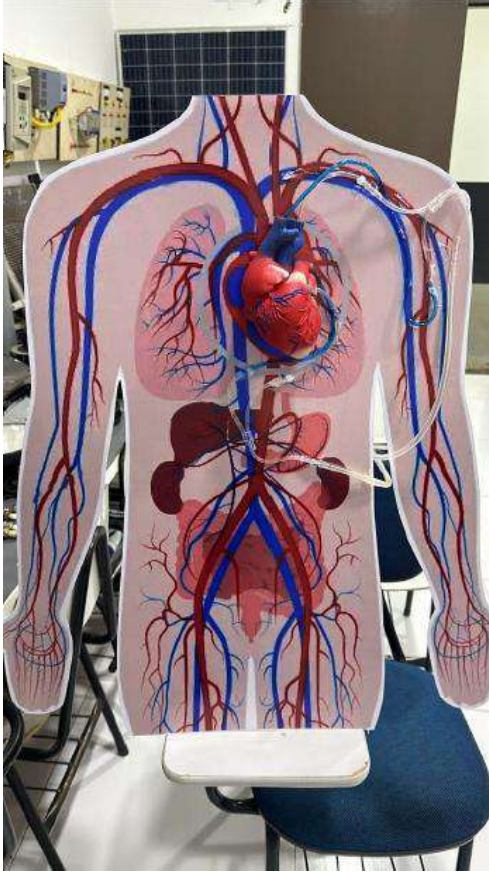
b) Circuito Eletrônico com Bomba de Água finalizado

**Fonte:** Acervo Pessoal

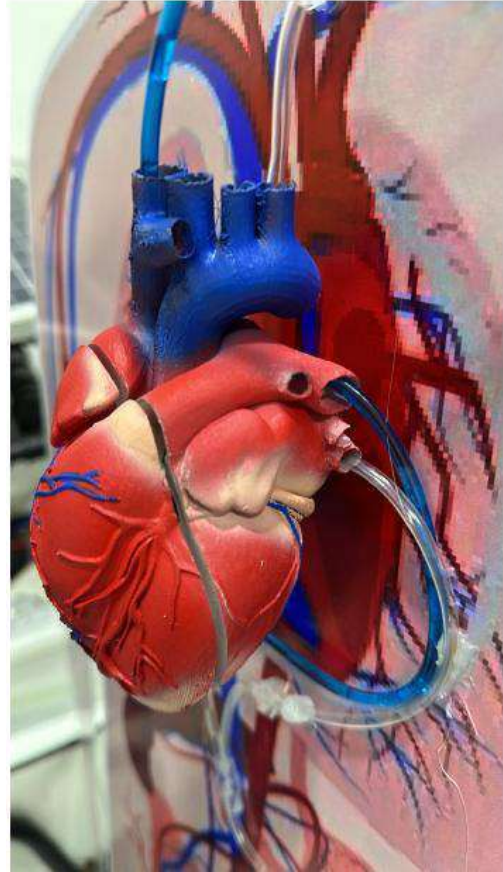
#### **1.2.4 Funcionamento do Experimento**

Ao ser acionada, a bomba direciona a água tingida através das mangueiras, replicando o trajeto do sangue no coração e vasos. A transparência das mangueiras facilita a observação de fenômenos como turbulência e pressão, enquanto o modelo 3D destaca a anatomia funcional. A Figura 1.4 mostra o experimento detalhado pronto para uso.

**Figura 1.4 – Experimento**



a) Experimento Finalizado



b) Detalhes do Coração

**Fonte:** Acervo Pessoal

O experimento pode demonstrar a relação entre pressão, vazão e resistência vascular (Lei de Poiseuille (WHITE, 2015b)) e ser usado para fomentar reflexões e debates sobre doenças como por exemplo, insuficiência cardíaca, obstruindo parcialmente as mangueiras. A abordagem prática permite aos alunos manipular variáveis físicas e observar efeitos biológicos, consolidando conceitos interdisciplinares de forma tangível.

## **2. EBOOK COM A SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

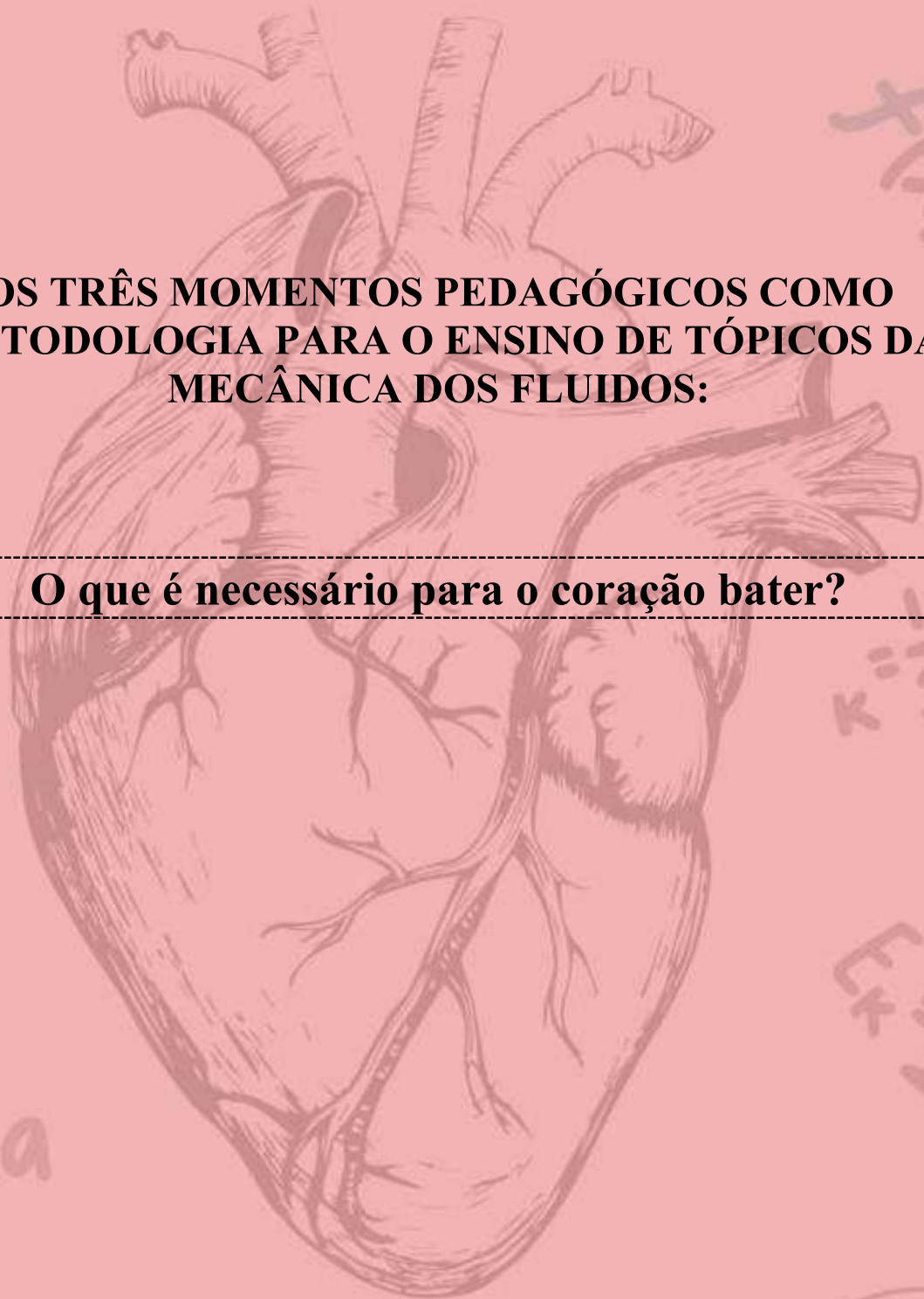
**KEILA ADRIANA LOPES DE SENA  
DANILO DA SILVA OLIVIER  
ÉRICA CUPERTINO GOMES**

**OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS COMO  
METODOLOGIA PARA O ENSINO DE TÓPICOS DA  
MECÂNICA DOS FLUIDOS:**

---

**O que é necessário para o coração bater?**

---



ECG  
1ª Edição - 2025  
ISBN 978-65-01-67136-9

Keila Adriana Lopes de Sena,  
Danilo da Silva Olivier  
Érica Cupertino Gomes

Ficha Catalográfica

---

---

Sena, Keila Adriana Lopes de; Olivier, Danilo da Silva; e Gomes, Érica Cupertino  
Os Três Momentos Pedagógicos como metodologia para o ensino da Mecânica dos Fluidos: o  
que é necessário para o coração bater? / Keila Adriana Lopes de Sena, Danilo da Silva Olivier  
e Érica Cupertino Gomes – 1ª edição –  
Araguaína: Editora ECG, 2025.  
Bibliografia  
ISBN 978-65-01-67136-9

Conteúdo: Física

1. Ensino de Física 2. Interdisciplinaridade 3. Mecânica dos Fluidos 4. Sequência  
Didática I. Título.

---

---

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Física 530

## **Apresentação**

*Esse material instrucional aborda uma metodologia interdisciplinar para o ensino da mecânica dos fluidos, integrando conhecimentos de Física e Biologia, com foco no sistema cardiovascular humano. A metodologia é baseada nos Três Momentos Pedagógicos (3MP), proposta por Delizoicov e Angotti, que consiste em três etapas: problematização, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.*

*O e-book destaca a importância da interdisciplinaridade no ensino, especialmente na mecânica dos fluidos, para proporcionar uma compreensão mais completa e contextualizada dos fenômenos estudados. A problematização envolve apresentar aos alunos uma situação real ou hipotética que desperte sua curiosidade e a necessidade de aprender. Na organização do conhecimento, o professor apresenta os conceitos teóricos e os fundamentos científicos necessários para a compreensão do problema. Na aplicação do conhecimento, os alunos utilizam os conhecimentos adquiridos para resolver o problema inicial ou outros problemas similares.*

*A sequência didática inclui atividades práticas, como a análise de doenças cardiovasculares e a construção de uma campanha educativa sobre a prevenção dessas doenças.*

*Em suma, o documento propõe uma abordagem interdisciplinar que valoriza a experiência dos alunos, aprofunda a compreensão conceitual e promove a aplicação prática do conhecimento, formando cidadãos críticos e conscientes.*

*Esperamos contribuir para o ensino de Física num contexto prático e inovador.*

*Os autores*

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>Tema: Mecânica dos Fluidos no Sistema Cardiovascular .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Problematização.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Organização do Conhecimento.....</b>	<b>5</b>
<b>3. Aplicação do Conhecimento .....</b>	<b>6</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>8</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>9</b>
<b>ANEXO II.....</b>	<b>10</b>
<b>TEXTO I: Tensão Arterial Elevada<sup>1</sup> .....</b>	<b>10</b>
<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>16</b>
<b>APÊNDICE II.....</b>	<b>18</b>
<b>APÊNDICE III.....</b>	<b>21</b>

## INTRODUÇÃO

O ensino interdisciplinar visa integrar conhecimentos de diferentes disciplinas para oferecer uma compreensão mais completa e contextualizada dos fenômenos estudados. A mecânica dos fluidos, uma área fundamental da Física, pode ser enriquecida com essa abordagem, permitindo que os alunos compreendam melhor seus conceitos e aplicações.

Apesar de ser evidente que a interdisciplinaridade dos conteúdos de Física e Biologia podem ocasionar inúmeros benefícios para o aprendizado dos alunos, principalmente no que condiz a sua aplicabilidade no seu cotidiano, não é este processo de ensino-aprendizado que ocorre na maioria das escolas públicas e privadas no Brasil (Faganello, 2020).

A falta de desenvolvimento de metodologias interdisciplinares se dá, primeiramente, devido ao cenário educacional contemporâneo ser o resultado de um longo processo de imposição de métodos educacionais fragmentados, que visam apenas a transmissão de informações para o aluno, o qual desempenha um papel totalmente passivo (Mozena e Ostermann, 2014). Dessa maneira, a realidade que o sistema educacional enfrenta é de formação de professores e alunos pouco reflexivos e questionadores, que compõem um sistema de ensino sem comprometimento com a qualidade do aprendizado e da construção de cidadãos críticos e conscientes (Marcos *et al.*, 2021).

Além disso, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), na competência específica 2, em Ciências da Natureza no Ensino Médio (BNCC p.555), diz que

O aluno deve desenvolver habilidades para construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.

A Base Nacional Comum Curricular evidencia que a escola deve ser um campo transformador, que acompanha as mudanças comportamentais recorrentes dos jovens, com o intuito de proporcionar experiências e conhecimentos necessários para atuarem com autonomia e desenvolverem senso crítico diante dos problemas expostos do seu cotidiano (BNCC, 2018).

Assim, ressalta-se, de modo geral, que a interdisciplinaridade como o processo que integra as diferentes áreas do conhecimento, buscando enfrentar e superar a fragmentação do ensino, o qual impede o desenvolvimento integral das capacidades, que permitem esses alunos utilizar e produzir bens culturais, sociais e econômicos (Silva, 2019).

Nessa perspectiva, um dos caminhos para a realização de um trabalho interdisciplinar nas escolas é a aplicação de metodologias como Os Três Momentos

Pedagógicos (3MP), segundo foi proposta por Delizoicov e Angotti (1990) e também investigada por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002). Tal metodologia é originada da transposição da concepção de Paulo Freire (Freire, 1987) para um contexto de educação formal, e defende que o aluno deve estudar cientificamente em sala de aula, usando os seus conhecimentos do cotidiano, tendo o professor como mediador desse processo.

Os Três Momentos Pedagógicos (Delizoicov e Angotti, 1990), constituem uma metodologia didática que se estrutura em três etapas: a problematização, a organização do conhecimento e a aplicação do conhecimento. Essa abordagem visa promover uma aprendizagem significativa ao relacionar os conteúdos escolares com a realidade dos alunos.

Integrar os três momentos pedagógicos de Paulo Freire — investigação, tematização e problematização (Freire, 1987) — ao ensino da mecânica dos fluidos proporciona uma abordagem interdisciplinar que valoriza a experiência dos alunos, aprofunda a compreensão conceitual e promove a aplicação prática do conhecimento. Essa metodologia não apenas enriquece o aprendizado técnico, mas também fomenta a formação de cidadãos críticos e conscientes, capazes de utilizar seu conhecimento para transformar a realidade (Bonfim *et al.*, 2018).

O primeiro momento pedagógico, a problematização, envolve apresentar aos alunos uma situação real ou hipotética que desperte sua curiosidade e a necessidade de aprender. Este momento é crucial para o ensino interdisciplinar da mecânica dos fluidos, pois permite que os alunos percebam a relevância dos conceitos estudados e se apropriem da própria necessidade de aprender. "A problematização consiste em partir de uma situação da prática social vivida pelos alunos, apresentando um problema que demanda conhecimentos novos para sua compreensão e resolução" (Saviani, 1991, p. 84).

Para a mecânica dos fluidos, pode-se utilizar problemas como a análise de sistemas de tubulações em uma cidade, a previsão de fenômenos meteorológicos ou o funcionamento de equipamentos hidráulicos, ou, como no caso deste trabalho, um sistema do corpo humano.

Na organização do conhecimento, o professor apresenta os conceitos teóricos e os fundamentos científicos necessários para a compreensão do problema. Esse momento envolve uma abordagem interdisciplinar, onde conhecimentos de física, matemática, química e biologia podem ser integrados. "A organização do conhecimento implica sistematizar os conteúdos que respondam ao problema apresentado, estabelecendo relações entre os conceitos" (Saviani, 1991, p. 88). Por exemplo, ao estudar a dinâmica dos fluidos, conceitos de equações diferenciais (matemática), reações químicas em fluidos (química) e os princípios físicos da hidrostática e hidrodinâmica (física) são interrelacionados.

No terceiro momento pedagógico, os alunos aplicam os conhecimentos adquiridos para resolver o problema inicial ou outros problemas similares, reforçando assim a aprendizagem e demonstrando a utilidade prática do conhecimento. "A aplicação do conhecimento visa à utilização dos saberes adquiridos em situações novas, tornando evidente a funcionalidade do aprendizado" (Saviani, 1991, p. 92).

Os alunos podem, por exemplo, projetar um sistema de irrigação eficiente, analisar o impacto ambiental de projetos hidráulicos ou desenvolver modelos computacionais para prever o comportamento de fluidos em diferentes condições.

Em suma, os 3MPs são os seguintes:

1. **Problematização** - Identificação de uma situação-problema.
2. **Organização do Conhecimento** - Sistematização dos conceitos necessários para a compreensão da situação-problema.
3. **Aplicação do Conhecimento** - Utilização dos conceitos aprendidos.

Os Três Momentos Pedagógicos proporcionam uma estrutura eficaz para o ensino interdisciplinar da mecânica dos fluidos, incentivando uma aprendizagem significativa e contextualizada. Ao relacionar teoria e prática e integrar conhecimentos de várias áreas, essa abordagem prepara os alunos para compreender e enfrentar problemas complexos do mundo real.

Dessa forma, o presente trabalho apresenta uma Sequência Didática (SD), baseada nos 3MP, para o ensino interdisciplinar de Física e a Biologia do corpo humano. Tal SD é oriunda de um trabalho de mestrado no MNPEF/Polo UFNT, cuja dissertação tem o título: "Os Três Momentos Pedagógicos como metodologia para o ensino da mecânica dos fluidos: o que é necessário para o coração bater?"

O tema "Fluidos" foi escolhido pelo fato de que durante a Educação Básica os conceitos sobre Fluidos e Pressão muitas vezes são apresentados de forma bastante superficial e descontextualizada, apesar de serem bastante presentes no cotidiano. Sendo assim, é importante que na abordagem realizada no contexto educacional seja levada em consideração a interdisciplinaridade inerente ao tema, criando um espaço para esta na formação inicial dos discentes, a fim de que a fragmentação dos conteúdos seja superada.

É válido ressaltar que a cada etapa da SD é designada metas específicas, com o intuito de avaliar como os alunos se adaptaram à metodologia proposta e à tecnologia educativa utilizada.

# Sequência Didática

## Tema: Mecânica dos Fluidos no Sistema Cardiovascular

Inicialmente será exposto aos alunos o projeto e o produto educacional que será trabalhado no período de 06 semanas (12 aulas). O produto apresenta o sistema cardiovascular e suas relações com a mecânica dos fluidos.

Durante todo o processo haverá momentos e formas de feedback, com o intuito de acompanhar os conhecimentos adquiridos pelos alunos, em especial nos 3 momentos de avaliação, sendo: exposição oral, mapa mental, quiz e questionário semiaberto.

### 1. Problematização

**Objetivo:** Despertar a curiosidade e o interesse dos alunos pelo tema, relacionando-o com o sistema cardiovascular humano.

**Ação:**

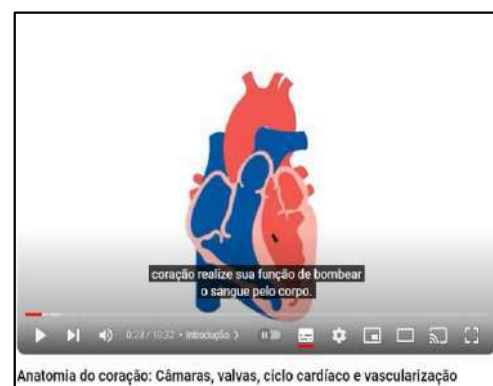
Apresentar dois vídeos que mostram o funcionamento do coração e do sistema circulatório, destacando o fluxo sanguíneo e as suas características. Os vídeos escolhidos são “*Biofísica da circulação sanguínea - Fisiologia humana*”<sup>1</sup> do canal Fisiologia Humana e “*Anatomia do coração: Câmaras, valvas, ciclo cardíaco e vascularização*”<sup>2</sup> do canal Knhub – Aprender Anatomia Humana ( Figura 1 e Figura 2).

Figura 1: Biofísica da circulação



Fonte: Youtube, 2020.

Figura 2: Anatomia do coração



Fonte: Youtube, 2022.

<sup>1</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=39fMX3dYMPQ&t=420s>

<sup>2</sup> [https://www.youtube.com/watch?v=pVL\\_kh-2ei4](https://www.youtube.com/watch?v=pVL_kh-2ei4)

Os vídeos tem em média 15 minutos e serão utilizados visando a introdução ao tema da anatomia do sistema cardiovascular e os processos físicos existentes na mesma, para que desse modo seja possível realizar a próxima etapa de problematização.

Logo após a turma será dividida em três grupos e para cada grupo será dado a parte de um texto que explica como a mecânica dos fluidos ocorre e quais as suas repercussões no corpo humano (Anexo I). É válido pontuar que o texto não será utilizado na íntegra, apenas os fragmentos necessários para que os alunos desenvolvam noções básicas e interdisciplinares acerca do tema. Após a leitura do texto será designado uma pergunta problematizadora para cada grupo responder e produzir um mapa mental, o qual será apresentado para toda turma.

As perguntas problematizadoras são:

1. Como o coração consegue bombear sangue para todo o corpo?
2. O que acontece com a pressão sanguínea quando as artérias se contraem ou bloqueiam?
3. Como o fluxo sanguíneo varia nas diferentes partes do corpo e por quê?

## **2. Organização do Conhecimento**

Objetivo: Sistematizar os conhecimentos sobre mecânica dos fluidos e aplicá-los ao sistema cardiovascular.

Ação:

- Ministras aulas interdisciplinares visando:

Física: Estudar os princípios da mecânica dos fluidos, como pressão, fluxo, resistência e viscosidade.

Biologia: Analisar a anatomia e fisiologia do sistema cardiovascular, incluindo o funcionamento do coração, artérias, veias e capilares.

Matemática: Utilizar fórmulas e equações para calcular pressão, fluxo e resistência no sistema cardiovascular.

- Atividades Práticas:

- 1) Observar como o sangue flui e como as variáveis físicas influenciam esse fluxo por meio do produto educacional desenvolvido (Apêndice I).
- 2) Estudar doenças cardiovasculares, analisando os dados para entender como as mudanças nas condições físicas afetam o sistema.

A segunda atividade prática, visando a organização do conhecimento, será realizada com a

divisão da turma em 3 grupos e para cada grupo será atribuído um texto relativo a uma doença vascular (Anexo II) para realizar a leitura e, posteriormente, sua socialização. Avisar aos alunos que:

- *Deverão anotar cada uma das dúvidas encontradas no texto, desde palavras como termos ou técnicas em uma folha.*
- *Na socialização devem expor os pontos que mais chamou a atenção no texto, inclusive conflitos, se concordam ou não com as opiniões apresentadas e porque concordam ou discordam e quais são os aspectos da mecânica dos fluidos que podem ser relacionados com as doenças cardiovasculares.*

Ao final da socialização dos textos será realizada a segunda avaliação da turma por meio de um quiz (Apêndice II).

### **3. Aplicação do Conhecimento**

Objetivo: Aplicar os conhecimentos adquiridos para resolver problemas reais e contextualizados, promovendo a integração do aprendizado.

Ação:

- Projeto Interdisciplinar:

Dividir os alunos em grupos em 3 grupos para desenvolver projetos que abordem problemas relacionados à mecânica dos fluidos no sistema cardiovascular. Nessa etapa eles desenvolverão uma campanha educativa sobre a prevenção de doenças cardiovasculares (as quais foram apresentadas na etapa anterior), explicando a importância da mecânica dos fluidos na saúde do coração. A construção da campanha educativa se dará por meio de uma apresentação oral usando cartazes como meio visual.

Ao final todo o processo de construção do conhecimento interdisciplinar será avaliado com um questionário semiestruturado.

## CONCLUSÃO

O presente projeto visa a elaboração de um trabalho que não só desenvolverá um material para o ensino interdisciplinar de Física e Biologia relacionado ao corpo humano, mas também tem o propósito de enriquecer a discussão sobre esse tema. Além disso, espera-se que a metodologia aplicada na sala de aula proporcione maior participação dos alunos, maior nível de aprendizagem e maior nível de aplicabilidade dos assuntos no seu cotidiano.

Com isso, integrar os três momentos pedagógicos de Paulo Freire — investigação, tematização e problematização — ao ensino da mecânica dos fluidos proporciona uma abordagem interdisciplinar que valoriza a experiência dos alunos, aprofunda a compreensão conceitual e promove a aplicação prática do conhecimento. Essa metodologia não apenas enriquece o aprendizado técnico, mas também fomenta a formação de cidadãos críticos e conscientes, capazes de utilizar seu conhecimento para transformar a realidade.

Além disso, aplicando essa abordagem, os professores podem iniciar o estudo da mecânica dos fluidos através de atividades que permitam aos alunos observar e descrever fenômenos como o fluxo de água em rios, a circulação de ar em sistemas de ventilação ou mesmo o comportamento dos fluidos no corpo humano. Esse processo investigativo serve para conectar o conteúdo acadêmico às experiências pessoais dos alunos, tornando o aprendizado mais relevante e significativo.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. 2018

BONFIM, D. D. S.; COSTA, P. C. F.; NASCIMENTO, W. J. A abordagem dos Três Momentos Pedagógicos no estudo de velocidade escalar média. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 1, p.187-197, 2018.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do ensino de ciências**. [S.l.: s.n.], 1990.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. In: . [S.l.]: Cortez, 2002.

FAGANELLO, JUCIARA. Estudo da BNCC sobre o ensino de Física nos anos finais do ensino fundamental com enfoque na interdisciplinaridade. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal da Fronteira Sul. Curso de Licenciatura em Física, 2020.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa**. [S.l.]: Paz e Terra, 2002.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987, p. 5, 6, 50 e 57.

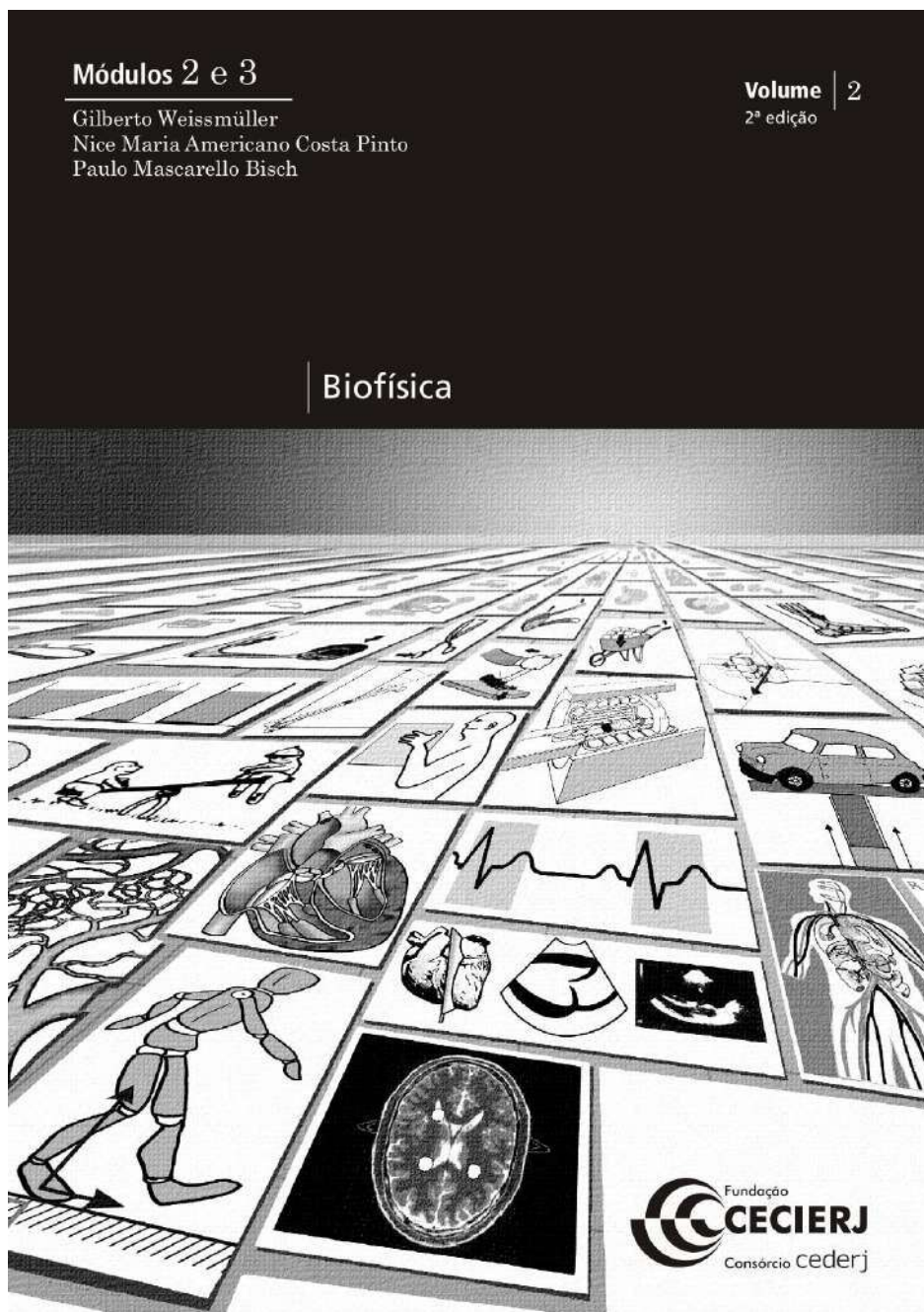
MARCOS, Carina Ferraz. Caminhos da iluminação: uma proposta visando a interdisciplinaridade entre biologia e física. 2021. Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Instituto Federal de Santa Catarina, 2021

MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. Uma revisão bibliográfica sobre a interdisciplinaridade no ensino das Ciências da natureza. **Revista Ensaio**, v. 16, n. 2, p. 185-206, 2014.

Saviani, D. (1991). Escola e Democracia. Campinas: Autores Associados.

SILVA C. R. DA. Interdisciplinaridade: conceito, origem e prática. **Revista Artigos**. Com, v. 3, p. e1107, 16 jun. 2019. Disponível:  
<https://acervomais.com.br/index.php/artigos/article/view/1107>.

## ANEXO I

Biofísica da circulação<sup>1</sup>

<sup>1</sup> <https://blog.sabin.com.br/saude/o-que-e-a-hipertensao-arterial/>

## ANEXO II

### TEXTO I: Tensão Arterial Elevada<sup>1</sup>

*"O que é a hipertensão arterial? Conheça as causas e os principais sintomas*

*A hipertensão arterial, popularmente conhecida como pressão alta (PA), é uma doença cardiovascular crônica que possui como característica principal os **níveis elevados da pressão sanguínea nas artérias**.*

*Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), **estima-se que, no mundo, mais de um bilhão de adultos, entre 30 e 79 anos, têm hipertensão arterial**. Dessa faixa etária, 46% (quase a metade) desconhece possuir a doença.*

*No Brasil, a situação é ainda mais crítica: o Ministério da Saúde (MS) informa que 388 pessoas morrem diariamente, devido às complicações causadas pela hipertensão. Isso significa uma média de 16 óbitos por hora! Além disso, 37% ocorre de forma precoce, em indivíduos com menos de 70 anos. Esses dados demonstram claramente a importância e a gravidade dessa doença para a saúde pública.*

*A hipertensão arterial se caracteriza por ser uma doença silenciosa, ou seja, que não apresenta, inicialmente, sinais ou sintomas. Esse é um dos fatores que levam à negligência e ao agravamento do quadro clínico. Portanto, realizar exames preventivos é essencial para um diagnóstico precoce.*

*A hipertensão arterial é caracterizada pela pressão sanguínea elevada de maneira persistente nas artérias, isto é, o coração precisa desempenhar um esforço maior do que o normal para que o sangue chegue em todos os tecidos do corpo. Com o passar dos anos, pequenas lesões vão se acumulando no organismo em decorrência dessa alteração da pressão, aumentando o risco de complicações, tais como:*

- *acidente vascular cerebral (AVC) ou acidente vascular encefálico (AVE);*
- *infarto do miocárdio;*
- *aneurismas arteriais;*
- *insuficiência renal;*
- *insuficiência cardíaca.*

*Ao ser bombeado pelo coração, o sangue é pressionado contra a parede das artérias, e a tensão gerada é denominada pressão arterial. Em um contexto saudável, a pressão arterial é fundamental para a manutenção e o equilíbrio do nosso organismo, já que ela é a força motriz que impulsiona o sangue — rico em oxigênio e nutrientes — para todos os órgãos e tecidos do corpo.*

*A pressão arterial é definida pela pressão exercida, nas artérias, no momento em que o coração bombeia o sangue. É chamada de “máxima” ou pressão arterial sistólica (PAS), no momento da contração, e “mínima” ou pressão diastólica (PAD), no momento do relaxamento do coração. Assim, temos os valores considerados normais da pressão arterial para uma grande parcela da população: 120 mmHg (milímetros de mercúrio) para a pressão sistólica; e 80 mmHg para a pressão arterial diastólica (PAD) — a conhecida pressão 12/8.*

*A depender da faixa etária, principalmente em idosos, os valores da pressão podem variar um pouco, para cima ou para baixo, mas sem representar necessariamente uma condição patológica. Já em um cenário caracterizado como hipertensão, a pressão arterial é mais elevada que o normal, considerando-se valores iguais ou superiores a 140 mmHg para a sistólica e iguais ou superiores a 90 mmHg para a diastólica (ou seja, 14/9).*

*Obesidade, sedentarismo, etnia, consumo exagerado de bebidas alcoólicas, tabagismo, má alimentação, má qualidade do sono, consumo excessivo de sal (sódio) e estresse também são fatores conhecidamente relacionados ao desenvolvimento da hipertensão arterial. Eles podem se somar aos fatores genéticos e ser determinantes para o surgimento da doença.*

*Os sinais e sintomas da hipertensão arterial costumam aparecer quando a pressão se eleva muito e podem se apresentar como dores de cabeça, dor no peito, tontura, falta de ar, náusea e vômitos, visão turva (ou outras alterações visuais), ansiedade, confusão mental, zumbido nos ouvidos, hemorragias nasais e ritmo cardíaco anormal.*

*Quando não tratada adequadamente, a hipertensão arterial pode trazer graves complicações, sendo o coração um dos órgãos mais afetados.*

*O quadro hipertensivo sem tratamento também pode gerar o rompimento de vasos sanguíneos ou bloquear o suprimento de sangue para o cérebro, causando derrame cerebral. De acordo com a extensão do dano causado e da região afetada, a lesão pode ser irreversível e até mesmo levar à morte."*



---

<sup>1</sup> <https://blog.sabin.com.br/saude/o-que-e-a-hipertensao-arterial/>

## TEXTO II: Angina<sup>2</sup>

*"Angina, também chamada angina de peito ou angina pectoris, é o nome de um de tipo de dor no peito que ocorre quando o músculo do coração (miocárdio) recebe uma quantidade de sangue menor do que seria necessário para o seu funcionamento normal.*

*Como ocorre com qualquer músculo do organismo humano, o músculo cardíaco também precisa de oxigênio para conseguir bombear o sangue para todo o corpo. Ao fazer algum esforço, a necessidade de oxigênio do coração vai aumentando conforme aumenta a intensidade do esforço que está sendo feito. Ao contrário, quando estamos em repouso, o coração pode bater mais lentamente e a sua demanda por oxigênio é menor.*

*A angina aparece sempre que o fornecimento de sangue ao coração não corresponde à demanda, fazendo com que o problema apareça mais em situações de esforço, como durante atividade física e geralmente reduz ou até mesmo desaparece quando o paciente fica em repouso.*

- *Causas:*

*A maior causa de angina é a denominada aterosclerose, ou seja, placas de gordura que se acumulam dentro dos vasos, fazendo com que fiquem mais estreitos, dificultando a passagem do sangue que precisa chegar ao músculo do coração.*

*As placas de gordura normalmente estão relacionadas a outras doenças ou fatores de risco, como idade avançada, pressão alta, diabetes, excesso de gordura no sangue, hábito de fumar, familiares que também apresentam o problema e falta de exercícios físicos. Outros fatores que também exigem que o coração receba mais sangue para trabalhar podem provocar a angina. Dentre eles:*

- *Problemas na tireoide (hipertiroidismo);*
- *Arritmias cardíacas;*
- *Febre;*
- *Dor;*
- *Estresse emocional;*
- *Medicamentos;*
- *Crise de pressão alta;*
- *Anemia (diminuição da quantidade de células vermelhas no sangue, responsáveis por transportar o oxigênio).*

- *Tipos de angina*

1. *Angina estável: dor no peito que surge quando o paciente faz alguma atividade física ou sofre algum estresse emocional. A dor tende a desaparecer após alguns minutos em repouso ou ao tomar medicamentos que dilatam as artérias coronarianas;*
2. *Angina instável: quadro mais grave, caracterizado por dor no peito que surge em repouso, dura mais de vinte minutos, aparece de forma imprevisível, piora rápida de angina já diagnosticada.*

- *Sintomas:*

*Dor na região central ou esquerda do peito, que pode irradiar para as costas, para a mandíbula ou para o braço esquerdo. A dor é geralmente descrita pelos pacientes como um aperto ou uma sensação de pressão.*

- *Tratamento:*

*O tratamento de pessoas com angina baseia-se principalmente em mudanças de estilo de vida, medicamentos e procedimentos médicos.*

*Perder peso, melhorar a dieta, praticar atividade física (com orientação do cardiologista), controlar a pressão arterial e o diabetes, reduzir o consumo de bebidas alcoólicas, evitar o estresse e parar de fumar.*

*Os medicamentos são utilizados na prevenção e no controle das crises de dor e para reduzir o risco de trombose (coágulo que bloqueia a passagem de sangue) e de infarto.*

*Em pacientes com angina instável ou naqueles que não melhoram com os medicamentos, pode ser necessário realizar o cateterismo cardíaco – procedimento que permite identificar se alguma artéria está gravemente obstruída, para poder restabelecer o fluxo sanguíneo.*

*Para pacientes com múltiplas lesões nas artérias, o tratamento mais indicado é a cirurgia conhecida popularmente como ponte de safena."*



---

<sup>2</sup> <https://bvsmms.saude.gov.br/angina/>

Esse problema de saúde, também conhecido como Doença Arterial Obstrutiva dos Membros(DAOP), consiste no estreitamento e endurecimento dos vasos sanguíneos que levam o sangue para os membros inferiores do corpo, ou seja, pernas e pés. Geralmente, isso ocorre porque essas artérias estão bloqueadas por placas de gordura, o que chamamos de ateroma.

Dessa maneira, a circulação sanguínea dessas regiões fica prejudicada e pode gerar sequelas mais graves, como úlceras(feridas) nas pernas e pés, bem como a obstrução aguda desses vasos causando isquemia, às vezes até com necessidade de amputação. Paciente com DAOP, possuem riscos aumentados de infarto do miocárdio e acidente vascular cerebral, que são as interrupções de sangue para o coração e cérebro, respectivamente.

- Os sintomas

Depois de entender o que é a doença arterial periférica, é hora de conhecer os sintomas que o problema gera. Os principais são:

- dores nas pernas, principalmente ao caminhar (claudicação);
- sensação de “fisgadas” e cansaço nas pernas;
- câibras;
- crescimento mais lento dos pelos dos membros inferiores;
- cor mais branca na pele da região;
- crescimento lento das unhas dos pés;
- feridas nas pernas e pés, além de infecções constantes;
- nos homens, disfunção erétil.

Vale saber também que nem todos os pacientes apresentam sintomas. Por isso, as consultas com cardiologista e angiologista precisam ser regulares. Saiba que aqui, na Unicardio, temos um time de especialistas prontos para cuidar de você.

- O que pode gerar a doença arterial periférica?

Como já mencionamos, a base para essa doença arterial está no acúmulo de placas de gordura nas artérias. Isso costuma ser gerado quando há altos níveis de colesterol ruim no sangue, o chamado LDL.

O colesterol alto atinge, em sua maioria, pessoas que se alimentam de forma pouco saudável, com muitos produtos ultraprocessados e enlatados e pessoas com histórico familiar de colesterol alto. Além disso, o sedentarismo e a obesidade são outros fatores de risco.

A doença arterial periférica também costuma ser mais comum em quem tem histórico dela na

família, fumantes, pacientes que já sofreram AVC, hipertensos, obesos, diabéticos e com idade acima de 50 anos.

- Os tratamentos

Infelizmente, a doença arterial periférica não possui uma cura definitiva, mas existem tratamentos. Eles têm o objetivo de evitar que as placas de gordura aumentam, amenizar os sintomas e também prevenir qualquer problema que a má circulação possa gerar, como sérias feridas na pele.

Na maioria dos casos, o médico irá recomendar medicamentos, mudanças nos hábitos de vida (como na alimentação) e a prática de exercícios físicos. Todavia, em situações mais graves, pode ser necessária uma angioplastia. Trata-se de uma cirurgia em que, por meio de um pequeno cateter, o especialista infla uma espécie de balão no vaso sanguíneo afetado, Assim, o mesmo se abre e o fluxo de sangue volta ao normal.

- As formas de evitar

Como prevenir é melhor que remediar, confira as maneiras de evitar a doença arterial periférica:

- ter uma alimentação saudável, com mais frutas, verduras e grãos ;
- praticar exercícios físicos;
- não fumar;
- manter-se no peso ideal;
- realizar check-ups periódicos dos níveis de colesterol no sangue;
- controlar a diabetes e a hipertensão;
- sempre que puder, faça caminhadas.

Como já citamos anteriormente, também é fundamental realizar consultas médicas, mesmo que você não tenha nenhum sintoma. Quanto antes a doença for diagnosticada, melhor.



---

<sup>3</sup> <https://unicardio.com.br/artigos/doenca-arterial-periferica-saiba-o-que-e-os-sintomas-e-tratamentos/>

## APÊNDICE I

### *ATIVIDADE PARA O USO DO PROTÓTIPO*

#### **Objetivos**

1. Compreender a estrutura e o funcionamento básico do sistema cardiovascular.
2. Aplicar conceitos de mecânica dos fluidos no contexto do sistema cardiovascular.
3. Relacionar aspectos biológicos e físicos para explicar o funcionamento do coração e dos vasos sanguíneos.

#### **Materiais Necessários**

- Protótipo do sistema cardiovascular (pode ser um modelo de coração e vasos sanguíneos com tubos transparentes e uma bomba simulando o coração ou com tubos coloridos simulando artérias e veias).
- Água colorida (corante alimentício) para simular o sangue.
- Bomba manual ou elétrica para representar a contração do coração.
- Manômetro para medir a pressão.
- Cronômetro.
- Régua ou fita métrica para medir o fluxo.
- Folhas de atividades e questionários.

#### **Etapas da Aula**

##### **Introdução (15 minutos)**

1. Discussão Inicial:
  - Apresentar aos alunos o sistema cardiovascular humano: coração, artérias, veias e capilares.
  - Explicar brevemente como o coração bombeia o sangue e como a mecânica dos fluidos se aplica a este processo.

##### **Atividade 1: Estrutura e Função do Sistema Cardiovascular (20 minutos)**

1. Exploração do Protótipo:
  - Mostrar o protótipo cardiovascular aos alunos.
  - Identificar as partes do coração e os tipos de vasos sanguíneos (artérias, veias e capilares).
  - Demonstrar o funcionamento básico do coração usando a bomba manual ou elétrica para simular as batidas do coração.
2. Discussão Guiada:

- Perguntar aos alunos sobre a função de cada componente do sistema cardiovascular.
- Discutir como o sangue é impulsionado através dos vasos e como os diferentes tipos de vasos possuem funções específicas.

### **Atividade 2: Aplicação dos Conceitos (20 minutos)**

#### 1. Relacionando Biologia e Física:

- Apresentar a equação da continuidade e algumas aplicações.
- Discutir como a lei de Poiseuille se aplica ao fluxo sanguíneo nos vasos (dependência do fluxo em relação ao raio dos vasos, viscosidade do sangue, etc.).
- Explicar a relação entre pressão arterial e resistência vascular.

#### 2. Questões e Problemas:

- Fornecer aos alunos questões baseadas nos conceitos discutidos, como calcular a pressão esperada em um determinado ponto do sistema ou prever o efeito de mudanças no diâmetro dos vasos.

### **Conclusão e Reflexão (15 minutos)**

#### 1. Revisão dos Conceitos:

- Revisar os principais pontos abordados na aula, enfatizando a integração entre biologia e física.

#### 2. Discussão Final:

- Pedir aos alunos para refletirem sobre a importância da mecânica dos fluidos no funcionamento do sistema cardiovascular.
- Discutir aplicações práticas, como a medição da pressão arterial e o impacto das doenças cardiovasculares.

### **Avaliação**

- Observação da participação dos alunos durante as atividades práticas.
- Análise das respostas aos questionários e problemas fornecidos.
- Discussão em grupo sobre os conceitos aprendidos.

**APÊNDICE II****Quiz para os alunos do ensino médio 2º ano**

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

1. O coração é o órgão responsável por bombear sangue para todo o corpo. Para isso, os movimentos de sístole e diástole, dois momentos primordiais no ciclo cardíaco, realizam, respectivamente:

- a) contração, enchendo-se de sangue, e relaxamento, liberando sangue para o corpo.
- b) relaxamento, recebendo sangue, e contração, liberando sangue para o corpo.
- c) contração, bombeando sangue para o corpo, e relaxamento, enchendo-se de sangue.
- d) contração, transformando sangue arterial em venoso, e relaxamento, liberando sangue para o corpo.

2. Quando verificamos a pulsação de uma pessoa, estamos observando a(o):

- a) frequência respiratória.
- b) movimento intestinal.
- c) volume sanguíneo no coração.
- d) frequência cardíaca.
- e) oxigenação no cérebro.

3. A pressão sanguínea é maior em qual tipo de vaso sanguíneo?

- a) veia
- b) vênulas
- c) artérias
- d) arteríolas
- e) capilares

4. Qual é o seu nível de familiaridade com operações básicas de álgebra (adição, subtração, multiplicação e divisão de polinômios)?

- ( ) Nenhum conhecimento
- ( ) Pouco familiar
- ( ) Moderadamente familiar
- ( ) Muito familiar
- ( ) Totalmente familiar

5. Uma mangueira de jardim é conectada a uma torneira com pressão de 200 kPa e diâmetro interno de 1 cm. A mangueira tem um comprimento de 20 m e um diâmetro interno de 0,5 cm. Determine a velocidade da água na saída da mangueira.

### Solução do quiz para os alunos do ensino médio 2º ano

1. c) contração, bombeando sangue para o corpo, e relaxamento, enchendo-se de sangue.
2. d) frequência cardíaca.
3. c) artérias

5. Primeiramente, devemos utilizar a equação de Bernoulli para determinar a pressão na saída da mangueira. Assumindo que a altura da torneira seja a mesma da saída da mangueira, temos:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

onde  $P_1$  é a pressão da torneira,  $P_2$  é a pressão na saída da mangueira,  $V_1$  é a velocidade da água na torneira e  $V_2$  é a velocidade na saída da mangueira.

Podemos desprezar a energia potencial da água, pois a altura é a mesma nos dois pontos. Substituindo os valores na equação, temos:

$$200k(Pa) + \frac{1}{2} * 1000 \left( \frac{kg}{m^3} \right) * V_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} * 1000 \left( \frac{kg}{m^3} \right) * V_2^2$$

Agora, utilizamos a equação de continuidade para relacionar as velocidades da água na torneira e na saída da mangueira. Essa equação é dada por:

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

onde  $A_1$  é a área da seção transversal da torneira e  $A_2$  é a área da seção transversal da mangueira.

Substituindo os valores na equação, temos:

$$\frac{\pi(0,01m)^2}{4} V_1 = \frac{\pi(0,005m)^2}{4} V_2$$

Resolvendo para  $V_2$ , temos:  $V_2 = 16V_1$

Substituindo na equação de Bernoulli, temos:

$$200k(Pa) + \frac{1}{2} * 1000 \left( \frac{kg}{m^3} \right) * V_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} * 1000 \left( \frac{kg}{m^3} \right) * (16V_1)^2 \therefore p_2 = 180kPa$$

**Portanto, a pressão na saída da mangueira é de 180 kPa e a velocidade da água é de 16 vezes a velocidade na torneira.**

### APÊNDICE III

QRCODE's REFERENTES AOS VÍDEOS DA ETAPA DE PROBLEMATIZAÇÃO:

Vídeo 1:

“*Biofísica da circulação sanguínea - Fisiologia humana*” do canal Fisiologia Humana



Vídeo 2:

“*Anatomia do coração: Câmaras, valvas, ciclo cardíaco e vascularização*” do canal Knhub – Aprender Anatomia Humana



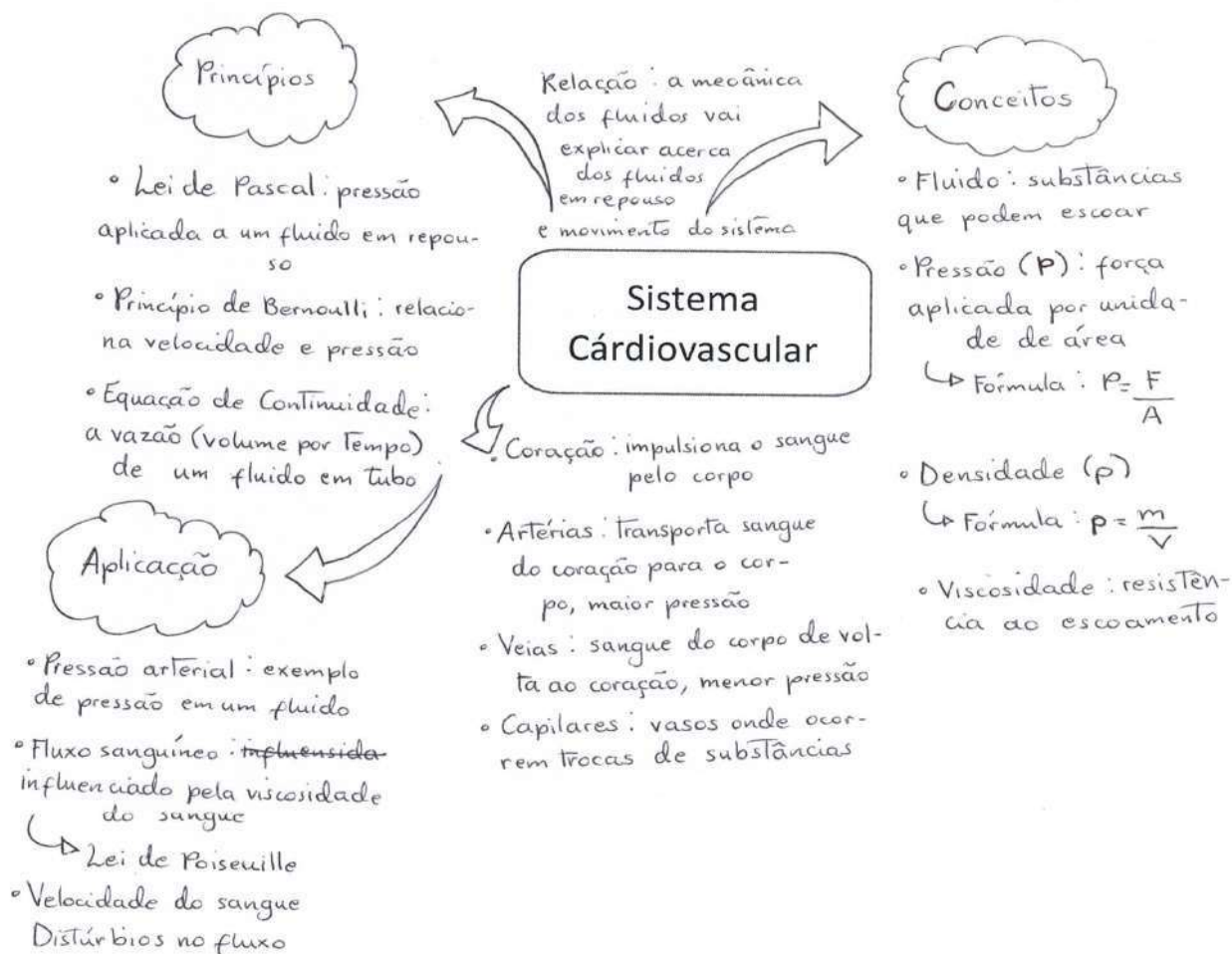
# **Mapas Mentais e Questionários**

# APÊNDICE 1

## MAPAS MENTAIS

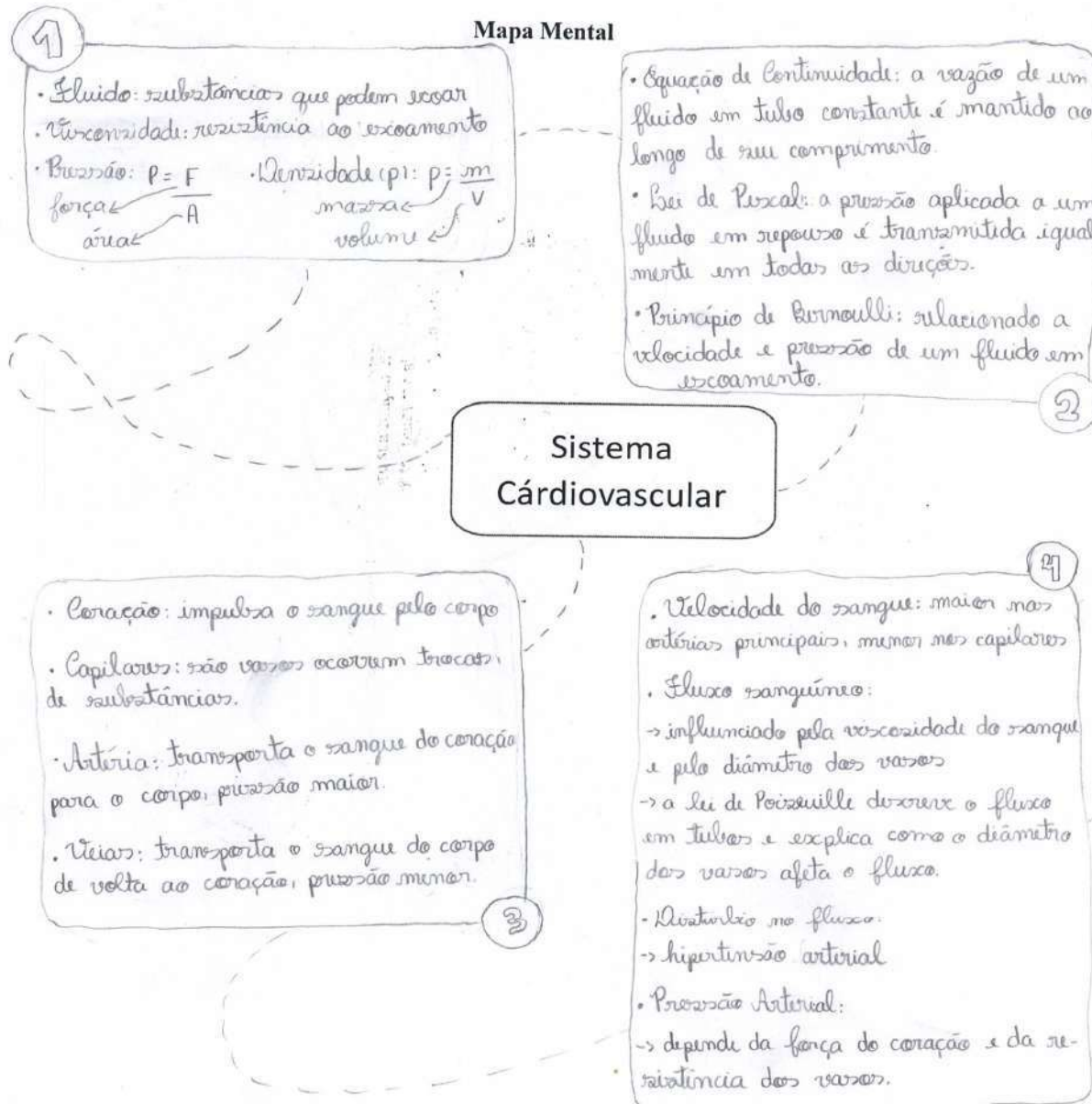
## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental



## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental





Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erika  
Keila Adriana Lopes



MNPEF  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental

### Conceitos

- Fluido: Substâncias que podem escoar
- Pressão:  $p = \frac{F}{A}$
- Densidade:  $\rho = \frac{m}{V}$
- Viscosidade: Resistência ao escoamento.  
Quanto + viscoso, maior a resistência ao movimento.

### Sistema cardiovascular

- Coração: Bomba que impulsiona o sangue pelo corpo.
- Arterias e Veias: Tubos que transportam sangue.
- Arteria: Sangue do coração para o corpo, resistência maior.
- Veias: Sangue do corpo de volta ao coração, resistência menor.
- Capilares: Vasos onde ocorrem troca de substâncias.

### Princípios importantes

- Lei de Pascal: A pressão aplicada a um fluido em repouso é transmitida igualmente em todas as direções.
- Princípio de Bernoulli: Relaciona velocidade e pressão de um fluido em escoamento.
- Equação de Continuidade: A vazão (volume por tempo) de um fluido em um tubo constante é mantida ao longo de seu comprimento.

### Sistema Cárdiovascular

- Aplicação da Mecânica dos Fluidos
- Pressão Arterial: Depende da força do coração e da resistência dos vasos.
- Fluxo Sanguíneo: Influenciado pela viscosidade do sangue e pelo diâmetro dos vasos.
- Lei dos Poiseuille: Descreve o fluxo em tubos e explica como o diâmetro dos vasos afeta o fluxo sanguíneo.
- Velocidade do sangue: Maior nas artérias principais, menor nos capilares.



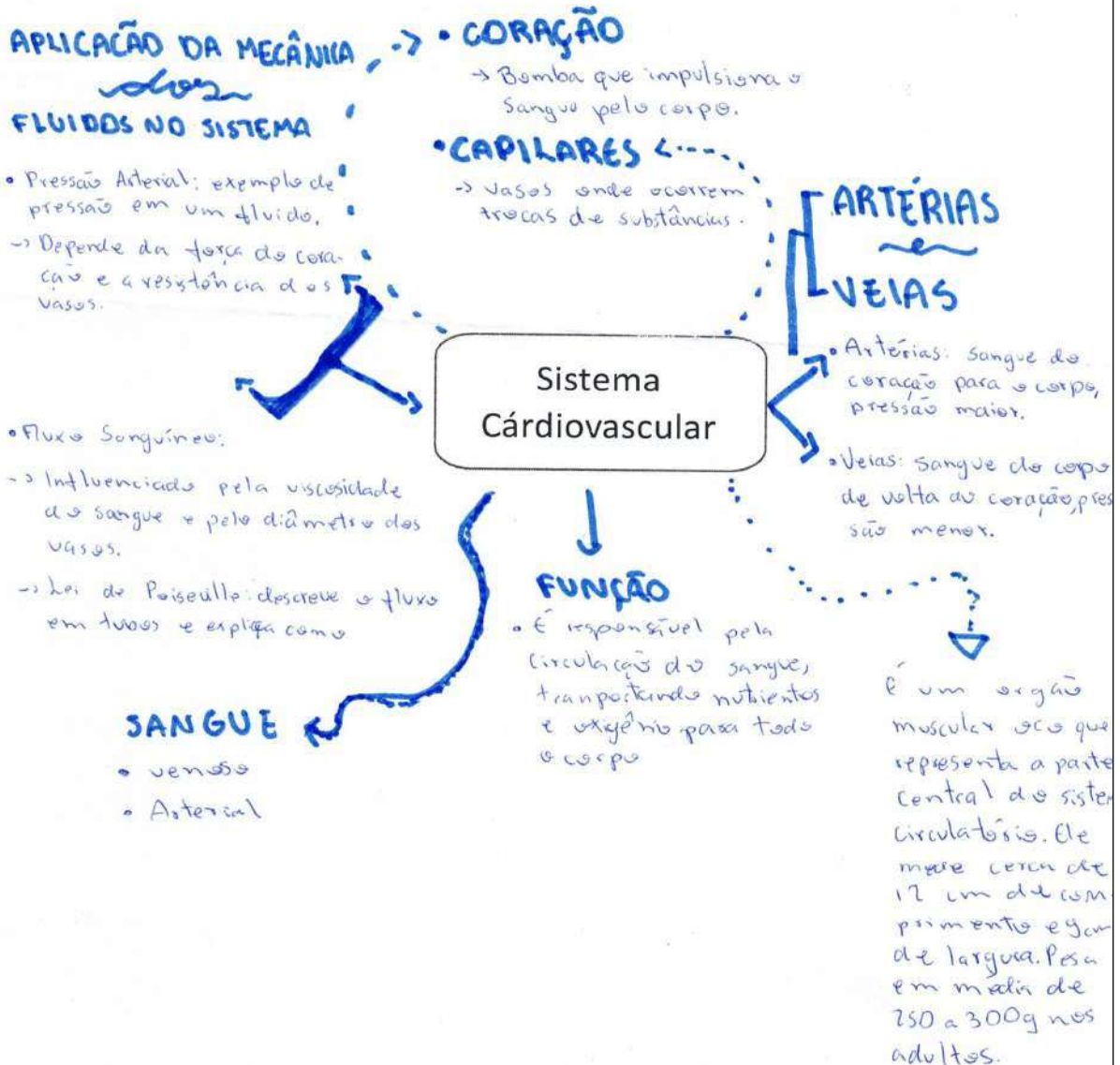
ALUNO: ARTUR ALSON LEAL DE SANTANA  
Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erika  
Keila Adriana Lopes



MNPEF  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental



### Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

#### 2: Principios;

- Lei de Pascal
- Princípio de Bernoulli
- Equação de Continuidade

#### Mapa Mental

#### 1: Conceito Básico;

- Fluido: substância que escoa
- Pressão =  $P = \frac{F}{A}$
- Densidade =  $\rho = \frac{M}{V}$
- Viscosidade: resistência ao escoamento.

### Sistema Cárdiovascular

#### 3: Sistema Córdiovascular

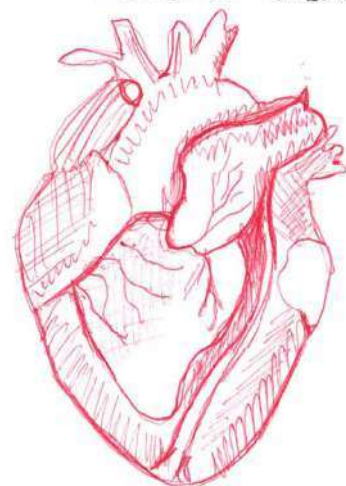
- Coração
- Arterias
- Veias

#### 4: Aplicação

- Pressão arterial
- Fluxo sanguíneo
- Lei de Poiseuille

#### 5: Exemplo

- Como a viscosidade do sangue influencia o esforço do coração?
- Como a pressão arterial muda em diferentes atividades





## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental

O Sistema cardiovascular é responsável pelo transporte de sangue, oxigênio, nutrientes e outros elementos essenciais pelo corpo humano. Ele é composto pelo coração, vasos sanguíneos (artérias, veias e capilares) e o próprio sangue.

• Princípio de Pascal:  
A pressão aplicada a um fluido em repouso é transmitida igualmente para as paredes em todas as direções. O coração gera pressão, que é transmitida igualmente para artérias, veias e capilares.

Sistema  
Cárdiovascular

A mecânica dos fluidos aplica-se diretamente ao funcionamento do sistema cardiovascular, pois o sangue, um fluido, circula por meio dos vasos sanguíneos sob a ação de forças e pressões.

• Fluido: substâncias que podem escoar (líquidos e gases).

• Pressão: força aplicada por unidade de área.

• Fórmula:  $P = \frac{F}{A}$  → força  
                  ↓  
                  A → área  
                  ↓  
                  pressão

Os princípios da mecânica dos fluidos são fundamentais para entender o funcionamento do sistema, pois o sangue é um fluido que circula sob a ação de pressões, resistências e viscosidade.

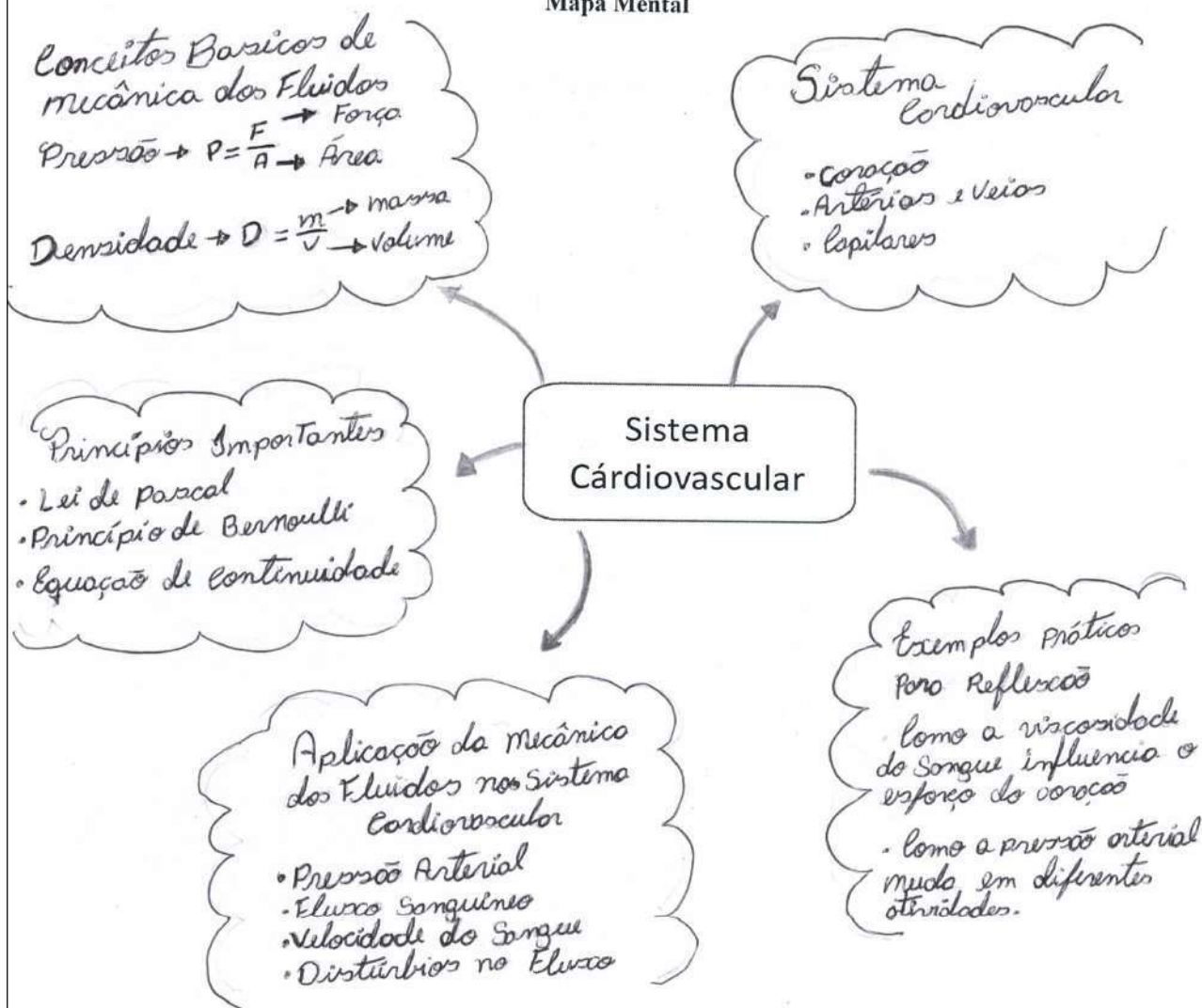
↳ Alguns princípios:

- Princípio de Bernoulli;
- Equação de continuidade;
- Lei de Poiseuille;
- Lei de Laplace;
- Resistência vascular;
- Viscosidade do sangue.



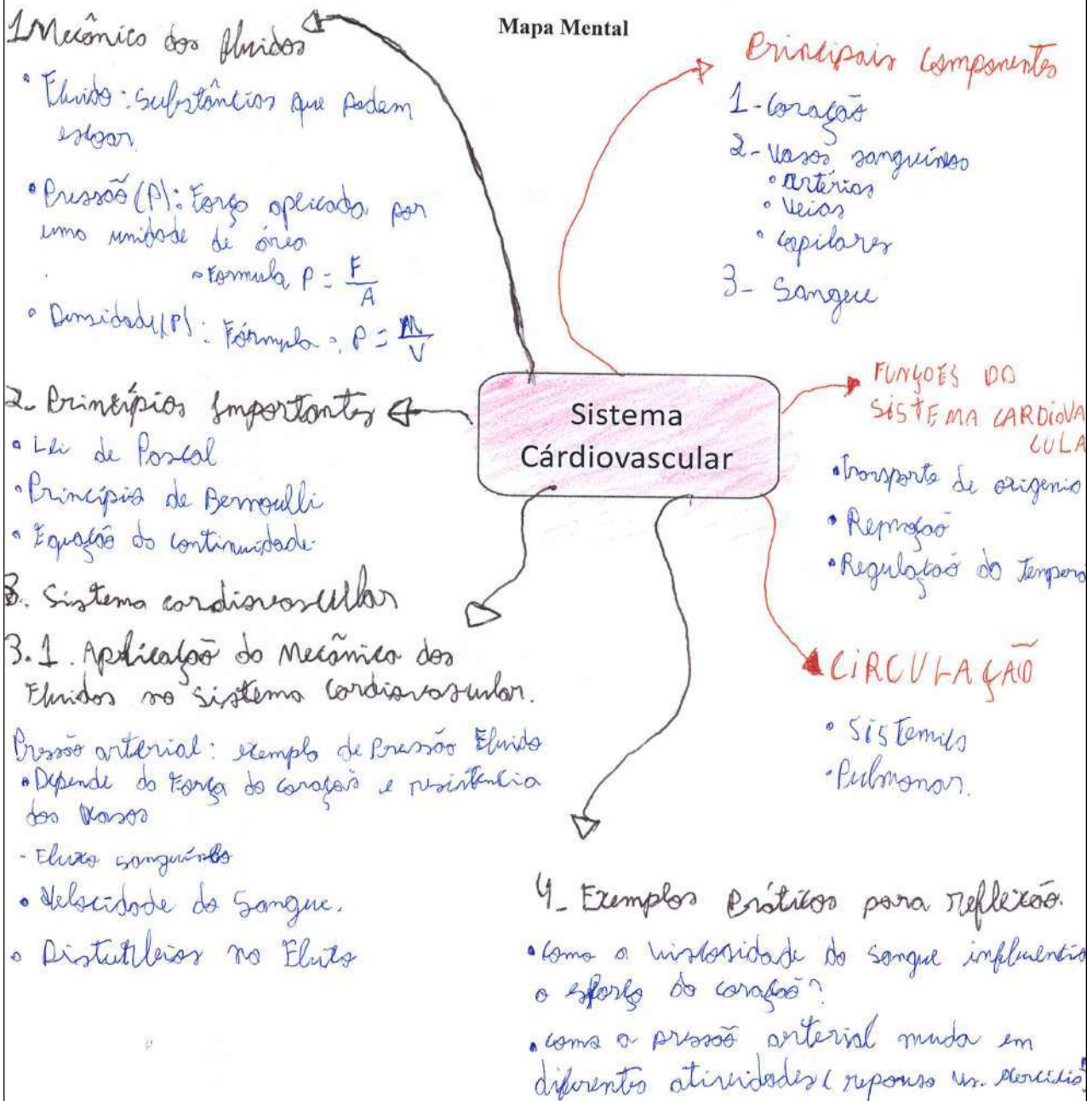
## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental



Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

Mapa Mental



## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental

Princípios importantes

- Lei de Pascal: a pressão aplicada a um fluido em repouso é transmitida igualmente em todas as direções
- Princípio de Bernoulli: relaciona velocidade e pressão de um fluido em escoamento
- Equação de Continuidade: a vazão de um fluido em tubo constante é mantida ao longo de seu comprimento.

Mecânica dos Fluidos

- fluido: substâncias que podem escoar
- pressão:  $P = \frac{F}{A}$
- Viscosidade  $P = \frac{\eta}{l}$

### Sistema Cárdiovascular

É o conjunto de vasos sanguíneos e do coração, que transportam sangue e linfa pelo corpo.

- Coração: bombeia o sangue
- Artérias e Veias: tubos que transportam o sangue
- Capilares: vasos onde ocorrem trocas de substâncias

Fluxo Sanguíneo

- Lei de Poiseuille: descreve o fluxo em tubos e explica como o diâmetro dos vasos afeta os tubos sanguíneos
- Distúrbios de fluxo
- Hipertensão arterial



Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

1. CONCEITOS BÁSICOS

Mapa Mental

- Fluido: Substâncias que podem escoar (líquidos e gases)
- Densidade: Força aplicado por unidade de ~~área~~  $\rightarrow P = \frac{F}{A}$
- viscosidade: Massa por unidade de volume  $\rho = \frac{m}{V}$
- Pressões: Resistência ao escoamento

4. Aplicação da mecânica dos fluidos no S.C
- Fluxo Sanguíneo
  - Lei de Poiseuille
  - Velocidade do sangue
  - Distúrbios no fluxo.

2. Princípios importantes.

Lei de Pascal: a pressão aplicado a um fluido em repouso é transmitida igualmente em todas as direções.

Equação de Continuidade: a vazão (volume por tempo) de um fluido em tubo constante é mantido ao longo de seu comprimento.

Princípio de Bernoulli: Relação a velocidade e pressão de um fluido em escoamento.

3. Sistema Córdiovascular.

- Coração
- Arterias e Veias
- Arterias
- veias
- Capilares.

Sistema Córdiovascular

5. Exemplos básicos práticos para Reflexão.

- Como a viscosidade do sangue influencia o esforço do coração?
- Como a pressão arterial muda em diferentes atividades (repouso e exercício)?



\* Engize Roberto

## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental

• **Corações**: bombas que impulsionam o sangue pelos vasos

• **Arterias e veias**:

Tubos que transportam o sangue

• **Capilares**: vasos onde ocorrem trocas de substâncias.

• **Velocidade do sangue**:

▶ maior nas artérias principais, menor nos capilares. (pelas trocas de substâncias)

• Pressão (p):  $P = \frac{F}{A}$

• Densidade:  $\rho = \frac{m}{V}$

• **pressão arterial**: exemplo de pressão em um fluido.

↳ Depende do fluxo de circulação e da resistência dos vasos.

• **Fluxo sanguíneo**: influenciado pelo viscosidade do sangue e pelo diâmetro dos vasos.

### Sistema Cárdiovascular

• **Distúrbios no fluxo**:  
 ex: hipertensão arterial (aumento da pressão)

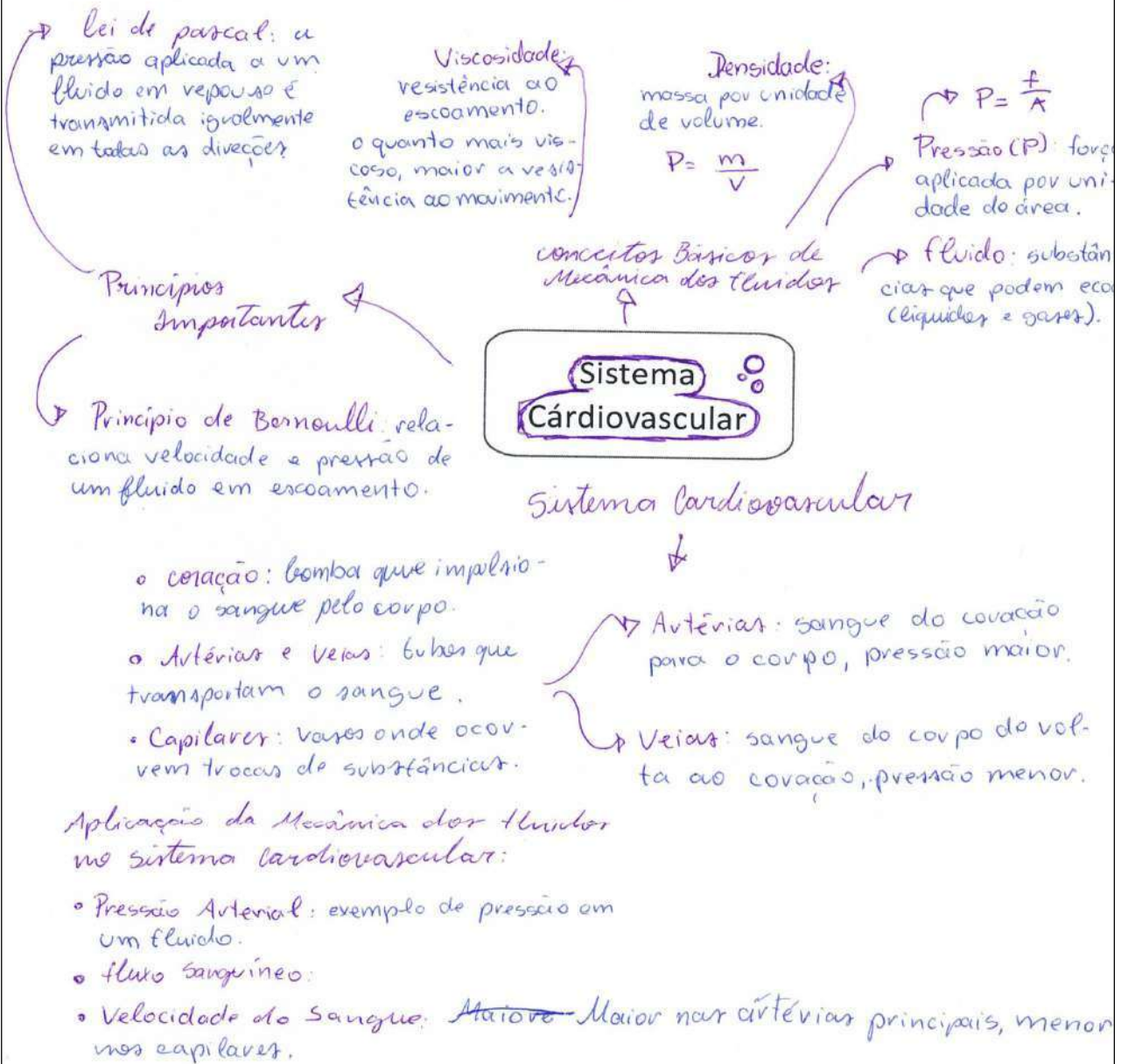
• **Lei de Pascal**:

o pressão aplicada a um fluido em repouso é transmitida igualmente em todas as direções



## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental





## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental

Sistema Cárdiovascular

#### Conceitos básicos de Mecânica dos Fluidos:

- Fluido.
- Pressão:  $P = \frac{F}{A}$
- Densidade:  $\rho = \frac{m}{V}$
- Viscosidade.

#### Sistema Cardiovascular:

- Coração: Bombeia sangue
- Artérias e Veias: Têm função reservatório por transportar o sangue.
- Capilares: Onde ocorre a troca de substâncias.

#### Princípios Importantes:

- Lei de Pascal: A pressão aplicada a um fluido em repouso é transmitida igualmente em todas as direções.
- Princípio de Bernoulli: Relação velocidade e pressão de um fluido em escoamento.
- Equação de Continuidade: A vazão de um fluido em um tubo constante é mantida ao longo de seu comprimento.

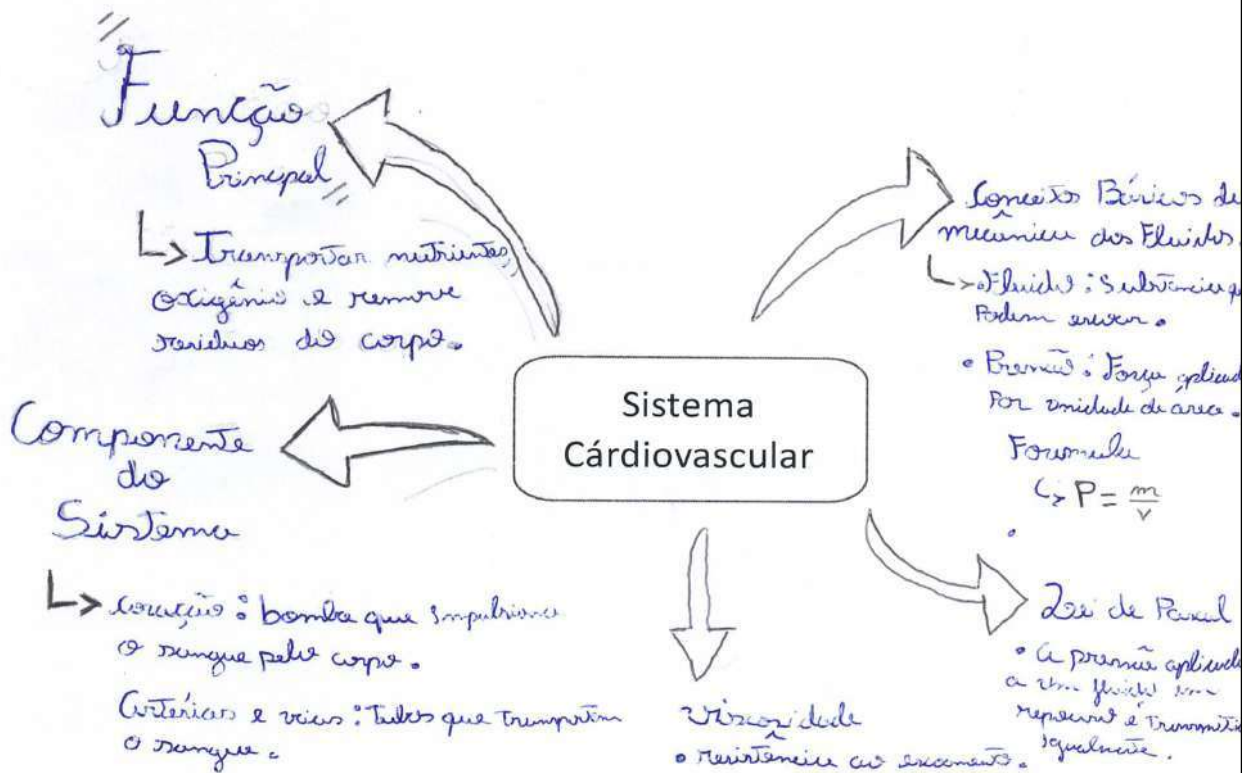
#### Aplicações da Mecânica dos Fluidos no sistema cardiovascular

- Pressão arterial.
- Fluxo sanguíneo.
- Lei de Poiseuille.
- Velocidade do sangue.
- Perturbação no fluxo.
- Hipertensão.



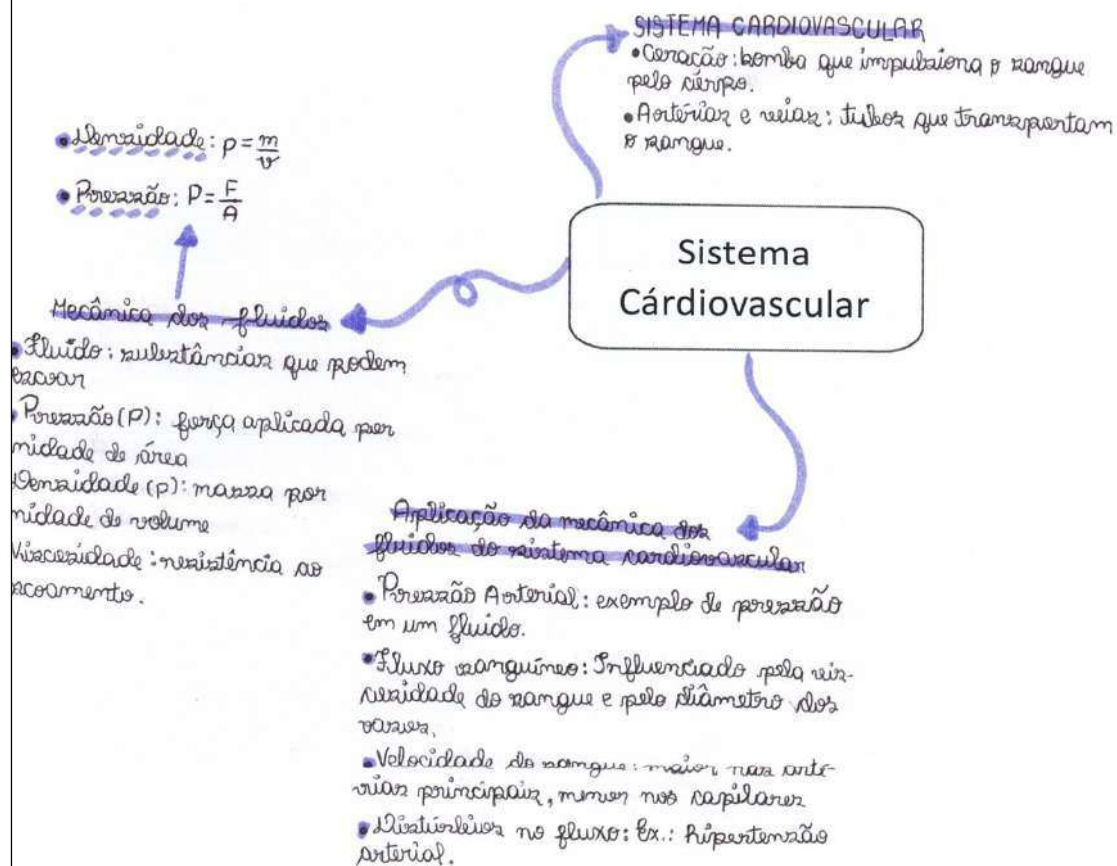
## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental



## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental



## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

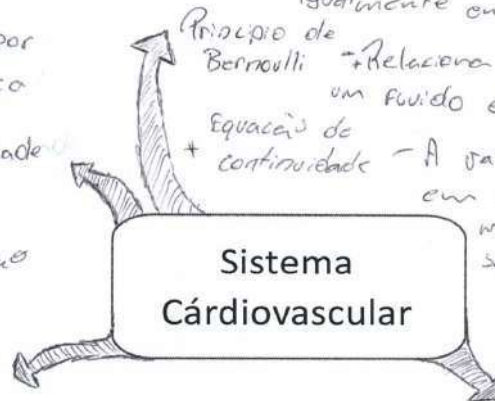
### Mapa Mental

#### 1) Conceitos básicos de mecânica dos fluidos

- \* Fluido - Substâncias que podem escoar
- \* Pressão - Força aplicada por unidade de área  
 $P = \frac{F}{A}$
- \* Densidade - massa por unidade de volume  
 $\rho = \frac{m}{V}$
- \* Viscosidade - resistência ao escoamento

#### 2) Principios importantes

- \* Lei de Pascal - a pressão aplicada a um fluido em repouso é transmitida igualmente em todas as direções
- \* Princípio de Bernoulli - Relaciona velocidade e pressão de um fluido em escoamento
- \* Equação de continuidade - A vazão de um fluido em um tubo constante é mantida ao longo de seu comprimento



#### 3) Sistema cardiovascular

- \* Coração - Bomba que impulsiona o sangue pelo coração
- \* Artérias e veias - tubos que transportam o sangue
- \* Capilares - Vasos onde ocorrem trocas de substâncias

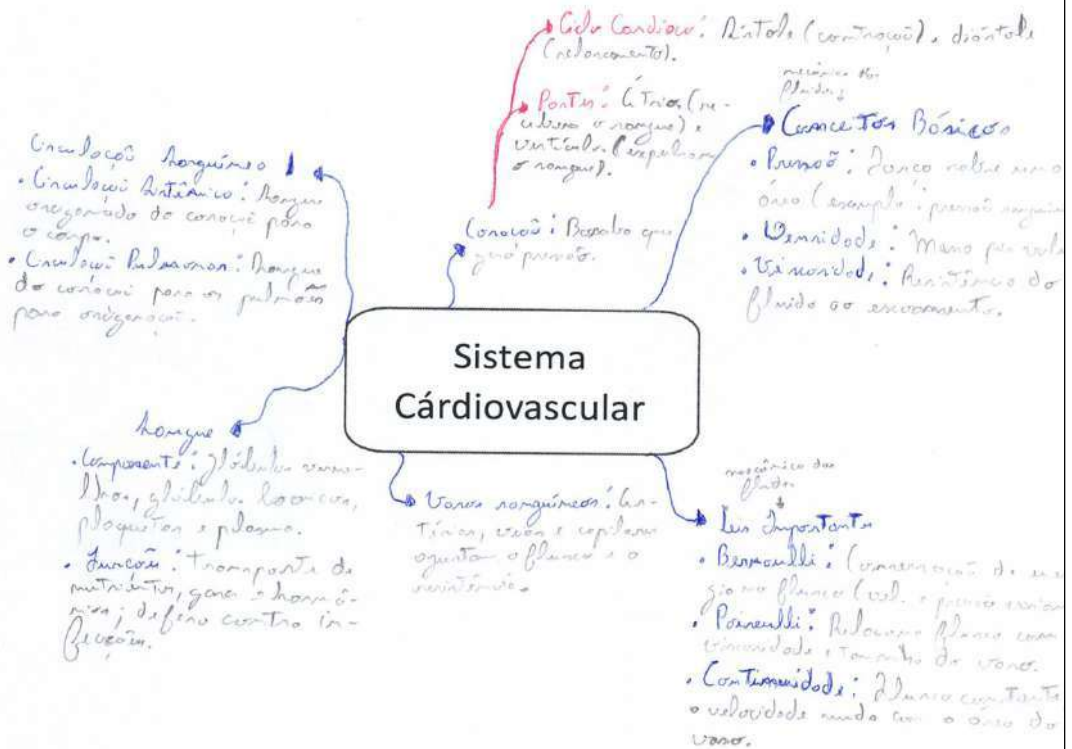
#### 4) Aplicações da mecânica dos Fluidos no sistema Cardiovascular

- \* Pressão Arterial - Exemplo de pressão em um fluido
  - Fluxo sanguíneo - Influenciado pela viscosidade do sangue e pelo diâmetro dos vasos
- \* Velocidade do sangue - maior nas artérias principais, menor nos capilares.
  - Distúrbios no fluxo  
Exemplo: hipertensão arterial (aumento de pressão)



## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental





## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental

#### 1. CONCEITOS BÁSICOS

- Fluido é substâncias que podem escoar
- Pressão é Força aplicada por unidade de área.
- Densidade é massa por unidade de volume
- Viscosidade é resistência ao escoamento.

#### 4. APLICAÇÃO DA MECÂNICA DOS FLUIDOS NO SISTEMA CARDIOVASCULAR.

- Pressão arterial
- Fluxo sanguíneo
- Velocidade do sangue
- Distúrbios no fluxo

### Sistema Cárdiovascular

#### EXEMPLOS PRÁTICOS PARA REFLEXÃO

- Como a viscosidade do sangue influencia o esforço do coração?
- Como a pressão arterial muda em diferentes altitudes?

#### 2. PRINCÍPIOS IMPORTANTES

- Lei de Pascal: a pressão aplicada a um fluido em repouso é transmitida igualmente em todas as direções
- Princípio de Bernoulli
- Equação de continuidade

#### 3. SISTEMA CARDIOVASCULAR

- Coração: bomba que impulsiona o sangue pelo corpo.
- Artérias e veias: tubos que transportam o sangue.
- Capilares: vasos onde ocorrem trocas de substâncias.



## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental

#### CONCEITOS BÁSICOS:

↳ Fluido: Substâncias que podem escoar (líquidos e gases).

↳ pressão (P): Força aplicada por unidade de área.

$$P = \frac{F}{A}$$

↳ densidade:  $\rho = \frac{m}{V}$

↳ viscosidade: Resistência ao escoamento.

#### SISTEMA CARDIOVASCULAR:

↳ Coração: Bomba que impulsiona o sangue pelo corpo

↳ Artérias e veias: tubos que transportam o sangue

#### PRINCÍPIOS IMPORTANTES:

↳ Lei de Pascal: A pressão aplicada a um fluido em segurança é transmitida igualmente em todas as direções.

↳ Princípio de Bernoulli: Relação entre velocidade e pressão de um fluido em escoamento.

↳ Equação de continuidade: Um vazão (volume por tempo) de um fluido em um tubo constante é mantido ao longo de seu comprimento.

### Sistema Cárdiovascular

#### APLICAÇÃO DA MECÂNICA:

↳ Pressão arterial: exemplo de pressão em um fluido.

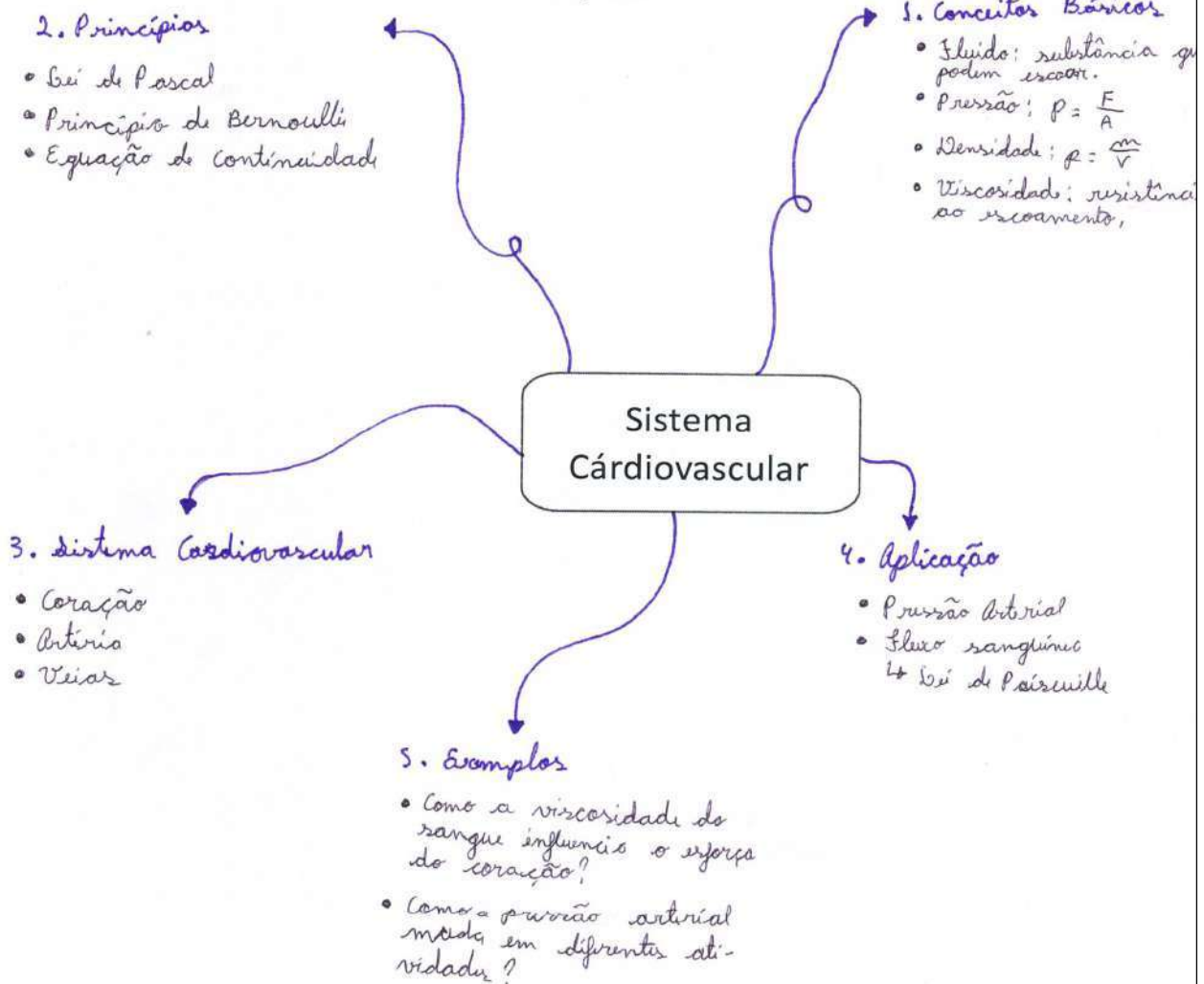
↳ Fluxo sanguíneo: influenciado pela espessura do sangue e pelo diâmetro dos vasos.

↳ Velocidade do sangue: maior nas artérias, menor nos capilares.

↳ distúrbio no fluxo: Exemplo: hipertensão arterial (aumento da pressão).

## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

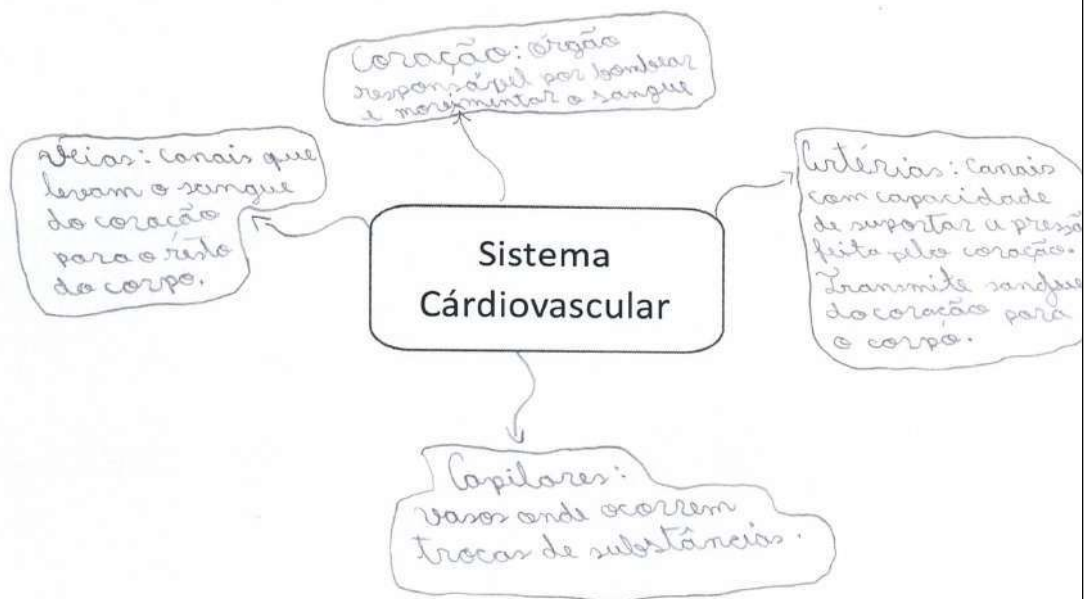
### Mapa Mental





## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental



### Relação com a física:

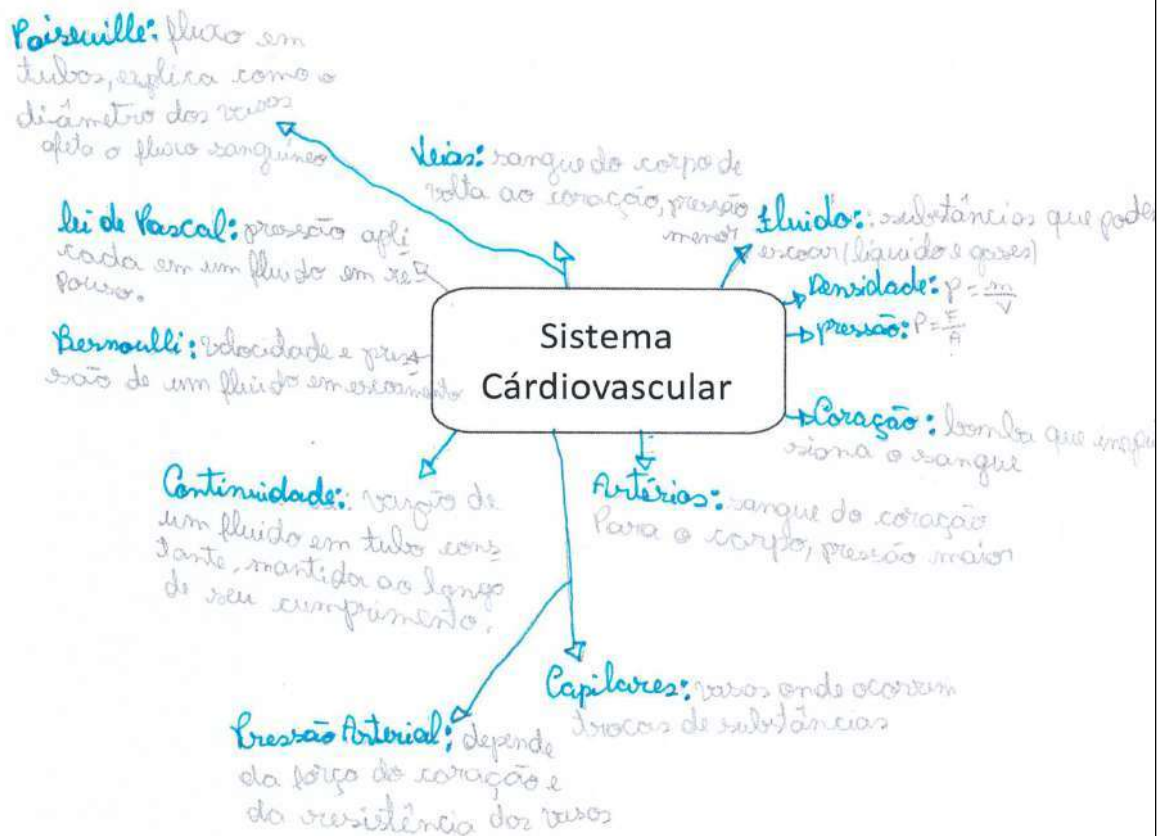
A mecânica dos fluidos se relaciona com o sistema cardiovascular.

Pontos importante dessa relação:

- Pressão arterial;  $\rightarrow$  Depende da força do coração e da resistência da rede.
- Fluxo sanguíneo;  $\rightarrow$  Depende da viscosidade do sangue e pelo diâmetro dos vasos.
- Velocidade do sangue;  $\rightarrow$  Maior nas artérias principais, menor nos capilares.
- Distúrbios no fluxo;  $\rightarrow$  Como a hipertensão arterial.

## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental





## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental

(Conceitos básicos de  
mecânica dos fluidos)

• fluido: substâncias que podem  
escoar

• fórmula:  $P = \frac{F}{A}$

(exemplos práticos para  
reflexão)

• como a viscosidade do  
sangue influencia o esforço  
do coração?

(Princípios importantes)

- Lei de Pascal
- Princípio de Bernoulli
- Equações de continuidade

Sistema  
Cárdiovascular

(Sistema Córdiovascular)

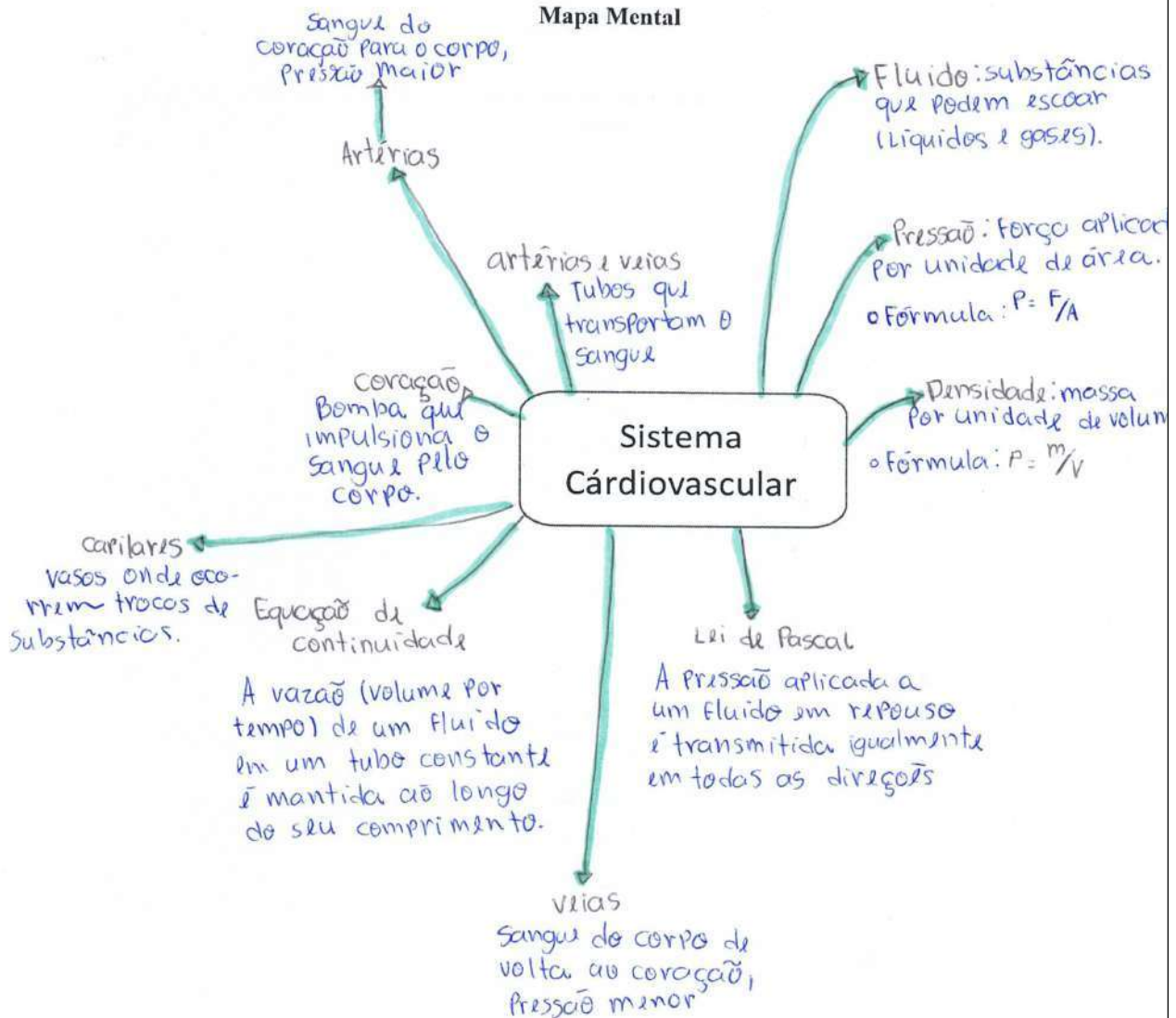
- Coração: bomba que impulsiona  
o sangue pelo corpo
- artérias e veias: tubos que  
transportam o sangue.

(aplicação da mecânica  
dos fluidos no sistema cardíaco  
vascular)

- Pressão arterial: exemplo  
de pressão em um fluido
- Fluxo sanguíneo: influenciado  
pela viscosidade do sangue

### Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

#### Mapa Mental





### Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

#### Mapa Mental

#### Sistema Circulatório

- coração: bomba que impulsiona o sangue.
- Artérias e veias: tubos que transportam o sangue.
- **ARTÉRIAS**: sangue do coração para o corpo.
- **VEIAS**: sangue do corpo de volta ao coração.
- capilares: vasos onde ocorrem trocas de substâncias.

#### Conceitos básicos de mecânica

- Fluido:
- Pressão:  

$$P = \frac{F}{A}$$
- Densidade:  

$$\rho = \frac{m}{V}$$
- Viscosidade

#### Mecânica dos fluidos

- ↳ **Pressão arterial**: exemplo de pressão em um fluido.
- Depende da força do coração e da resistência dos vasos.
- ↳ **Fluxo Sanguíneo**
  - influenciado pela viscosidade do sangue
  - viscosidade do sangue
  - resistência ao fluxo

#### Sistema Cárdiovascular

- Princípios importantes
- lei de Pascal
- Princípio de Bernoulli
- Equação de continuidade

## Mecânica dos Fluidos do Sistema Córdiovascular

2: Bombas;

- Lei de Pascal
- Bombas de Bernoulli
- Equação de Continuidade

Mapa Mental →

1: Conceitos Básicos;

- Fluido: substância que escoa.
- Pressões:  $P = \frac{F}{A}$
- Densidade:  $\rho = \frac{m}{V}$
- Viscosidade: Resistência ao escoamento.

Sistema  
Córdiovascular

3: Sistema Córdiovascular;

- Arterias
- Veias
- Capilares

4: Aplicações;

- Pressão arterial
- Fluxo sanguíneo
- Lei de Poiseuille

5: Exemplos;

- Como a viscosidade de sangue influencia o esforço do coração?
- Como a pressão arterial muda em diferentes atividades?





## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### Mapa Mental

#### Princípios Importantes

Lei de Pascal  
Princípio de Bernoulli  
Equação de Continuidade

O sistema Cárdiovascular é formado por:

- Coração
- Artérias e Veias
- Capilares

#### Função

É responsável pela circulação do sangue, transportando nutrientes e oxigênio para todo o corpo.

Sistema Cárdiovascular

#### Sangue

Sangue venoso

Sangue arterial

É um órgão muscular oco que representa a parte central do sistema circulatório. Ele mede cerca de 12 cm de comprimento e 9 cm de largura. Pesa em média de 250 a 300g nos adultos.

# APÊNDICE 2

## Questionários



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

- 1) Indique seu interesse por Física.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 2) Indique seu interesse por Biologia.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?  
 Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados
  
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

( ) Sistema respiratório

Sistema circulatório

( ) Sistema nervoso e sensorial

( ) Sistema endócrino

( ) Todas acima relacionadas

( ) Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

*Sim, sistema circulatório, sistema urinário, sistema nervoso.*



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



### Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

#### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

1) Indique seu interesse por Física.

- Alto  
 Médio  
 Baixo

2) Indique seu interesse por Biologia.

- Alto  
 Médio  
 Baixo

3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?

- Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados

4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

Sistema respiratório

Sistema circulatório

Sistema nervoso e sensorial

Sistema endócrino

Todas acima relacionadas

Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

Sim. Sistema Circulatório



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

- 1) Indique seu interesse por Física.
- Alto  
 Médio  
 Baixo
- 2) Indique seu interesse por Biologia.
- Alto  
 Médio  
 Baixo
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?
- Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?
- Sistema Circulatório*

( ) Sistema respiratório

Sistema circulatório

( ) Sistema nervoso e sensorial

( ) Sistema endócrino

( ) Todas acima relacionadas

( ) Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

Sim, sistema circulatório; urinário; endócrino; nervoso; digestório; reprodutor.



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

- 1) Indique seu interesse por Física.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 2) Indique seu interesse por Biologia.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?  
 Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados
  
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

*sim, todos porém foi superficial.  
Sistema urinário,  
Sistema respiratório  
etc.*



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



**Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular**  
**QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO**

- 1) Indique seu interesse por Física.
- Alto
- Médio
- Baixo
- 2) Indique seu interesse por Biologia.
- Alto
- Médio
- Baixo
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?
- Biologia
- Química
- Medicina
- Matemática
- História
- Geografia
- Engenharia
- Artes
- Todos acima relacionados
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

Sim


- sistema digestório
- sistema respiratório
- sistema nervoso



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



### Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

- 1) Indique seu interesse por Física.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 2) Indique seu interesse por Biologia.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?  
 Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados
  
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?  


- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

Sim, digestório, respiratório e etc.



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



**Mecânica dos Fluidos do Sistema Circulatorio**  
**QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO**

1) Indique seu interesse por Física.

- ( ) Alto  
(X) Médio  
( ) Baixo

*0,10 de interesse, 0,10 de interesse, 0,10 de interesse*

2) Indique seu interesse por Biologia.

- ( ) Alto  
(X) Médio  
( ) Baixo

3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?

- ( ) Biologia  
( ) Química  
( ) Medicina  
(X) Matemática  
( ) História  
( ) Geografia  
( ) Engenharia  
( ) Artes  
( ) Todos acima relacionados

4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

Sim, digestório, circulatório

X

X

X



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



### Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

#### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

- 1) Indique seu interesse por Física.
- ( ) Alto *em sistemas, protótipos, etc*
- () Médio
- ( ) Baixo
- 2) Indique seu interesse por Biologia.
- ( ) Alto
- ( ) Médio
- () Baixo
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?
- ( ) Biologia
- ( ) Química
- ( ) Medicina
- () Matemática
- ( ) História
- ( ) Geografia
- ( ) Engenharia
- ( ) Artes
- ( ) Todos acima relacionados
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

*Sim, digestório, circulatório...*



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



### Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

#### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

1) Indique seu interesse por Física.

Alto

Médio

Baixo

2) Indique seu interesse por Biologia.

Alto

Médio

Baixo

3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?

Biologia

Química

Medicina

Matemática

História

Geografia

Engenharia

Artes

Todos acima relacionados

4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

Sistema respiratório

Sistema circulatório

Sistema nervoso e sensorial

Sistema endócrino

Todas acima relacionadas

Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

Sim. → Sistema respiratório  
→ Sistema digestório  
→ " circulatório  
→ etc.



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



### Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

- 1) Indique seu interesse por Física.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 2) Indique seu interesse por Biologia.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?  
 Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados
  
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

Sim, Sist. Circulatório, Respiratório, nervoso e digestivo



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

18.11.24

### Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

- 1) Indique seu interesse por Física.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 2) Indique seu interesse por Biologia.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?  
 Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados
  
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

Sistema respiratório

Sistema circulatório

Sistema nervoso e sensorial

Sistema endócrino

Todas acima relacionadas

Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

Sim, todos



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



**Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular**  
**QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO**

1) Indique seu interesse por Física.

- Alto  
 Médio  
 Baixo

2) Indique seu interesse por Biologia.

- Alto  
 Médio  
 Baixo

3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?

- Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados

4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?  
*Sim, respiratório, nervoso e sensorial, endócrino e circulatório.*



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



### Mecânica dos Fluidos do Sistema Cardiovascular

#### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

1) Indique seu interesse por Física.

- Alto  
 Médio  
 Baixo

2) Indique seu interesse por Biologia.

- Alto  
 Médio  
 Baixo

3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?

- Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados

4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

- Sistema respiratório
- Sistema nervoso
- Sistema circulatório



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cardiovascular

### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

1) Indique seu interesse por Física.

- Alto  
 Médio  
 Baixo

2) Indique seu interesse por Biologia.

- Alto  
 Médio  
 Baixo

3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?

- Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados

4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

Sistema respiratório

Sistema circulatório

Sistema nervoso e sensorial

Sistema endócrino

Todas acima relacionadas

Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

Sim, respiratório, circulatório, endócrino, nervoso e sensorial,  
cardíaco...



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

- 1) Indique seu interesse por Física.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 2) Indique seu interesse por Biologia.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?  
 Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados
  
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

*Sim, sistema respiratório, circulator, nervoso, alimentar, cardíaco, etc.*



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

- 1) Indique seu interesse por Física.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 2) Indique seu interesse por Biologia.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?  
 Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados
  
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

Sim, Sistema respiratório, sistema nervoso e sensorial, sistema circulatório



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



**Mecânica dos Fluidos do Sistema Cardiovascular**  
**QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO**

- 1) Indique seu interesse por Física.
- Alto  
 Médio  
 Baixo
- 2) Indique seu interesse por Biologia.
- Alto  
 Médio  
 Baixo
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?
- Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

Sistema respiratório

Sistema circulatório

Sistema nervoso e sensorial

Sistema endócrino

Todas acima relacionadas

Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

SIM, todos.



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

**MNPEF**

Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

- 1) Indique seu interesse por Física.
  - Alto
  - Médio
  - Baixo
  
- 2) Indique seu interesse por Biologia.
  - Alto
  - Médio
  - Baixo
  
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?
  - Biologia
  - Química
  - Medicina
  - Matemática
  - História
  - Geografia
  - Engenharia
  - Artes
  - Todos acima relacionados
  
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

*sim, todos.*



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



### Mecânica dos Fluidos do Sistema Cardiovascular QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

- 1) Indique seu interesse por Física.
- Alto
- Médio
- Baixo
- 2) Indique seu interesse por Biologia.
- Alto
- Médio
- Baixo
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?
- Biologia
- Química
- Medicina
- Matemática
- História
- Geografia
- Engenharia
- Artes
- Todos acima relacionados
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

Sistema respiratório

Sistema circulatório

Sistema nervoso e sensorial

Sistema endócrino

Todas acima relacionadas

Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

Sim, sistema circulatório, sistema nervoso e sistema respiratório.



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

- 1) Indique seu interesse por Física.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 2) Indique seu interesse por Biologia.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?  
 Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados
  
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

Sistema respiratório

Sistema circulatório

Sistema nervoso e sensorial

Sistema endócrino

Todas acima relacionadas

Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

Rim, fígado.



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cardiovascular

### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

- 1) Indique seu interesse por Física.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 2) Indique seu interesse por Biologia.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?  
 Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados
  
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

*Sim, todos.*



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

- 1) Indique seu interesse por Física.
  - Alto
  - Médio
  - Baixo
  
- 2) Indique seu interesse por Biologia.
  - Alto
  - Médio
  - Baixo
  
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?
  - Biologia
  - Química
  - Medicina
  - Matemática
  - História
  - Geografia
  - Engenharia
  - Artes
  - Todos acima relacionados
  
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

Sistema respiratório

Sistema circulatório

Sistema nervoso e sensorial

Sistema endócrino

Todas acima relacionadas

Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

Sim, sistema respiratório, nervoso, endócrino, cardíaco, etc.



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

**Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular**  
**QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO**

- 1) Indique seu interesse por Física.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 2) Indique seu interesse por Biologia.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?  
 Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados
  
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

Sistema Respiratório

Sist. Circulatório

Nervoso e sensorial

endócrino

Sist. Digestivo



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



### Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

#### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

- 1) Indique seu interesse por Física.
- Alto
- Médio
- Baixo
- 2) Indique seu interesse por Biologia.
- Alto
- Médio
- Baixo
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?
- Biologia
- Química
- Medicina
- Matemática
- História
- Geografia
- Engenharia
- Artes
- Todos acima relacionados
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

*Sim, sistemas: respiratório, endócrino, nervoso e circulatório.*



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cardiovascular

### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

- 1) Indique seu interesse por Física.
- ( ) Alto
- () Médio
- ( ) Baixo
- 2) Indique seu interesse por Biologia.
- ( ) Alto
- ( ) Médio
- () Baixo
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?
- ( ) Biologia
- () Química
- ( ) Medicina
- () Matemática
- ( ) História
- ( ) Geografia
- () Engenharia
- ( ) Artes
- ( ) Todos acima relacionados
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

*sim, sistema cardiovascular e respiratório*



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

1) Indique seu interesse por Física.

( ) Alto

Médio

( ) Baixo

2) Indique seu interesse por Biologia.

( ) Alto

( ) Médio

Baixo

3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?

( ) Biologia

( ) Química

( ) Medicina

Matemática *ênfase*

( ) História

( ) Geografia

Engenharia *ênfase*

( ) Artes

Todos acima relacionados

4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

*Estudei todos os sistemas do corpo humano de forma superficial.*



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

- 1) Indique seu interesse por Física.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 2) Indique seu interesse por Biologia.  
 Alto  
 Médio  
 Baixo
  
- 3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?  
 Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados
  
- 4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

Sistema respiratório

Sistema circulatório

Sistema nervoso e sensorial

Sistema endócrino

Todas acima relacionadas

Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

Sim. Sistema respiratório, nervoso, circulatório...



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



### Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

1) Indique seu interesse por Física.

- Alto  
 Médio  
 Baixo

2) Indique seu interesse por Biologia.

- Alto  
 Médio  
 Baixo

3) Com qual ou quais áreas do conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?

- Biologia  
 Química  
 Medicina  
 Matemática  
 História  
 Geografia  
 Engenharia  
 Artes  
 Todos acima relacionados

4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

Sim, Sistema Cardiovascular, sistema respiratório, sistema urinário



Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física – MNPEF  
Universidade Federal do Norte do Tocantins – UFNT  
Dra. Erica Cupertino Gomes  
Keila Adriana Lopes



**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

## Mecânica dos Fluidos do Sistema Cárdiovascular

### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO DIAGNÓSTICO

1) Indique seu interesse por Física.

( ) Alto

Médio

( ) Baixo

2) Indique seu interesse por Biologia.

Alto

( ) Médio

( ) Baixo

3) Com qual ou quais áreas de conhecimento você acha que a Física melhor se relaciona?

Biologia

Química

Medicina

Matemática

( ) História

( ) Geografia

Engenharia

( ) Artes

( ) Todos acima relacionados

4) Qual ou quais sistemas do corpo humano você acredita ser possível encontrar conteúdos de Física?

- Sistema respiratório
- Sistema circulatório
- Sistema nervoso e sensorial
- Sistema endócrino
- Todas acima relacionadas
- Nenhum dos sistemas acima

5) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano? Quais?

Sim, • Sistema respiratório  
• Sistema nervoso  
• Sistema circulatório