



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ARAGUAÍNA
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF

JOÃO PEDRO ALMEIDA SALES

**UM CAMINHO INTERDISCIPLINAR PARA O ESTUDO DE TÓPICOS DA FÍSICA
TÉRMICA**

ARAGUAÍNA
2020

JOÃO PEDRO ALMEIDA SALES

**UM CAMINHO INTERDISCIPLINAR PARA O ESTUDO DE TÓPICOS DA FÍSICA
TÉRMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.
Orientadora: Dr^a. Érica Cupertino Gomes

ARAGUAÍNA
2020

Dedico esse trabalho aos meus pais, Maria Alves e José Gomes, cuja capacidade de amar e educar seus filhos sempre esteve como vertente primordial na definição de família.

UM CAMINHO INTERDISCIPLINAR PARA O ESTUDO DE TÓPICOS DA FÍSICA TÉRMICA

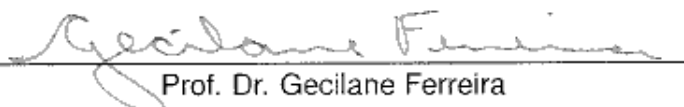
João Pedro Almeida Sales

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 30/11/2020



Profa. Dra. Érica Cupertino Gomes
Orientadora



Prof. Dr. Gecilane Ferreira
Membro externo



Prof. Dr. Danilo da Silva Olivier
Membro externo

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

S163c Sales, João Pedro Almeida.
Um caminho interdisciplinar para o estudo de tópicos da Física
Térmica. / João Pedro Almeida Sales. – Araguaina, TO, 2020.
114 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do
Tocantins – Câmpus Universitário de Araguaina - Curso de Pós-
Graduação (Mestrado) Profissional Nacional em Ensino de Física,
2020.
Orientadora : Érica Cupertino Gomes

1. Física Térmica. 2. Interdisciplinaridade. 3. Sequência de Ensino
Investigativo-SEI. 4. Base Nacional Comum Curricular-BNCC. I. Título

CDD 530

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.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da
UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

Agradecimentos

- Agradeço aos meus pais, José Gomes e Maria Alves, pelo amor, carinho e dedicação prestados a mim. Aos valores morais e éticos que em suma foram primordiais na minha formação enquanto cidadão. Estendo ainda agradecimentos aos meus irmãos Jesuslene, Jecilene e José Filho, cujo empenho em me incentivar a continuar imprimiu uma fortaleza nessa minha jornada.
- A minha orientadora, Érica Cupertino Gomes, sou grato pela inesgotável paciência com que transmitiu seus conhecimentos.
- O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Resumo

Este trabalho visa o ensino de tópicos de Física Térmica de forma interdisciplinar e não tradicional, sob a perspectiva do ensino investigativo, através de um produto educacional em forma de material de apoio ao professor e ao aluno. Para tanto considerou-se os efeitos da interdisciplinaridade no processo de ensino e aprendizagem, o uso de uma Sequência de Ensino Investigativo - SEI e a visão de documentos oficiais que regem o Ensino Médio. O trabalho foi desenvolvido sob a perspectiva da investigação tendo o aluno na posição de participante com possibilidade de planejar, agir, observar e analisar os procedimentos adotados. Para a análise dos resultados da implementação do trabalho levou-se em consideração aspectos quantitativos e qualitativos. Como resultado principal tem-se o desenvolvimento de um produto educacional intitulado “Um caminho interdisciplinar para o estudo de tópicos da Física Térmica” que servirá de apoio pedagógico para a educação básica e estará disponível na internet em formato livre e gratuito. O objetivo principal, que foi alcançado, é contribuir na formação cognitiva, crítica, acadêmica e cidadã dos estudantes.

Palavras-chave: Física Térmica; Interdisciplinaridade; SEI.

Abstract

This work aims teaching topics of Thermal Physics in an interdisciplinary and non-traditional way, from an investigative teaching perspective, through an educational product in the form of teacher and student support material. Therefore considered the effects of interdisciplinarity in the process of teaching and learning of Thermal Physics, the use of an Inquiry-Based Teaching Sequences-IBTS and the vision of official documents governing high school. The work was designed from a investigation perspective, with the student being a participant with the possibility to plan, act, observe and analyze the procedures adopted. For an analysis of the results of the implementation of the work, considered quantitative and qualitative aspects. The main result was the development of an educational product entitled “An Interdisciplinary Path for the Study of Thermal Physics Topics”, which serves as a pedagogical support for basic education, available on the Internet in free. The main objective, which has been achieved, is to contribute to the cognitive, critical, academic and citizen formation of the students.

Keywords: Thermal Physics; Interdisciplinarity; IBTS.

Lista de Figuras

2.1	Panorama geral dos trabalhos. Fonte: (JUNIOR E SILVA, 2010, p. 4 e 5)	8
4.1	Fluxo de calor através de um cilindro elementar com as paredes laterais isoladas e o eixo ao longo da direção x	17
6.1	Resumo dos momentos da Sequência de Ensino Investigativo	31
6.2	Avaliação diagnóstica aplicada aos alunos	32
6.3	Exemplo de ficha experimental preenchida	33
6.4	Texto descritivo elaborado por um dos grupos	34
6.5	Exemplo de mapas mentais produzidos em sala de aula por um dos grupos	35
6.6	Percepção dos alunos acerca das relações da Física com outras áreas do conhecimento (turma de controle).	38
6.7	Percepção dos alunos acerca das relações da Física com outras áreas do conhecimento (turma experimental).	38
6.8	Concepção dos alunos ao relacionar a Física a objetos de estudo (turma de controle).	39
6.9	Concepção dos alunos ao relacionar a Física a objetos de estudo (turma experimental).	40
6.10	Relação de alunos que já tiveram algum contato com o estudo dos sistemas do corpo humano (turma de controle).	41
6.11	Relação de alunos que já tiveram algum contato com o estudo dos sistemas do corpo humano (turma experimental).	41
6.12	Principais sistemas do corpo humano que os alunos consideram estar relacionados com a Física Térmica (turma de controle).	42

6.13 Principais sistemas do corpo humano que os alunos consideram estar relacionados com a Física Térmica (turma experimental).	42
6.14 Percepção dos alunos sobre a relação da Física Térmica com o sistemas respiratório, circulatório e nervoso sensorial (turma de controle).	43
6.15 Percepção dos alunos sobre a relação da Física Térmica com o sistemas respiratório, circulatório e nervoso sensorial (turma experimental).	43
6.16 Comparação do desempenho das turmas de controle e experimental na avaliação institucional.	46
6.17 Comparação do desempenho das outras turmas com as turmas pesquisadas.	46
6.18 Comparação do desempenho bimestral das turmas de controle (turma C) e turma experimental (turma D). Fonte: Sistema de Gerenciamento Escolar do Tocantins - SGE	48

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Objetivos	3
1.1.1	Objetivo geral	3
1.1.2	Objetivos específicos	3
2	Revisão bibliográfica	4
3	A Física Térmica no Ensino Médio	10
3.1	A visão dos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN	10
3.2	A visão da Base Nacional Comum Curricular - BNCC	12
4	Fundamentação teórica	15
4.1	Física Térmica e Termodinâmica	15
4.1.1	Termometria e Calorimetria	15
4.1.2	A equação do calor	16
4.1.3	O gás ideal monoatômico clássico	20
4.2	Sequência de Ensino Investigativo (SEI)	22
4.2.1	O problema	22
4.2.2	O problema experimental	23
4.2.3	Demonstrações investigativas	25
4.2.4	Problemas não experimentais	25
4.2.5	Leitura de texto e sistematização do conhecimento	25
4.2.6	Atividade de avaliação e finalização de uma SEI	26
5	Metodologia	27
5.1	Local de realização da pesquisa	27

<i>SUMÁRIO</i>	ix
5.2 População que foi estudada	27
5.3 Métodos utilizados	28
5.3.1 Instrumentos para a obtenção dos dados	29
6 Resultados e discussões	30
6.1 Relato da aplicação do produto	30
6.2 Apresentação e análise dos dados	36
6.2.1 Avaliação diagnóstica	37
6.2.2 Avaliação institucional	43
7 Conclusão	50
8 Apêndices	55
8.1 Apêndice A - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido	55
8.2 Apêndice B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	59
8.3 Apêndice C - Produto Educacional	63

Capítulo 1

Introdução

A Física Térmica é uma das mais antigas áreas de conhecimento. Seus conceitos fundamentais datam o século XIX sem sofrerem alterações profundas no decorrer da evolução das pesquisas científicas. Apesar disso, ainda hoje é um importante instrumento para a compreensão do mundo em que vivemos e apresenta aplicações primordiais em diversas áreas do conhecimento. Dentre essas áreas, é possível destacar aplicações na engenharia (estudo da energia térmica dos sistemas), na meteorologia (análise da transferência de energia térmica nos eventos associados ao fenômeno El Niño e ao aquecimento global), na biomedicina (saber se a medida da temperatura de um paciente permite distinguir uma infecção viral benigna de um tumor canceroso) e em outras aplicações como na medicina, engenharia de alimentos, agronomia, dentre outras [1][2].

Tendo em vista a gama de aplicações da Física Térmica é importante considerar este conteúdo na educação básica. Nesse sentido, a pesquisa em ensino de Física motiva o desenvolvimento de diversas metodologias com o intuito de diversificar o processo de ensino e aprendizagem. Assim, o objetivo dessa pesquisa é desenvolver um caminho interdisciplinar para o estudo de tópicos da Física Térmica nos moldes de uma Sequência de Ensino investigativo (SEI). Este trabalho faz parte do Programa de Pós-Graduação em Física Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Tocantins (UFT) Araguaína-TO, e surgiu da necessidade de diversificar o processo de ensino e aprendizagem da Física Térmica, tendo em vista a vivência enquanto professor da Educação Básica.

A princípio, a ideia era produzir um caderno didático contendo uma sequência de

ensino investigativo sobre a Física Térmica, sem preceitos interdisciplinares. Porém, com o andamento das pesquisas bibliográficas em revistas focadas no Ensino de Física e no banco de dissertações do MNPEF, o produto educacional passou a ser pensado como um material didático que destaca a interdisciplinaridade entre as componentes curriculares Física, Matemática, Biologia e Química tendo o corpo humano como objeto de estudo contextualizador.

Nas investigações bibliográficas realizadas, encontramos diversas literaturas que tratam o ensino de Física de forma interdisciplinar dentre as quais podemos citar [3], [4], [5] e [6]. Trabalhos como estes, instigam o leitor a pensar a Física como ciência que pode ser relacionada às diversas áreas do conhecimento. Mesmo diante desta gama de publicações, as obras que descrevem a Física presente no funcionamento do corpo humano são escassas, o que torna esse trabalho inovador no que tange a interdisciplinaridade no Ensino de Física com o objeto de estudo contextualizador corpo humano.

O produto educacional foi organizado no formato de um caderno didático, composto por sequências de ensino investigativo no formato de ciclos divididos em cinco etapas. Cada etapa conta com a descrição das atividades e dos passos que devem ser seguidos para o desenvolvimento da aula. Além disso, existem roteiros e fichas experimentais para serem realizados como propostas de problema para serem resolvidos pelos alunos. As SEIs foram pensadas e construídas em um formato que incentive os alunos a pensar, compreender e discutir alguns conceitos da Física Térmica de forma interdisciplinar.

Este trabalho está dividido em sete capítulos, organizados em introdução, na qual é feito um apanhado geral do que será abordado, revisão bibliográfica, destacando-se os autores que somam a base teórica para este trabalho, o terceiro capítulo destaca a visão dos Parâmetros Curriculares Nacionais e da Base Nacional Comum Curricular sobre o ensino da Física Térmica, fundamentação teórica com a descrição dos conteúdos abordados e da Sequência de Ensino Investigativo, metodologia, onde é feita a descrição do caminho metodológico, desde o local de realização da pesquisa até a análise dos dados, os resultados e as discussões das análises gráficas feitas com os dados das avaliações diagnóstica e institucional e, por último, as conclusões.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Ensinar tópicos de Física Térmica de forma interdisciplinar e não tradicional, através de um produto educacional em forma de material de apoio ao professor e aluno e sua aplicação através de uma Sequência de Ensino Investigativo.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar os efeitos do uso de um caderno didático para o estudo da Física de forma interdisciplinar;
- Realizar uma avaliação diagnóstica que permita uma análise prévia do conhecimento dos alunos sobre a Física aplicada ao corpo humano;
- Identificar os diferentes sistemas do corpo humano que estão relacionados a Física Térmica e montar uma relação interdisciplinar entre o objeto de pesquisa e as diferentes disciplinas que podem ser trabalhadas;
- Propor uma estratégia didática para ministrar tópicos de Física Térmica aplicada ao corpo humano promovendo um ensino interdisciplinar entre a Física, Matemática, Biologia e Química;
- Diagnosticar e analisar os fatores favoráveis e/ou desfavoráveis tendo em vista uma proposta interdisciplinar a partir da avaliação e comparação do aprendizado do grupo de controle e do grupo experimental.

Capítulo 2

Revisão bibliográfica

Neste tópico será feita a apresentação da relação de cinco trabalhos que compõem a revisão bibliográfica visando os temas ensino de termodinâmica por investigação, interdisciplinaridade no ensino da Física e Sequência de Ensino Investigativo no Ensino da Termodinâmica.

O primeiro trabalho *Atividades investigativas no Ensino de Física: avaliação do desenvolvimento de habilidades*[7], tem como objetivo principal aplicar uma sequência de ensino sobre energia que se aproxime da atividade investigativa conhecida como laboratório investigativo, no decorrer de uma aula de Física no Ensino Médio regular. Procurou-se examinar de que forma sua realização pode promover habilidades relacionadas ao trabalho científico na produção de relatórios pelos alunos. Os autores (BRITO e REGO, 2013)[7] desenvolveram uma sequência de ensino investigativo, dividida em cinco fases, e desenvolvida com uma turma regular da segunda série do Ensino Médio. A seguir uma breve descrição da sequência realizada.

- Etapa 1: o problema foi apresentado e os alunos foram divididos em grupos. Em seguida, foi proposto o problema a ser solucionado pelos grupos de alunos: como movimentar o copo plástico sem tocá-lo, sem soprá-lo e sem dar um impulso na bola de gude?
- Etapa 2: etapa de resolução do problema, onde os grupos montaram o experimento;
- Etapa 3: os alunos foram organizados em círculo e cada grupo apresentou como elaborou a resolução do problema;

- Etapa 4: foi feita a sistematização conceitual dos resultados através de aulas expositivas utilizando o quadro e apresentação em Slides;
- Etapa 5: os alunos relataram por escrito o que foi vivenciado, a partir de relatórios que descreveram como a atividade foi realizada, como o problema foi resolvido e os fenômenos observados.

O segundo trabalho *Atividades Investigativas no estudo da Termodinâmica: incentivando a autonomia do estudante* da autora Neiva Mara Puhl (PUHL, 2017) [8], descreve uma sequência de atividades de cunho investigativo realizada para compor o estudo da Termodinâmica com enfoque na formação da autonomia do estudante. A metodologia empregada envolve o uso de mapas conceituais, atividades investigativas, simulador PHET Colorado e feiras de ciências em diversos espaços de ensino e aprendizagem. A seguir uma breve caracterização da pesquisa.

- No primeiro encontro foi feita a exposição da proposta da pesquisa, em seguida foi aplicado um questionário de sondagem para conhecer o perfil dos alunos com questões pessoais sobre Termodinâmica e atividades experimentais, em relação ao acesso e conhecimento de tecnologias utilizadas no ensino;
- No segundo encontro, os alunos receberam orientações para a construção de mapas conceituais. Foi construído um mapa conceitual de forma coletiva sobre calorimetria, uma vez que os alunos ainda estavam pouco acostumados a realizar esse tipo de atividade;
- Já no terceiro encontro, em sala de aula os alunos confeccionaram de forma individual, um mapa conceitual relacionando a Termodinâmica aos processos energéticos do corpo humano;
- Sequencialmente no quarto encontro, foi realizada uma visita a Praça da Bíblia. A Praça da Bíblia foi escolhida para a realização dessa atividade, por se localizar próximo a escola e também para oferecer aos alunos um ambiente diferenciado de aprendizagem;
- No quinto encontro, em sala de aula, foram realizadas discussões e socializações de todas as atividades realizadas na praça. Os alunos apresentaram suas

anotações e pesquisas realizadas na internet sobre as calorias ingeridas e calorias gastas durante a realização das atividades físicas;

- No sexto encontro, os alunos se dirigiram ao laboratório de informática da escola, onde foram realizadas atividades utilizando o software de simulações PhET. Os alunos tiveram a oportunidade de manusear e fazer uso da tecnologia e usufruir de um espaço diferenciado de aprendizagem;
- No sétimo encontro os estudantes apresentaram suas pesquisas e investigações;
- No oitavo encontro, em sala de aula, os alunos elaboraram e solucionaram problemas com base nos dados coletados pelos estudantes no sétimo encontro, relacionando a termodinâmica ao corpo humano;
- No nono encontro, os alunos construíram individualmente um mapa conceitual pós teste, que possibilitou averiguar os conhecimentos posteriores ao término da intervenção, com relação a associação da Termodinâmica aos processos energéticos do corpo humano;
- No décimo encontro, foi realizada a feira do conhecimento para apresentar as atividades investigativas desenvolvidas com os estudantes durante a intervenção. Para a feira do conhecimento, os alunos foram divididos em seis grupos, cada um com um tema sorteado.

O terceiro trabalho *Ensino de ciências por investigação: uma estratégia pedagógica para o ensino de Termodinâmica no Ensino Médio*[9], propõe uma estratégia pedagógica para o ensino de termodinâmica no ensino médio, com caráter investigativo. A proposta didática é centrada no aluno, o que diversifica a prática escolar, englobando atividades que possibilitem o desenvolvimento da autonomia, capacidade de tomar decisões, de validar e resolver problemas, apropriando-se dos conceitos e teorias das ciências da natureza. Assim, a autora (BRAGA, 2018)[9] propõe uma sequência didática com caráter investigativo contendo cinco unidades contendo as atividades investigativas. A seguir é feita uma breve descrição das atividades.

- **Unidade I-Propagação de calor:** o estudo da propagação de calor por condução, convecção e irradiação, foram feitas demonstrações investigativas com

experimentações de baixo custo e materiais do dia a dia;

- **Unidade II-Trabalho e calor:** nesta unidade a estratégia utilizada foi o laboratório aberto, no qual o problema a ser investigado foi sugerido e os procedimentos e conclusões foram deixados em aberto;
- **Unidade III-Transformações gasosas:** o estudo das transformações gasosas foi feito a partir de duas simulações disponíveis no PHET Colorado;
- **Unidade IV-Primeira Lei da Termodinâmica:** Nesta aula também foi usado o recurso da demonstração investigativa para a compreensão da expansão ou compressão de um gás e a realização de trabalho mecânico;
- **Unidade 5-Máquinas Térmicas e a Segunda Lei da Termodinâmica:** nesta etapa os alunos redigiram um pequeno parágrafo, onde puderam explicitar o que lhes viessem a mente sobre máquinas térmicas, após essa etapa foi realizado uma demonstração investigativa para o aprofundamento do conhecimento.

O quarto trabalho *Sensação térmica: uma abordagem interdisciplinar*[10], apresenta subsídios para uma exploração mais abrangente dos conceitos de calor e de temperatura, realizando um recorte interdisciplinar por meio da conhecida experiência das três bacias. Como consequência, os autores esperam que os professores de ciências acrescentem, em seu rol de critérios de avaliação de materiais didáticos, a percepção de que vários conteúdos estão contextualizados, impedindo uma compreensão mais ampla do sentido de sua inclusão como conteúdo de ciência. Segundo o autor (MATOS, 2004)[10], a ausência de contextualização, muitas vezes, acaba dificultando a compreensão dos alunos e facilitando o aprendizado de concepções epistemológicas equivocadas sobre a produção da ciência. Além disso, o trabalho teve como pretensão subsidiar professores que desejam incrementar e contextualizar a experiência das três bacias.

O quinto trabalho *O Sol: uma abordagem interdisciplinar para o ensino de física moderna*[11], tem como objetivo trabalhar de forma interdisciplinar o tema Sol. Nesse sentido, os autores (JUNIOR e SILVA, 2010)[11] desenvolveram um plano de trabalho dividido em quatro blocos de ensino, cada bloco foi composto por uma disciplina com enfoque curricular próprio, porém centrado no tema Sol. Apoiados na metodologia de

pesquisa qualitativa, com observação da sala de aula e entrevistas semi-estruturadas, e respeitando o tempo didático do aluno, o professor de determinada disciplina tinha total autonomia para introduzir o tema escolhido de maneira disciplinar, e no desenvolvimento dos trabalhos propiciar a articulação com as demais disciplinas, seja por meio de atividades conjuntas com outros professores ou textos interdisciplinares. Ao término dos blocos de ensino, os alunos foram convidados a redigir um texto (dissertativo ou narrativo) contemplando e articulando o maior número possível de tópicos trabalhados pelos professores. A seguir, na figura 2.1, é apresentado de forma sucinta a experiência do trabalho interdisciplinar descrito no artigo.

Blocos	Tópicos abordados	Métodos utilizados	Atividades/Questões motivacionais	Articulação interdisciplinar
BIOLOGIA	<i>A importância do Sol para a vida.</i> <i>Vivendo com uma Estrela.</i> <i>Benefícios e malefícios da exposição ao Sol à vida.</i> <i>O Sol e a sociedade consumista.</i>	Aula expositiva dialogada. Leitura e análise de textos e artigos científicos de jornais e revistas. Discussão em pequenos grupos e socialização com a sala.	O que seria de nós, seres humanos, sem a luz do sol? E as plantas sem a fotossíntese? Será que o Sol traz apenas benefícios para nós? A preocupação com o Sol hoje é a mesma das civilizações antigas? Olhando para as condições necessárias a vida na Terra, é possível ter vida semelhante a nossa em outros planetas?	<i>Física/Química/Astronomia:</i> As condições necessárias à vida fora da Terra. <i>Ciências:</i> O efeito estufa e o aquecimento global - desenvolvimento tecnológico e a preocupação com o meio ambiente. <i>História/Geografia:</i> Discussão de alguns tratados internacionais - Protocolo de Kyoto, entre outros.
MATEMÁTICA	<i>Estimativa do diâmetro solar.</i> <i>Distâncias e unidades astronômicas (Parsec, UA, Ano-luz).</i>	Aula expositiva dialogada. Atividade prática. Exercícios de fixação em pequenos grupos.	Quão longe de nós está o Sol? E as outras Estrelas? Atividade prática: "Estimativa do diâmetro solar a partir de atividade simples envolvendo conceitos de geometria básica" (Aroca, 2009).	<i>História/Astronomia:</i> Discussão de aplicações simples de fatos geométricos na astronomia da antiguidade.
QUÍMICA	<i>"Olhando" para o interior do Sol.</i> <i>Reações nucleares e a produção de energia nas Estrelas.</i>	Aula expositiva dialogada. Leitura e discussão de textos científicos (fontes de pesquisa, como NASA, ESA). Trabalhos com vídeos sobre química solar.	Como o Sol produz sua energia? Discussão do texto "Mais mistérios entre o céu e a Terra" (Revista VEJA) ⁵ , e sobre o "Ciclo próton-próton" (Kepler e Saraiva, 2004) Pesquisa, apresentação e discussão sobre fusão nuclear a partir de vídeos como "The Elements: Forged in Stars" (legendado) ⁶	<i>Física/Astrofísica:</i> Origem de elementos químicos <u>não sintetizados pelo Sol</u> e presentes em nosso planeta; Evolução estelar.
FÍSICA	<i>Estruturas e características do Sol.</i> <i>Interferência do Sol na Terra (as tempestades geomagnéticas)</i> <i>A física solar - um enfoque na espectroscopia.</i>	Aula expositiva dialogada. Apresentação de seminários sobre física solar, e socialização com a sala Atividades práticas com materiais de baixo custo.	O que são tempestades geomagnéticas e até que ponto elas podem afetar a Terra? Atividade: "Determinação da temperatura da fotosfera solar" Atividade: "Construção de espectroscópio"	<i>Química:</i> Conceitos sobre a natureza das linhas espectrais (transições eletrônicas em energias específicas do átomo que podem ocorrer em várias regiões do espectro - cada elemento químico possui suas próprias transições características).

Figura 2.1: Panorama geral dos trabalhos. Fonte: (JUNIOR E SILVA, 2010, p. 4 e 5)

Nos parágrafos anteriores, foi feita a caracterização de forma sucinta de alguns trabalhos desenvolvidos na Educação Básica, com preceitos interdisciplinares e embasados pelo ensino investigativo. São trabalhos estruturados de forma prática, com o objetivo em comum de diversificar o processo de ensino e aprendizagem em ciências, com foco no ensino de Física e/ou na formação de professores.

A contribuição do trabalho de Brito e Rego (2013) deu-se na importância de se promover atividades investigativas para o desenvolvimento das habilidades de pesquisa dos alunos. O trabalho de Puhl (2017) colaborou para fortalecer o desenvolvimento de atividades investigativas para a formação da autonomia do estudante. Braga (2018) instigou o desenvolvimento das SEIs como estratégia didática diversificada para facilitar o aprendizado. O trabalho de Matos (2004) colaborou para ratificar a interdisciplinaridade por meio da experimentação com materiais do cotidiano e de baixo custo. Júnior e Silva (2010) cooperou para a apresentação de um plano de trabalho interdisciplinar utilizando o Sol como objeto de estudo contextualizador.

Capítulo 3

A Física Térmica no Ensino Médio

Ao longo da história, as pesquisas em Ensino de Física passaram por diversas transformações e hoje apontam cada vez mais para o Ensino por investigação com perspectiva interdisciplinar. Esse caminho metodológico remete a fatores que ressaltam a importância da Física Térmica na formação crítica, reflexiva, científica e cidadã dos estudantes. Neste capítulo são apresentados aspectos relevantes no que tange o ensino da Física Térmica por um viés interdisciplinar, de acordo com a visão dos PCNs[12][13] e da BNCC[14][15].

3.1 A visão dos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) [12] privilegiam seis temas estruturadores com abrangência para organizar o ensino de Física, sendo eles: Movimentos: variações e conservações; Calor, ambiente e usos de energia; Som, imagem e informação; Equipamentos elétricos e telecomunicações; Matéria e radiação; Universo, Terra e vida. Esses temas estão divididos nas três etapas do Ensino Médio e representam as possíveis formas de se organizar as atividades escolares.

Cada um desses temas, contudo, não pode ser compreendido como um tema isolado, já que há inúmeras sobreposições e inter-relações entre os objetos que se pretende estudar. Com certeza, eles somente completam seu sentido por meio de suas interseções e de suas relações com outras áreas do conhecimento (PCNs, 2002b, p. 68).

Essa pesquisa está inserida no tema calor, ambiente e usos de energia, que com-

põe a grande área da Física Térmica e Termodinâmica. Esse conteúdo é contemplado na 2ª série do ensino médio e abrange o estudo de fenômenos fundamentados nos conceitos de calor, temperatura e energia, que podem ser descritos do ponto de vista macroscópicos e microscópicos. As aplicações práticas desse tema são diversas e vão desde assuntos simples como o conforto térmico das residências até assuntos mais complexos e polêmicos como o efeito estufa como destacam os PCNs [12] no parágrafo a seguir,

O estudo do calor pode desenvolver competências para identificar e avaliar os elementos que propiciam conforto térmico em residências ou outros locais, através da escolha adequada de materiais, tipo de iluminação e ventilação. Pode, também, promover competências para compreender e lidar com as variações climáticas e ambientais como efeito estufa, alterações na camada de ozônio e inversão térmica, fornecendo elementos para avaliar a intervenção da atividade humana sobre essas variações (PCNs, 2002b, p. 68).

A Física Térmica e Termodinâmica possui diversas aplicações práticas, por se tratar de um tópico que permeia todos os processos que ocorrem na natureza, e mesmo se tratando de uma ciência consideravelmente antiga, negar a complexidade desse conteúdo e a dificuldade do aluno em compreender os principais conceitos é desconhecer a realidade do Ensino da Física. Com esse impasse, muitos professores, na incansável busca por melhorar o entendimento dos alunos, acabam simplificando os conceitos abordados o que leva a um processo de descaracterização do cunho científico do conhecimento. Robilotta (1988)[3] revela essa preocupação quando fala da complexidade de se ensinar Física, e destaca,

O conhecimento englobado pela Física forma um corpo articulado de modo complexo, e parte da dificuldade de se ensinar essa disciplina advém do fato de não reconhecermos ou considerarmos essa complexidade em toda a sua extensão. Ao tratarmos de modo simplificado um corpo de conhecimento que é muito complicado e repleto de sutilezas, podemos acabar por fazer com que ele se torne ininteligível aos estudantes (ROBILOTTA, 1998, p. 9).

Assim, é notório que a simplicidade não é um caminho quando se trata do processo de ensino e aprendizagem da Física, e isso vai de encontro ao que os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs)[12][13] que destacam a necessidade de se pensar em qual Física ensinar para melhorar a compreensão do mundo e obter uma formação cidadã adequada. Essas discussões devem estar atreladas a necessidade de se manter a característica científica do conhecimento. Nesse sentido, Pensar em alternativas metodológicas é fundamental nesse processo, e uma possibilidade de melhorar

a compreensão dos alunos é criar um ambiente investigativo em sala de aula com o objetivo de desenvolver um trabalho estruturado de forma científica.

3.2 A visão da Base Nacional Comum Curricular - BNCC

A BNCC estabelece conhecimentos, competências e habilidades que se espera que todos os estudantes desenvolvam ao longo da escolaridade básica. A base soma-se aos propósitos que direcionam a educação brasileira para a formação humana integral e para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva[15]. Além disso, destaca-se uma proposta pedagógica transversal e integradora e estabelece dez planos de ação para que ocorra essa aprendizagem. Em um dos planos de ação, a interdisciplinaridade é colocada como forma de organização,

Decidir sobre formas de organização interdisciplinar dos componentes curriculares e fortalecer a competência pedagógica das equipes escolares para adotar estratégias mais dinâmicas, interativas e colaborativas em relação à gestão do ensino e da aprendizagem (BRASIL, 2017, p.12).

A proposta de integração entre as disciplinas é um ponto muito discutido no texto da BNCC, que destaca ainda o ensino investigativo como base da proposta. Apesar de ainda não ter sido implementada em todas as unidades de ensino, existem diversas discussões em relação ao funcionamento da base, tanto em relação a mudança estrutural da educação no Brasil como da necessidade da mudança do espaço físico escolar. Porém, é notório que se trata de uma ação inovadora para o ensino que engloba propostas educacionais atuais, baseadas em metodologias ativas e na interdisciplinaridade. Esse cenário educacional vai ao encontro da proposta desse trabalho, que estabelece exatamente o que a BNCC destaca a seguir

[...] que têm em comum a observação sistemática do mundo material, com seus objetos, substâncias, espécies, sistemas naturais e artificiais, fenômenos e processos, estabelecendo relações causais, compreendendo interações, fazendo e formulando hipóteses, propondo modelos e teorias e tendo o questionamento como base da investigação (BRASIL, 2016, p. 136).

Nesse contexto, de mudança no cenário educacional, uma Sequência de Ensino Investigativo pode ser uma alternativa para o ensino de Física. Uma SEI segundo Carvalho (2013)[4] pode ser descrita como uma sequência de atividades que abrangem um tópico do programa escolar e deve buscar a interação dos conhecimentos

prévios dos alunos, com possibilidade de integração entre as disciplinas. Essa estratégia didática é caracterizada como metodologia ativa de aprendizagem, que possui como vertente principal a inserção do aluno como agente responsável pela própria aprendizagem, essa característica vai ao encontro da segunda competência geral da educação básica apresentadas pela BNCC.

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (BRASIL, 2016, p. 9).

As SEIs são compostas por ciclos, que podem se adequar não só a Física, como também as diversas áreas do conhecimento. Além disso, essa estratégia pode estar inserida a um trabalho interdisciplinar, que também é um dos ramos principais dessa pesquisa e um formato defendido pela BNCC[15]. A interdisciplinaridade não é um tema recente mas, apresenta discussões e aplicações atuais. Autores como Japiassu (1976)[16] e Fazenda (1979)[17][18] a décadas discutem sobre a necessidade da interação entre as disciplinas ou diferentes áreas do conhecimento, e trabalhos mais recentes como [5] e [6] também discutem sobre o assunto. Documentos oficiais como os PCNs[13][12] e a BNCC[15][14] trazem a interdisciplinaridade como um dos eixos norteadores da educação básica nas escolas públicas do Brasil.

Parafraseando Japiassu (1976)[16], a metodologia interdisciplinar postula uma reformulação generalizada das estruturas de ensino das disciplinas científicas na medida em que privilegia as interconexões disciplinares. Assim, por mais que a interdisciplinaridade tenha se tornado uma palavra de ordem nas pesquisas em ensino a mais de vinte anos, os escritos que abordam esse tema no Ensino de Física ainda são escassos, eventualmente porque não é uma estrutura fácil de ser implementada.

Eventualmente, faz-se necessário apresentar desafios de se aderir a uma proposta interdisciplinar no espaço escolar. Existem diversos obstáculos que impedem a realização concreta de uma colaboração válida e eficaz entre as disciplinas, dentre eles, os que ainda continuam se destacando são os obstáculos psicológicos e sociológicos, e os obstáculos linguísticos. Japiassu (1976) aponta as forças que resistem ativamente a realização de um projeto interdisciplinar.

Se a colaboração se revela difícil num grande número de casos, isso é devido, de um lado, a obstáculos psicológicos e sociológicos: competição dos estatutos dificuldades de organização que perturbam a colocação em comum das informações, etc; do outro, a obstáculos linguísticos: formação diferente dos pesquisadores (JAPIASSU, 1976, p. 91).

É inerente expor as dificuldades de se organizar uma proposta interdisciplinar, por se tratar de uma ação que vai além do espaço escolar, já que este em sua organização, não possibilita a interação entre as diferentes áreas do conhecimento. A interdisciplinaridade exige do professor um planejamento excessivo e coletivo, isso é quase impossível de ser feito, pois as escolas públicas adotam a organização por áreas de conhecimento. Mesmo diante dos limites, este trabalho defende uma proposta interdisciplinar para o estudo de tópicos da Física Térmica ao considerar o corpo humano como objeto de estudo contextualizador, atrelado a uma SEI.

Capítulo 4

Fundamentação teórica

A Física Térmica e Termodinâmica é abordada de forma superficial no Ensino Médio, de modo que boa parte dos conceitos acabam não sendo estudados de forma aprofundada. Assim, neste capítulo é feita uma descrição da Física Térmica e Termodinâmica com uma linguagem rebuscada de nível acadêmico para descrever os conceitos e as deduções matemáticas. Além disso, a estrutura de uma Sequência de Ensino Investigativo é caracterizada, considerando suas aplicações e desenvolvimento.

4.1 Física Térmica e Termodinâmica

A descrição dos principais conceitos da Física Térmica e Termodinâmica apresentadas neste tópico, é feita com o livro Introdução a Termodinâmica Estatística de Silvio Salinas (2017) [19], Bonjorno [20] e Ramalho [21].

4.1.1 Termometria e Calorimetria

No século XVIII já se construíam recipientes calorimétricos, envoltos por paredes adiabáticas (termicamente isoladas) bastante razoáveis, e se sabia que dois corpos colocados em contato, a temperaturas diferentes, trocando calor mas isolados do universo, acabavam atingido uma situação de equilíbrio, com a mesma temperatura final. Vamos então considerar dois corpos, de massas m_1 e m_2 , a temperaturas θ_1 e θ_2 , colocados em contato dentro de um calorímetro isolado. A variação do calor de cada

corpo é dada por

$$\Delta Q_1 = m_1 \Delta \theta_1 = m_1(\theta_F - \theta_1), \quad (4.1)$$

e

$$\Delta Q_2 = m_2 \Delta \theta_2 = m_2(\theta_F - \theta_2), \quad (4.2)$$

em que θ_F é a temperatura final de equilíbrio (quando não há mais fluxo de calor). Temos então a "Lei da conservação do calor",

$$\Delta Q_1 + \Delta Q_2 = m_1 \Delta \theta_1 + m_2 \Delta \theta_2 = 0, \quad (4.3)$$

de onde vem a temperatura final

$$\theta_F = \frac{m_1 \theta_1 + m_2 \theta_2}{m_1 + m_2}, \quad (4.4)$$

que podia ser comparada com os dados experimentais teóricos, essa fórmula é utilizada na calorimetria do Ensino Médio. Também se tornou interessante tabelar os valores numéricos dos calores específicos de várias substâncias, e os calores latentes de transformações de fase (fusão, ebulição).

4.1.2 A equação do calor

Considerando o fluxo de calor ao longo de um cilindro, com o eixo na direção x , e as paredes laterais impermeáveis, a lei do resfriamento é dada por

$$J = -k \frac{\Delta T}{\Delta x}, \quad (4.5)$$

em que $J = J(x, t)$ é o fluxo do calor (quantidade de calor que atravessa uma superfície normal ao eixo x , dividida pela área ΔS da superfície e pelo intervalo de tempo Δt), e $T = T(x, t)$ é a temperatura. Note que tanto o fluxo J quanto a temperatura T são funções da posição x ao longo do eixo e do tempo t , e que a *condutividade térmica* k é uma constante específica de cada substância. Numa linguagem matemática apropriada temos



Figura 4.1: Fluxo de calor através de um cilindro elementar com as paredes laterais isoladas e o eixo ao longo da direção x

$$J = -k \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right), \quad (4.6)$$

O sinal negativo indica que o calórico flui de regiões com temperaturas mais altas para regiões com temperaturas mais baixas.

A diferença entre o calor que entra no cilindro e o calor que sai deve ser igual ao calor acumulado dentro do cilindro. Considerando o cilindro elementar ao longo do eixo x , com as bases em x e $x + \Delta x$, temos a equação de conservação

$$J(x + \Delta x, t)\Delta S - J(x, t)\Delta S = -\frac{\Delta Q}{\Delta t}, \quad (4.7)$$

em que ΔQ é a quantidade de calor ganha pelo cilindro elementar durante o intervalo de tempo Δt . Note que o produto do fluxo pela área é uma corrente de calor (calor por unidade de tempo).

O sinal indica que $J(x + \Delta x, t)$ deve ser maior do que $J(x, t)$ e ΔQ deve ser negativo já que o cilindro estará perdendo calor. Porém, a variação da quantidade de calor deve ser dada pela expressão de Joseph Black,

$$\Delta Q = mc\Delta T, \quad (4.8)$$

em que m é a massa do cilindro elementar, c é o calor específico e ΔT é a variação da temperatura (devido a injeção de calor no cilindro). Então temos,

$$J(x + \Delta x, t)\Delta S = -\frac{mc\Delta T}{\Delta t}, \quad (4.9)$$

ou seja,

$$\Delta J \Delta S = -\frac{mc\Delta T}{\Delta t} \quad (4.10)$$

esta relação pode ser escrita de forma mais conveniente,

$$\frac{\Delta J}{\Delta x} = -\frac{m}{\Delta S \Delta x} c \frac{\Delta T}{\Delta t}. \quad (4.11)$$

Levando em conta que $\Delta S \Delta x$ é o volume do cilindro elementar, no limite de grandezas infinitesimais podemos introduzir a densidade de massa,

$$\rho = \frac{m}{\Delta S \Delta x}, \quad (4.12)$$

de onde obtemos a forma diferencial da lei da conservação do calor,

$$\frac{\partial J}{\partial x} = -c\rho \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (4.13)$$

em que o calor específico c e a densidade de massa ρ devem ser constantes características de cada material.

A partir das formas diferenciais da lei do resfriamento, equação 4.6, e o princípio da conservação do calor, equação 4.13, obtemos uma forma simplificada da equação do calor,

$$k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (4.14)$$

em que a constante $k = \frac{\kappa}{c\rho}$ é a *difusividade térmica*. Essa é uma equação diferencial linear, cuja solução $T = T(x, t)$, pode ser obtida através de uma separação de variáveis, $T(x, t) = F(x)G(t)$, e da utilização de uma representação em senos e cossenos.

Podemos fazer essa mesma dedução de forma mais rebuscada usando a notação do cálculo vetorial, podendo assim escrever a lei do resfriamento na forma geral

$$\vec{J} = -\kappa \vec{\nabla} T \quad (4.15)$$

em que \vec{J} é um vetor fluxo de calor, com a mesma interpretação anterior, e tanto \vec{J} quanto a temperatura T são funções da posição \vec{r} e do tempo t . A lei da conservação do calor é dada pela expressão matemática

$$\oint_{S(V)} \vec{J} \cdot d\vec{S} = -\frac{d}{dt} \int_V u dV \quad (4.16)$$

em que $u = c\rho T$ é uma densidade de calor, escrita em termos do calor específico c e da densidade de massa do material ρ . O lado direito da equação 4.16 fornece a taxa de variação do calor dentro do volume V . Como o calor se conserva, essa variação deve ser igual a integral do fluxo sobre a superfície fechada S que engloba o volume V .

Utilizando agora o teorema de Gauss (ou do divergente), podemos escrever

$$\oint_{S(V)} \vec{J} \cdot d\vec{S} = \int_V \vec{\nabla} \cdot \vec{J} dV \quad (4.17)$$

Portanto,

$$-\frac{d}{dt} \int_V u dV = -\int_V \frac{\partial u}{\partial t} dV = \int_V \vec{\nabla} \cdot \vec{J} dV \quad (4.18)$$

Como o volume V é qualquer, os integrandos são iguais,

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\vec{\nabla} \cdot \vec{J}, \quad (4.19)$$

dando origem a uma equação de continuidade, uma forma de escrever a lei de conservação do calor. Utilizando a lei do resfriamento 4.15 e a forma da densidade de energia u , temos a equação do calor, na sua forma geral

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \nabla^2 T. \quad (4.20)$$

relacionada ao teorema clássico da equipartição da energia (e verificada através de medidas do calor específico dos gases monoatômicos diluídos a temperaturas suficientemente altas). Essas equações de estado, que constituem a definição usual de gás ideal monoatômico, certamente não poderiam ter sido obtidas através de raciocínio puramente termodinâmico.

4.1.3 O gás ideal monoatômico clássico

O gás ideal monoatômico clássico deve ser um sistema termodinâmico simples que se comporta de acordo com a lei de Boyle-Mariotte, onde estabelece que o produto da pressão pelo volume do gás é constante para uma temperatura fixa.

$$PV = NRT, \quad (4.21)$$

em que N é o número de moles, R é a constante universal dos gases e T é a temperatura absoluta.

Além disso, sabia-se que o calor específico de um gás ideal era constante e independente da temperatura e da pressão. para um gás ideal monoatômico clássico temos

$$c_V = \frac{3}{2}R, \quad (4.22)$$

em que c_V é o calor específico molar a volume constante.

Esses dois resultados são leis empíricas, de caráter fenomenológico, típicas da termodinâmica. São leis provenientes dos dados experimentais que foram sendo coletados quando se estabeleceram maneiras de medir pressão e temperatura. No contexto da termodinâmica não há possibilidade de “deduzir” a forma dessas leis. As “deduções microscópicas” vieram mais tarde, como produto da teoria cinética dos gases.

Vamos lembrar que o calor específico a volume constante é definido pela relação

$$c_V = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{1}{N} \left(\frac{\Delta Q}{\Delta T} \right)_{V,N} = \frac{1}{N} \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_{V,N} \quad (4.23)$$

Vamos também levar em conta que:

1. a energia interna de qualquer sistema termodinâmico deve ser extensiva, isto é, multiplicando as “variáveis de tamanho”, V e N , por qualquer fator λ , a energia fica multiplicada pelo mesmo fator λ ;
2. as experiências de expansão livre para gases diluídos indicam que a energia interna de um gás ideal não é função do volume.

Temos então o resultado fenomenológico conhecido

$$U = \frac{3}{2}NRT. \quad (4.24)$$

As equações 18 e 20 podem ser escritas de forma mais conveniente, em termos das variáveis independentes U , V e N da representação da entropia,

$$\frac{1}{T} = \frac{3NR}{2U}; \quad \frac{P}{T} = \frac{NR}{V} \quad (4.25)$$

Comparando com a forma diferencial das equações de estado na representação da entropia, temos

$$\left(\frac{\partial S}{\partial U}\right)_{V,N} = \frac{3NR}{2U}; \quad \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_{U,N} = \frac{NR}{V}. \quad (4.26)$$

Essas derivadas parciais são facilmente integráveis. De fato, em termos de uma função arbitrária $f_\alpha(N)$, podemos escrever

$$S = S(U, V, N) = \frac{3NR}{2} \ln(U) + NR \ln(V) + f_\alpha(N). \quad (4.27)$$

a entropia, escrita como $S = S(U; V; N)$, deve ser uma função homogênea de primeiro grau das variáveis U , V e N , ou seja,

$$S(\lambda U, \lambda V, \lambda N) = \lambda S(U, V, N) \quad (4.28)$$

para qualquer λ . Torna-se então um exercício elementar escrever a entropia por mol do gás ideal

$$s = \frac{S}{N} = \frac{3R}{2} \ln \frac{U}{N} + R \ln \frac{V}{N} + \text{constante}. \quad (4.29)$$

Nessa expressão fica evidente a extensividade, mas ainda aparece uma constante, que somente vai ser definida pelos requisitos quânticos da chamada terceira lei da termodinâmica, este conteúdo não será abordado nesta dissertação pois não faz parte do conteúdo abordado no produto.

4.2 Sequência de Ensino Investigativo (SEI)

A proposta elaborada por Carvalho (1998)[4] demonstra que as atividades devem ser organizadas em cinco etapas, divididas entre:

- **Etapa 1**, apresentação do material e problematização - pergunta que apresenta a problemática da atividade proposta e servirá como base para o desenvolvimento da experimentação;
- **Etapa 2**, experimentação e busca por responder o “como” e o “porquê” - etapa que possibilita aos alunos reconhecerem como resolveram o problema e por que conseguiram resolvê-lo;
- **Etapa 3**, a sistematização coletiva - momento no qual os alunos em grupo poderão discutir sobre os eventos que observaram durante o desenvolvimento da etapa 2;
- **Etapa 4**, sistematização conceitual - apresentação de conceitos por meio de estratégias variadas;
- **Etapa 5**, avaliação - que consiste na produção de um relato, desenho que pode estar acompanhado ou não de um texto, no qual o aluno expressará seu entendimento acerca de toda a atividade proposta.

4.2.1 O problema

É um artifício metodológico usado pelo professor na aplicação da SEI com o objetivo de atrair a atenção do aluno no início da aula. Existem vários tipos de problemas que podem ser organizados para iniciar uma aula, dentre eles, o mais conhecido é o problema experimental, que consiste na realização de experiências pelos próprios alunos. Entretanto algumas podem trazer riscos de acidentes ao serem manipuladas neste caso, o experimento deve ser feito pelo professor e o problema se torna uma demonstração investigativa.

Uma característica importante desse instrumento é a lógica na resolução de um problema. Passos como a experimentação, elaboração de hipóteses e conclusão, são

cruciais no desenvolvimento dessa estratégia. Para isso, o professor deve estar disponível, pois sua ação se inicia muito antes da aula. Assim, o planejamento deve ser bem estruturado, tanto na elaboração de um problema que seja capaz de entreter os alunos, como na mudança de postura na avaliação, pois uma postura metodológica inovadora em sala de aula não deve estar atrelada a uma avaliação tradicional. Uma SEI deve possuir atividades chave, de acordo com Carvalho (2013)[4] devem ser estruturadas da seguinte forma:

Inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado e ofereça condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático. É preciso após a resolução do problema, uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos. Essa sistematização pode ser por meio da leitura de um texto, onde os alunos podem comparar a resolução do problema com o relato do texto. Uma terceira atividade é a contextualização do conhecimento ao dia a dia dos alunos, destacando o ponto de vista social (CARVALHO, 2013, p. 9).

O problema também pode ser proposto com base em figuras de jornal ou internet, textos ou mesmo ideias que os alunos já dominam, esses são chamados de problemas não experimentais. O ponto crucial é que se deve seguir uma sequência de etapas visando dar oportunidade aos alunos de levantar e testar suas hipóteses, passar da ação manipulativa a intelectual estruturando seu pensamento e apresentando argumentações discutidas com os seus colegas e com o professor.

4.2.2 O problema experimental

A proposta desse tipo de problema deve ser feita com um material bem organizado que não deixe o aluno se perder durante a resolução. O material deve ser intrigante para despertar a atenção dos alunos e de fácil manejo, para não se cansarem. O problema não pode ser uma questão qualquer, deve estar contido na cultura social dos alunos, no intuito de permitir que os alunos exponham seus conhecimentos anteriormente adquiridos. A proposta de um problema experimental deve obedecer às etapas descritas a seguir, segundo carvalho (1998).

1. Etapa de distribuição do material experimental e proposição do problema pelo professor: nessa etapa o professor divide a sala em pequenos grupos, distribui

o material, propõe o problema e confere se todos os grupos entenderam o problema a ser resolvido, tendo o cuidado de não dar a solução nem mostrar como manipular o material para obtê-la;

2. Etapa de resolução do problema pelos alunos: o importante nessa etapa não é o conceito que se quer ensinar, mas as ações manipulativas que dão aos alunos condições de levantar e testar hipóteses. A resolução do problema precisa ser feita em pequenos grupos, pois os alunos com desenvolvimentos intelectuais semelhantes têm mais facilidade de comunicação. Além disso, existe a parte afetiva que nessa etapa é importante para separar as variáveis que interferem daquelas que não interferem na resolução do problema. O papel do professor nessa etapa é verificar se os grupos entenderam o problema proposto, deixá-los trabalhar;
3. Etapa da sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos: ao verificar que os grupos já terminaram de resolver o problema, o professor deve então recolher o material experimental, desfazer os grupos e organizar a classe para um debate. Nessa etapa o papel do professor é de instigar os alunos a partir de perguntas “Como vocês conseguiram resolver o problema? ”. Essa etapa se caracteriza pela passagem da ação manipulativa para a ação intelectual, na qual os alunos vão mostrando, por meio de relatos, as hipóteses que deram certo e como foram testadas. Essas ações remetem ao desenvolvimento de atitudes científicas como o levantamento de dados e a construção de evidências. A pergunta que dará continuidade ao processo é “Porque vocês acham que deu certo? ” ou “Como vocês explicam o porquê de ter dado certo? ”. A ideia desse tipo de questionamento é que os alunos busquem justificar o fenômeno ou mesmo uma explicação causal, mostrando uma argumentação científica, o que leva a procura de uma palavra ou um conceito que explique o fenômeno;
4. Etapa do escrever e desenhar: esta é a etapa da sistematização individual do conhecimento. Durante a resolução do problema os alunos construíram uma aprendizagem social ao discutir primeiro com seus grupos e depois com toda a classe sob a supervisão do professor. Agora é necessária uma aprendizagem individual. O professor deve, nesse momento, pedir que eles escrevam sobre o

que aprenderam na aula.

4.2.3 Demonstrações investigativas

São problemas experimentais em que a ação é realizada pelo professor, pois, nesse caso, a aparelhagem oferece perigo ao ser manipulada pelos alunos. As etapas para o desenvolvimento desses problemas são as mesmas dos problemas experimentais, mas o professor precisa de autocontrole na etapa de resolução do problema. Antes de manipular a aparelhagem para resolver o problema, é interessante fazer perguntas do tipo: “Como vocês acham que devo fazer? ”, de modo a dar tempo para os alunos levantarem hipóteses e indicarem soluções que, então, serão realizadas pelo professor.

4.2.4 Problemas não experimentais

Nesse tipo de problema é possível o uso de imagens, tabelas, textos, gráficos, dentre outros. O objetivo é introduzir os alunos às diferentes linguagens das ciências. As etapas para o desenvolvimento intelectual dos alunos com o objetivo da construção do conhecimento são as mesmas dos outros tipos de problemas: resolução do problema pelos grupos, sistematização do conhecimento elaborado e trabalho escrito sobre o que fizeram.

4.2.5 Leitura de texto e sistematização do conhecimento

O professor propõe o problema, organiza os alunos para trabalhar em grupos, discute com toda a classe, sistematiza os conceitos e/ou conhecimentos que foram objetivo do problema e, ainda assim, permanece a todos os professores a questão: “Será que todos os alunos entenderam, ou somente os que falaram durante a aula?”. Mesmo analisando os trabalhos escritos pelos alunos não se obtém essa resposta, pois eles nunca abordam as etapas desenvolvida nas aulas e, muitas vezes, a imaginação corre solta, e os alunos relacionam o que aprendem com o seu dia a dia, o que é muito bom, mas não traz segurança aos professores sobre o conhecimento que se pretendeu ensinar.

Um texto de sistematização, então, se torna extremamente necessário, não só para repassar todo o processo da resolução do problema, como também o produto do conhecimento discutido em aulas anteriores, isto é, os principais conceitos e ideias sugeridos. E tanto o processo da resolução do problema como o produto agora são apresentados em uma linguagem mais formal, ainda que compreensível pelos alunos. Essa atividade, de leitura e discussão do texto de sistematização deve ser pensada como uma atividade complementar ao problema.

São vários os tipos de atividades de contextualização possíveis de serem planejados, as mais simples se reduzem a questões como “No seu dia a dia onde vocês podem verificar esse fenômeno?” logo após a discussão do problema. Essa é uma questão elementar e singela, que leva o aluno a relacionar o conteúdo visto em sala à sua realidade. Os textos de contextualização sempre devem ser seguidos de questões que relacionem o problema investigado com o problema social. O ideal é que essas atividades sejam aplicações interessantes do conteúdo que está sendo desenvolvido ou mesmo o aprofundamento em que serão introduzidos novos conceitos correlatos importantes para o desenvolvimento de novas SEIs.

4.2.6 Atividade de avaliação e finalização de uma SEI

As atividades de avaliação devem ser planejadas ao final de cada ciclo de uma SEI. Deve ser uma avaliação formativa que seja instrumento para que alunos e professor confirmem se estão ou não aprendendo. E tais instrumentos de avaliação precisam ter as mesmas características que o ensino proposto.

Avaliar os conteúdos conceituais é uma tradição no ensino e os professores não têm dificuldades em construir instrumentos para esta avaliação. Na sequência de ensino investigativo, esse tipo de avaliação é substituído por questionamentos, construção de um painel, da resposta às cruzadinhas. Logicamente, com algumas dessas atividades podemos avaliar os conteúdos processuais e atitudinais. É importante que o professor faça o uso da imaginação para que a atividade não se torne monótona, pois, sendo interessante, os alunos nem sempre vão perceber que estão sendo avaliados.

Capítulo 5

Metodologia

Neste capítulo faremos uma descrição dos procedimentos realizados desde a produção do produto educacional até a sua implementação e finalização.

5.1 Local de realização da pesquisa

A pesquisa foi realizada no Colégio da Polícia Militar Doutor José Aluísio da Silva Luz Unidade III, na cidade de Araguaína, onde o pesquisador é professor regente. É uma instituição escolar pública vinculada ao Sistema Estadual de Educação do Tocantins em parceria com a Polícia Militar do Tocantins, oferecendo o Ensino Médio Regular nos turnos matutino e vespertino.

5.2 População que foi estudada

A pesquisa foi realizada no período de Agosto a Outubro do ano de 2019 e contou com dois grupos de participantes voluntários, organizados da seguinte forma: os grupos A (grupo de controle) e B (grupo experimental), formados cada um por 40 alunos da segunda série do Ensino Médio, com faixa etária entre 13 e 17 anos. O foco da pesquisa foi analisar o grau de aprendizagem dos alunos, utilizando a metodologia de uma SEI. Assim, as características sociais, culturais e econômicas dos grupos não foram consideradas, tais como: sexo, cor/raça (classificação do IBGE) e etnia, orientação sexual e identidade de gênero, classes e grupos sociais, e outras que poderiam ser pertinentes à descrição da população.

A pesquisa cumpriu com todos os requisitos éticos e morais pertinentes, em acordo com as instruções do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Doenças Tropicais da Universidade Federal do Tocantins-CEP HDT-UFT, para isso, dispomos dos seguintes formulários assinados pelos participantes e responsáveis voluntários na pesquisa: Termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 02) e Termo de Assentimento livre e esclarecido (Anexo 01). A proposta da pesquisa foi submetida ao CEP HDT-UFT via Plataforma Brasil (Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) nº 09344719.9.0000.8102) e aprovada em reunião do dia 24 de Abril de 2019 ¹

5.3 Métodos utilizados

Utilizamos como metodologia a perspectiva de investigação com um observador participante com possibilidade de planejar, agir, observar e analisar os procedimentos adotados, levando em consideração aspectos quantitativos e qualitativos [22]. A pesquisa qualitativa possui semelhanças com a metodologia quantitativa devido a possibilidade de ambas permitirem o uso de tabelas, dados, sumários e classificações.

Para verificar os efeitos da interdisciplinaridade no processo de ensino e aprendizagem da Física Térmica, foi utilizado como procedimento a comparação dos dados. Assim, dois grupos de voluntários participaram diretamente dessa pesquisa, o primeiro foi chamado grupo de controle e este não recebeu qualquer tratamento diferenciado já o segundo grupo, dito grupo experimental foi submetido a pesquisa em acordo com os métodos aqui descritos [22]. Um levantamento inicial foi feito acerca da perspectiva dos alunos sobre a Física Térmica e o corpo humano, esta fase da pesquisa funcionou como uma avaliação diagnóstica e só foi aplicada aos dois grupos de alunos. Esse levantamento também foi feito com os professores, e o objetivo era analisar suas perspectivas acerca da interdisciplinaridade no fazer pedagógico.

Ao longo da pesquisa, foi verificado também os elementos que evidenciam a aprendizagem dos alunos a partir de atividades avaliativas. Nesse contexto, os alunos produziram mapas mentais que estabelecessem uma relação entre a Física Térmica e o corpo humano com enfoque interdisciplinar. Ao grupo experimental (Grupo B) e grupo de controle (Grupo A), foi solicitado a produção de mapas mentais e solução

¹<http://plataformabrasil.saude.gov.br/login.jsf;jsessionid=BA21C65FD8C64A90AB8A6C023\BEFFDA3.server-plataformabrasil-srvjpdf132>

do questionário, pois fizeram parte da metodologia normalmente adotada durante as aulas de Física. Também foi usado como instrumento para coleta de dados, uma avaliação institucional contendo questões estilo Exame nacional do Ensino Médio (ENEM), aplicada conforme o regimento interno do colégio onde a pesquisa foi realizada.

5.3.1 Instrumentos para a obtenção dos dados

Foi usado basicamente seis instrumentos para coleta de dados: questionário (online ou físico); mapas mentais produzidos antes, durante e depois da aplicação do produto; observação direta; diário de bordo e a avaliação institucional dos alunos aplicada nos moldes da instituição de ensino.

O questionário, destinado aos alunos, foi aplicado de forma online, em plataforma gratuita e de fácil acesso “Formulários Google”, via e-mail e/ou link reduzido e, havendo necessidade, não houve a necessidade de disponibilizar em formato impresso. O questionário funcionou como uma avaliação diagnóstica e ajudou o pesquisador a traçar o perfil dos alunos acerca do ensino interdisciplinar da Física Térmica e o corpo humanos como objeto de estudo contextualizador.

Os mapas mentais foram usados para compor a avaliação diagnóstica durante toda a pesquisa e aplicação do produto educacional. A observação direta somado ao diário de bordo permitiu ao pesquisador analisar o comportamento e a aceitação dos alunos frente ao produto educacional. E por último a avaliação dos alunos foi realizada em acordo com os parâmetros definidos pelo regimento interno escolar e de acordo com a metodologia utilizada.

Capítulo 6

Resultados e discussões

Neste capítulo é feita a apresentação e análise dos dados obtidos com a aplicação do produto (Apêndice C), a descrição resumida das 6 aulas ministradas com destaque às possibilidades, limites e desafios de se inserir uma metodologia de caráter interdisciplinar na Educação Básica.

6.1 Relato da aplicação do produto

A aplicação do produto ocorreu em turma regular, na escola de atuação do professor pesquisador e foi dividida em 5 etapas: apresentação do material e problematização, leitura de texto, sistematização coletiva do conhecimento, aprofundamento do conteúdo e atividade de avaliação, o que resultou em 6 aulas ministradas com duração de 50 minutos cada.

A aplicação do produto em sala de aula só foi possível após a aprovação do Conselho de Ética HDT-UFT no mês de Abril. Porém, a aplicação ocorreu no segundo semestre letivo devido a necessidade de alinhamento ao conteúdo contemplado pela SEI. O conteúdo escolhido foi o Estudo dos gases, que segundo a grade curricular anual deveria ser ministrado ainda no primeiro semestre letivo mas, devido ao curto tempo acabou sendo colocado para o terceiro bimestre letivo. A figura 6.1 apresenta um resumo da SEI que foi implementada neste trabalho.

Atividades propostas	Momentos
Etapa 1 Apresentação do material e problematização	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar o material de apoio didático; • A sala de aula deve ser dividida em grupos de 5 alunos; • Propor o problema experimental: "Pulmão artificial" (Anexo VI). • Será distribuída a cada grupo uma ficha experimental • Elaborar um texto mostrando os passos até a resolução do problema.
Etapa 2 Leitura de texto	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição e discussão do texto elaborado na aula anterior; • Atividade discursiva de interpretação dos textos; • Debate em grupos, envolvendo o problema e o texto de aprofundamento; • Sistematização da leitura em sala de aula apresentando os conceitos físicos abordados em forma de mapa mental.
Etapa 3 Sistematização coletiva do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva e dialogada sobre o conteúdo Estudo dos gases: Leis das transformações gasosas; Equação geral dos gases perfeitos; Equação de Clapeyron. • Demonstração de uma simulação com o PHET COLORADO usando o Data Show; • Lista de exercícios sobre o conteúdo abordado.
Etapa 4 Aprofundamento do conteúdo, atividade contextualizada	<ul style="list-style-type: none"> • Problema não experimental do tipo demonstração investigativa mostrando a dilatação térmica; • Correção da lista de exercícios em sala de aula (gabarito); • Cálculo do ganho e do gasto energético no período de três dias (atividade extraclasse). • Produção de texto individual em linguagem científica rebuscada.
Etapa 5 Atividade de avaliação sistematização individual do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • A avaliação será do tipo contínua de acordo com a técnica de ensino adotada e somatória de acordo com as vertentes escolares.

Figura 6.1: Resumo dos momentos da Sequência de Ensino Investigativo

Assim, como primeira atividade da aplicação do produto, os alunos responderam a um questionário online, disponível na plataforma *Google forms*². O questionário foi composto por cinco perguntas objetivas que relacionavam a Física à outras disciplinas e ao objeto de estudo contextualizador, corpo humano. O questionário aplicado funcionou como uma avaliação diagnóstica com o objetivo de saber a percepção dos alunos acerca das relações entre a Física e outras áreas do conhecimento e suas aplicações nos sistemas do corpo humano. As questões referentes ao questionário para os alunos estão apresentadas na tabela da figura 6.2.

²<https://forms.gle/sk2us8NTcjgBTuM97>

1) Com qual ou quais áreas do conhecimento, das citadas abaixo, você acha que a Física melhor se relaciona?
a) Biologia
b) Química
c) Matemática
d) Medicina
e) Todas acima relacionadas
2) Qual ou quais objetos de estudo você acha que melhor se relaciona a Física?
a) Carro
b) Corpo humano
c) Forno de micro-ondas
d) Computador
e) Todos acima relacionados
3) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano?
a) Sim
b) Não
4) A qual ou quais sistemas do corpo humano você considera estar relacionado a Física Térmica?
a) Sistema respiratório
b) Sistema circulatório
c) Sistema nervoso sensorial
d) Sistema endócrino
e) Todos acima relacionados
5) Você saberia relacionar ao menos um conceito de Física aos seguintes sistemas do corpo humano: sistema respiratório, sistema circulatório e sistema nervoso e sensorial.
a) Sim
b) Não
c) Talvez

Figura 6.2: Avaliação diagnóstica aplicada aos alunos

A seguir, é feita a descrição dos momentos e das aulas ministradas durante a aplicação da SEI.

O primeiro momento consistiu na apresentação do material e problematização. Esse momento foi realizado em duas aulas, na primeira foi utilizado como recurso um Data Show para apresentar o produto educacional, seus objetivos e cronograma de aplicação, e a sala de aula foi dividida em grupos de 5 alunos. Na segunda aula o problema experimental "Pulmão artificial" foi proposto e a ficha experimental (figura 6.3)

distribuída para cada grupo. A montagem e execução desse experimento teve como propósito responder a seguinte questão: "Como a Física dos gases está relacionada ao funcionamento dos pulmões?".

APÊNDICE III Ficha experimental	
Problema	<p>Atividade referente ao sistema pulmonar humano e experimento "pulmões Artificiais" e física contendo gás e trabalhou simulando de forma simplificada e lúdica o funcionamento do sistema respiratório humano, através de um pulmão artificial feito com garrafas PET.</p>
Experimentação	<p>Corte o membrão em 2 pedacinhos com um e 1 comissurava o fito para colar o membrão de forma que fique em formato de um (8). Coloque nos dois pontos do cone os dois bexigas preparadas e prenda - os como fitas. Para fazer o resaca torácica corte o parte de baixo do garrafo peti, faça um buraco no tempo e encaixe o cone em formato de 8 dentro do garrafo entre o bexiga maior e prenda de baixo do garrafo.</p>
Elaboração de hipóteses	<p>Para simular o funcionamento do sistema respiratório para o bexiga o bexiga maior que representa o diafragma e o volume do garrafo aumentará e a pressão interna do ar irá diminuir, o bexiga que os dois bexiga menores que representam os pulmões se enchem simulando o sistema respiratório.</p>
Conclusão	<p>O trabalho foi feito em grupos, o foco principal do trabalho é física e contendo de forma simples e prática.</p>

Figura 6.3: Exemplo de ficha experimental preenchida

Nessa etapa os alunos montaram e executaram o experimento, preencheram a ficha experimental destacando o problema que foi solucionado, a experimentação, as hipóteses e as conclusões. Os passos que seguiram consistiam em elaborar um texto

(figura 6.4) descrevendo os passos até a resolução do problema experimental. O objetivo dessa etapa foi a busca da compreensão do funcionamento do sistema respiratório a partir da montagem de um pulmão artificial com materiais de baixo custo. Essa assimilação inicial serviu como base para o estudo dos gases.

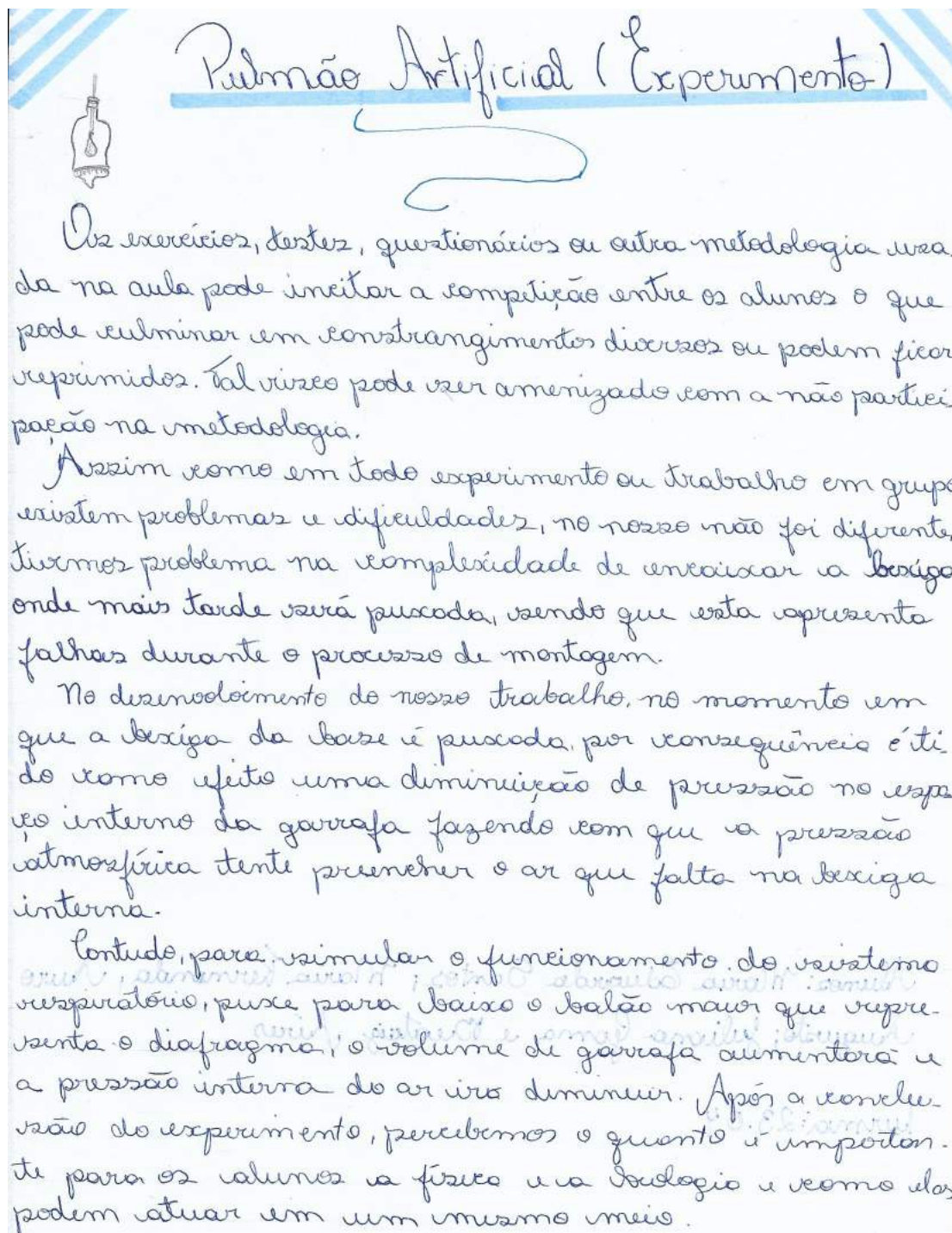


Figura 6.4: Texto descritivo elaborado por um dos grupos

No segundo momento, leitura do texto aplicado em uma aula, os alunos fizeram

a exposição e discussão do texto produzido na aula anterior. As diferentes soluções foram apresentadas em forma de debate e o texto "A Física dos pulmões e respiração" (Anexo) foi proposto como aprofundamento. Ao final da leitura do texto cada grupo montou um mapa mental (figura 6.5) relacionando e destacando os conceitos físicos encontrados no texto de aprofundamento e o funcionamento do sistema respiratório. A ideia dessa aula era que os alunos compreendessem os conceitos de compressão e expansão a partir do funcionamento do diafragma durante a respiração humana. O objetivo foi alcançado e os dados coletados serão analisados na seção a seguir.

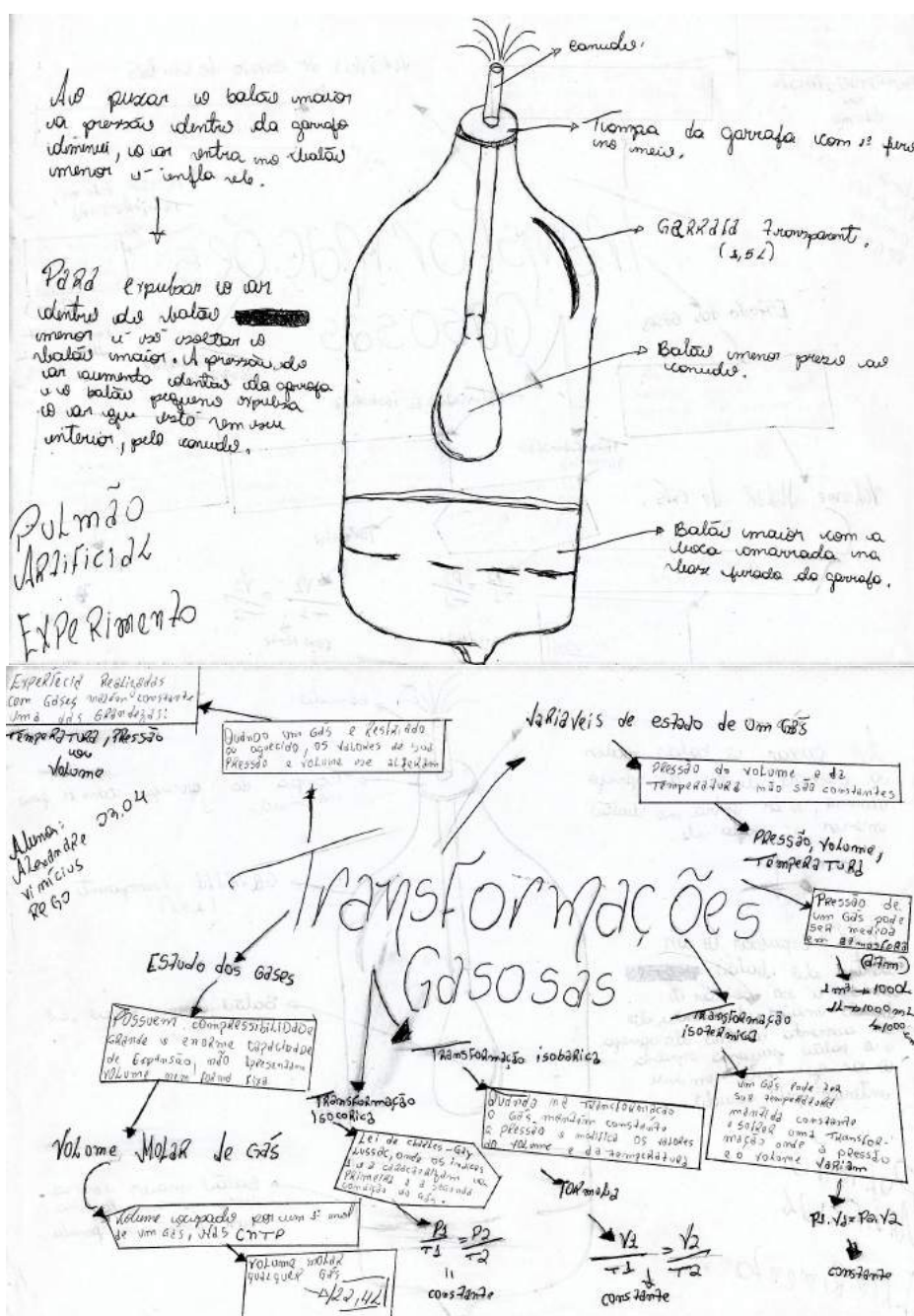


Figura 6.5: Exemplo de mapas mentais produzidos em sala de aula por um dos grupos

O terceiro momento, sistematização coletiva do conhecimento, aplicado em uma aula, foi caracterizado por uma aula expositiva e dialogada dos conteúdos relacionados ao estudo dos gases: leis das transformações gasosas; Equação geral dos gases perfeitos; Equação de Clapeyron. Esses conceitos já haviam sido introduzidos na resolução do problema e no texto de aprofundamento. Para auxiliar a aula, foi usado como recurso didático, além do produto educacional, um Data Show para a exposição uma simulação do *PHET Colorado*¹ com o objetivo de demonstrar o comportamento dos gases.

O quarto momento, aprofundamento do conteúdo e atividade contextualizada, também teve como principal abordagem uma aula expositiva e dialogada, com o objetivo de demonstrar aos alunos as formulações matemáticas e os conceitos relacionadas ao conteúdo de transformações gasosas, isotérmica, isobárica e isocórica, equação geral dos gases e equação de Clapeyron. Como atividade avaliativa os alunos resolveram uma lista de exercícios inserida no produto (apêndice C).

O quinto momento, atividade de avaliação e sistematização individual do conhecimento, foi usado como instrumento avaliativo um teste contendo quatro problemas com formulação matemática e uma cruzadinha que destacou os principais conceitos discutidos em sala de aula. Além desses, os mapas mentais produzidos em sala de aula também foram avaliados e por se tratar de uma sequência de ensino, o processo de avaliação contínua do aluno foi levada em consideração.

Por se tratar de uma instituição administrada pela polícia militar junto a SEDUC e possuir regimento interno próprio, é exigência da escola que o aluno passe por uma avaliação institucional bimestral e tradicional, nos moldes da prova do ENEM. Essa prova foi usada como parte da avaliação do conhecimento dos alunos, pois não poderia sofrer modificações por parte do professor pesquisador, nem poderia ser excluída e/ou adaptada a sequência de atividades dispostas na SEI.

6.2 Apresentação e análise dos dados

Esta pesquisa teve caráter qualitativo e quantitativo e foram utilizados basicamente seis instrumentos para coleta de dados: questionário (online ou físico); mapas mentais

¹ <https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter/latest/states.html>

produzidos antes, durante e depois da aplicação do produto; observação direta; diário de bordo, fotos da aplicação do produto e a avaliação institucional dos alunos aplicada nos moldes da instituição de ensino. No decorrer de sua implementação, foi feita uma análise descritiva da elaboração do produto educacional e da aplicação através de questionários e observações em sala de aula.

6.2.1 Avaliação diagnóstica

Nessa seção é feita a apresentação e análise dos gráficos obtidos com a aplicação da avaliação diagnóstica. A pesquisa foi realizada com dois grupos voluntários denominados de "turma experimental", na qual o produto foi aplicado e "turma de controle", que não houve aplicação, perfazendo um total de 52 alunos. A avaliação foi a mesma para os dois grupos e a análise foi feita por meio de comparação das duas turmas. O objetivo desse questionário era saber a percepção dos alunos acerca da Física Térmica, das suas relações com outras disciplinas e com o objeto de estudo contextualizador corpo humano. A seguir é feita a apresentação e discussão gráfica dos dados obtidos.

Os gráficos das figuras 6.6 e 6.7 mostram a percepção dos alunos acerca das relações da Física com outras áreas do conhecimento, a partir do seguinte questionamento "Com qual ou quais áreas do conhecimento, das citadas abaixo, você acha que a Física melhor se relaciona?" Os dados mostram que 32% dos alunos da turma de controle apontam que a Física está melhor relacionada com a disciplina de Matemática, 28% com a Química, 8% com a Biologia, aproximadamente 4% com a Medicina e os outros 28% percebem que pode ter relações com todas as áreas do conhecimento relacionadas.

Na turma experimental, 44,4% dos alunos concordam que a Física se relaciona melhor com a Química, 25,9%, Matemática, 22,2%, com a Biologia, nenhum aluno relaciona a Física somente a Medicina e cerca de 7,4% relacionam a todas as áreas de conhecimento. Os dados obtidos revelam que um número considerável de alunos só conseguem relacionar Física e Matemática, uma explicação plausível para esse resultado é que boa parte dos professores abordam os cálculos dos exercícios e/ou exemplos resolvidos em sala ou extra classe, e deixam a desejar na descrição física dos fenômenos.

Esses dados mostram ainda a importância de trabalhar propostas interdisciplinares no espaço escolar, esse pode ser um dos motivos para que os alunos não estabeleçam relações entre as áreas de conhecimentos, não só da Física com outras disciplinas. Não faz sentido em pleno século XXI trabalhar as disciplinas de forma fragmentada, sem estabelecer conexões válidas, seja por objeto de estudo contextualizador ou por aulas temáticas como é proposto pela BNCC.

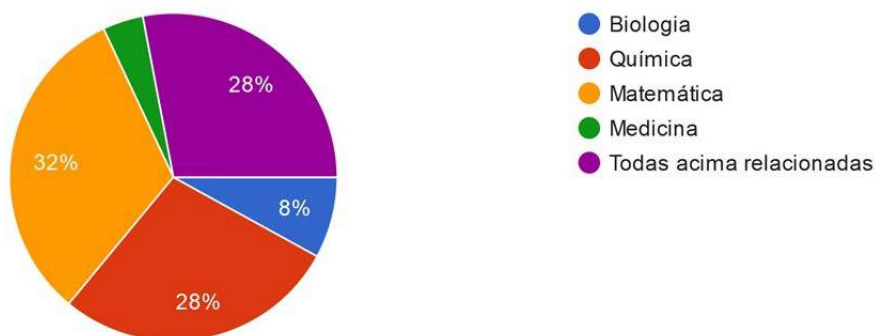


Figura 6.6: Percepção dos alunos acerca das relações da Física com outras áreas do conhecimento (turma de controle).

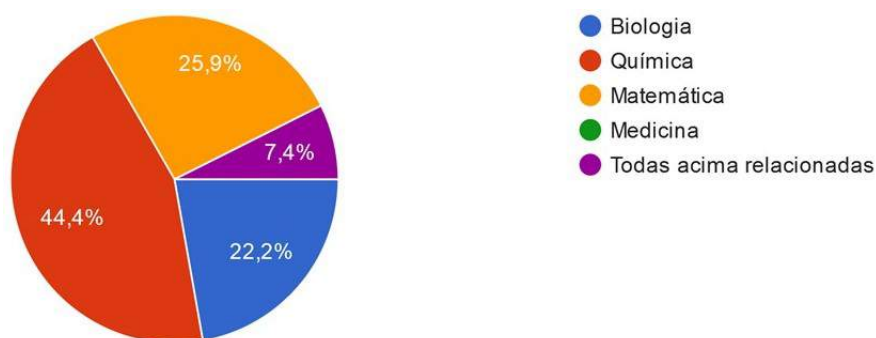


Figura 6.7: Percepção dos alunos acerca das relações da Física com outras áreas do conhecimento (turma experimental).

Ao comparar as respostas dadas pelas duas turmas, percebe-se que em sua maioria, ambas não conseguem interligar aplicações Físicas a Medicina, isso mostra a falta de conhecimento dos alunos a uma área que se ocupa, dentre outras áreas, em aplicar os conhecimentos da Física a Medicina. A relação entre Física e Matemática é feita com certa confusão, muitos alunos até compartilham da ideia de que Física é igual a Matemática. Talvez essa visão esteja diretamente ligada a forma matematizada como o conteúdo da Física é abordado em sala de aula, onde os conceitos primordiais não são contemplados como deveriam.

É notório também o percentual de alunos que relacionam à Física à Química, esse fato é válido e pode ser explicado por um motivo simples, o conteúdo estudado pela Química, referente ao 3^a bimestre do ano letivo, é a Termoquímica, onde os conceitos principais e formulações matemáticas se assemelham ao que é estudado pela Física, Física Térmica, neste mesmo período.

Quando questionados sobre qual ou quais objetos de estudo acham que melhor se relacionam com a Física, gráficos das figuras 6.8 e 6.9, aproximadamente 4%, dos alunos que compõem a turma de controle conseguem relacionar a Física ao corpo humano, 8%, ao funcionamento de um forno de micro-ondas, 36%, a um carro, mais da metade dos alunos, 52%, consideram que a Física se relaciona a todos os objetos relacionados e nenhum aluno conseguiu relacionar ao funcionamento de um computador.

É válido destacar a dificuldade dos alunos em estabelecer relações entre a Física e objetos do cotidiano, ou até mesmo aos sistemas do corpo humano. Tornar a Física uma ciência palpável, acessível e atraente ao aluno é uma tarefa com um grau elevado de complexidade. Nesse sentido, o ensino investigativo pode ajudar o aluno a desenvolver um pensamento científico a ponto de conseguir perceber o papel importante da ciência no processo de fabricação e funcionamento de diversos objetos e no funcionamento do corpo humano.

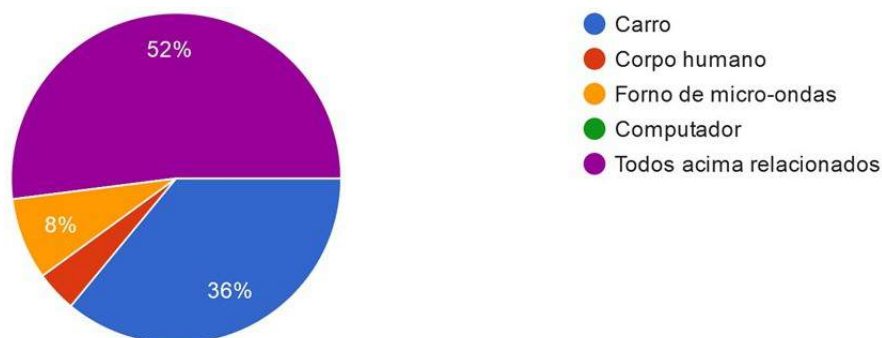


Figura 6.8: Concepção dos alunos ao relacionar a Física a objetos de estudo (turma de controle).

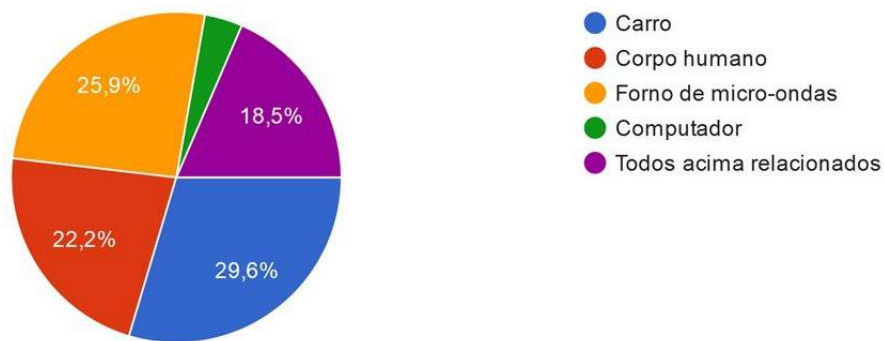


Figura 6.9: Concepção dos alunos ao relacionar a Física a objetos de estudo (turma experimental).

Os gráficos acima apresentam resultados interessantes, quando um quantitativo considerável de alunos percebem a Física como uma ciência que estende aplicações a diversos objetos de estudos cotidianos. Outro fenômeno considerável é que boa parte dos alunos só percebem a física aplicada ao carro, isso pode estar relacionado a ordem como são apresentados os conteúdos, sendo que o conteúdo de Física Mecânica inserido na grade curricular da 1ª série do Ensino Médio.

Infelizmente poucos alunos veem a Física como uma ciência que estuda o corpo humano. Os dados dos gráficos das figuras 6.10 e 6.11, corroboram com os dados apresentados nos gráficos das figuras 6.6 e 6.7, se o aluno não percebe aplicações da Física na Medicina é esperado que estes alunos também não consigam aplicar esses conceitos ao funcionamento dos sistemas do corpo humano.

A pergunta posterior buscou saber se os alunos já haviam estudado os sistemas do corpo humano. Segundo os gráficos das figuras 6.6 e 6.7, 76% dos alunos que compunham a turma de controle afirmaram já ter estudado algum dos sistemas do corpo humano e 24% revelam que não tiveram acesso a esse conteúdo no Ensino Médio, enquanto que na turma experimental, 85,2% estudaram os sistemas do corpo humano no ensino médio e 14,8% afirmam que nunca estudaram este conteúdo. É válido ressaltar que o conteúdo referente aos sistemas do corpo humano deveria ser estudado na primeira série do Ensino Médio, segundo o documento de referência anual disponibilizado pela Secretaria de Educação e cultura do Estado do Tocantins.

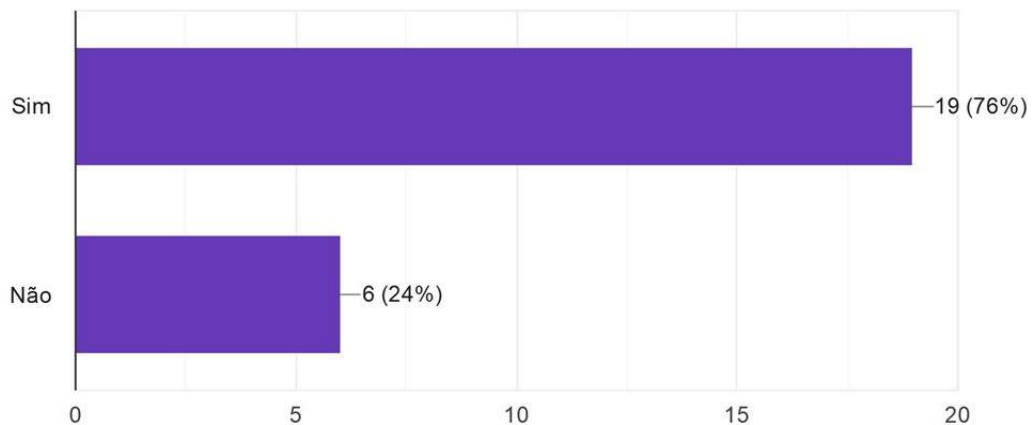


Figura 6.10: Relação de alunos que já tiveram algum contato com o estudo dos sistemas do corpo humano (turma de controle).

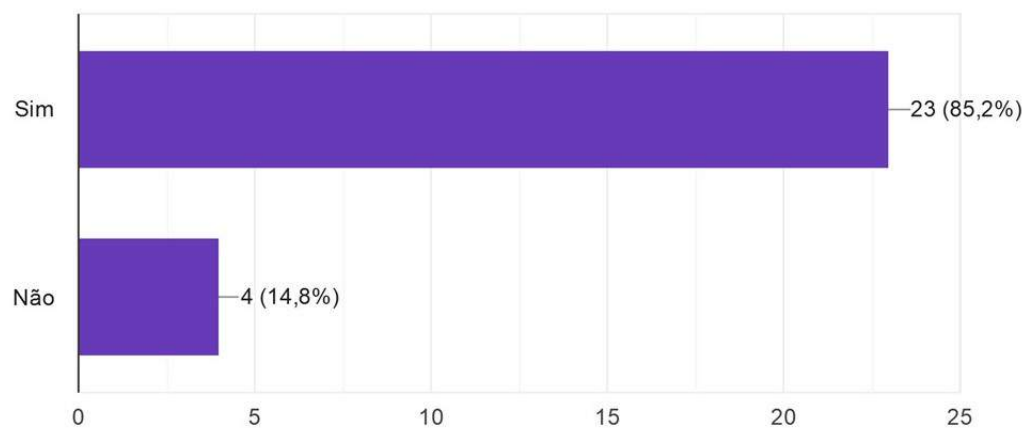


Figura 6.11: Relação de alunos que já tiveram algum contato com o estudo dos sistemas do corpo humano (turma experimental).

Os gráficos das figuras 6.12 e 6.13, mostram o percentual de alunos que conseguem relacionar a Física a pelo menos um sistema do corpo humano, partindo do seguinte questionamento: a qual ou quais sistemas do corpo humano você considera estar relacionado a Física Térmica? 36% dos alunos da turma de controle concordam que a Física possui aplicações em todos os sistemas do corpo humano, 32% destacam que a Física só possui aplicações no sistema nervoso sensorial, 12% no sistema circulatório, 12% no sistema endócrino e aproximadamente 8% no sistema respiratório.

Na turma experimental, essa realidade munda, onde 48,15% acreditam que a Física possui aplicações no sistema respiratório, 37% relacionam todos os sistemas, 14,85% somente ao sistema nervoso sensorial e nenhum dos alunos apontaram os sistemas endócrino e circulatório.

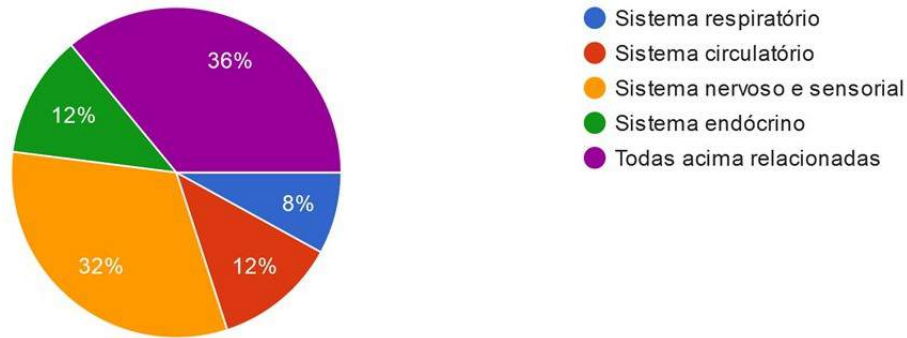


Figura 6.12: Principais sistemas do corpo humano que os alunos consideram estar relacionados com a Física Térmica (turma de controle).

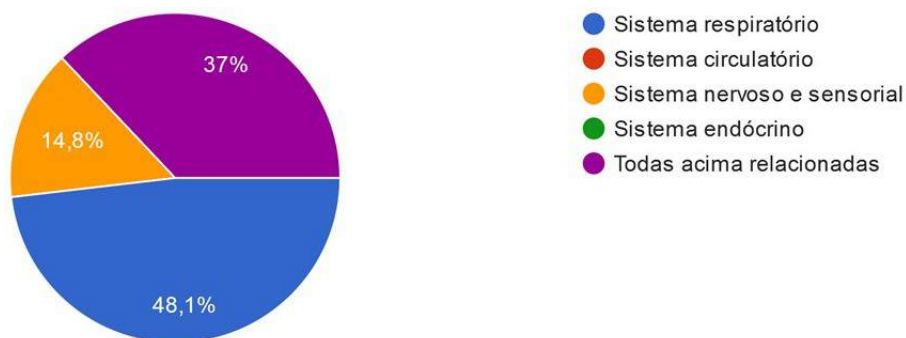


Figura 6.13: Principais sistemas do corpo humano que os alunos consideram estar relacionados com a Física Térmica (turma experimental).

Quando questionados se saberiam relacionar ao menos um conceito de Física aos seguintes sistemas do corpo humano: sistema respiratório, sistema circulatório e sistema nervoso sensorial, os dados obtidos nos gráficos das figuras 6.14 e 6.15, mostram que 60% dos alunos da turma de controle talvez conseguiriam estabelecer relações entre a Física e os sistemas do corpo humano, 28% demonstram ter certeza dessas relações enquanto que 12% infelizmente não concordam e não conseguem estabelecer pontes que ligam a Física Térmica ao corpo humano.

Na turma de controle, 70,4% dos alunos responderam que talvez conseguiriam estabelecer relações, 18,5% não percebem qualquer tipo de relação e 11,1% afirma que conseguiriam estabelecer algum tipo de relação. Os dados coletados com essa pergunta confirmam a premissa de que apesar de já terem tido algum contato prévio com o estudo do corpo humano, os alunos não conseguiram adquirir as habilidades e competências necessárias para estabelecer conexões e aplicações entre as grandes áreas do conhecimento.

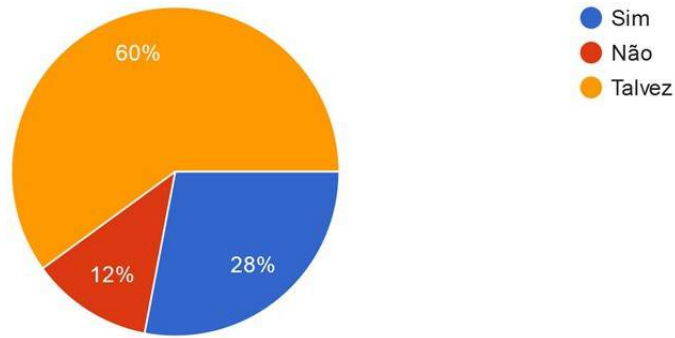


Figura 6.14: Percepção dos alunos sobre a relação da Física Térmica com o sistemas respiratório, circulatório e nervoso sensorial (turma de controle).

eracidade

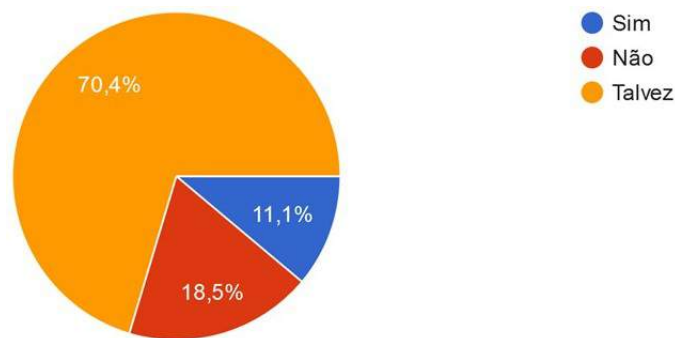


Figura 6.15: Percepção dos alunos sobre a relação da Física Térmica com o sistemas respiratório, circulatório e nervoso sensorial (turma experimental).

Os dados do gráfico acima mostram ainda, quando comparados aos anteriores, que os alunos ao escolherem a opção talvez demonstram insegurança nos conhecimentos adquiridos, pode ser que eles saibam das aplicações, mais preferem se abster da resposta pelas incertezas. Essa análise pode ser estendida também aos alunos que optaram por marcar "todas acima relacionadas", pode ser que os alunos escolheram essa opção por não se sentirem aptos a escolherem uma única opção.

6.2.2 Avaliação institucional

Aqui é feito uma análise da avaliação institucional realizada ao final do 3^a bimestre como requisito parcial para aprovação do aluno. Antes disso, é viável fazer uma breve descrição do espaço e das condições em que o produto educacional foi aplicado. Como já registrado anteriormente, trata-se de um colégio público regido pela polícia militar, que possui algumas características em seu regimento que merecem ser citadas

aqui.

A aplicação de uma metodologia interdisciplinar nos moldes de uma sequência investigativa, exige uma mudança no formato da avaliação do aluno. O formato de avaliação do colégio já é pré estabelecido da seguinte forma:

- **AV1:** composta por produção (participação e o envolvimento do aluno durante as aulas, assiduidade, compromisso com as atividades escolares, relações interpessoais, socialização do saber, respeito às normas de boa convivência, dentre outros); Trabalhos (Lista de exercícios) com questões referentes ao conteúdo ministrado podendo ser objetivas e/ou dissertativas; Teste (questões referentes ao conteúdo ministrado podendo ser objetivas e/ou dissertativas).
- **AV2:** avaliação institucional (prova com questões estilo ENEM), conforme regimento.

No primeiro método avaliativo (AV1), o professor tem total autonomia na metodologia, podendo utilizar objetos diferenciados, como a avaliação continuada. O segundo (AV2) não pode ter o seu formato modificado, pois se trata de um padrão estabelecido no regimento escolar realizar uma avaliação institucional, nos moldes tradicionais, com questões características do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), é um dos métodos adotados pelo Colégio para preparar os alunos para o exame, vestibulares e/ou provas afins.

Outro ponto que merece ser considerado é que o Colégio trabalha com o *ranking* pedagógico. Esse formato consiste em dividir os alunos nas turmas de acordo com a sua colocação no *ranking*, como é feito nas provas de concursos, vestibulares e outros. Ocorre que os alunos que não obtêm um desempenho satisfatório, ou seja, ficam nas posições finais do *ranking* acabam ficando na mesma turma, e essa foi exatamente a turma escolhida pelo professor pesquisador para aplicar o produto educacional. O que motivou a escolha dessa turma, foi a necessidade de desenvolver uma proposta de intervenção para melhorar o desempenho dos alunos. Nesse sentido, o produto educacional foi inserido como proposta de intervenção.

Feito essas considerações, a seguir são dispostas as apresentações, análises e considerações no que tange a avaliação institucional realizada pelo colégio, e que permite analisar os fatores favoráveis e desfavoráveis da aplicação do produto, com-

parando os resultados obtidos pela turma experimental (turma D) e pela turma de controle (turma C). É feito também a comparação do desempenho das turmas voluntárias com outras turmas.

O gráfico a seguir (figura 6.15) relaciona o desempenho médio da turma de controle e da turma experimental na avaliação institucional. É possível, ou talvez óbvio, observar que a turma de controle obteve um desempenho superior ao da turma experimental, tendo em vista que se trata de uma turma ranqueada em posições melhores já subentende-se que seu desempenho será superior. O gráfico da figura 6.16 estabelece a relação do desempenho das turmas pesquisadas com outras turmas do colégio.

A figura 6.16 evidencia os efeitos do *ranking* pedagógico na distribuição das turmas. É possível observar que se uma reta for traçada no topo das barras que indicam as médias das turmas, esta reta irá decrescer da turma A até a turma D. A turma A obteve um desempenho médio acima de 3,5 em uma avaliação no valor de 5,0 pontos, a turma B um pouco acima dos 3,0 pontos, a turma C (turma de controle) um pouco acima de 2,5 pontos e a turma D (turma experimental) obteve desempenho médio abaixo de 2,0 pontos. É feita uma análise mais aprofundada desse desempenho a partir do gráfico da figura 6.17.

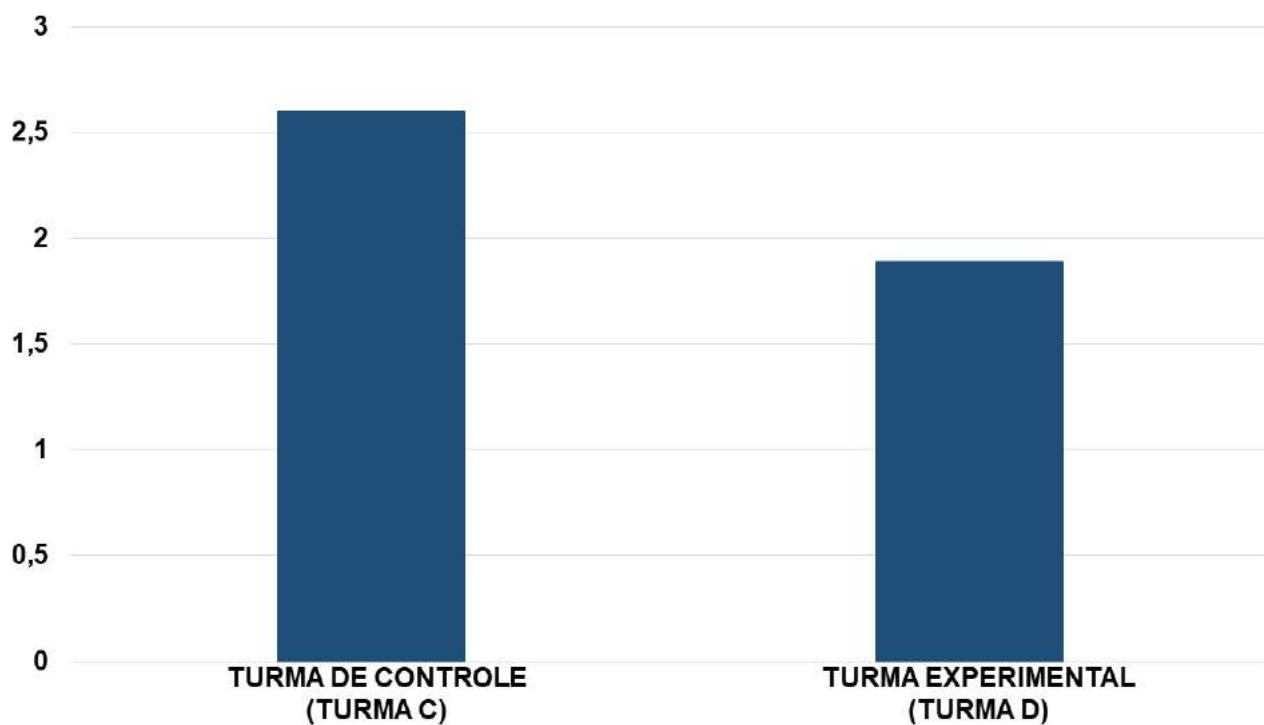


Figura 6.16: Comparação do desempenho das turmas de controle e experimental na avaliação institucional.

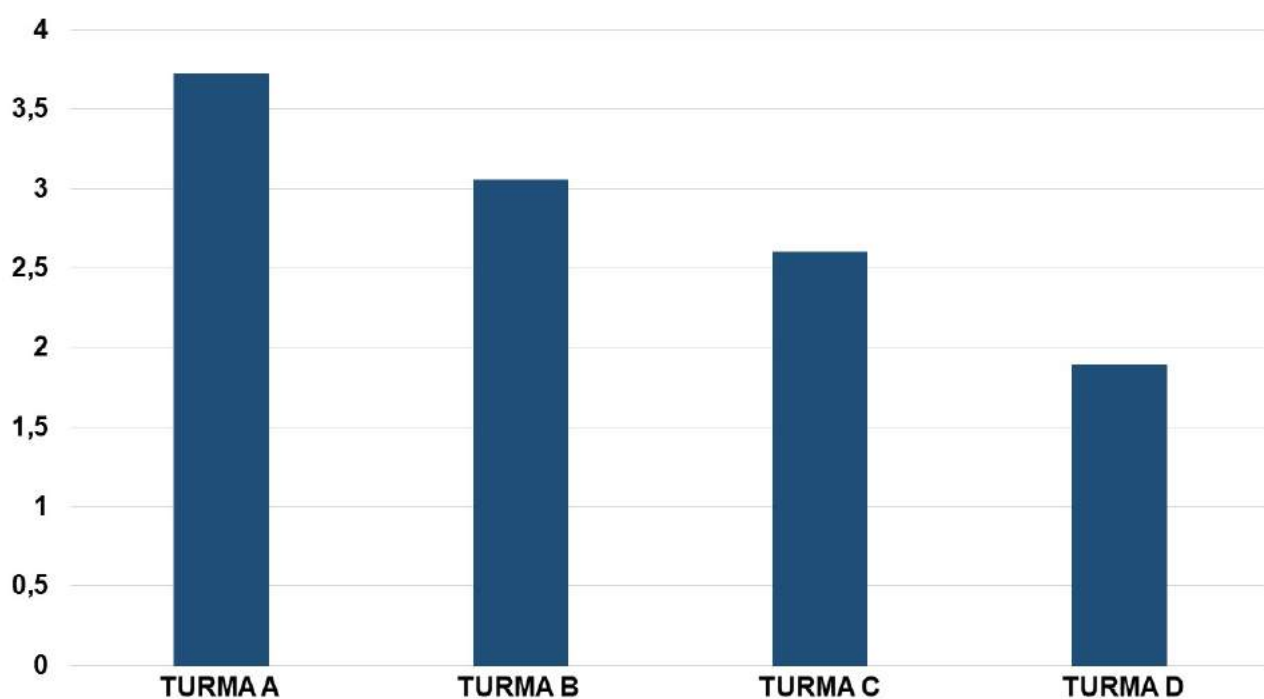


Figura 6.17: Comparação do desempenho das outras turmas com as turmas pesquisadas.

No gráfico da figura 6.18 é feito a comparação do desempenho bimestral da turma de controle (gráfico da esquerda) e da turma experimental (gráfico da direita). A a

barra em amarelo representa o desempenho no 1º bimestre, a barra em vermelho o desempenho no 2º bimestre, a barra em alaranjado o desempenho no 3º bimestre e a barra em azul representa o desempenho no 4º bimestre.

É possível observar no gráfico da turma de experimental (turma D) que houve um desempenho crescente do primeiro ao quarto bimestre. Se for comparado os percentuais do 1º e 2º bimestre de cada turma, observa-se um aumento no desempenho da turma D de 7,2%, entre o 2º e 3º bimestre, este último onde ocorreu a aplicação do produto, verifica-se um crescimento de 21,4%, e entre o 3º e 4º bimestre houve um singelo crescimento de 1,6%. É perceptível que houve um pico de crescimento entre os percentuais no 3º bimestre do ano letivo, no desempenho da turma experimental.

Esse pico de crescimento pode estar relacionado a diversos fatores, dentre os quais é possível destacar o conteúdo que foi ministrado, no sentido de ser mais palpável, devido as suas diversas aplicações e até mesmo mais atrativo na visão dos alunos. Outro fator pode estar relacionado a mudança na metodologia adotada em sala de aula com a aplicação do produto educacional. Uma metodologia ativa na qual o aluno é protagonista do conhecimento pode ser uma possível causa da melhoria do desempenho da turma. A proposta de investigação pode ter instigado o aluno no interesse por estudar Física.

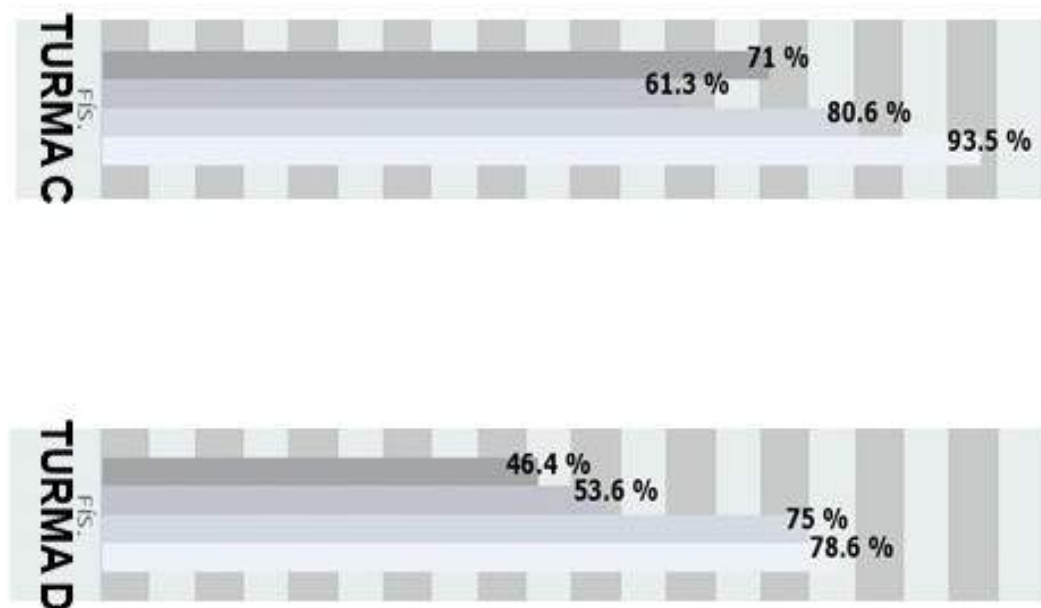


Figura 6.18: Comparação do desempenho bimestral das turmas de controle (turma C) e turma experimental (turma D). Fonte: Sistema de Gerenciamento Escolar do Tocantins - SGE

Observando o aumento do desempenho do 3º para o 4º bimestre, da turma experimental, pode-se supor ainda que os alunos mudaram a visão em relação a Física, de uma ciência totalmente matematizada e estagnada passaram a vê-la de forma mais atrativa, pois tomaram conhecimento da gama de aplicações que essa ciência tem. Essa hipótese poderá ser observada ao longo do acompanhamento da turma no próximo ano letivo. E ao tomar posse dessa proporção, o aluno também consegue se colocar como pesquisador.

O gráfico figura 6.17 mostra o desempenho da turma de controle que seguiu o padrão de aulas que é desenvolvido no Colégio, e não passou por nenhum tipo de avaliação utilizando o produto educacional. De acordo com o *ranking* e o gráfico da figura 6.16 necessariamente tem um desempenho melhor que o da turma experimental, não será feita uma análise específica para essa situação. No parágrafo a seguir é feito a comparação do desempenho das duas turmas.

Ao comparar os gráficos de desempenho das turmas, figura 6.15 e 6.16, pode-se estabelecer a seguinte consideração, a primeira é que entre o 2º e 3º bimestre, o padrão de melhoria de desempenho da turma experimental foi superior, 21,4%,

ao da turma de controle, 19,3%,. Novamente, não é possível atribuir essa melhoria unicamente a aplicação do produto educacional, pois diversos fatores didáticos, pedagógicos e metodológicos podem estar relacionados a esse crescimento. Mas, as contribuições do produto não podem ser descartadas.

Capítulo 7

Conclusão

Como já mencionado na fundamentação teórica, apesar de se tratar de uma vertente antiga, a interdisciplinaridade ainda encontra diversos percalços para ser implementada. Esse fato pode ser explicado pela estagnação da educação, no sentido de que existem inúmeros formatos metodológicos para diversificar o ensino, porém na maioria das vezes os limites e os desafios acabam sobrepondo as possibilidades.

Diante dessa situação, o material aqui apresentado foi desenvolvido com o objetivo de ser prático e de fácil aplicação, para instigar professores e alunos no processo de ensino e aprendizagem da Física. O produto incorpora em sua estrutura duas Sequências de Ensino Investigativo que contemplam tópicos da Física Térmica de forma interdisciplinar com a Matemática, Biologia e Química trazendo o corpo humano como objeto de estudo contextualizador.

Além da confecção do produto educacional, foi feito um estudo bibliográfico sobre a interdisciplinaridade no ensino de Física e o ensino de Física por investigação. A ausência de trabalhos nesta área norteou a produção do produto educacional interdisciplinar. O material desenvolvido se torna inovador por apresentar aspectos da Física Térmica aplicados ao corpo humano, a partir de uma estrutura interdisciplinar.

Um grupo relevante para o processo de aplicação do produto, compreendeu aos estudantes da 2ª série do Ensino Médio. Para analisar a viabilidade da aplicação do produto, foi usada a metodologia de comparação de aprendizagem de duas turmas, turma de controle, onde o produto não foi aplicado, e turma experimental, onde o produto foi aplicado. Um dado comum a esses grupos partiu de um questionário aplicado, com o objetivo de realizar uma avaliação diagnóstica a respeito da percepção dos alu-

nos da aplicação da Física em outras áreas do conhecimento e objetos de estudo.

Durante o processo de aplicação do produto foi identificado, a partir da metodologia investigativa, avanços conceituais dos alunos ao estabelecerem relações da Física ao experimento usado como problema. Os alunos incorporaram o papel de pesquisadores pois resolveram um problema, descreveram os passos até a solução, relacionaram as hipóteses e estabeleceram as conclusões. Esta nova visão de aprendizagem tornou os alunos mais instigados e interessados a compreender os processos e fenômenos físicos.

As observações feitas pelo professor/pesquisador apontam para a facilidade dos alunos na resolução do problema proposto, e ao mesmo tempo demonstraram extrema dificuldade em extrair conceitos Físicos do problema proposto. A abordagem interdisciplinar e as aplicações ao sistemas do corpo humano, foi um campo de estudo totalmente novo para os alunos, pois estes só reconheciam a Física como uma ciência matematizada e isolada, sem aplicações claras para o cotidiano.

Em última análise, os dados coletados, descritos e analisados, demonstram que a metodologia interdisciplinar amparada por uma sequência investigativa, é uma opção memorável a ser considerada, principalmente se tratando no novo formato de ensino proposto pela BNCC, para aplicação em sala de aula.

Referências

- [1] HALLIDAY, David. **Fundamentos de Física, volume 2.** 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- [2] GREF: Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Editora da Universidade de São Paulo, 1995.
- [3] ROBILOTTA, M. R. **O Cinza, o Branco e o Preto – da relevância da História da Ciência no ensino da Física.** Caderno Catarinense do Ensino de Física, v.5 (número especial), p.07-22, jun. 1988.
- [4] CARVALHO, A. M. P. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- [5] FERNANDES. A. M. R. **Interdisciplinaridade: Perspectivas e Desafios na Atualidade.** Id on Line Rev.Mult. Psic.,2018, vol.12, n.40, p.101-115. ISSN: 1981-1179.
- [6] LEIS, Héctor Ricardo. **Sobre o conceito de interdisciplinaridade.** Cadernos de pesquisa interdisciplinar em ciências Humanas. Nº 73. Florianópolis, 2015.
- [7] BRITO, B. S. L. G. **Atividades investigativas no Ensino de Física: avaliação do desenvolvimento de habilidades.** Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro, 2013.
- [8] PUHL, N. M. **Atividades Investigativas no estudo da Termodinâmica: incentivando a autonomia do estudante.** Universidade do Vale do Taquari - Curso de Pós-Graduação Mestrado Ensino de Ciências Exatas. Mato Grosso, 2017.

- [9] BRAGA, M. C. F. T. **Ensino de ciências por investigação: uma estratégia pedagógica para o ensino de termodinâmica no ensino médio**. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2018.
- [10] MATTOS, C. ; DRUMONDL, A. V. N. **Sensação térmica: uma abordagem interdisciplinar**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. São Paulo: UNESP, 2004.
- [11] JUNIOR, P. D. C.; SILVA, C. C. **O Sol: uma abordagem interdisciplinar para o ensino de Física Moderna**. Instituto de Física de São Carlos. São Paulo: USP, 2010.
- [12] **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, 2002b.
- [13] BRASIL. **Ministério da Educação. Secretaria de Educação e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2002a.
- [14] BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.
- [15] BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em 22 de Agosto de 2017.
- [16] JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: IMAGO, 1976.
- [17] FAZENDA, I. C. A. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia**. São Paulo: Loyola, 1979.
- [18] _____ **Integração e Interdisciplinaridade no ensino brasileiro**. Efetividade ou ideologia. São Paulo: Edições Loyola Jesuítas, 2011.
- [19] SALINAS, S. **Introdução a Termodinâmica Estatística**. Instituto de Física da USP. São Paulo: USP, 2017.
- [20] BONJORNO, J. R. Et al. **Física: termologia, óptica e ondulatória, 2 ano**. 3a ed. São Paulo: FTD, 2016.

- [21] RAMALHO, J. F. **Os fundamentos da Física**. 10 ed. São Paulo: Moderna, 2009.
- [22] MOREIRA, M. A. **Uma introdução a pesquisa quantitativa em ensino**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2008.
- [23] OKUNO, E. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. São Paulo: Harper e Row do Brasil, 1982.
- [24] GARCIA, E. A. C. **Biofísica**. São Paulo: SARVIER, 2002.
- [25] MOURÃO, C. A. J. **Curso de biofísica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

Capítulo 8

Apêndices

8.1 Apêndice A - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CÂMPUS DE ARAGUAÍNA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA:
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA

Av. Paraguai, s/nº, Setor Cimba | 77823-838 | Araguaína/TO
(63) 34165655 | www.uft.edu.br/mnpef



TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr.(a) está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa “**Um caminho interdisciplinar para o estudo de tópicos da Física Térmica**” que tem por finalidade produzir um material de apoio ao professor, na forma de um caderno didático que promova a interdisciplinaridade entre a Física, Matemática, Biologia e Química tendo como objeto de estudo o corpo humano no processo de ensino e aprendizagem da Física Térmica. Propondo uma didática que leve em consideração os preceitos metodológicos de uma aprendizagem significativa e que permita analisar os efeitos desse processo.

Nosso objetivo diagnosticar e analisar os efeitos da interdisciplinaridade no processo de ensino e aprendizagem da Física Térmica nos moldes metodológicos da aprendizagem significativa e tendo como material de apoio, um caderno didático desenvolvido pelo pesquisador que destaca o corpo humano como objeto de estudo interdisciplinar que relaciona Física, Matemática, Biologia e Química.

Sua participação voluntária se dará por meio da resolução de um questionário online disponibilizado no seu e-mail _____ (caso haja necessidade, disponibilizaremos questionários físicos), nos quais as respostas às perguntas servirão como base diagnóstica para o pesquisador (João Pedro Almeida Sales) que permita uma análise prévia dos seus conhecimentos sobre a Física aplicada ao corpo humano.

Contamos ainda com a sua participação nas aulas de Física ministradas pelo pesquisado ao longo do corrente ano no período regular. Estas aulas contarão com uma estratégia didática pautada na aprendizagem significativa para ministrar os conteúdos de Física aplicada ao corpo humano promovendo um ensino interdisciplinar entre a Física, Matemática, Biologia e Química, que será abordado na forma de um caderno didático. Esse material será previamente elaborado pelo pesquisador, professor de Física do Colégio da Polícia Militar de Araguaína – Unidade III e aluno do Programa de Pós-Graduação em Física Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Tocantins.

Ao participar deste estudo você permitirá que o pesquisador utilize as informações para o levantamento de dados sobre os efeitos do uso de um caderno didático para o estudo da Física de forma interdisciplinar entre a Física, Matemática e Química. Esse levantamento de dados será por meio das aulas de Física ministradas durante o ano letivo de 2019 com mapas mentais/conceituais produzidos pelos alunos, observações diretas do pesquisador em relação a sua participação e interação com as atividades, fotos das aulas (com sua identidade preservada) assim como as respostas ao questionário online. É válido ressaltar que a metodologia de avaliação do aluno será em acordo com o regimento interno escolar.

É importante esclarecer que todo procedimento é cabível de benefícios e riscos. Salientamos ainda que os riscos são baixos, pois o material foi pensado, estudado, confeccionado e testado para não causar nenhum dano aos participantes. Também será trabalhado a conscientização de tratar seus colegas de forma responsável (esta última é trabalhada na escola constantemente).

Destacamos abaixo os possíveis benefícios e riscos decorrentes do estudo.

Riscos

- 1) Pode haver riscos psíquicos que envolvem pressão psicológica por parte dos alunos ou constrangimento em responder aos questionários, por falta de conhecimentos prévios. Tal risco pode ser mitigado com a não resolução do questionário e com a orientação dos alunos e neste caso contaremos com profissional capacitado atuante na unidade escolar, o orientador pedagógico escolar.

- 2) Os exercícios, testes, questionários ou outra metodologia usada na aula pode incitar a competição entre os alunos o que pode culminar em constrangimentos diversos ou podem ficar reprimidos. Tal risco pode ser amenizado com a não participação na metodologia. A qualquer tempo o aluno voluntário poderá desistir de participar da pesquisa.
- 3) Por se tratar de uma instituição militar que usa o ranking pedagógico para relacionar os alunos que se destacam, pode gerar situações de competição, isso será sanado esclarecendo aos participantes que o questionário não será parte do processo de avaliação. O orientador pedagógico escolar também poderá atuar se necessário.
- 4) Relacionado aos riscos envolvidos para os professores que participarão: eles podem não se sentir confortáveis em responder ao questionário por não estarem familiarizados com o termo interdisciplinaridade ou outro conteúdo da pesquisa, gerando desconforto ou constrangimento. Tal risco pode ser mitigado com o mesmo se abstendo-se de responder ao questionário voluntário. Será garantido o sigilo absoluto, como medida de mitigação do risco. Mas o professor poderá, a qualquer tempo, recusar ou deixar de responder, sem nenhum encargo.

Benefícios

- 1) Ajudar os estudantes a perceberem a ciência Física como parte do cotidiano deles.
- 2) Apresentar aos alunos o estudo da Física Térmica promovendo a interdisciplinaridade entre as disciplinas Física, Matemática, Biologia e Química, promovendo a reflexão na aplicabilidade das ciências.
- 3) Contribuir para que os alunos se tornem mais críticos e com mais consciência da ciência e do próprio corpo humano.
- 4) Mostrar aos alunos a aplicação da Física nos diferentes sistemas do corpo humano e desmistificar a disciplina de Física mostrando uma aplicação real, esclarecida e tangível.
- 5) Aguçar a percepção dos alunos acerca das inúmeras aplicações da Física Térmica e possibilitar uma aprendizagem significativa do conteúdo.
- 6) Dar significado ao estudo da Física, pois muitas vezes os alunos não reconhecem o porquê estudam essa ciência e não conseguem aplicar o conhecimento adquirido.
- 7) Quanto aos professores, este projeto sugerirá um repensar na prática docente, especificamente relacionado com a interdisciplinaridade. Os professores poderão observar que a Física pode se relacionar de forma interdisciplinar com outras disciplinas que eles trabalham em sala de aula, propiciando um novo olhar para o Ensino de Física.

Todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Você não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Seus dados serão identificados com um código, e não com o nome e apenas os membros da pesquisa terão conhecimento dos dados, assegurando assim sua privacidade.

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você ou o responsável tem liberdade de se recusar a participar e ainda se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo.

Sempre que quiser poderá entrar em contato com o pesquisador, **xxx**, no endereço profissional, **xxx**. Em caso de dúvidas quanto aos aspectos éticos da pesquisa, reclamações e/ou insatisfação, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP HDT – UFT, Rua José de Brito, nº 1015, Setor Anhanguera, CEP 77.818-530, Hospital de Doenças Tropicais – Araguaína/TO, telefone: (63) 3413-8642, e-mail: cep.hdt@ebserh.gov.br.

Caso haja danos decorrentes dos riscos previstos, o pesquisador assumirá a responsabilidade pelos mesmos. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas, ficando uma via com cada um de nós.

Eu, _____,
fui informado(a) sobre o que o pesquisador quer fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, firmo meu consentimento livre e esclarecido em participar da pesquisa proposta. Consinto também o uso científico e didático dos dados, preservando a minha identidade.

Ciente do conteúdo, assino o presente termo.

Assinatura do(a) participante

Assinatura do pesquisador responsável

Araguaína, _____ de _____ de 2019.

8.2 Apêndice B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CÂMPUS DE ARAGUAÍNA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA:
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA

Av. Paraguai, s/nº, Setor Cimba | 77823-838 | Araguaína/TO
(63) 34165655 | www.uft.edu.br/mnpef



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr.(a) está sendo convidado(a) para participar da pesquisa **“Um caminho interdisciplinar para o estudo de tópicos da Física Térmica”**. Esta pesquisa será realizada pelo pesquisador **João Pedro Almeida Sales**, do Programa de Pós-Graduação em Física Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Tocantins do Campus de Araguaína, sob orientação da **Prof.^a Érica Cupertino Gomes**. Nesta pesquisa, pretendemos produzir um material de apoio ao professor, na forma de um caderno didático que promova a interdisciplinaridade entre a Física, Matemática, Biologia e Química tendo como objeto de estudo o corpo humano no processo de ensino e aprendizagem da Física Térmica. Propondo uma didática que leve em consideração os preceitos metodológicos de uma aprendizagem significativa e que permita analisar os efeitos desse processo. O motivo que nos leva a estudar tal tema é o desenvolvimento de caminhos metodológicos com o principal intuito de diversificar o processo de ensino e aprendizagem e verificar se caminhos alternativos ao estudo da Física Térmica potencializam a aprendizagem. Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: questionários, mapas mentais e/ou conceituais e as notas das avaliações institucional aplicada conforme o regimento interno do colégio. A sua participação consistirá em responder a um questionário online que será disponibilizado no seu e-mail _____ (caso haja necessidade, disponibilizaremos questionários físicos), além disso, você participará das aulas de Física ministradas pelo pesquisado ao longo do corrente ano no período regular. Estas aulas contarão com uma estratégia didática pautada na aprendizagem significativa para ministrar os conteúdos de Física aplicada ao corpo humano promovendo um ensino interdisciplinar entre a Física, Matemática, Biologia e Química, que será abordado na forma de um caderno didático. Os riscos envolvidos na pesquisa consistem em:

- 1) Pode haver riscos psíquicos que envolvem pressão psicológica por parte dos alunos ou constrangimento em responder aos questionários, por falta de conhecimentos prévios. Tal risco pode ser mitigado com a não resolução do questionário e com a orientação dos alunos e neste caso contaremos com profissional capacitado atuante na unidade escolar, o orientador pedagógico escolar.
- 2) Os exercícios, testes, questionários ou outra metodologia usada na aula pode incitar a competição entre os alunos o que pode culminar em constrangimentos diversos ou podem ficar reprimidos. Tal risco pode ser amenizado com a não participação na metodologia. A qualquer tempo o aluno voluntário poderá desistir de participar da pesquisa.
- 3) Por se tratar de uma instituição militar que usa o ranking pedagógico para relacionar os alunos que se destacam, pode gerar situações de competição, isso será sanado esclarecendo aos participantes que o questionário não será parte do processo de avaliação. O orientador pedagógico escolar também poderá atuar se necessário.
- 4) Relacionado aos riscos envolvidos para os professores que participarão: eles podem não se sentir confortáveis em responder ao questionário por não estarem familiarizados com o termo interdisciplinaridade ou outro conteúdo da pesquisa, gerando desconforto ou constrangimento. Tal risco pode ser mitigado com o mesmo se abstendo-se de responder ao questionário voluntário. Será garantido o sigilo absoluto, como medida de mitigação do risco. Mas o professor poderá, a qualquer tempo, recusar ou deixar de responder, sem nenhum encargo.

A pesquisa contribuirá para:

- 1) Ajudar os estudantes a perceberem a ciência Física como parte do cotidiano deles.
- 2) Apresentar aos alunos o estudo da Física Térmica promovendo a interdisciplinaridade entre as disciplinas Física, Matemática, Biologia e Química, promovendo a reflexão na aplicabilidade das ciências.
- 3) Contribuir para que os alunos se tornem mais críticos e com mais consciência da ciência e do próprio corpo humano.
- 4) Mostrar aos alunos a aplicação da Física nos diferentes sistemas do corpo humano e desmistificar a disciplina de Física mostrando uma aplicação real, esclarecida e tangível.
- 5) Aguçar a percepção dos alunos acerca das inúmeras aplicações da Física Térmica e possibilitar uma aprendizagem significativa do conteúdo.
- 6) Dar significado ao estudo da Física, pois muitas vezes os alunos não reconhecem o porquê estudam essa ciência e não conseguem aplicar o conhecimento adquirido.

7) Quanto aos professores, este projeto sugerirá um repensar na prática docente, especificamente relacionado com a interdisciplinaridade. Os professores poderão observar que a Física pode se relacionar de forma interdisciplinar com outras disciplinas que eles trabalham em sala de aula, propiciando um novo olhar para o Ensino de Física.

Para participar deste estudo o(a) Sr.(a) não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, o Sr.(a) tem assegurado o direito à indenização. O Sr. (a) terá o esclarecimento sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar e a qualquer tempo e sem quaisquer prejuízos. A sua participação é voluntária, e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que o Sr.(a) é atendido(a) pelo pesquisador. Os resultados obtidos pela pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou qualquer dado, material ou registro que indique sua participação no estudo não será liberado sem a sua permissão. O(A) Sr.(a) não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, no xxx, e a outra será fornecida ao Sr.(a). Os dados, materiais e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos na sala xxx, armário xxx do Curso Licenciatura em Física do Curso de Licenciatura em Física da UFT e, após esse tempo, serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resoluções Nº 466/12; 441/11 e a Portaria 2.201 do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares), utilizando as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____,
portador do documento de Identidade _____ fui informado(a) dos objetivos, métodos, riscos e benefícios da pesquisa “Um caminho interdisciplinar para o estudo da Física Térmica”, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Concordo que o meu (citar se será material biológico, registro fotográfico, sonoro e/ou audiovisual) seja utilizado somente para esta pesquisa.

Concordo que o meu (citar se será material biológico, registro fotográfico, sonoro e/ou audiovisual) possa ser utilizado em outras pesquisas, mas serei

comunicado pelo pesquisador novamente e assinarei outro termo de consentimento livre e esclarecido que explique para que será utilizado o material.

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____

Declaro que concordo em participar desta pesquisa. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido assinado por mim e pelo pesquisador, que me deu a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas.

Nome do Participante:

Data:

ASSINATURA DO PARTICIPANTE

8.3 Apêndice C - Produto Educacional



UM CAMINHO INTERDISCIPLINAR PARA O ESTUDO DE TÓPICOS DA FÍSICA TÉRMICA

João Pedro Almeida Sales

Érica Cupertino Gomes

JOÃO PEDRO ALMEIDA SALES
ERICA CUPERTINO GOMES

**UM CAMINHO INTERDISCIPLINAR PARA O ESTUDO DE TÓPICOS DA
FÍSICA TÉRMICA**

1ª EDIÇÃO

ARAGUAÍNA – TO
2020

Ficha catalográfica

Sales, João Pedro Almeida, Érica Cupertino Gomes
Um caminho interdisciplinar para o estudo de tópicos da Física Térmica
João Pedro Almeida Sales e Érica Cupertino Gomes – 1ª edição –
Araguaína: Editora Érica Cupertino Gomes, 2020.

Bibliografia
ISBN 978-65-00-00414-4

Conteúdo: Física Térmica

1. Termologia 2. Calorimetria 3. Estudo dos gases
4. Sequencia de Ensino Investigativo – SEI. Título.

5 – 536

530

Índices para catálogo sistemático

1. Física 530

Sumário

<i>Apresentação</i>	2
<i>Passos para a elaboração de uma SEI</i>	3
<i>Conteúdos</i>	4
<i>Tópico 1: Calorimetria</i>	6
<i>Planejamento da SEI</i>	7
<i>Tópico 2: Estudo dos gases</i>	11
<i>Planejamento da SEI</i>	13
<i>Referências</i>	17
<i>APÊNDICE I: Questionário para avaliação diagnóstica</i>	18
<i>APÊNDICE II: Atividade extraclasse</i>	19
<i>APÊNDICE III: Ficha experimental</i>	19
<i>APÊNDICE IV: Para saber mais: A produção metabólica de calor</i>	21
<i>Apêndice V: Cruzadinha dos gases</i>	22
<i>ANEXO I: O problema experimental: “Mudança de estado físico”</i>	233
<i>ANEXO II: O problema não experimental: “O suor como regulador térmico do corpo humano”</i>	244
<i>ANEXO III: A perda de calor do corpo para o ambiente durante a atividade física</i>	255
<i>ANEXO IV: Atividade avaliativa</i>	277
<i>ANEXO V: Solucionário</i>	299
<i>ANEXO VI: O problema experimental: Pulmão artificial</i>	30
<i>ANEXO VI: Relação com a Base Nacional Comum Curricular - BNCC</i>	31
<i>ANEXO V: Plano de conteúdo dos tópicos de Física abordados na SEI</i>	32

Apresentação

Este é o produto educacional desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Física Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Tocantins (UFT), campus universitário de Araguaína. Trata-se de uma proposta que considera a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) como caminho metodológico para o estudo da Física Térmica de forma interdisciplinar considerando as disciplinas de Física, Matemática, Biologia e Química, tendo como objeto de estudo o corpo humano e suas funções.

As atividades aqui apresentadas estão organizadas em uma SEI dividida em 5 etapas: apresentação do material, problema, leitura de textos, sistematização do conhecimento, aprofundamento do conteúdo, atividade contextualizada, para saber mais, sistematização individual do conhecimento e atividade de avaliação.

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

João Pedro Almeida Sales

Érica Cupertino Gomes

Araguaína - TO, fevereiro de 2020.

Passos para a elaboração de uma SEI

A proposta elaborada por Carvalho (1998) demonstra que as atividades devem ser organizadas em 5 etapas, descritas a seguir:

- **Etapa 1:** apresentação do material e problematização - pergunta que apresenta a problemática da atividade proposta e servirá como base para o desenvolvimento da experimentação.
- **Etapa 2:** experimentação e busca por responder o “como” e o “porquê” - etapa que possibilita aos alunos reconhecerem como resolveram o problema e por que conseguiram resolvê-lo, sendo que isso será alcançado a partir das ações manipulativas realizadas e os diálogos estabelecidos.
- **Etapa 3:** a sistematização coletiva - momento no qual os alunos em grupo poderão discutir sobre os eventos que observaram durante o desenvolvimento da etapa 2.
- **Etapa 4:** sistematização conceitual - apresentação de conceitos por meio de estratégias variadas.
- **Etapa 5:** avaliação que consiste na produção de um relato, desenho que pode estar acompanhado ou não de um texto, no qual o aluno expressará seu entendimento acerca de toda a atividade proposta.



Figura 1: Mapa mental relacionando as fases de elaboração e desenvolvimento de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI)

Conteúdos

Física

- *Calorimetria: Quantidade de calor; Quantidade de calor sensível; Quantidade de calor latente; Mudança de fases.*
- *Estudo dos gases: Leis das transformações gasosas; Equação geral dos gases perfeitos; Equação de Clapeyron.*

Matemática

- *Produtos notáveis.*
- *Equação e inequação do 1º grau.*
- *Equação e inequação do 2º grau.*
- *Grandezas diretamente e inversamente proporcionais.*

Biologia

- *Sistema respiratório.*
- *Termorregulação.*
- *Sistema muscular.*

Química

- *Grandezas químicas: massa, volume, mol, massa molar e constante de Avogadro.*
- *Terموquímica.*



Figura 2: Mapa mental relacionando os conteúdos interdisciplinares trabalhados no produto. O azul escuro representa os conteúdos de Física, o verde representa a Biologia, o lilás representa a Matemática e o amarelo representa a Química.

Tópico 1: Calorimetria

Resumo da SEI

Conteúdo: Calorimetria: Quantidade de calor; Quantidade de calor sensível; Quantidade de calor latente; Mudança de fases.

Atividades propostas	Momentos	Duração
Etapa 1 Apresentação do material e do problema experimental	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar o material de apoio didático; • Aplicar um questionário de avaliação diagnóstica (Apêndice I); • A sala de aula deve ser dividida em grupos de 5 alunos; • Propor o problema experimental: “Mudança de estado físico” (Anexo I). • Distribuir a cada grupo uma ficha experimental (Apêndice III) • Elaborar um texto (um texto por grupo) mostrando os passos até a resolução do problema (para estruturar o texto deve ser usada a ficha experimental do apêndice III). 	___ min
Etapa 2 Leitura de textos	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição e discussão do texto elaborado na aula anterior; • Leitura do texto de aprofundamento “O suor como regulador térmico do corpo humano” (Anexo II) e “A perda de calor do corpo para o ambiente durante a atividade física” (Anexo III); • Debate em grupos, envolvendo o problema e os textos de aprofundamento; • Sistematização da leitura em sala de aula apresentando os conceitos físicos abordados em forma de mapa mental. 	___ min
Etapa 3 Sistematização coletiva do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva e dialogada sobre o conteúdo Calorimetria; Quantidade de calor; Quantidade de calor sensível; Quantidade de calor latente; Mudança de fases, discutidos na resolução do problema. • Demonstração de uma simulação computacional com o PHET COLORADO usando o Data Show; • Lista de exercícios sobre o conteúdo abordado (Anexo IV). 	___ min
Etapa 4 Aprofundamento do conteúdo e atividade contextualizada	<ul style="list-style-type: none"> • Correção da lista de exercícios em sala de aula (gabarito apêndice IV); • Problema não experimental “A produção metabólica de calor” (APÊNDICE IV); • Cálculo do ganho e do gasto energético no período de três dias (atividade extraclasse) (Apêndice II); • Produção de texto individual em linguagem científica rebuscada. 	___ min
Etapa 5 Atividade de avaliação sistematização individual do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • A avaliação será do tipo contínua de acordo com a técnica de ensino adotada e somatória de acordo com as vertentes escolares. 	___ min

Planejamento da SEI

Etapa 01: Apresentação do material e do problema experimental

O problema: Como ocorre a mudança de estado físico da matéria?

Conteúdo da Física: Calorimetria, quantidade de calor, calor sensível, calor latente e mudança de fase.

Conteúdo da Biologia: Sistema tegumentar e termorregulação.

Conteúdo da Química: Termoquímica.

Objetivo: Apresentar o conteúdo de calorimetria a partir do experimento “Mudança de estado físico” (Anexo I) como problema experimental. Mostrar que o calor está relacionado ao ganho e/ou gasto energético e isso pode causar mudanças no estado físico da matéria.

Procedimento metodológico:

1. O material didático deverá ser apresentado aos alunos destacando-se os objetivos e como funciona, isso pode ser feito com o uso de um Data Show;
2. A turma deve ser dividida em grupos de no máximo 5 (cinco) alunos;
3. Distribuir aos grupos o roteiro e a ficha experimental (apêndices I e II);
4. Tendo em vista os riscos do experimento, o professor realizará as demonstrações sem detalhar os conceitos envolvidos;
5. Feito as demonstrações os alunos irão preencher as fichas experimentais (textos);
6. Os textos produzidos deverão ser apresentados em forma de debate na aula posterior.

Recursos: Data Show, caderno didático e o experimento “mudança de estado físico”.

Avaliação: A avaliação será progressiva durante o desenvolvimento da SEI. Espera-se que o aluno consiga conceituar calor, quantidade de calor, mudança de estado físico da matéria e explicar como funciona a termorregulação. Esses conceitos serão evidenciados nos textos descritos pelos alunos e nos debates em grupo.

Etapa 02: Leitura de textos

O problema: É possível perder e/ou absorver calor do ambiente?

Conteúdo de Física: Calorimetria, quantidade de calor, calor sensível, calor latente e mudança de fase.

Conteúdo de Matemática: Equação do 1º grau, grandezas diretamente proporcionais e grandezas inversamente proporcionais.

Conteúdo de Química: Grandezas químicas, massa, volume e mol.

Objetivo: Mostrar ao aluno que é possível troca de calor com o ambiente, e para o corpo humano esse efeito recebe o nome de ganho ou gasto energético.

Procedimento metodológico:

1. Os alunos deverão apresentar os textos produzidos durante a resolução do problema experimental;
2. Deverá ser feita uma discussão relacionando as diferentes soluções apresentadas;
3. Os alunos deverão ler os textos de aprofundamento “O suor como regulador térmico do corpo humano” (Anexo II) e “A perda de calor do corpo para o ambiente durante a atividade física” (Anexo III);
4. Os textos, propostos aos alunos, mostram como o corpo é capaz de liberar energia na forma de calor durante uma atividade física. Explica como os sistemas muscular e tegumentar atuam para que ocorra essa transferência de energia e, mostram os tipos de transferência de calor;
5. Ao final da leitura dos textos espera-se que os alunos consigam assimilar que o calor é uma energia que pode ser transferida e diferenciar as formas de transmissão do calor, condução, convecção e irradiação.
6. Será entregue aos alunos o texto que explica a importância do suor para a regulação térmica do corpo, destacando os sistemas responsáveis por cumprir esse papel, sistema tegumentar. O texto apresenta algumas grandezas físicas já vistas pelos alunos, como a temperatura, e introduz o conceito de calor;
7. Após a leitura, os alunos deverão produzir um mapa mental relacionando os conceitos físicos presentes em cada texto.

Recursos: Texto de apoio “O suor como regulador térmico do corpo humano” e “A perda de calor do corpo para o ambiente durante a atividade física”.

Avaliação: A avaliação ocorrerá ao final de cada passo da SEI. Espera-se que o aluno consiga diferenciar as formas de transmissão do calor e a importância do suor como regulador térmico do corpo humano. Esses conceitos serão evidenciados nos textos descritos pelos alunos e nos debates em grupo.

Etapa 03: Sistematização coletiva do conhecimento

Conteúdo de Física: Calorimetria, quantidade de calor, calor sensível, calor latente e mudança de fase.

Conteúdo de Matemática: Equação do 1º grau, grandezas diretamente proporcionais e grandezas inversamente proporcionais.

Conteúdo de Química: Grandezas químicas, massa, volume e mol.

Conteúdo da Biologia: Sistema tegumentar e termorregulação.

Objetivo: Relacionar os conceitos físicos, matemáticos, químicos e biológicos a partir de um mapa mental.

Procedimento metodológico:

1. O professor deverá ministrar uma aula expositiva e dialogada sobre o conteúdo Calorimetria; Quantidade de calor; Quantidade de calor sensível; Quantidade de calor latente; Mudança de fases, discutidos na resolução do problema. Para isto, o professor pode tomar como base o anexo VII deste produto;
2. Será apresentado uma simulação computacional utilizando o simulador PHET Colorado (https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_pt_BR.html) com o objetivo de mostrar o comportamento molecular das transformações físicas da matéria;
3. Será feita a formulação matemática dos conceitos físicos estudados (Anexo V);
4. Ao final da atividade, espera-se que os alunos sistematizem todos os conceitos vistos em sala de aula nos mapas mentais.
5. O anexo IV apresenta alguns exercícios que focam na descrição matemática do conteúdo. Esses exercícios podem ser utilizados na avaliação dos alunos;
6. Espera-se que os alunos consigam desenvolver os exercícios com a formulação matemática adequada.

Recursos: Data Show, pinceis, quadro branco e lista de exercícios (Anexo IV).

Avaliação: A avaliação ocorrerá ao final de cada passo da SEI. Espera-se que o aluno consiga diferenciar as formas de transmissão do calor e relacionar esses conceitos de forma interdisciplinar com as disciplinas de Física, Matemática, Biologia e Química.

Etapa 04: Aprofundamento do conteúdo e atividade contextualizada

O problema: É possível calcular a quantidade de calor absorvido e/ou perdido em outros materiais?

Conteúdo de Física: Calorimetria, quantidade de calor, calor sensível, calor latente e mudança de fase.

Conteúdo de Matemática: Equação do 1º grau, grandezas diretamente proporcionais e grandezas inversamente proporcionais.

Conteúdo de Química: Grandezas químicas, massa, volume e mol.

Objetivo: Demonstrar a formulação do cálculo da quantidade de calor para diferentes materiais.

Procedimento metodológico:

1. Aula expositiva e dialogada;
2. O professor deverá corrigir as questões propostas no anexo IV;
3. Para facilitar, o professor conta com um solucionário (Anexo V) com todas as questões propostas;
4. Será proposta uma atividade extraclasse onde os alunos irão calcular seu ganho e gasto energético no período de três dias (Apêndice II);
5. Como base para a realização da atividade extraclasse, os alunos poderão utilizar o texto informativo (Apêndice IV) que apresenta o gasto calórico do corpo humano nas diferentes atividades diárias.

Recursos: Quadro branco, livro didático e pincel.

Avaliação: A avaliação será com a aplicação de uma lista de exercícios (Anexo IV).

Tópico 2: Estudo dos gases

Resumo da SEI

Conteúdo: Estudo dos gases: Leis das transformações gasosas; Equação geral dos gases perfeitos; Equação de Clapeyron.

Atividades propostas	Momentos	Duração
Etapa 1 Apresentação do material e problematização	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar o material de apoio didático; • A sala de aula deve ser dividida em grupos de 5 alunos; • Propor o problema experimental: “Pulmão artificial” (Anexo VI). • Será distribuída a cada grupo uma ficha experimental • Elaborar um texto mostrando os passos até a resolução do problema. 	___ min
Etapa 2 Leitura de texto	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição e discussão do texto elaborado na aula anterior; • Atividade discursiva de interpretação dos textos; • Debate em grupos, envolvendo o problema e o texto de aprofundamento; • Sistematização da leitura em sala de aula apresentando os conceitos físicos abordados em forma de mapa mental. 	___ min
Etapa 3 Sistematização coletiva do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva e dialogada sobre o conteúdo Estudo dos gases: Leis das transformações gasosas; Equação geral dos gases perfeitos; Equação de Clapeyron. • Demonstração de uma simulação com o PHET COLORADO usando o Data Show; • Lista de exercícios sobre o conteúdo abordado. 	___ min
Etapa 4 Aprofundamento do conteúdo, atividade contextualizada	<ul style="list-style-type: none"> • Problema não experimental do tipo demonstração investigativa mostrando a dilatação térmica; • Correção da lista de exercícios em sala de aula (gabarito); • Produção de texto individual em linguagem científica rebuscada. 	___ min
Etapa 5 Atividade de avaliação sistematização individual do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • A avaliação será do tipo contínua de acordo com a técnica de ensino adotada e somatória de acordo com as vertentes escolares. 	___ min

Planejamento da SEI

Etapa 01: Apresentação do material e do problema experimental

O problema: Como a física dos gases está relacionada ao funcionamento dos pulmões?

Conteúdo da Física: Estudo dos gases: Leis das transformações gasosas; Equação geral dos gases perfeitos; Equação de Clapeyron.

Conteúdo da Matemática: Equação do 1º grau.

Conteúdo da Biologia: Sistema respiratório.

Conteúdo da Química: Grandezas químicas: massa, volume, mol, massa molar e constante de Avogadro.

Objetivo: Apresentar o conteúdo de estudo dos gases a partir do experimento “Pulmão artificial” (Anexo VI) como problema experimental. Mostrar que o calor está relacionado o estudo dos gases e o funcionamento dos pulmões.

Procedimento metodológico:

1. O material didático deverá ser apresentado aos alunos destacando-se os objetivos e como funciona, isso pode ser feito com o uso de um Data Show;
2. A turma deve ser dividida em grupos de no máximo 5 (cinco) alunos;
3. Distribuir aos grupos o roteiro e a ficha experimental (apêndices I e II);
4. Tendo em vista os riscos do experimento, o professor realizará as demonstrações sem detalhar os conceitos envolvidos;
5. Feito as demonstrações os alunos irão preencher as fichas experimentais (textos);
6. Os textos produzidos deverão ser apresentados em forma de debate na aula posterior.

Recursos: Data Show, caderno didático e o experimento “pulmão artificial”.

Avaliação: A avaliação será progressiva durante o desenvolvimento da SEI. Espera-se que o aluno consiga compreender o funcionamento do pulmão e sistema respiratório. Essa assimilação inicial servirá como base para o estudo dos gases. Esses conceitos serão evidenciados nos textos descritos pelos alunos e nos debates em grupo.

Etapa 02: Leitura de textos

O problema: Como o diafragma comprime e expande para que o corpo humano seja capaz de respirar?

Conteúdo de Física: Estudo dos gases: Leis das transformações gasosas; Equação geral dos gases perfeitos; Equação de Clapeyron.

Conteúdo de Matemática: Equação do 1º grau, grandezas diretamente proporcionais e grandezas inversamente proporcionais.

Conteúdo de Química: Grandezas químicas, massa, volume e mol.

Objetivo: Mostrar ao aluno como ocorre o processo de respiração e introduzir o estudo dos gases.

Procedimento metodológico:

1. Os alunos deverão apresentar os textos produzidos durante a resolução do problema experimental;
2. Deverá ser feita uma discussão relacionando as diferentes soluções apresentadas;
3. Os alunos deverão ler os textos de aprofundamento disponível em <http://www.bertolo.pro.br/Biofisica/Fluidos/Pulmoes.htm>;
4. O texto proposto aos alunos mostra como a Física está relacionada a máquina humana com enfoque no sistema respiratório;
5. Ao final da leitura do texto espera-se que os alunos consigam assimilar os conceitos físicos abordados;
6. Os alunos deverão produzir um mapa mental sobre o conteúdo exposto no texto de aprofundamento com os conceitos de Física;

Recursos: Data Show

Avaliação: A avaliação ocorrerá ao final de cada passo da SEI. Espera-se que o aluno consiga compreender como ocorre a expansão e a compressão do diafragma durante a respiração e a relação desse processo com a Física. Esses conceitos serão evidenciados nos textos descritos pelos alunos e nos debates em grupo.

Etapa 03: Sistematização coletiva do conhecimento

Conteúdo de Física: Estudo dos gases: Leis das transformações gasosas; Equação geral dos gases perfeitos; Equação de Clapeyron.

Conteúdo de Matemática: Equação do 1º grau, grandezas diretamente proporcionais e grandezas inversamente proporcionais.

Conteúdo de Química: Grandezas químicas, massa, volume e mol.

Conteúdo da Biologia: Sistema respiratório.

Objetivo: Relacionar os conceitos físicos, matemáticos, químicos e biológicos a partir de um mapa mental.

Procedimento metodológico:

1. O professor deverá ministrar uma aula expositiva e dialogada sobre o conteúdo Estudo dos gases: Leis das transformações gasosas; Equação geral dos gases perfeitos; Equação de Clapeyron, discutidos na resolução do problema. Para isto, o professor pode tomar como base o anexo VII deste produto;
2. Será apresentado uma simulação computacional utilizando o simulador PHET Colorado (https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter/latest/states-of-matter_pt_BR.html) com o objetivo de mostrar o comportamento dos gases;
3. Ao final da atividade, espera-se que os alunos sistematizem todos os conceitos vistos em sala de aula nos mapas mentais.

Recursos: Data Show, pinceis e quadro branco.

Avaliação: A avaliação ocorrerá ao final de cada passo da SEI. Espera-se que o aluno consiga diferenciar as formas de transmissão do calor e relacionar esses conceitos de forma interdisciplinar com as disciplinas de Física, Matemática, Biologia e Química.

Etapa 04: Aprofundamento do conteúdo e atividade contextualizada

Conteúdo de Física: Estudo dos gases: Leis das transformações gasosas; Equação geral dos gases perfeitos; Equação de Clapeyron.

Conteúdo de Matemática: Equação do 1º grau, grandezas diretamente proporcionais e grandezas inversamente proporcionais.

Conteúdo de Química: Grandezas químicas, massa, volume e mol.

Objetivo: Demonstrar a formulação do cálculo das transformações isotérmicas, isocóricas, isobáricas e equação geral dos gases.

Procedimento metodológico:

1. Aula expositiva e dialogada;
2. O professor deverá apresentar a formulação matemática do conteúdo junto aos conceitos físicos das transformações isotérmicas, isocóricas, isobáricas e equação geral dos gases. Poderá ser usado como apoio o anexo VII;

Recursos: Quadro branco, livro didático e pincel.

Avaliação: A avaliação será com a aplicação de uma lista de exercícios.

Referências

- BONJORNO, J. R. *Et al.* Física: termologia, óptica e ondulatória, 2º ano. 3ª ed. São Paulo: FTD, 2016.
- BRASIL. Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. (Org.). O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: CENCAGE Learning, 2013.
- GARCIA, E. A. C. Biofísica. São Paulo: SARVIER, 2002.
- MOURÃO, C. A. J. Curso de biofísica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.
- OKUNO, E. Física para ciências biológicas e biomédicas. São Paulo: Harper e Row do Brasil, 1982.
- RAMALHO, J. F. Os fundamentos da Física. 10 ed. São Paulo: Moderna, 2009.

APÊNDICE I

Questionário para avaliação diagnóstica

1) Com qual ou quais áreas do conhecimento, das citadas abaixo, você acha que a Física melhor se relaciona?

- a) Biologia
- b) Química
- c) Matemática
- d) Medicina
- e) Todas acima relacionadas

2) Qual ou quais objetos de estudo você acha que melhor se relaciona a Física?

- a) Carro
- b) Corpo humano
- c) Forno de micro-ondas
- d) Computador
- e) Todos acima relacionados

3) Você já estudou sobre os sistemas do corpo humano?

- a) Sim
- b) Não

4) A qual ou quais sistemas do corpo humano você considera estar relacionado a Física Térmica?

- a) Sistema respiratório
- b) Sistema circulatório
- c) Sistema nervoso sensorial
- d) Sistema endócrino
- e) Todos acima relacionados

5) Você saberia relacionar ao menos um conceito de Física aos seguintes sistemas do corpo humano: sistema respiratório, sistema circulatório e sistema nervoso e sensorial.

- a) Sim
- b) Não
- c) Talvez

APÊNDICE II

Atividade extraclasse

Cálculo do ganho energético no período de três dias

Refeições/dia	Calorias do 1º dia	Calorias do 2º dia	Calorias do 3º dia
Café da manhã			
Almoço			
Lanche da tarde			
Jantar			
Doces, guloseimas e outros			
Bebidas			
Total			

Cálculo do gasto energético no período de três dias

Atividade realizada/tempo de duração	Calorias do 1º dia	Calorias do 2º dia	Calorias do 3º dia
Andar a pé			
Correr			
Andar de bicicleta			
Jogar bola			
Estudar			
Outras atividades			
Total			

APÊNDICE III
Ficha experimental

Problema

Experimentação

Elaboração de hipóteses

Conclusão

APÊNDICE IV

Para saber mais

A produção metabólica de calor

O corpo humano é capaz de manter a sua temperatura mesmo quando a do ambiente no qual ele se encontra varia. Isso permite a manutenção dos processos metabólicos de produção de energia mesmo em climas bastante frios. Esses processos cessam com a morte, provocando uma diminuição da energia metabolizada no corpo humano e, conseqüentemente, a sua temperatura tende a se igualar a temperatura ambiente.

O corpo humano produz calor durante seu metabolismo de aproximadamente 1,5 kcal/min, se considerarmos um homem adulto com 70 kg e 1,8 m de altura. O calor é gerado principalmente no fígado, cérebro, coração e músculos esqueléticos.

Durante uma atividade física qualquer, ou mesmo em repouso, há produção de calor nos órgãos e tecidos do corpo humano, cuja maior parte é transferida ao meio ambiente, por vários processos, através da pele. Os principais processos são: radiação, convecção e evaporação.

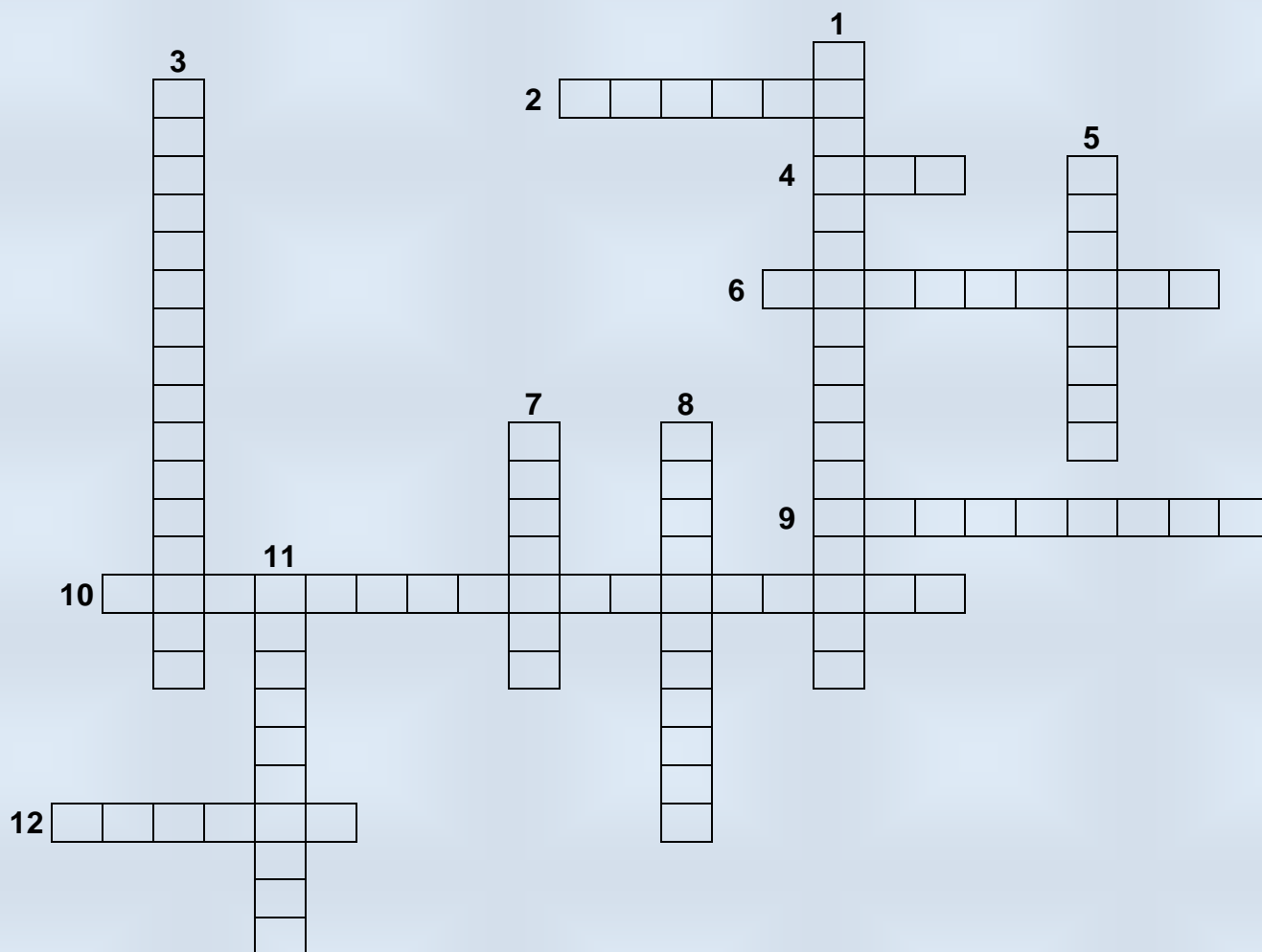
Produção metabólica de calor		
Situação		Produção de calor (kcal/min)
Sentado		0,3
Em pé		0,6
Andando		2,0 – 3,0
Subindo ladeira		+ 0,8 por cada metro de altura
Tipo de trabalho	Média (kcal/min)	Faixa (kcal/min)
1. Manipulação		0,2 – 1,2
a) Pequeno esforço	0,4	
b) Grande esforço	0,9	
2. Com um braço		0,7 – 2,5
a) Pequeno esforço	1,0	
b) Grande esforço	1,8	
3. Com dois braços		1,0 – 3,5
a) Pequeno esforço	1,5	
b) Grande esforço	2,5	
4. Com todo o corpo		2,5 – 9,0
a) Esforço leve	3,5	
b) Esforço moderado	5,0	
c) Esforço elevado	7,0	
d) Esforço muito elevado	9,0	

A unidade de medida do **calor** no sistema internacional de medidas é o Joule (J) ou Caloria (cal). Sendo a relação entre elas estabelecida por:

$$1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$$

APÊNDICE V

Cruzadinha dos gases



Horizontal	Vertical
<p>2. estado da matéria que tem a característica de se expandir espontaneamente, ocupando a totalidade do recipiente que a contém.</p> <p>4. O estado de um gás é caracterizado pelos valores assumidos por três grandezas,</p> <p>6. A volume constante, a pressão e a temperatura absoluta de um gás ideal são diretamente proporcionais.</p> <p>9. Sob pressão constante, o volume e a temperatura absoluta de um gás ideal são diretamente proporcionais.</p> <p>10. O estado de um gás é caracterizado pelos valores assumidos por três grandezas, chamadas de:</p> <p>12. É o espaço ocupado pelo gás.</p>	<p>1. Propriedade de um corpo material ou substância que, sob aplicação de uma pressão externa, pode ter seu volume reduzido.</p> <p>3. propriedade de um corpo material ou substância que, sob aplicação de uma pressão externa, pode ter seu volume expandido.</p> <p>5. é um gás hipotético, isto é, um modelo, definido para que as grandezas que o caracterizam possam ser relacionadas por expressões matemáticas simples.</p> <p>7. grandeza física escalar definida pela razão entre a força aplicada e sua área de contato.</p> <p>8. é uma medida estatística do nível de agitação entre moléculas</p> <p>11. A pressão e o volume de um gás ideal, mantido em temperatura constante, são inversamente proporcionais.</p>

ANEXO I

O problema experimental “Mudança de estado físico”

Objetivo

- Mostrar que, a uma certa temperatura, os materiais mudam de estado.

Ideia do experimento

- A ideia é usar parafina e provocar mudanças de estado: de sólido para líquido, de líquido para sólido e de líquido para gasoso. Primeiramente aquece-se um pedaço de parafina, que é sólido, até que ocorra a mudança para o seu estado líquido. Depois deixa-se o líquido esfriar até que ele volte a ser sólido. Posteriormente aquece-se a parafina sólida até que haja a sua mudança para o estado líquido e, em seguida, gasoso.

Materiais

- 1 vela para aquecer e retirar a parafina;
- 1 caixa de palitos de fósforo para acender a vela;
- 1 colher de sopa para colocar a parafina;
- 1 estilete para retirar da vela a parafina a ser derretida.

Montagem

- Retire com o estilete cerca de três milímetros cúbicos de parafina do lado da vela.
- Coloque na colher a parafina que foi retirada.
- Acenda a vela e a fixe em algum lugar.
- Segure a colher logo acima da chama da vela.
- Espere a parafina derreter.
- Retire a colher de cima da chama e espere a parafina esfriar até voltar para o seu estado sólido.
- Volte a segurar a colher logo acima da chama da vela.
- Espere até que a parafina se decomponha, passando para o estado gasoso.

ANEXO II

O problema não experimental

“O suor como regulador térmico do corpo humano”

Uma das formas de se estudar o corpo humano é dividi-lo em grandes sistemas – agrupamento de órgãos que, juntos, desempenham função específica no organismo. Podemos citar, por exemplo, o sistema respiratório, responsável, grosso modo, por retirar do ar o oxigênio e expelir de volta o gás carbônico. Quando os sistemas como o respiratório, circulatório, digestório, nervoso, entre outros, funcionam bem, dizemos que o corpo está saudável.

O tegumento formado pela pele e seus anexos possui diferentes espessuras, garantindo desde a resistência na sola dos pés até a leveza nas pálpebras que cobrem os olhos. Dentre suas funções, está a de proteger os órgãos mais internos da ação do Sol, da água e controlar a temperatura. Os processos metabólicos dos sistemas do corpo humano geram calor, que é transferido para o ambiente através da pele por diversos processos, como a evaporação, radiação e convecção. Portanto, o suor é apenas uma das formas de que o corpo humano dispõe para regular a temperatura interna. Durante uma atividade física intensa, estima-se que o corpo humano é capaz de liberar 580 cal por grama de suor evaporado.

Se levarmos em consideração que aproximadamente 70% do corpo humano (homem adulto) é composto por água, o alto valor do calor específico (1 cal/g °C) se torna fundamental para a manutenção da vida, pois os processos metabólicos geram muita energia na forma de calor e grandes variações de temperatura acarretariam na falência das células e, portanto, dos órgãos e sistemas.

Questões

1. Se aproximadamente 70% do corpo humano é composto por água, onde podemos encontrá-la?
2. Durante uma intensa atividade física, uma atleta transpirou 1 litro de suor. Admitindo que o suor tem o valor de densidade muito próximo ao da água (1000 kg/m³), determine quantas calorias foram empregadas nesse processo. Dado: 1 m³ = 1000L

Fonte: BONJORNO (2016).

ANEXO III

A perda de calor do corpo para o ambiente durante a atividade física

Durante o exercício, a liberação de energia na forma de calor e a consequente elevação da temperatura corporal envolvem mecanismos fisiológicos potenciais para promover a perda de calor. No entanto, para que ela ocorra, o “excesso” de calor deve primeiro ser transportado da região central do corpo para a periferia (pele), onde é, então, transferido para o ambiente.



Como funciona?

A temperatura do músculo inativo costuma variar entre 33 e 35° C em razão de uma taxa metabólica relativamente baixa e fluxo sanguíneo constante. Consequentemente, o calor é transferido da região central para o tecido muscular durante o repouso. Com o início do exercício, essa relação sofre algumas mudanças, uma vez que se aumenta a produção de calor e, assim, causa-se a elevação da temperatura do músculo, conduzindo para um gradiente de temperatura inverso entre musculatura e o sangue arterial.

Então, o calor é transferido do músculo para o sangue e depois para a região central do corpo. Em seguida, o calor é transferido do centro para a periferia, sendo essa transferência determinada pelo gradiente de temperatura entre essas duas regiões. A capacidade de modular o fluxo sanguíneo periférico, no entanto, constitui um potencial mecanismo de defesa contra a hipertermia. Uma vez que o calor metabólico é transferido para a periferia do corpo, existem vários meios pelos quais o calor pode ser perdido para o ambiente, incluindo radiação, condução, convecção e evaporação.

Tipos de perda de calor

Radiação

A radiação é a perda ou ganho de calor na forma de raios infravermelhos. O corpo humano simultaneamente emite e recebe calor na forma de radiação. Quando a temperatura do corpo é maior que a temperatura do ambiente, uma maior quantidade de calor é emitida do corpo para o ambiente do que do ambiente para o corpo. Uma pessoa em repouso, quando está em uma sala térmica perde aproximadamente 60% de calor (da perda total de calor) por meio de radiação.

Condução

A transferência de calor de um corpo para um objeto (ou vice e versa), ou com uma diminuição orgânica do gradiente termal, é chamada de condução. Em uma sala térmica com temperatura confortável, somente 3% do total de calor perdido pelo corpo ocorre por esse mecanismo.

Convecção

A transferência de calor via movimento de gás ou líquido é chamada de convecção. Uma pequena quantidade de convecção quase sempre ocorre por causa da tendência do ar ambiente (ou água, no caso de exercícios como natação e hidroginástica) elevar o contato com a pele devido a grande quantidade de calor existente na periferia. Conseqüentemente, um indivíduo que está em uma sala térmica de temperatura confortável perde cerca de 15% de calor pela convecção do ar.

Evaporação

Finalmente, a perda de calor por evaporação ocorre por meio da sudorese (suor) e da perda de água por insensibilidade. A perda de água por insensibilidade compreende a perda de água por meio da ventilação (inspiração e expiração) e difusão, e não existe mecanismo de controle que governa a taxa de perda de água por insensibilidade para a proposta de regulação da temperatura. A perda de calor por evaporação do suor, pelo contrário, pode ser controlada pela regulação da taxa de sudorese, sendo perdido 3,5L/h de suor em atletas bem treinados. Em um ambiente controlado, cerca de 25% da perda total de calor é devido à evaporação. Contudo, conforme o que foi apresentado, todos esses percentuais mudam com o início do exercício, especialmente quando a temperatura ambiente é maior do que a temperatura corporal do indivíduo.

Fonte: <https://www.ativosaude.com/saude/perda-de-calor-atividade-fisica/>

Acesso em 01/04/2019

ANEXO IV

Atividade avaliativa

1) Um corpo constituído por uma substância cujo calor específico é $0,4 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ absorve de uma fonte térmica 6000 cal . Sendo a massa do corpo igual a 600 g e sua temperatura inicial de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ então a temperatura atingida no final do aquecimento é de:

- (a) $45 \text{ }^\circ\text{C}$
- (b) $65 \text{ }^\circ\text{C}$
- (c) $82 \text{ }^\circ\text{C}$
- (d) $72 \text{ }^\circ\text{C}$
- (e) $100 \text{ }^\circ\text{C}$

2) (Espcex-Aman) para elevar a temperatura de 100 g de uma certa substância, de calor específico igual a $0,6 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$, de 20°C para $50 \text{ }^\circ\text{C}$, será necessário fornecer-lhe uma quantidade de calor igual a:

- (a) 1000 cal
- (b) 6500 cal
- (c) 9000 cal
- (d) 1200 cal
- (e) 1800 cal

3) (PUC-RJ 2015) um pedaço de metal de 100 g consome 420 cal para ser aquecido de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a $70 \text{ }^\circ\text{C}$. O calor específico deste metal, em $\text{cal/g } ^\circ\text{C}$ vale:

- (a) $1,25$
- (b) $0,052$
- (c) $0,084$
- (d) $0,032$
- (e) $0,075$

4) Um corpo constituído por uma substância cujo calor específico é $0,6 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ absorve de uma fonte térmica 4500 cal . Sendo a massa do corpo igual a 125 g e sua temperatura inicial de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ então a temperatura atingida no final do aquecimento é de:

- (a) $80 \text{ }^\circ\text{C}$
- (b) $320 \text{ }^\circ\text{C}$
- (c) $120 \text{ }^\circ\text{C}$

(d) 360 °C

(e) 300 °C

5) Fornecendo-se a um corpo de massa 200 g a quantidade de calor de 200 cal, sua temperatura passa de 5 °C a 15 °C, sem que ocorra mudança de estado. Pode-se afirmar que o calor específico do corpo em cal/g °C é:

(a) 100

(b) 50

(c) 10

(d) 1

(e) 0,1

6) (UFRRJ) Uma pessoa bebe 200 g de água. Sabendo-se que a temperatura de seu corpo é praticamente constante e vale 36,5 °C, a quantidade de calor absorvida pela água é igual

a: (Dado: $c_{\text{água}} = 1,0 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$)

(a) 730 cal

(b) 3300 cal

(c) 15600 cal

(d) 7300 cal

(e) 0,01750 cal

ANEXO V

Solucionário

1) (A)

$$c = 0,4 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q = 6000 \text{ cal}$$

$$\Delta T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m = 600 \text{ g}$$

$$T = ?$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = m \cdot c \cdot (T - T_0)$$

$$6000 = 600 \cdot 0,4 \cdot (T - 20)$$

$$(T - 20) = \frac{6000}{240}$$

$$T = 25 + 20$$

$$\boxed{T = 45 \text{ }^\circ\text{C}}$$

4) (B)

$$c = 0,6 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q = 4500 \text{ cal}$$

$$\Delta T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m = 125 \text{ g}$$

$$T = ?$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = m \cdot c \cdot (T - T_0)$$

$$4500 = 125 \cdot 0,6 \cdot (T - 20)$$

$$(T - 20) = \frac{4500}{15}$$

$$T = 300 + 20$$

$$\boxed{T = 320 \text{ }^\circ\text{C}}$$

2) (E)

$$c = 0,6 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q = ?$$

$$\Delta T = 50 - 20 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m = 100 \text{ g}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 100 \cdot 0,6 \cdot 30$$

$$\boxed{Q = 1800 \text{ cal}}$$

5) (E)

$$c = ?$$

$$Q = 200 \text{ cal}$$

$$\Delta T = 15 - 5 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m = 200 \text{ g}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

$$c = \frac{200}{200 \cdot 10}$$

$$c = \frac{200}{2000}$$

$$\boxed{c = 0,1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}}$$

3) (C)

$$c = ?$$

$$Q = 420 \text{ cal}$$

$$\Delta T = 70 - 20 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m = 100 \text{ g}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

$$c = \frac{420}{100 \cdot 50}$$

$$c = \frac{420}{5000}$$

$$\boxed{c = 0,084 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}}$$

6) (D)

$$c = 1,0 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q = ?$$

$$\Delta T = 36,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m = 200 \text{ g}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 200 \cdot 1,0 \cdot 36,5$$

$$\boxed{Q = 7300 \text{ cal}}$$

ANEXO VI

O problema experimental

“Pulmão artificial”

Objetivo

- Montar um “Pulmão artificial” para demonstrar o processo físico da respiração envolvendo os pulmões, a caixa torácica e o diafragma.

Ideia do experimento

- A ideia é usar o pulmão artificial para demonstrar como ocorre o movimento da caixa torácica no processo de respiração e relacionar esse movimento a teoria cinética dos gases.

Materiais

- 01 garrafa pet de 1,5 lts;
- 01 bexiga pequena;
- 01 bexiga grande;
- 01 tubo de caneta esferográfica;
- 01 rolha.
- Fita adesiva

Montagem

- 1º passo: a) cortar a garrafa um pouco abaixo da sua metade; b) perfurar a rolha e colocar o tubo de caneta; c) prender a bexiga pequena no tubo, utilizando fita adesiva.
- 2º passo: a) revestir a borda da garrafa com fita adesiva para não provocar cortes na bexiga; b) cortar a bexiga maior num tamanho adequado para envolver a base da garrafa.
- 3º passo: a) colocar o conjunto rolha/tubo/bexiga na garrafa.
- 4º passo: prender a bexiga maior no fundo da garrafa com fita adesiva.
- É só puxar a bexiga fixada na base para se ver o trabalho do diafragma agindo nos pulmões.

ANEXO VI

Relação com a Base Nacional Comum Curricular - BNCC

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1:

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

Nessa competência específica, os fenômenos naturais e os processos tecnológicos são analisados sob a perspectiva das relações entre matéria e energia, possibilitando, por exemplo, a avaliação de potencialidades, limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias para tomar decisões responsáveis e consistentes diante dos diversos desafios contemporâneos. Dessa maneira, podem-se estimular estudos referentes a: estrutura da matéria; transformações químicas; leis ponderais; cálculo estequiométrico; princípios da conservação da energia e da quantidade de movimento; ciclo da água; leis da termodinâmica; cinética e equilíbrio químicos; fusão e fissão nucleares; espectro eletromagnético; efeitos biológicos das radiações ionizantes; mutação; poluição; ciclos biogeoquímicos; desmatamento; camada de ozônio e efeito estufa; desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias de obtenção de energia elétrica; processos produtivos como o da obtenção do etanol, da cal virgem, da soda cáustica, do hipoclorito de sódio, do ferro-gusa, do alumínio, do cobre, entre outros.

HABILIDADES

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

(EM13CNT102) Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.

(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.

(EM13CNT104) Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.

(EM13CNT105) Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.

(EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

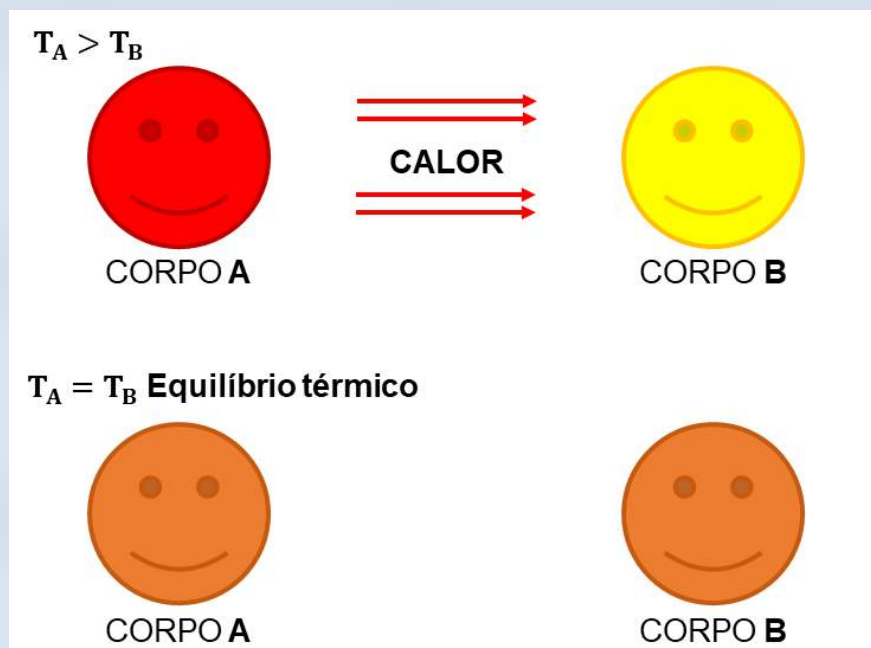
(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.

ANEXO VII

Plano de conteúdo dos tópicos de Física abordados na SEI

Calorimetria

Para estudar **calorimetria**, vamos considerar dois corpos **A** e **B** em diferentes temperaturas, T_A e T_B , onde a temperatura do corpo **A** é maior que a do corpo **B**. Colocando-os em presença um do outro, verifica-se que a energia térmica é transferida de **A** para **B**. Essa energia térmica em trânsito é denominada **calor**. A passagem do calor cessa ao ser atingido o **equilíbrio térmico**, isto é, quando as temperaturas se igualam.



Calor é energia térmica em trânsito entre corpos com diferentes temperaturas.

A **quantidade de calor** trocada pelos corpos é representada pela variável **Q**, no **Sistema Internacional de Medidas (SI)**, a unidade de medida de quantidade de calor é o **joule (J)** ou a **caloria (cal)**, essas grandezas apresentam a seguinte relação:

$$1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$$

As quantidades de calor (**Q**) recebidas ou cedidas por corpos de mesmo material e de mesma **massa (m)** são **diretamente proporcionais** às **variações de temperatura (ΔT)**.

A **calorimetria** é responsável por estudar os fenômenos relacionados ao calor.

As sensações de quente ou frio que sentimos no cotidiano estão relacionadas as trocas de energia entre o nosso corpo e o meio ambiente. A sensação de quente está relacionada ao ganho de energia, e a de frio, à perda de energia pelo nosso corpo.

Exemplo 1
Ao se alimentar de uma porção contendo 28 g de amêndoas, o corpo humano absorve cerca de 170 kcal. Qual seria o valor representado em Joules?

Duas ou mais grandezas são **diretamente proporcionais** quando enquanto uma aumenta a outra também aumenta na mesma proporção ou quando uma diminui a outra também diminui na mesma proporção.



O corpo humano é capaz de ingerir calorias a partir da alimentação. Ao ingerir mais calorias do que são gastas diariamente, a tendência é que o excesso seja armazenado como gordura pelo organismo. Mas atenção: caloria não é uma substância que vem dentro da comida, e sim uma unidade de medida de energia. O valor calórico de um alimento serve para indicar quanta energia ele irá fornecer ao corpo. Um ser humano precisa consumir todo dia, em média, 30 cal por quilo de seu peso. Se a pessoa ingere mais calorias do que isso, o corpo estoca como gordura. Ao ingerir menos calorias, o corpo emagrece, queimando essas reservas para atender à necessidade diária de energia.



Exemplo 2

Um corpo de massa 200 g é constituído por uma substância de calor específico 0,4 cal/g · °C. Determine:

- a quantidade de calor que o corpo deve receber para que sua temperatura varie de 5 °C para 35 °C;
- que quantidade de calor deve ceder para que sua temperatura diminua de 15 °C;
- a capacidade térmica do corpo.



Dentre as substâncias relacionadas na tabela, a água é a que possui o mais elevado calor específico, isso significa que é necessário fornecer ou retirar uma grande quantidade de calor para alterar a sua temperatura e/ou seu estado físico.

As quantidades e calor (**Q**) cedidas ou recebidas por corpos de mesmo material e de massas (**m**) diferentes, sujeitos à mesma variação de temperatura (**ΔT**), são diretamente proporcionais às massas.

Resumindo:

A **quantidade de calor Q** recebida ou cedida por um corpo é diretamente proporcional à sua **massa (m)** e a **variação de temperatura (ΔT)** sofrida pelo corpo.

Podemos assim definir a seguinte equação:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

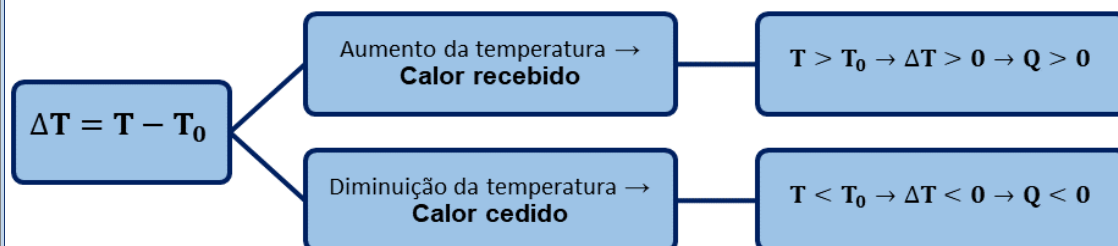
Essa fórmula é conhecida como **equação fundamental da Calorimetria**, o coeficiente de proporcionalidade **c** é uma **característica do material** que constitui o corpo, denominada **calor específico**. Sua unidade usual é cal/g · °C, como se deduz a partir da equação anterior.

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$


Agora, vamos levar em consideração um corpo que possui massa $m = 1 \text{ g}$ e variação de temperatura $\Delta T = 1 \text{ °C}$, se substituirmos esses valores na equação acima obtemos:

$$c = Q$$

Isso significa que o **calor específico** de uma substância mede numericamente a **quantidade de calor** que faz variar em 1 °C a **temperatura da massa** de 1 g da substância.



Calor específico de algumas substâncias (entre 0 °C e 100 °C)



Quanto ao calor específico do corpo humano: não é possível fazer menção a um valor exato do calor específico do corpo humano devido a sua composição. Porém, temos um valor médio que está em torno de 0,84 cal/g · °C.

Substância	Calor específico (cal/g · °C)
Ouro	0,032
Cobre	0,093
Ferro	0,110
Areia	0,200
Alumínio	0,217
Gelo	0,550
Álcool	0,600
Água	1,000

Quando a temperatura de um corpo aumenta, significa que ele recebeu calor. Se a temperatura de um corpo diminui, é porque ele cedeu calor. Essa diferença é analisada de acordo com o seguinte critério:

Capacidade térmica de um corpo

Considere que um corpo sofra uma variação de temperatura (ΔT), ao receber certa quantidade de calor Q . Define-se **capacidade térmica** C desse corpo a grandeza dada pela fórmula:


$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

A unidade de medida usual de capacidade térmica é **cal/°C**. A capacidade térmica representa numericamente a quantidade de calor que o corpo deve trocar para sofrer uma variação unitária de temperatura.

Ainda pode ser entendida como a capacidade de receber ou perder calor que um corpo apresenta, para uma dada variação de temperatura.

Se substituirmos a quantidade de calor (Q) expressa na **equação fundamental da calorimetria** ($Q = m \cdot c \cdot \Delta T$) na **equação da capacidade térmica** ($C = \frac{Q}{\Delta T}$) obtemos a relação a seguir:

$$C = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{\Delta T} \rightarrow \boxed{C = m \cdot c}$$



Dentre as Características que fazem da água uma substância única temos a capacidade térmica. Quando se aquece um copo de papel com água dentro, pode-se notar que o papel não queima e a temperatura da água aumenta. Isso acontece porque a água é capaz de absorver o calor do papel. Essa propriedade é conhecida como capacidade térmica. Os vegetais, que têm água em sua composição, conseguem absorver a radiação solar (para realizar a fotossíntese) sem se queimarem. A transpiração, tanto nos vegetais quanto nos animais, tem o mesmo efeito: auxilia o resfriamento do corpo, pois a água, quando evapora, absorve uma grande quantidade de calor do meio onde está. Outro exemplo é a água do mar ou mesmo da piscina: quando há uma variação grande de temperatura

Portanto, a capacidade térmica de um corpo também pode ser expressa como o produto de sua **massa (m)** pelo **calor específico (c)** da substância que o constitui.

Potência calorífica

A potência calorífica mede a rapidez com que o calor é trocado entre dois corpos. Para determinar a potência calorífica de uma fonte térmica que fornece uma quantidade de calor (Q) num intervalo de tempo (Δt), temos:

$$P = \frac{Q}{\Delta t}$$

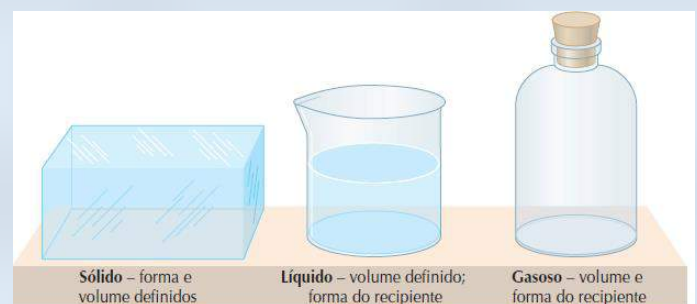
Mudança de fase

O planeta terra está em uma posição do Sistema Solar que os cientistas consideram privilegiada, pois permite condições ideais para o desenvolvimento da vida. Parece óbvio, considerando a diversidade de espécies que habitam em nosso planeta, mas não nos damos conta de que a existência de água nos três estados físicos, ou nas três fases (**sólida, líquida e gasosa**), é um dos principais fatores que possibilitam isso.

Fases da matéria

O que diferencia as fases é o grau de liberdade que os átomos e moléculas possuem ao interagirem entre si. Essa liberdade está relacionada com a intensidade das forças de interação atômica ou molecular.

Em um modelo ideal, na fase sólida, as forças de interação alcançam o seu valor máximo e o grau de liberdade é mínimo, as substâncias possuem forma própria. Na fase líquida, as forças de interação são menores e, conseqüentemente, o grau de liberdade é maior, as substâncias



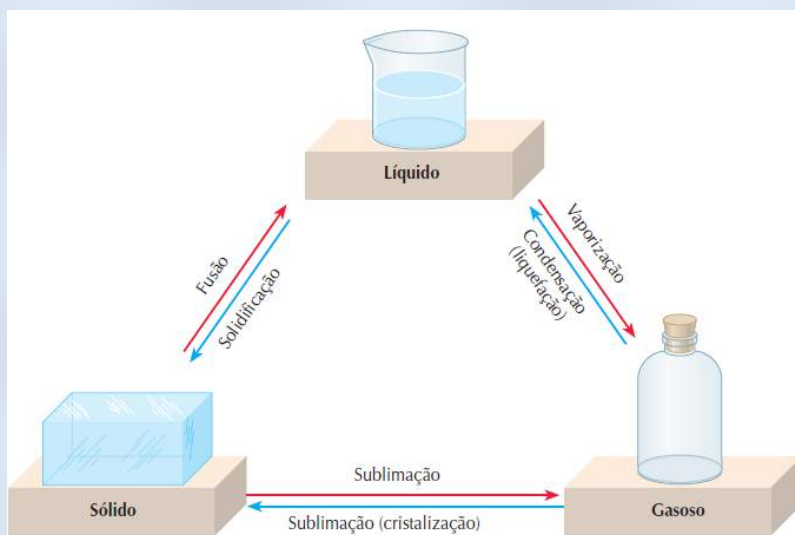
Fonte: Ramalho (2009)



Para o estudo da mudança de fase geralmente é utilizado como substância base a água devido as suas características únicas.

possuem fluidez. Na fase gasosa, as forças praticamente se anulam e o grau de liberdade é máximo, as substâncias tendem a ocupar todos os espaços disponíveis.

- **Fusão:** passagem da fase sólida para a líquida;
- **Solidificação:** passagem da fase líquida para a sólida;
- **Vaporização:** passagem da fase líquida para a gasosa;
- **Condensação:** passagem da fase gasosa para a líquida;
- **Sublimação:** passagem da fase sólida para a gasosa ou gasosa para a sólida.



Fonte: Ramalho (2009)

Calor sensível

Quando uma substância recebe ou libera quantidade de calor, sua temperatura aumenta ou diminui, respectivamente. Em alguns casos, a quantidade de calor trocado provoca apenas a variação de temperatura do corpo ou substância sem causar mudança de fase. Quando isso ocorre chamamos o calor trocado de **calor sensível**.

Calor latente

É a quantidade de calor que uma substância cede ou recebe, por unidade de massa, durante a transformação, mantendo-se constante a temperatura.

$Q > 0 \rightarrow$ corpo recebe calor

$Q < 0 \rightarrow$ corpo cede calor

De modo geral, para a **massa (m)** de um material sofrendo mudança de fase, de **calor latente (L)**, a **quantidade total de calor (Q)** trocada no processo pode ser calculada pela fórmula:

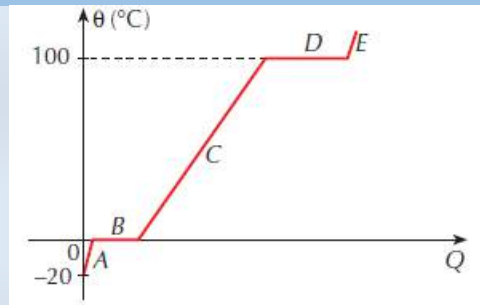
Fase da matéria	Calor latente
Fusão do gelo (a 0 °C)	$L_F = 80 \text{ cal/g}$
Solidificação da água (a 0 °C)	$L_S = -80 \text{ cal/g}$
Vaporização da água (a 100 °C)	$L_V = 540 \text{ cal/g}$
Condensação do vapor (a 100 °C)	$L_C = -540 \text{ cal/g}$

$$Q = m \cdot L$$

Curva de aquecimento

Vamos supor que tenhamos, num recipiente, certa massa de gelo inicialmente a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, sob pressão normal. Se levarmos esse sistema ao fogo, acompanhando como varia a temperatura no decorrer do tempo, veremos que o processo todo pode ser dividido em cinco etapas distintas:

- A) aquecimento do gelo de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;**
- B) fusão do gelo a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;**
- C) aquecimento da água líquida de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$;**
- D) vaporização (fervura) da água líquida a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$;**
- E) aquecimento do vapor acima de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.**



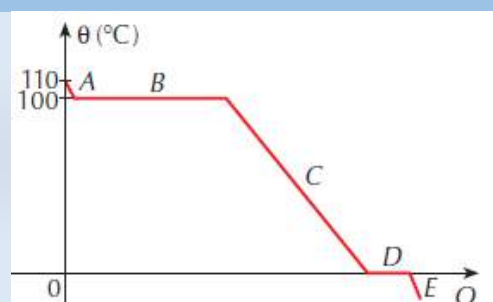
Fonte: Ramalho (2009)

Essas várias etapas podem ser “visualizadas” num gráfico cartesiano, em que se colocam os valores da temperatura no eixo das ordenadas e a quantidade de calor trocado no eixo das abscissas. O conjunto das retas obtidas nesse gráfico recebe o nome de curva de aquecimento da água.

Curva de resfriamento

Se considerarmos o processo inverso, com perda de calor de um sistema constituído por vapor d'água inicialmente a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, sob pressão normal, obteremos a curva de resfriamento da água, com as seguintes etapas:

- A) resfriamento do vapor de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$;**
- B) condensação (liquefação) do vapor a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$;**
- C) resfriamento da água líquida de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;**
- D) solidificação da água a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;**
- E) resfriamento do gelo abaixo de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.**



Fonte: Ramalho (2009)

Estudo dos gases

+ Compressibilidade:

É uma propriedade Física que permite que o ar seja comprimido ou compactado.

+ Expansibilidade:

É uma propriedade Física que permite que o ar se expanda ou se espalhe por todo o espaço disponível.

+ O que são gases?

são compostos moleculares que possuem características como a grande compressibilidade e a capacidade de se expandirem, estes compostos não possuem volume fixo, são miscíveis entre si e em qualquer proporção.

A **compressibilidade** e a **expansibilidade** são características mais notáveis dos gases. Assim, gás é um fluido que sofre grandes variações de volume quando submetido a pressões relativamente pequenas e que tende a ocupar todo o espaço que lhe é oferecido.

Os conceitos apresentados no presente capítulo valem para os chamados gases perfeitos (ou ideais). Gás ideal ou perfeito é um gás hipotético, isto é, um modelo, definido para que as grandezas que o caracterizam possam ser relacionadas por expressões matemáticas simples.



Figura 2: Radiografia de tórax.

O estado de um **gás** é caracterizado pelos valores assumidos por três grandezas, o **volume (V)**, a **pressão (P)** e a **temperatura (T)**, que constituem as variáveis de estado.

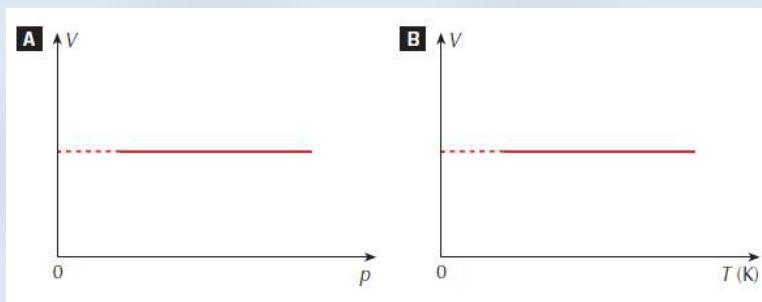
Transformações isocórica

Uma transformação gasosa na qual a pressão (**P**) e a temperatura (**T**) variam e o volume (**V**) é mantido constante é chamada transformação isocórica ou transformação isométrica.

A **volume constante**, a **pressão** e a **temperatura** absoluta de um gás ideal são **diretamente proporcionais**.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Graficamente, na transformação isocórica, o volume (**V**) é uma função constante em relação a pressão (**P**) e em relação a temperatura (**T**).



Fonte: Ramalho (2009)

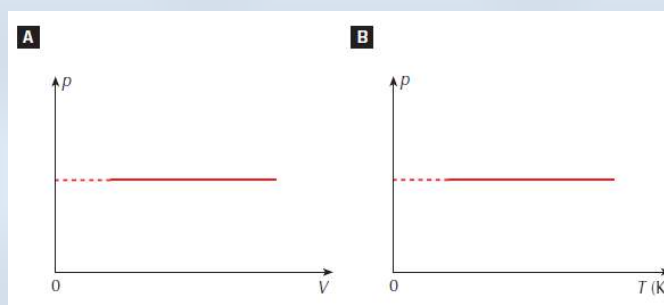
Transformações isobárica

Uma transformação gasosa na qual o volume (**V**) e a temperatura (**T**) variam e a pressão (**P**) é mantida constante é chamada transformação isobárica.

Sob **pressão constante**, o **volume** e a **temperatura** absoluta de um gás ideal são **diretamente proporcionais**.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Graficamente na transformação isobárica, a pressão (**P**) é uma função constante em relação ao volume (**V**) e em relação à temperatura (**T**).



Fonte: Ramalho (2009)

Transformações isotérmica

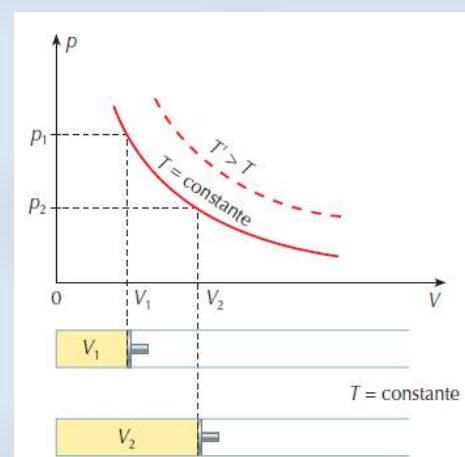
Uma transformação gasosa na qual a pressão (**P**) e o volume (**V**) variam e a temperatura (**T**) é mantida constante é chamada transformação isotérmica.

A **pressão** e o **volume** de um gás ideal, mantido em **temperatura constante**, são **inversamente proporcionais**.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

Por “inversamente proporcionais” entenda que, quando a pressão aumenta, o volume decresce na mesma proporção e vice-versa. Essa relação é chamada **lei de Boyle**, em homenagem ao físico que a descobriu.

Se representarmos a pressão (**P**) em ordenadas e o volume (**V**) em abscissas, o gráfico que expressa a lei de Boyle (a pressão é inversamente proporcional ao volume) é uma curva denominada **isoterma**.



Fonte: Ramalho (2009)