

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Evelyn de Oliveira Vieira

**A Educação Ambiental no Ensino Médio: uma proposta de
abordagem temática na Física térmica sob o enfoque CTS/CTSA**

Cariacica

2020

Evelyn de Oliveira Vieira

A Educação Ambiental no Ensino Médio: uma proposta de abordagem temática na Física térmica sob o enfoque CTS/CTSA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPEFis) do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica (ES), no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador (es):

Prof.^a Dr.^a Maria das Graças Ferreira Lobino
Prof. M.^e Marcelo Esteves de Andrade

Cariacica

2020

(Biblioteca do *Campus* Cariacica do Instituto Federal do Espírito Santo)

V658e

Vieira, Evelyn de Oliveira.

A educação ambiental no ensino médio: uma proposta de abordagem temática na física térmica sob o enfoque CTS/CTSA / Evelyn de Oliveira Vieira – 2020.

260 f.: il.; 30 cm.

Orientadora: Maria das Graças Ferreira Lobino
Coorientador: Marcelo Esteves de Andrade.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, 2020.

1. Ensino de física térmica. 2. Metodologia inter e transdisciplinar. 3. Abordagem temática. 4. Enfoque CTS/CTSA. 5. Educação ambiental. I. Lobino, Maria das Graças Ferreira. II. Andrade, Marcelo Esteves de. III. Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Cariacica. IV. Sociedade Brasileira de Física. V. Título.

CDD: 530.07



EVELYN DE OLIVEIRA VIEIRA

**A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DE
ABORDAGEM TEMÁTICA NA FÍSICA TÉRMICA SOB O ENFOQUE CTS/CTSA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com o Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovado em 13 de fevereiro de 2020

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof.ª Dr.ª Maria das Graças Ferreira Lobino
Instituto Federal do Espírito Santo
Orientadora



Prof. Dr. Jardel da Costa Brozeguini
Instituto Federal do Espírito Santo
Membro interno



Prof. Dr. José André Peres Angotti
Universidade Federal de Santa Catarina
Membro externo



Prof. Dr. Sidnei Quezada Meireles Leite
Instituto Federal do Espírito Santo
Membro externo



EVELYN DE OLIVEIRA VIEIRA

VIEIRA, Evelyn de Oliveira; ANDRADE, Marcelo Esteves de; LOBINO, Maria das Graças Ferreira. **A Educação Ambiental no Ensino Médio: uma proposta de abordagem temática na Física térmica sob o enfoque CTS/CTSA.** Cariacica: Ifes, 2020. 61 p.

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com o Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovado em 13 de fevereiro de 2020

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr.ª Maria das Graças Ferreira Lobino
Instituto Federal do Espírito Santo
Orientadora



Prof. Dr. Jardel da Costa Brozeguini
Instituto Federal do Espírito Santo
Membro interno



Prof. Dr. José André Peres Angotti
Universidade Federal de Santa Catarina
Membro externo



Prof. Dr. Sidnei Quezada Meireles Leite
Instituto Federal do Espírito Santo
Membro externo

AGRADECIMENTOS

À Prof.^a Dr.^a Maria das Graças Ferreira Lobino e ao Prof. M.^e Marcelo Esteves de Andrade pela orientação desse trabalho.

Aos grupos de estudo Núcleo de Estruturação do Ensino de Física (NEEF) e Coletivo de Estudo e Pesquisa em Educação, Ambiente e Sociedade (CEPEAS) que durante o curso muito contribuíram para a minha formação.

À equipe gestora, pedagógica e aos alunos da Escola Aristóbulo Barbosa Leão pelo apoio e participação na realização desse trabalho.

Às professoras Camila, Janaína, Lidiane, Renata que colaboraram com a construção e execução da intervenção pedagógica desse projeto.

Ao meu esposo Cláudio pelo total suporte em todos os momentos e incentivo a meu aprimoramento profissional.

A meus pais, Edson e Regina Beatriz, que sempre me incentivaram e serviram de exemplo.

A minha irmã Aline, exemplo de educadora, que sempre me apoiou.

Ao meu filho André Victor, por ter me compreendido nos momentos de estudo nos quais não pude lhe dar atenção.

Ao Senhor Jesus, que abriu a porta desse curso para meu aprimoramento profissional.

A todos os que aqui não foram citados, mas que tiveram sua parcela de contribuição para a execução deste trabalho.

À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

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

Exatamente humana ou humanamente exata?

Sim sou humana! E quem não é? Dolly, minha cadela é tão carinhosa!

Sou mulher, professora de Física. Corri o risco de ser engenheira!

Temo não ser homem! Sonho com a liberdade! Luto contra o homem-máquina!

Estudo Max Planck. Tenho pesadelos com Karl Marx!

Equaciono temperaturas, distâncias. Ferve o meu sangue a estratificação social!

Cai um móvel em meu laboratório. Cai a bolsa de valores, cai o sonho, cai a vida!

Em meus estudos os corpos se atraem, eletrizam-se. No meu mundo globalizado, os corpos se repelem, esfriam-se.

De um raio de sol faço surgir um colorido arco-íris. Dos raios do passado e das sombras da presente História comporemos no futuro uma linda aquarela?

Evelyn de Oliveira Vieira, 1999.

RESUMO

As Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Ambiental (CNE n.º 02/2012), combinadas com a Lei Federal n.º 9795/1999, estabelecem que a Educação Ambiental deve estar presente em todos os níveis e modalidades de ensino. O mesmo marco legal veda que a EA seja desenvolvida sob a forma disciplinar devendo ser trabalhada de forma contextualizada e interdisciplinar em todos os componentes curriculares como tema transversal. Não obstante, pesquisas no campo apontam certa carência dessa discussão nos currículos de Física. Nesse sentido, essa pesquisa objetivou desenvolver práticas pedagógicas no Ensino de Física articulando-as às questões socioambientais numa perspectiva CTS/CTSA a partir da abordagem temática do currículo. Para tanto, foi elaborada e aplicada uma estratégia didática conforme a metodologia dos três momentos pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011), baseada nos pressupostos de Freire (1987) que balizam uma Educação Ambiental crítica e transformadora. A estratégia didática foi aplicada em uma turma de 2.º ano do Ensino Médio de uma Escola Estadual em Serra (ES), tendo como tema central a “poluição do ar da Grande Vitória e as mudanças climáticas” onde buscou-se compreender as possíveis causas do verão rigoroso na Grande Vitória em 2019. Para tanto, foi desenvolvida uma intervenção pedagógica na Física térmica, com ênfase em termometria e calorimetria, elaborada à luz da abordagem temática, discutindo-se os principais conceitos científicos necessários à compreensão do fenômeno do efeito estufa e sua intensificação produzindo alterações climáticas. Os dados da pesquisa-ação foram coletados a partir do diário de bordo da pesquisadora, produções escritas e questionários, analisados por meio da Análise de Conteúdo de Bardin (1977). Os resultados apontam que apesar das contradições encontradas na realidade escolar, há indícios de que a articulação entre a temática ambiental e o Ensino de Física tenha favorecido tanto a apropriação de conceitos físicos como contribuído para a alfabetização científica e tecnológica dos educandos.

Palavras-chave: Ensino de Física Térmica. Metodologia inter e transdisciplinar. Abordagem temática. Enfoque CTS/CTSA. Educação ambiental.

ABSTRACT

The National Curriculum Guidelines for Environmental Education (CNE n.º 02/2012), combined with Federal Law n.º 9795/1999, establish that Environmental Education (EE) must be present at all levels and modalities of education. The same legal framework prohibits the development of EE in the disciplinary form should be worked in a contextualized and interdisciplinary manner in all curricular components as a transversal theme. Nevertheless, research in the field points to a lack of this discussion in the Physics curricula. In this sense, this research aimed to develop pedagogical practices in the teaching of Physics, articulating them to social and environmental issues in a STS / STSE perspective from the thematic approach of the curriculum. Therefore, a didactic strategy was elaborated and applied according to the methodology of the three pedagogical moments (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011) based on Freire's assumptions (1987) that guide a critical and transformative Environmental Education. The didactic strategy was applied in a 2nd year high school class of a State School in Serra (ES), having as its central theme the "air pollution of Greater Vitória and climate change" where it sought to understand the possible causes of the rigorous summer in Greater Vitória in 2019. To this end, a process of pedagogical intervention in thermal physics with emphasis on thermometry and calorimetry, was developed elaborated in the light of the thematic approach, discussing the main scientific concepts needed to understand the phenomenon of the greenhouse effect and its intensification producing climate change. The action research data were collected from the researcher's logbook, written productions and questionnaires, analyzed using the Bardin Content Analysis (1977). The results indicate that despite the contradictions found in the school reality, there is evidence that the articulation between the environmental theme and the Physics Teaching has favored the appropriation of physical concepts as well as contributed to the students' scientific and technological literacy.

Keywords: Thermal Physics teaching. Inter and transdisciplinary methodology. Thematic approach. STS/STSE approach. Environmental Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Dinâmica dos três momentos pedagógicos	62
Figura 02	Processo de redução temática	66
Figura 03	Condução de calor entre uma fonte quente e uma fonte fria	78
Figura 04	Trocas de energia por radiação eletromagnética para a Terra	82
Figura 05	Estruturação dos Momentos Pedagógicos	92
Figura 06	Escola Aristóbulo Barbosa Leão – Serra (ES)	94
Figura 07	Revestimento do teto da sala ambiente de Física	98
Figura 08	Sequência da aplicação da intervenção didática	100
Figura 09	Conteúdo programático elaborado a partir do tema gerador	101
Figura 10	Exibição de vídeos sobre as teorias do calor	108
Figura 11	Simulação do aquecimento do gás monoatômico Neônio	109
Figura 12	Simulação do resfriamento do gás monoatômico Neônio	109
Figura 13	Exibição de um vídeo sobre de um noticiário local	110
Figura 14	Experimento demonstrativo sobre propagação de calor	111
Figura 15	Aparato montado para a realização do experimento demonstrativo	113
Figura 16	Após a lâmpada ser desligada a água evaporada condensa no plástico filme	113
Figura 17	Água condensada no plástico filme	114
Figura 18	Balanco de radiação	115
Figura 19	Simulação referente ao aumento da concentração dos gases do efeito estufa na atmosfera	116
Figura 20	Simulação da interação da radiação infravermelha com os gases da atmosfera	117

Figura 21	Terrários	117
Figura 22	Atividade de leitura de rótulos de alimentos	119
Figura 23	Imagens do Complexo de Tubarão e do pó preto	140
Figura 24	População denunciando os problemas de saúde produzidos pela poluição do ar na Região Metropolitana da Grande Vitória	142
Figura 25	Mapa mental 1 elaborado pelos educandos	149
Figura 26	Mapa mental 2 elaborado pelos educandos	149

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Categorias de ensino de CTS.....	53
Quadro 02	Lista de temas CTS apresentados por Santos e Schnetzler 2010)	57
Quadro 03	Etapas da Intervenção pedagógica	102
Quadro 04	Análise da atividade a partir do artigo científico	151
Quadro 05	Comparativo de respostas referentes ao experimento demonstrativo de condução térmica	154
Quadro 06	Comparativo de respostas referentes ao experimento demonstrativo da estufa	158
Quadro 07	Comparativo entre a estufa do experimento demonstrativo e o terrário	162
Quadro 08	Comparativo entre a estufa do experimento demonstrativo e a Terra	162

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 01	126
Tabela 02	Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 02	128
Tabela 03	Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 03	130
Tabela 04	Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 04	131
Tabela 05	Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 05	133
Tabela 06	Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 06	134
Tabela 07	Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 07	136
Tabela 08	Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problematização inicial – Questão 1	137
Tabela 09	Resumo do inventário de emissões atmosféricas da RGV - Ano base 2015	139
Tabela 10	Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problematização inicial – Questão 02	142
Tabela 11	Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problematização inicial – Questão 03	143
Tabela 12	Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problematização inicial – Questão 04	146
Tabela 13	Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problematização inicial – Questão 05	147

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01	Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 01	126
Gráfico 02	Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 02	128
Gráfico 03	Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 03	130
Gráfico 04	Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 04	132
Gráfico 05	Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 05	133
Gráfico 06	Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 06	135
Gráfico 07	Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 07	136
Gráfico 08	Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problematização inicial – Questão 01.....	138
Gráfico 09	Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problematização inicial – Questão 02	141
Gráfico 10	Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problematização inicial – Questão 03	144
Gráfico 11	Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problematização inicial – Questão 04	146
Gráfico 12	Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problematização inicial – Questão 05	148
Gráfico 13	Disciplinas nas quais foram vistos conteúdos relacionados ao meio ambiente	169

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEPEAS – Coletivo de Estudo e Pesquisa em Educação, Ambiente e Sociedade

CN – Ciências da Natureza

C&T – Ciência e tecnologia

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

DCNEM – Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio

EA – Educação Ambiental

EAD – Educação à distância

RMGV – Região Metropolitana da Grande Vitória

IFES – Instituto Federal do Espírito Santo

MP – Momentos Pedagógicos

NEEF – Núcleo de Estruturação do Ensino de Física

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNEM- Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

PNEA – Política Nacional de Educação Ambiental

SEDU – Secretaria de Educação do Estado do Espírito Santo

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
Capítulo 1 REVISÃO DE LITERATURA: LEVANTAMENTO DE ESTUDOS SOBRE A TEMÁTICA AMBIENTAL NO ENSINO FÍSICA E ABORDAGEM CTS/CTSA (2008-2019)	29
Capítulo 2 REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO DA PESQUISA	34
2.1 A concepção de currículo no ensino de Física na Educação Básica	34
2.1.1 Alfabetização científica: perspectivas para uma formação cidadã	39
2.1.2 Ensino de Ciências sob o enfoque CTS/CTSA	45
2.1.2.1 Surgimento do movimento CTS e repercussões em diversos campos	45
2.1.2.2 Educação em CTS/CTSA e Educação científica	51
2.2 Abordagem temática no ensino de física: a metodologia dos três momentos pedagógicos	59
Capítulo 3 FUNDAMENTOS DE FÍSICA PRESENTES NA ESTRUTURA CONCEITUAL DA INTERVENÇÃO DIDÁTICA	68
3.1 Temperatura	68
3.1.1 Termômetros e escalas termométricas.....	68
3.1.2 Compreensão microscópica da temperatura	71
3.2 Calor: natureza e propagação	74
3.3 Calorimetria	84
Capítulo 4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA DE CAMPO: OS CAMINHOS DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA NO COTIDIANO DA ESCOLA	87
4.1 Características da pesquisa	87
4.1.1 Metodologia da pesquisa	87
4.1.2 Metodologia de ensino.....	91
4.2 Lócus da pesquisa e os sujeitos participantes	93

4.3	Descrição da produção das fontes da pesquisa: como ocorreu o desenvolvimento da intervenção pedagógica	96
Capítulo 5	A TEMÁTICA AMBIENTAL E O ENSINO DE FÍSICA: ANALISANDO A PESQUISA DE CAMPO, DISCUTINDO OS RESULTADOS E SINALIZANDO POSSIBILIDADES DE UM PRODUTO EDUCACIONAL	124
5.1	Análise do Questionário Inicial	125
5.2	Análise das atividades desenvolvidas ao longo da aplicação da intervenção pedagógica	137
5.2.1	Análise do 1º bloco de atividades da organização de conhecimentos – <i>Industrialização, fontes de energia e Poluição do ar da Grande Vitória</i>	137
5.2.2	Análise do 2º bloco de atividades da organização de conhecimentos – <i>Energia Térmica e Sensação térmica</i>	151
5.2.2.1	Atividades com inserção de elementos de História e Filosofia da Ciência	151
5.2.2.2	Aula com o uso de simuladores computacionais como ferramenta pedagógica	153
5.2.2.3	Atividade investigativa a partir de um experimento demonstrativo	154
5.2.2.4	Atividade sobre sensação térmica a partir de noticiário e reportagem de jornais locais	156
5.2.3	Análise do 3º bloco de atividades da organização de conhecimentos – <i>Efeito estufa e balanço de radiação</i>	157
5.2.3.1	Atividade investigativa a partir de um experimento demonstrativo	157
5.2.3.2	Análise da atividade investigativa a partir do terrário para aplicar os conhecimentos do terceiro bloco	162
5.2.4	Análise das atividades da aplicação de conhecimentos da intervenção pedagógica – <i>Poluição do ar da Grande Vitória e mudanças climáticas</i>	165
5.3	Análise da relação entre a Temática Ambiental e o Ensino de Física: o que revelam os alunos?	168
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	175
	REFERÊNCIAS	180
	APÊNDICE A Aplicação da estratégia didática	186
	APÊNDICE B Questionário inicial	187

APÊNDICE C	Figuras utilizadas na problematização inicial	188
APÊNDICE D	Questões do estudo dirigido sobre fontes de energia e impactos ambientais	189
APÊNDICE E	Textos de apoio para a realização da atividade sobre sensação térmica	190
APÊNDICE F	Questionário final para a avaliação da intervenção pedagógica	193
APÊNDICE G	PRODUTO EDUCACIONAL	199
ANEXO A	Termo de Responsabilidade e Compromisso do Pesquisador Responsável	195
ANEXO B	Carta de anuência	196
ANEXO C	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	197

INTRODUÇÃO

Ao nos lançarmos à pesquisa com o cotidiano da educação básica, especialmente, ao ensino da Física, compreendemos a concepção de fazer científico que problematiza desenvolvimento teórico entrelaçado às práticas sociais vividas nas experiências do pesquisador com a temática.

Nesse sentido, minha trajetória profissional com o ensino de Física nasce com a entrada no curso de Licenciatura da Universidade Federal do Espírito Santo — UFES no ano de 1995, com aproveitamento de disciplinas da Engenharia Elétrica, que foi a primeira opção de graduação no ano de 1991.

Meu interesse pela educação foi crescendo à medida que cursava as disciplinas pedagógicas e, em função dessa curiosidade, fui convidada a participar de dois projetos de extensão universitária. O primeiro foi no Laboratório de instrumentação para o ensino de Física, coordenado pelo professor Dr. Antônio Carlos Baratto, em 1997, no qual confeccionávamos experimentos para o ensino de conceitos físicos. Organizamos nessa época (1998) a I Mostra de Física da Universidade que hoje já está na sua vigésima primeira edição. Após essa experiência, trabalhei como bolsista, em 1998, no projeto de Educação de Jovens e Adultos no Centro Pedagógico da universidade, coordenado pela professora Dr.^a Edna Castro de Oliveira, autora do prefácio do livro *Pedagogia da Autonomia* de Paulo Freire (FREIRE, 1996), dedicado pelo autor em memória ao seu esposo que pesquisava sobre Freire e também era professor de Filosofia na UFES. Fui a primeira licencianda em Física a participar desse projeto que contava com equipe interdisciplinar da área de humanas e linguagem. O referido Núcleo contava com suporte de alguns professores colaboradores como o da professora Maria das Graças Ferreira Lobino na área do Ensino de Ciências. Nesse projeto de extensão, o planejamento era coletivo em torno de projetos interdisciplinares para uma turma de alfabetização de adultos com alunos que eram funcionários da universidade e detentos em regime semiaberto que prestavam serviços na instituição. Todo o trabalho era desenvolvido numa perspectiva pedagógica freiriana.

Em 1999, já licenciada, comecei minha experiência profissional com a disciplina de Física em uma escola da rede privada de ensino com turmas de Ensino Médio. No ano seguinte, participei do Programa Integração, um projeto de Educação de Jovens e Adultos pela CUT (Central Única dos Trabalhadores) com uma proposta de um Ensino Médio interdisciplinar, cujo currículo era organizado por abordagem temática. Nessa iniciativa, o planejamento das aulas era coletivo a partir de um projeto interdisciplinar em torno de um tema central que era desenvolvido pelos professores em sala de aula com os alunos. O programa também contava com momentos de formação, em nível nacional, inclusive com professores de outros Estados.

Nos anos seguintes, tive várias experiências em escolas públicas estaduais e particulares, o que totaliza 21 anos de ensino na área de Física. Em 2008, fui efetivada como professora de Física da Rede Estadual de Ensino do Estado do Espírito Santo, participando de momentos diversos de formação profissional. Destaco, especialmente, a recente participação junto ao Departamento de Física/UFES, no trabalho colaborativo com o professor Dr. Thieberson Gomes, em iniciativas de práticas do PIBID/UFES (Programa Nacional de Bolsa de Iniciação à Docência), no período de julho de 2014 a dezembro de 2015, os quais se tornaram momentos qualitativos para a reflexão de temas sobre melhorias ao aprendizado da Física no Ensino Médio.

Iniciei uma segunda especialização em Informática na Educação no IFES/CEFOR/Domingos Martins em 2013, pesquisando sobre como o uso de filmagens e fotos, feitas com smartphone, a partir do cotidiano dos alunos, compartilhadas e problematizadas em rede social, poderiam potencializar o aprendizado de Física no Ensino Médio, tendo sido orientada pela Prof.^a Dr.^a Edna dos Reis. Concluí o curso em maio de 2015, e diante das considerações da banca examinadora que avaliou a pesquisa, os quais sinalizaram a potencialidade do estudo em várias frentes que poderiam ser aprofundadas na mesma temática. É nesse sentido que surge o interesse em aprofundar os estudos em Ensino de Física.

Desse modo, discutir o Ensino da Física na escola nos remete à reflexão de sua função no currículo da Educação Básica, buscando também analisar o porquê

da resistência dos alunos com a disciplina, como sinalizam estudos anteriores de Menegotto e Rocha Filho (2008) e Quadrado (2009), e assim pensarmos em como avançar com seu aprendizado.

Lanes *et al.* (2014) pontua que é preciso buscar metodologias que potencializem a aprendizagem e promovam a formação social com a consolidação dos processos de alfabetização científica.

Nesse sentido, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) tomam como desafio construir uma escola mais atraente ao jovem atual, em uma base de formação integral humana, que tenha a pesquisa como ponto de chegada e partida, para a construção da prática pedagógica, sendo esta aliada a dimensões do trabalho, ciência, tecnologia e cultura (BRASIL, 2012).

Ainda, as DCNEM tomam como pressupostos para a área das Ciências da Natureza o planejamento interdisciplinar e contextualizado de forma a inter-relacionar conceitos comuns das disciplinas que compõem a área, bem como associar os conteúdos a temas do cotidiano dos educandos. Nessa intenção ainda de trazer uma compreensão mais integrada do conhecimento científico aos alunos, o documento propõe um tratamento transversal e integrado ao currículo de diversas temáticas, como a educação ambiental (BRASIL, 2012).

É importante registrar que no Brasil as temáticas transversais surgem com os Parâmetros Curriculares Nacionais — PCN (1997) que apontam a necessidade de se estruturar o currículo por áreas de conhecimento, integradas entre si, nas quais as questões sociais relevantes como ética, saúde, meio ambiente, orientação sexual e pluralidade cultural são incorporadas às disciplinas de forma transversal. A seguir, o parecer CEB/CNE n.º 04/98 institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental, fundamentadas em princípios éticos, científicos, políticos e estéticos, propondo a articulação das áreas de conhecimento a diversos aspectos da vida cidadã, **como ciência e tecnologia, meio ambiente**, trabalho, sexualidade, entre outros (grifo nosso).

Nesse mesmo passo, a Lei n.º 9795/1999 dispôs sobre Educação Ambiental (EA) instituindo a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), entendendo-se:

[...] por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (LEI FEDERAL n.º 9795/1999).

A referida Lei Federal em questão propõe também que a educação ambiental seja “[...] um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal”, não devendo ser implantada na escola como disciplina específica no currículo de ensino, mas desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente (LEI FEDERAL n.º 9795/1999).

Nessa mesma direção, a Resolução CNE n.º 02/2012 instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental (DCNEA) que delimitaram, em concordância com a Lei n.º 9795/1999, princípios, objetivos e diretrizes para a organização curricular escolar da EA em todos os níveis de ensino. Segundo essa proposta, a inserção dos conhecimentos da Educação Ambiental na Educação Básica e em Nível Superior pode ocorrer das seguintes formas: I. pela transversalidade, mediante temas relacionados com o meio ambiente e a sustentabilidade socioambiental; II. como conteúdo dos componentes já constantes do currículo; III. pela combinação de transversalidade e de tratamento nos componentes curriculares.

Nesse sentido, a temática educação ambiental nos chama atenção, não apenas por se tratar de um assunto apresentado na legislação educacional de currículos para educação básica, como também, ser enfatizada a importância de seu desenvolvimento nas escolas, em outros preceitos legais, como no marco legal estadual sob a égide da Lei Estadual n.º 9.265/2009, que reitera que a Educação Ambiental (EA) deve estar presente em todos os níveis e modalidades de ensino e que é vedada que a EA seja desenvolvida sob a forma disciplinar, ou seja, a

mesma deve ser trabalhada como tema transversal por todos os componentes curriculares com diversos tipos de abordagens, com foco na contextualização e na interdisciplinaridade (ESPÍRITO SANTO, 2009).

Cabe ressaltar que apesar de a Lei nº 9.795/1999 ter estabelecido a promoção da Educação Ambiental em todos os níveis e modalidades de ensino, ampliando a dimensão ambiental das ciências naturais a todas disciplinas, ainda se verifica a dificuldade de se abordar tal temática no âmbito escolar, sinalizando a necessidade de pesquisas que proponham diretrizes para se trabalhar as temáticas transversais no âmbito escolar, como aquelas propostas por LANES *et al.* (2014), LOBINO (2004, 2015), bem como a necessidade de formação continuada do corpo docente (MIGUEL, 2016).

Da mesma forma, ainda se nota uma deficiência na formação inicial de professores nas universidades apesar de currículos de ensino de ciências com o enfoque CTS/CTSA vir sendo desenvolvidos no mundo inteiro desde os anos de 1960, e pesquisadores afirmarem a sua importância para a formação dos professores de Ciências, preparando-os para as grandes mudanças do mundo contemporâneo. Pesquisa realizada no Programa de Mestrado em Ensino de Ciências (UNB) intitulada “Abordagem CTSA na formação de professores de Ciências Naturais” (SAMPAIO; ROTTA, 2011) mostrou que na formação inicial de professores quase não se aborda a temática CTSA nos currículos de licenciatura em Ciências Naturais da Faculdade UnB Planaltina (FUP). Dos entrevistados, 53% responderam que não tiveram essa abordagem durante a sua formação e não tinham lido artigos tratasse do enfoque CTSA, enquanto 47% responderam já terem lido ou ouvido falar sobre o assunto. Quando questionados em relação à questão “O que você entende sobre CTSA?”, somente 20% sabiam o significado da sigla, e 11% não respondeu ou não sabia. Diante do exposto, compreendemos que para abordarmos nas escolas de Ensino Médio temas socioambientais de forma inter e transdisciplinar numa perspectiva CTS/CTSA necessitamos de formação específica inicial nas Licenciaturas, bem como formação continuada em serviço. Além disso, é necessário assegurar mais planejamentos integrados com todas as áreas de

conhecimento, a fim de romper com a fragmentação do conhecimento científico que ocorre desde o sexto ano do Ensino Fundamental, atendendo aos princípios e objetivos da Educação Ambiental previstos nas DCNEA (2012) que propõem que a EA ocorra em uma “[...] abordagem curricular **integrada e transversal**, contínua e permanente em todas as áreas de conhecimento, componentes curriculares e atividades escolares e acadêmicas (RESOLUÇÃO CNE n.º 02/2012, grifo nosso)”.

De fato, no contexto escolar, geralmente, as atividades que têm como objetivo desenvolver a interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, acabam sendo uma sobreposição de disciplinas na qual cada uma tem a função de orientar o desenvolvimento de uma fase específica da abordagem do tema do projeto escolar.

Nesse sentido, compreendemos que um desafio que se apresentava era pensarmos em possibilidades didático-pedagógicas ao ensino de Física que buscasse dar visibilidade à relação educação ambiental e conceitos físicos, não apenas pelo que o documento prescrito sinaliza a fazer, mas, como nos ensina Freire (1996), partir da leitura de mundo dos alunos de Ensino Médio sobre seus anseios acerca de temas relacionados às Ciências, e com isso, fomentar a produção de aprendizagens que perpassasse pela via da linguagem presente no cotidiano atual da cultura juvenil (CARRANO, 2000).

Observamos que diferentes temas sobre meio ambiente fazem parte do atual cotidiano da sociedade capixaba, como: crimes contra o Rio Doce como o rompimento da barragem de rejeitos em Mariana em 2015; mudanças climáticas provocando extremos climáticos no Estado e períodos de secas intensas gerando racionamento de água como o ocorrido em 2016; emissões diárias de pó preto no ar da Região Metropolitana da Grande Vitória pelas companhias Vale e Arcelor Mittal e outros relacionados a questões socioambientais.

Nesse sentido, a Abordagem Temática constitui-se como possibilidade de metodologia de ensino que busca relacionar aspectos cotidianos da realidade

vivida pelos educandos a elementos conceituais, numa perspectiva problematizadora, visando desenvolver nos mesmos a criticidade e o exercício da curiosidade para que possam intervir na sociedade atual (DELIZOICOV, 2001; CARVALHO; ZANETIC, 2004). A abordagem por meio de temas representa uma lógica distinta daquela contida na abordagem conceitual, de forma linear e fragmentada, que historicamente tem balizado a organização de currículos e programas de ensino (MUENCHEN; DELIZOICOV, 2014).

Dessa forma, despertamos o interesse em produzir uma iniciativa de pesquisa que aliasse o meio ambiente como tema transversal ao currículo e a abordagem temática como forma de ressignificação do currículo de Física numa perspectiva problematizadora e dialógica, na qual se pretende que os conceitos sejam integrados às problemáticas da vida real dos educandos como ponto de partida para o Ensino de Física. Ou seja, nos dispomos a problematizar a relação: ensino de conceitos físicos; temas transversais; abordagem temática com possibilidade de explicitar contradições das questões levantadas com possibilidades de melhoria da qualidade de vida para todos. O intuito é o de analisar como esses três eixos podem auxiliar no processo de aprendizagem de Física pelos educandos.

Nessa mesma direção, compreendendo a necessidade de buscar formação específica para abordar a Educação Ambiental no currículo de Física do Ensino Médio, nos lançamos na investigação dessa temática nessa pesquisa cuja questão norteadora enunciaremos a seguir.

QUESTÃO NORTEADORA

Como podemos promover/realizar um trabalho pedagógico no ensino de Física, à luz da temática socioambiental, na perspectiva CTS/CTSA a partir de uma abordagem temática de currículo no Ensino Médio?

OBJETIVO GERAL

Promover e a realizar práticas pedagógicas no ensino de Física articulando-as às questões socioambientais na perspectiva CTS/CTSA a partir de uma abordagem temática de currículo no Ensino Médio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analisar possibilidades didático-pedagógicas no Ensino de Física no Ensino Médio, a partir da abordagem temática, utilizando-se a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1992);
- ✓ Descrever como o planejamento por abordagem temática, com ênfase inter e transdisciplinar, aliado ao enfoque CTS/CTSA, pode contribuir para a apropriação de conceitos físicos pelos educandos e na promoção de uma visão mais integrada do conhecimento científico;
- ✓ Verificar se houve indícios de alfabetização científica junto aos alunos a partir da percepção dos conceitos físicos na relação com a temática; socioambiental;
- ✓ Produzir e disponibilizar um material didático como processos metodológicos inter/transdisciplinares à luz da abordagem temática curricular no ensino de Física na perspectiva CTS/CTSA.

ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

Essa pesquisa se caracterizou como uma pesquisa descritiva quali-qualitativa, na perspectiva de pesquisa-ação. Para Barbier (2002) essa metodologia não se trata de um simples método da sociologia clássica, mas em uma transformação no modo de como se conceber e fazer pesquisa em Ciências Humanas, na qual o cotidiano não é excluído do processo de construção do conhecimento. Para isso essa metodologia consiste em organizar a investigação em torno de uma situação da dinâmica social, em que se deve permitir aos participantes expressarem a percepção que têm da realidade, se desenrolando a pesquisa, a partir do interesse do grupo participante.

As principais entradas metodológicas deram-se pelas redes de conversações (CARVALHO, 2009) estabelecidas com os alunos. Identificando que as conversas necessitariam de registros que materializassem o caminho percorrido do estudo, optamos por quatro entradas: questionários, fichas de registro da professora/pesquisadora para cada etapa da pesquisa, materiais produzidos pelos alunos e gravações em áudio.

Já a metodologia de ensino seguiu a proposta dos três momentos pedagógicos, a saber: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011) em diálogo com os pressupostos de Freire (1987) que contribuem para balizar uma educação problematizadora, dialógica e transformadora.

O lócus da pesquisa foi a escola de Ensino Médio Aristóbulo Barbosa Leão da rede estadual do Espírito Santo, situada em Serra, município da Região Metropolitana da Grande Vitória. A escolha se deu pelo fato da pesquisadora ser professora efetiva de Física dessa escola desde do ano de 2012. Essa instituição garante um cotidiano escolar diferenciado em sua organização estrutural ao propor salas temáticas por componentes curriculares onde os alunos, ao final de cada horário de aula, trocam de salas. Essa iniciativa foi prevista em projeto político-pedagógico desde o ano de 2014.

Os sujeitos dessa pesquisa foram educandos do 2.º ano do Ensino Médio de cinco turmas dessa escola, onde os dados da pesquisa foram produzidos ao longo de um semestre do ano de 2019. Entretanto, em função de situações que ocorreram ao longo da aplicação que comprometeram a coleta de dados, somente foram analisados aqueles que foram obtidos em uma dessas turmas.

O estudo traz como organização dos capítulos de pesquisa a seguinte estruturação: no capítulo 1 trataremos de uma revisão de literatura para justificar a importância do estudo dessa temática. No capítulo 2 traremos os referenciais teóricos que embasam a discussão dos eixos teóricos norteadores da pesquisa: currículo e alfabetização científica; ensino de Ciências sob o enfoque CTS/CTSA; abordagem temática no ensino de Física. Ainda nesse capítulo,

discutiremos as aproximações do enfoque CTS/CTSA com a perspectiva freiriana além de aproximações da abordagem CTS/CTSA com as questões ambientais. Já no capítulo 3, traremos os conceitos relacionados à Física térmica. No capítulo 4 apresentamos a construção e desenvolvimento da pesquisa de campo e confecção do produto educacional. No capítulo 5 apresentaremos a análise dos resultados e a seguir o produto final.

CAPÍTULO 1

REVISÃO DE LITERATURA: LEVANTAMENTO DE ESTUDOS SOBRE A TEMÁTICA AMBIENTAL NO ENSINO FÍSICA E A ABORDAGEM CTS/CTSA (2008 – 2019)

A seguir traremos uma revisão de literatura realizada com o intuito de trazer uma visão mais atualizada sobre a temática a ser investigada.

Uma boa revisão da literatura em pesquisas qualitativas, serve para que dois aspectos sejam alavancados: a contextualização do problema dentro da área do estudo; e, a análise de delimitação do referencial teórico (Alves, 1992). Assim, ao levantarmos o que trabalhos anteriores no campo acadêmico apontam como dificuldades para o tema que investigamos, podemos contestar ou complementar o problema, de modo a buscar pontos de consenso, bem como controvérsias e lacunas que merecem ser esclarecidas.

Iniciamos a busca da produção acadêmica a partir dos seguintes descritores: temática ambiental e ensino de Física; abordagem CTS e ensino de Física; abordagem CTSA e ensino de Física no Portal da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Identificamos 39 estudos publicados sobre o tema no período de 2008 a 2019.

Reunimos os estudos nas seguintes categorias: temática ambiental e ensino de Física: encontramos nove estudos. Já a segunda categoria, abordagem CTS e ensino de Física, retornou 19 resultados nesse mesmo período. A última categoria, a respeito da abordagem CTSA e ensino de Física, retornou, no período investigado, 11 resultados.

Quando analisamos os resumos dos 39 estudos mapeados, identificamos outras sub-temáticas em que as pesquisas se aprofundavam na relação com a temática central, sendo elas: três estudos que se propuseram a produzir investigações a partir de uma revisão de literatura (DIONOR, 2018; CARMELLO, 2012; SILVA,

2011)¹; onze que investigaram a partir de uma formação de professores de nível médio da área de Ciências da Natureza e Matemática e de licenciaturas de Matemática e Ciências da Natureza (FREITAS, 2019; CORTEZ, 2018; PINHO, 2017; LOPES, 2017; GUIMARÃES, 2017; FONSECA NETO, 2015; BEZERRA, 2014; ROCHA, 2013; LOPES, 2010; SOUTO, 2010; SILVA, 2009)², um que propôs uma investigação nos primeiros anos do Ensino Fundamental (BARCELLOS, 2017)³ e vinte e três que apontaram proposições didático-pedagógicas à melhoria do ensino de Física no Ensino Médio (REZENDE, 2018; RIBEIRO, 2018; PIRES, 2017; SANTOS, 2017; MONTEDO, 2017; ALMEIDA, 2016; ANDRADE, 2016; PERON, 2016; SABKA, 2016; SOUZA, 2016; BARBOSA, 2015; ESPÍRITO SANTO, 2015; LOPES, 2015; SILVA, 2015; CORTEZ, 2014; FIGUEIRA, 2014; KARAT, 2014; BRITO, 2013; SILVA, 2013; LIMA NETO, 2012; FERNANDES SOBRINHO, 2011; MONTEIRO, 2011; GOULART, 2008).

¹ Os estudos são: DIONOR, G. A. Propostas de ensino baseado em questões sociocientíficas: uma análise sistemática da literatura acerca do ensino de ciências na educação básica (2018). CARAMELLO, G. W. Aspectos da complexidade: contribuições da física para a compreensão do tema ambiental (2012). SILVA, E. C. As radiações ionizantes na formação do professor de Física: um olhar nas revistas especializadas (2011).

² Os estudos são: FREITAS, D. B. Modos de discurso usados por licenciandos em física da UFRGS em questões sociocientíficas (2019). CORTEZ, J. A abordagem CTS no contexto da formação e da atuação dos professores da área de ciências da natureza (2018). PINHO, G. C. O Ensino da educação ambiental e os PCN e DCNEM: Concepções e práticas dos professores de ciências do ensino médio (2017). LOPES, M. L. F. P. Compreensões de licenciandos em Ciências da Natureza e Matemática sobre a temática ambiental e o processo educativo (2017). GUIMARÃES, G. B. Concepções docentes sobre o descarte irregular de resíduos sólidos e o Ensino das Ciências da Natureza (2017). FONSECA NETO, S. N. Educar pela pesquisa: as percepções de alunos de graduação sobre as temáticas energia e sustentabilidade em um curso de extensão (2015). BEZERRA, M. E. B. Um estudo sobre o ensino de evaporação no contexto ciência, tecnologia e sociedade (2014). ROCHA, A. F. V. A inserção da temática ambiental no ensino superior: uma análise dos cursos de formação de professores da UFG (2013). LOPES, N. C. Aspectos formativos da experiência com questões sociocientíficas no ensino de ciências sob uma perspectiva crítica (2010). SOUTO, T. V. S. Ensinando física a partir de temática CTSA na construção de um pensar complexo sobre o fenômeno do aquecimento global (2010). SILVA, D. F. O ensino em uma abordagem CTS: evoluções nas concepções de futuros professores de Física (2009).

³ BARCELLOS, L. S. O ensino da interação radiação-corpo humano nos anos iniciais do ensino fundamental: uma abordagem investigativa e colaborativa com enfoque ciência, tecnologia e sociedade (2017).

Ao realizarmos a leitura desses achados, analisamos que os conteúdos da Física são abordados em articulação com as questões da Ciência, da tecnologia e do ambiente e verificamos que os mesmos pertencem às seguintes áreas da Física: cinco estudos investigam o ensino da Mecânica (Princípio da Conservação da Energia); quatro, a Física térmica (Energia térmica e propagação, efeito estufa, ciclo da água); dois pesquisam a Termodinâmica (Máquinas térmicas); quatro trabalhos, a Eletricidade (Produção e consumo de energia elétrica); quatro pesquisam o Eletromagnetismo (maioria sobre Radiação); e, 20 pesquisam a Física Moderna e Contemporânea (maioria sobre Energia nuclear).

Pontuamos que o conceito de “energia” é debatido na maioria dos estudos, partindo da noção de que este pode ser considerado um conceito unificador ou transdisciplinar dentro da Física, conforme pontuam Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011).

Do ponto de vista da metodologia de ensino empregada, identificamos três estudos que utilizaram a abordagem temática dos três momentos pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNANBUCO, 2011). Tal metodologia articulou-se ora à abordagem de História e Filosofia da Ciência (HFC), ora à proposta de ensino por investigação e ora à abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTS/CTSA).

Analisando os trabalhos em questão, constatamos uma tímida produção no campo acadêmico de pesquisas que articulam conceitos da Física térmica às questões das mudanças climáticas, locais e globais, e suas causas como a poluição urbana. Destes, encontramos três estudos: Souto (2010), Silva (2013) e Almeida (2016).

Verificamos ainda apenas um trabalho que propôs uma abordagem investigativa e colaborativa com enfoque CTSA sobre a interação radiação-corpo humano nos anos iniciais do Ensino Fundamental (BARCELLOS, 2017). À semelhança deste, ressaltamos uma iniciativa didática, também numa perspectiva CTS/CTSA, realizada numa escola municipal de Vitória (ES) relativa à ondulatória/acústica e descrita no livro *Ensinando Física na infância: o som nosso de cada dia*

(LOBINO, 2015)⁴. Cabe aqui ressaltar que pesquisas mostram que as perguntas das crianças revelam uma inquietação por questões cotidianas cujas respostas são baseadas em conceitos físicos (LOBINO, 2002). Acrescente-se a essa discussão curricular o fato de os professores de Ciências no Ensino Fundamental não terem formação, inicial e continuada, adequada para trabalhar conteúdos da Física com os educandos, apontando a necessidade de se ampliar a pesquisa em Ensino de Física nessa etapa da Educação Básica. Necessária também se faz uma reestruturação na formação inicial de professores que atuam em todo o Ensino Fundamental.

De maneira em geral, os estudos sinalizam possibilidades concretas à melhoria do ensino de Física, para além da ação didática da exposição de conceitos e fórmulas. Demonstram que há maior motivação dos alunos quando a aula é direcionada à experimentação dos conteúdos da física, partindo da leitura de mundo do educando, observado em sua realidade vivida (FREIRE, 1996).

Além disso, as pesquisas avaliam como qualitativa a integração curricular proporcionada pela abordagem temática inter e transdisciplinar proporcionando uma visão integrada do conhecimento ao educando.

Contudo, despertamos o interesse em produzir uma iniciativa de pesquisa que alie ensino de conceitos físicos no Ensino Médio à temática ambiental por meio de uma abordagem inter e transdisciplinar a partir do enfoque CTS/CTSA, tendo a poluição urbana como tema central.

O diferencial que apresentamos em nossa pesquisa, são a ênfase e o debate das possibilidades didático-pedagógicas ao ensino da Física térmica na relação com o tema poluição urbana, pensada a partir da realidade socioambiental local da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) em seus aspectos

⁴ Ensinando Física na infância “O som nosso de cada dia”: uma experiência inovadora. 1.^a Ed. Novas Edições Acadêmicas, 2015. Prefácio do professor Dr. José André Peres Angotti, professor titular de Metodologia de Ensino e Estágio Supervisionado em Ensino de Física/Ciências da Universidade Estadual de Santa Catarina.

socioeconômicos prevalentes, resultantes dos processos e atividades industriais, sobretudo mineradora e siderúrgica. Em consequência, verifica-se o aumento na emissão de material particulado na atmosfera, sobretudo o pó de minério e carvão (“pó preto”) e um aumento das emissões de gases do efeito estufa por essas empresas, aliado ao crescente uso de veículos automotores na RMGV nos últimos anos; ao desmatamento da mata atlântica; à monocultura de eucalipto; entre outros.

CAPÍTULO 2

REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO DA PESQUISA

Ao nos lançarmos a uma iniciativa de produção científica, compreendemos a importância do lugar da teoria, em uma concepção que a ciência lida com a produção do conhecimento complexo.

Corroboramos com Morin (2000) junto a sua teoria da complexidade, de que é necessário não compreender isoladamente um conhecimento, já que seu entendimento é uma construção histórico-cultural, por isso, tem como aspectos: sua provisoriedade, parcialidade, diferenças. Assim, as teorias são como um conhecimento aberto a possibilidades, podem ser vistas como conhecimento aberto às incertezas: caminhos transdisciplinares que nos auxiliam a pensar as novas invenções e intervenções no cotidiano social na dialética construtiva do mundo em suas relações.

Nessa direção, procuramos nesse capítulo dar visibilidade aos conceitos estruturantes que embasam o debate de nosso objeto de pesquisa. Sendo eles: 1) A concepção de currículo ao ensino de Física; 2) Alfabetização científica, 3) Abordagem CTS/CTSA e 4) Abordagem temática no Ensino de Física.

2.1. A concepção de currículo no ensino de Física na Educação Básica

Problematizar a temática currículo nos leva a analisar os embates entre as maneiras de fazer do currículo prescrito, as chamadas políticas curriculares, e os currículos vividos dia a dia na escola. Sinalizamos que defendemos a concepção de que é preciso entender currículo em ação e “[...] não apenas práticas que se aprisionam à execução de currículos prescritos em políticas governamentais (FERRAÇO, 2005, p. 33)”.

Assim, ao longo da história da legislação curricular brasileira, observamos nos últimos 20 anos, diversas transformações ao modo de como enunciar o saber e fazer didático-pedagógico ao ensino da Física no ensino médio.

No ano de 1998, mediante a sinalização da LDB de 1996 sobre a importância de se construir diretrizes curriculares na educação básica brasileira, são apresentadas as Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio e os Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio (PCNs).

As Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) contêm um conjunto de diretrizes e orientações que deverão ser seguidas pelas escolas de Ensino Médio, para que sua organização pedagógica e curricular possa atender as novas exigências definidas em lei.

Tal importância ao Ensino Médio se atribui porque se trata da etapa da educação básica que deverá articular, consolidar e aprofundar a educação que o educando recebeu (Ensino Fundamental) e, ao mesmo tempo, prepará-lo para a aprendizagem futura, seja não só o ensino superior ou a educação profissional, mas para uma formação cidadã.

Nessa direção, o ensino de Física assume o desafio de conceber a prática em sala de aula transpondo o simples repasse automático de conteúdo, tomando como desafio a construção de uma escola mais atraente ao jovem atual, em uma base de formação integral humana, que tenha a pesquisa como ponto de chegada e partida, para a construção da prática pedagógica, sendo esta aliada a dimensões do trabalho, ciência, tecnologia e cultura (BRASIL, 2012).

Além disso, observa-se o papel fundamental que o ensino de Física assume diretamente relacionado com as inovações tecnológicas, ao mesmo tempo, estas mesmas inovações servem como combustível para alimentar o interesse dos alunos estimulando-os ao aprendizado. Para isso, as DCEM já anunciavam os princípios estruturadores a saber: identidade, diversidade, autonomia, a interdisciplinaridade e a contextualização. Entre estes, o da interdisciplinaridade e contextualização, são merecedores de uma reflexão mais aprofundada, justamente por estarem intimamente ligados com o assunto que nossa pesquisa aborda.

Os documentos curriculares anunciam a interdisciplinaridade como princípio de que todo conhecimento mantém um diálogo permanente com outros conhecimentos. Todavia o diálogo pode ser de questionamento, de negação, de complementação, de ampliação, de iluminação de aspectos não distinguidos. No caso da Física a relação com outras disciplinas, gira em torno de três dimensões: investigação e compreensão de fenômenos, representação e comunicação e por último, a contextualização sociocultural necessária para que o educando venha a lidar com a Física em seu dia a dia, lembrando que nenhuma proposta é universal, mas criada de acordo com cada realidade local.

Além disso salientamos que é nas DCNEM que primeiramente aparece a sinalização dos componentes curriculares organizados em três áreas do conhecimento: Linguagem, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; Ciências Humanas e suas Tecnologias. Cada uma destas áreas tem seus objetivos específicos, sendo o das Ciências da natureza aplicar esses conhecimentos para explicar o funcionamento do mundo natural, planejar, executar e avaliar ações de intervenção na realidade natural (BRASIL, 1999).

É importante compreendermos que pesquisas acerca do ensino de Física nos primeiros dez anos dos anos 2000, constatam que diferentes aspectos levaram os PCNs e as DCNEM serem currículos cujas enunciações ficaram longe do que se observou na realidade de sala de aula.

Segundo Bonadiman e Nonenmacher (2006) nas escolas de nível médio, se aprendeu pouco de Física e, o que é pior, se aprende a não gostar dela. Os autores apontam diversas causas apontadas como responsáveis pelo momento vivido no Ensino de Física, sendo estas: A pouca valorização dada ao professor e suas precárias condições de trabalho; uma metodologia inadequada que atribui grande importância à Física clássica; o enfoque na ferramenta matemática, desvinculando do seu sentido físico conceitual; o repasse dos conteúdos de forma descontextualizada e linear, não os interligando com outras disciplinas; o uso de um ensino demasiadamente conceitual em detrimento de práticas como a experimentação; e, a falta de sensibilidade aos saberes que o aluno traz do seu cotidiano.

Uma parte da solução dos problemas relativos ao ensino de Física começa na própria formação do professor. Muitas vezes, a metodologia que o professor aplica em sala de aula não é a que lhe foi orientada na universidade, mas sim a que ele vivenciou durante a sua formação, por isso esta é a que lhe garante maior segurança em sala de aula.

Em relação a esse ponto, Angotti (2010), dá ênfase a formação inicial e continuada de licenciados em Física nos modelos à distância ou semipresencial, argumentando que se apenas os cursos presenciais se mantiverem, mesmo que ocorra um aumento nas vagas e um melhoramento nos índices de aproveitamento é quase impossível atingir um número de licenciados em nossa área. Além de ter a tecnologia como parceira indispensável, a educação a distância não é importante só para garantir a quantidade de profissionais necessários, serve também para estimular mudanças e reflexões didático-pedagógicas dos matriculados, e para atender também aqueles que se sentem excluídos porque trabalham ou residem em locais distantes dos centros formadores, ainda que a modalidade EAD tenha encontros presenciais nos pólos distribuídos de conveniados.

Nesse sentido, é preciso pensarmos em possibilidades didático-pedagógicas ao ensino de Física que não se aprisionem em prescrições curriculares, entendendo que as realidades dos cotidianos escolares são múltiplas, por isso, é muito complexa a sinalização engessada de um modelo a se seguir de currículo ao Ensino Médio. Assim, defendemos a noção de que:

As práticas curriculares, inventadas pelos sujeitos praticantes das escolas, além de serem híbridas, negociadas nas complexas redes cotidianas de saberes, fazeres e poderes, são, também, políticas de currículo. Essa atitude tem levado à busca de uma noção de política mais complexa do que aquela sistematizada pelos documentos governamentais. De fato, se é urgente perceber que as teorias são práticas sociais, assim como as práticas pedagógicas desenvolvidas no dia a dia escolar. Também é urgente percebermos que ambas são, sobretudo, políticas (FERRAÇO; CARVALHO, 2012, p. 9).

É fundamental marcarmos junto a essa pesquisa, nosso papel e compromisso político de se produzir um conhecimento científico em partilhas com as políticas curriculares que são inventadas a todo o momento na ação-reflexão-ação de professores e alunos dia a dia no chão das escolas de educação básica

brasileira. Isso não significa dizer que os sujeitos escolares devam ignorar a existências das políticas curriculares governamentais; contudo, fazer usos no movimento de produção de um trabalho pedagógico com vistas à conscientização. Para Freire (1980) esse fazer caminhar no entendimento de que:

O homem ao aproximar-se da realidade faz simplesmente a experiência da realidade na qual está e procura. Essa tomada de consciência não é ainda a conscientização, porque esta consiste no desenvolvimento crítico da tomada de consciência [...] a criticidade seria resultado de um trabalho pedagógico apoiado em condições históricas propícias. Na busca da criticidade, a conscientização não poderia fazer parte de uma educação qualquer, mas de um processo voltado para a responsabilidade social e política para a decisão. O primeiro objetivo de toda a educação: antes de tudo provocar uma atitude de reflexão que comprometa a ação. Para isso, o diálogo busca a liberdade como alternativa da formação das pessoas (FREIRE, 1980, p.90).

Defendemos portanto, nessa pesquisa, uma concepção de educação, currículo, prática pedagógica e avaliação emancipatório dialógica, baseada nos estudos de Paulo Freire e de pesquisadores ao ensino de Ciências e Física que dialogam com a perspectiva freiriana de educação, para anunciar possibilidades ao como fazer e construir ações didático-pedagógicas à Física no Ensino Médio, como etapa da Educação Básica e direito do educando.

Discutiremos brevemente a seguir a concepção de avaliação de que lançamos mão nesse trabalho.

Defendemos nessa pesquisa os usos e entendimento de avaliação na concepção formativa, tendo como base os estudos de Benigna Villas Boas (2010), a qual faz usos da teoria freiriana em suas pesquisas sobre avaliação na educação básica.

A autora aponta o desenvolvimento da avaliação formativa como prática ao longo de todo o processo da atividade instrutiva de sala de aula, eminentemente pedagógica, e a todo o momento a serviço da melhoria do aprendizado do aluno (VILAS BOAS, 2010).

O foco da avaliação formativa toma como fonte a *regulação* dos processos de ensino e de aprendizagem, dando centralidade à avaliação no aluno, cabendo

ao professor levá-lo a um nível de autonomia que ele seja capaz de autorregular e controlar o que e como aprende. Já ao professor cabe a produção do *feedback*, entendendo-o como as múltiplas interações sociais e culturais que ocorrem no processo educativo. O professor que tem o papel de regular as aprendizagens dos alunos, por meio de um retorno docente que aponte o que eles estão aprendendo com o anunciado no currículo escolar (VILAS BOAS, 2010).

Os estudos de Vilas Boas (2010) ao dialogar com professores sobre possibilidades e dificuldades que eles encontram para se produzir uma prática avaliativa formativa; apontam diferentes formas de regulação por meio de atividades auto avaliativas, nos usos de fichas do aluno, diagramas conceituais, cadernos do aluno e professor, e portfólios na produção do *feedback* a professores e estudantes. Centraliza a discussão na postura do docente mediante a prática avaliativa, demarcam o retorno pedagógico no intuito de produzir atividades didáticas que materializem o que o aluno conseguiu aprender e, a partir delas, a intenção é que o professor produza outras ações pedagógicas para melhoria daquilo que não foi aprendido.

Nessa direção sinalizamos os usos da avaliação formativa na pesquisa ao ensino de Física, na relação com abordagem temática e enfoque CTS/CTSA, com vistas a alfabetização científica emancipatória de alunos e alunas da rede estadual do Espírito Santo. Por isso, nos tópicos a seguir damos visibilidade à discussão que embasará a pesquisa de campo, enunciando o conceito de alfabetização científica.

2.1.1 Alfabetização científica: perspectivas para uma formação cidadã

O termo alfabetização científica deriva do termo *scientific literacy*, utilizado pela primeira vez em 1958 pelo estudioso do currículo das Ciências Paul Hurd. É também conhecido como letramento científico o qual anuncia a formação do indivíduo na apropriação de conhecimentos científicos suficientes para que esta pessoa possa interpretar os fenômenos e enfrentar os problemas de sua própria realidade.

A expressão “enculturação científica” também é utilizado no Brasil para designar um processo de alfabetização científica que vise a inserção dos alunos na cultura científica, uma nova cultura com a qual os mesmos possam interagir lhes permitindo uma outra forma de ver o mundo, objetivando uma formação cidadã que lhes propicie o domínio e o uso dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos nas diversas esferas de sua vida (SASSERON, 2010, p.14).

No entanto, observa-se que na essência das discussões de quem usa uma ou outra expressão “[...] estão as mesmas preocupações com o ensino de Ciências e motivos que guiam o planejamento deste ensino para a construção de benefícios práticos para as pessoas, a sociedade e o meio ambiente (SASSERON, 2010, p.14)”.

Estabelecendo um paralelo entre a alfabetização científica e o processo de letramento, dialogamos com Freire (1987) a noção de que alfabetizar é permitir ao indivíduo estabelecer conexões entre o mundo e a palavra escrita; dessa forma, fomentam-se as construções de conexões entre o conhecimento científico e a realidade vivida. Nesse processo, é necessária a promoção de uma prática pedagógica dialógica e problematizadora que supere a noção de educação como prática bancária, em que os educadores se consideram detentores do conhecimento, depositando o mesmo nos educandos passivos.

Compreendemos que alfabetização científica deve caminhar na direção de que:

Saber que ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou criação [...] na qual o educador deve estar aberto a indagações, às curiosidades, às perguntas dos alunos, a suas inibições (FREIRE, 1996, p.52).

Dessa forma a noção dos lugares que professor e aluno ocupam superam a contradição entre educador e educando, transformando-os em “educador-educando” e “educando-educador”, onde “[...] o educador já não é o que apenas educa, mas o que, enquanto educa é educado, em diálogo com o educando que, ao ser educado, também educa (FREIRE, 1987, p. 68)”.

Uma concepção de ensino de Ciências que vise uma “alfabetização científica” encontra seu amparo então em Freire (1980) na medida em que se compreende que:

[...] a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes [...] Implica uma autoformação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto (FREIRE, 1983, p. 111)

Logo, uma educação em Ciências que aspire à alfabetização científica deve permitir aos educandos compreenderem os conhecimentos científicos e suas tecnologias a fim de potencializar sua cidadania para atuarem no mundo contemporâneo que depende cada vez mais desses conhecimentos historicamente construídos, apontando que esta mesma sociedade deva saber ainda mais sobre Ciências e seus empreendimentos. Nesse sentido, parece válido considerar a ciência como uma parte da cultura do nosso tempo (SERRES, 1991).

Para Chassot (2003) a ciência pode ser entendida como uma “linguagem construída pelos homens e pelas mulheres para explicar o nosso mundo natural” ou como “um conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo em que vivem (CHASSOT, 2000, p.19)”. Assim, “[...] ser alfabetizado cientificamente é saber ler a linguagem em que está escrita a natureza”. Portanto, propiciar o entendimento ou a leitura dessa linguagem é fazer alfabetização científica (CHASSOT, 2003).

Chassot (2003) também pontua que “[...] é um analfabeto científico aquele incapaz de uma leitura do Universo”. Dessa forma, compreender a ciência enquanto linguagem e “[...] sabê-la como descrição do mundo natural ajuda a entender a nós mesmos e o ambiente que nos cerca (CHASSOT, 2003)”.

O entendimento da ciência também nos permite contribuir para o controle e a previsão das transformações que ocorrem na natureza. Assim, temos condições de fazer com que as mesmas “[...] sejam propostas para que conduzam a uma melhor qualidade de vida (CHASSOT, 2003)”. Seria, portanto desejável que os

alfabetizados cientificamente tivessem facilitada tanto sua leitura de mundo quanto entendessem a necessidade de transformá-lo em algo melhor.

Nesse sentido, o alfabetizado cientificamente precisa compreender que os problemas ambientais, sejam eles urbanos ou não, são produtos da interferência do homem na natureza, transformando-a conforme seus interesses e explorando os seus recursos em busca de maximização dos lucros sem se preocupar com as consequências. Portanto, a alfabetização científica pode possibilitar o desenvolvimento de uma cidadania socioambiental comprometida com a intervenção e transformação da realidade na construção da utopia possível da sustentabilidade da vida local-planetária (FREIRE, 2004; DICKMANN, 2010).

As ideias discutidas até aqui evidenciam que os pressupostos da alfabetização científica apontam para a necessidade de possibilitarmos aos educandos:

[...] a promoção de oportunidades para o desenvolvimento de conceitos e teorias científicas; o desenvolvimento de habilidades de investigação e a percepção de que Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente são esferas cujas relações são fortes e estreitas (SASSERON; MACHADO, 2017).

Diferentes autores listam uma série de habilidades entendidas como necessárias aos alfabetizados cientificamente. Sasseron (2008) e Sasseron e Carvalho (2008), em revisão de literatura de trabalhos voltados à alfabetização científica, apontam a existência de convergências entre as diferentes classificações que possibilitam agrupá-las em três blocos que englobam as habilidades listadas pelos diversos autores. A esses grupos as autoras deram o nome de “Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica” que fornecem bases suficientes para a elaboração e o planejamento das aulas de Ciências voltadas à promoção de uma Educação Científica.

O primeiro eixo estruturante refere-se à **compreensão de termos, conceitos e conhecimentos científicos fundamentais** e constitui-se no trabalho de construção de conhecimentos científicos (conceito, leis e teorias) com os estudantes para que possam aplicá-los e reconhecê-los em diversas situações cotidianas. No ensino de Física, Ben-dov (1996) sinaliza que “[...] para se ter uma melhor compreensão da Física de hoje, e talvez de amanhã, é necessário

abordar suas teorias sob uma perspectiva histórica”, evidenciando a necessária contextualização histórica dos conceitos físicos. Diante disso surge a necessidade de desenvolver com o aluno um panorama de evolução de teorias centrais constituintes da ciência e, em particular da Física (ZANETIC, 1989). Além disso, é necessário que o formalismo matemático das leis físicas (fórmulas), que relacionam as variáveis do mundo natural, esteja atrelado, por exemplo a uma experimentação numa perspectiva investigativa, como demonstrações e laboratórios investigativos (SASSERON; MACHADO, 2011).

Já o segundo eixo está ligado à **compreensão da natureza das Ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática**. Carvalho e Sasseron (2011) pontuam que a investigação é uma prática adotada pelos cientistas para compreender os fenômenos naturais. Nesse sentido o educador deve possibilitar aos alunos a percepção e o exame dos fenômenos da natureza na busca de explicações, levando-os à construção de suas próprias hipóteses, organizando-as em torno da construção do conhecimento científico em práticas investigativas. Ainda, a fim de promover uma enculturação científica dos educandos, o professor pode propor atividades nas quais o aluno possa estudar a ciência como construção histórica para interpretar a natureza, onde o mesmo possa acompanhar acontecimentos em torno da produção daquele conhecimento científico.

Nesse processo de construção de propostas didáticas com elementos de História e Filosofia da Ciência, deve-se focar quatro pontos: a ciência como construção histórica, a ciência enquanto produtora de conhecimentos sujeitos a mudanças e reformulações, a construção deste conhecimento é guiada por paradigmas que influenciam a observação e interpretação de certos fenômenos, a ciência é construída numa interligação de teorias (Carvalho e Sasseron, 2011). Esses aspectos devem ser considerados ao se selecionar textos originais de cientistas, na formulação de questões para problematizar os principais pontos, além do cuidado com a adequação da linguagem dos mesmos para que fique acessível aos alunos.

Por fim, o terceiro eixo estruturante compreende **o entendimento das relações existentes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente**. Em função do entrelaçamento dessas esferas, esse eixo denota a necessidade “[...] de se compreender as aplicações dos saberes construídos pelas Ciências, considerando as ações que podem ser desencadeadas pela sua utilização (SASSERON, 2011, p.18)”. Em outras palavras, trata-se de considerar que a solução imediata de uma situação em uma dessas áreas, como a ampliação da matriz energética de uma localidade, pode desencadear futuramente o aparecimento de outra associada, como um desequilíbrio ambiental decorrente de um rompimento de uma barragem, constituindo-se em um problema socioambiental. O trabalho com esse eixo pode ser garantido quando se pretende ensinar:

[...] um futuro sustentável para a sociedade e para o planeta, e sua consecução se liga às pontes construídas pelo professor para que os temas científicos sejam analisados de maneira global, fora do microcosmo que a sala de aula constitui (SASSERON; MACHADO, 2011, p.23).

Lobino (2015) destaca que “[...] a educação em Ciências sempre esteve vinculada ao desenvolvimento científico e tecnológico de um país”. Nesse contexto, países com tradição científica como Inglaterra, Itália, França e Alemanha, desde o Século XVIII, estabeleceram políticas nacionais, voltadas para a educação científica desde a escola elementar até o ensino superior (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990).

Lobino (2002) ainda pontua que para que a alfabetização científica seja promovida sobre bases sustentáveis há uma necessidade de se reorientar o ensino de Ciências em toda extensão da Educação Básica, buscando organizar o trabalho da área de Ciências da Natureza em torno de uma metodologia interdisciplinar articulando conceitos da Física, Biologia e Química. Nota-se que o conhecimento dessa área ainda é trabalhado, na escola atual, de forma fragmentada, contrariando o que é defendido por Lefébrve (1987) que afirma que o conhecimento científico é também histórico, prático e social.

Ainda a autora argumenta que:

[...] Em relação aos anos Iniciais do Ensino Fundamental a situação se agrava, na medida em que no processo de alfabetização da criança a ênfase recai sobre o ensino da Língua Portuguesa e Matemática, ignorando a curiosidade natural das crianças sobre os fenômenos da natureza indicada anteriormente. Estas e outras questões precisam ser urgentemente problematizadas à luz dos pressupostos que orientam nossos currículos — da educação infantil à pós-graduação, na perspectiva de uma alfabetização científica para a sustentabilidade local e planetária (LOBINO, 2012).

Reafirmando essa urgência, Lobino (2002), constata que, visivelmente, as disciplinas Física e Química, são bastante temidas pela maioria dos alunos no Ensino Médio, possivelmente por não terem sido alfabetizados cientificamente desde a mais tenra idade, só iniciando um contato com essas disciplinas a partir do nono ano do Ensino Fundamental.

Nessa direção compreendemos que o enfoque CTS/CTSA (Ciência — Tecnologia — Sociedade — Ambiente) na relação com alfabetização científica na perspectiva freiriana caminham como elos coesos e coerentes para sustentar a pesquisa ao ensino de Física nesse trabalho. No tópico a seguir, analisaremos os principais pressupostos do movimento CTS/CTSA que utilizamos nessa pesquisa, enquanto um enfoque possível para se alcançar uma alfabetização científica em diálogo com uma educação ambiental crítica no Ensino de Ciências.

2.1.2. Ensino de Ciências sob o enfoque CTS/CTSA⁵

2.1.2.1. Surgimento do movimento CTS e repercussões em diversos campos

Apesar do otimismo proclamado pelo promissor modelo linear⁶, o mundo tem sido testemunha, desde do final da década de 1950, de uma série de desastres

⁵ No Canadá e na Holanda começou a figurar como ideia vigente a adoção da sigla A junto ao CTS, transformando-o em CTSA, ou STSE (Science – Technology – Society – Environment) na língua inglesa, em que o ambiente também possuía lugar de destaque nas discussões (AIKENHEAD, 2003, p. 6). Considerando a realidade atual e os problemas ambientais, a fim também de se evitar reducionismos, faz-se necessário enfatizar o contexto CTSA.

⁶ Tal concepção está presente com frequência em diversos espaços do mundo acadêmico e nos meios de divulgação. Em sua fundamentação acadêmica, encontramos a visão clássica do positivismo acerca da natureza da Ciência e de sua mudança temporal. No modelo linear, o desenvolvimento científico gera o desenvolvimento tecnológico, este gera o desenvolvimento econômico que determina, por sua vez, o desenvolvimento social (bem-estar social), ou seja,

relacionados à ciência e à tecnologia, como acidentes nucleares e envenenamentos farmacêuticos, dentre outros. Nesse contexto, no início dos anos 60, surge o movimento CTS — Ciência, Tecnologia e Sociedade — momento no qual a comunidade acadêmica e a sociedade civil de vários países começavam a questionar os limites da produção científico-tecnológica. Se por um lado alguns progressos da ciência e da tecnologia proporcionavam bem-estar social e desenvolvimento econômico, por outro, os mesmos ocorriam à custa de prejuízos causados à sociedade e ao ambiente (BAZZO *et al.*, 2003). Surge então:

[...] um sentimento social e político de alerta, de correção do otimismo pós-guerra, que culmina no simbólico ano de 1968, com o auge do movimento contra cultural e de revoltas contra a guerra do Vietnã. Desde então, os movimentos sociais e políticos antissistemas fazem parte da tecnologia moderna e do estado tecnocrático⁷, o alvo de sua luta (GONZALÉZ GARCIA *et al.*, 1996).

Os anos 60 e 70 demarcam um momento de correção do modelo linear como base de um delineamento de uma política científico-tecnológica. Surge então uma política mais intervencionista onde os poderes públicos desenvolvem e aplicam instrumentos técnicos, administrativos e legislativos para encaminhar o desenvolvimento científico e tecnológico e supervisionar seus efeitos sobre a natureza e a sociedade. A participação pública será a partir daí uma constante

+ciência = +tecnologia = +riqueza = +bem-estar social. As obras de Tomas Kuhn (*Estrutura das Revoluções Científicas*, 1962) e de Rachel Carson (*Primavera Silenciosa*, 1962) são marcos simbólicos dessa crítica à forma como a ciência e tecnologia começavam a serem vistas pela sociedade. Enquanto a primeira questionava o modo como se fazia ciência, a segunda foca sua atenção aos impactos ambientais causados à sociedade por seu uso descontrolado. (BAZZO *et al.*, 2003).

⁷ Diferentes autores, afortunadamente cada vez menos, argumentam que é melhor deixar com os especialistas as decisões com relação à gestão do risco gerado pela aplicação do conhecimento científico e pela utilização dos artefatos tecnológicos. Esta afirmação reflete a ideia-chave do argumento tecnocrático: o público nunca há de envolver-se em tudo que tenha a ver com a ciência e a tecnologia; a ciência é uma instituição autônoma e objetiva. Dada a complexidade das questões e as rápidas mudanças na definição dos problemas e suas soluções, o público perde tempo quando trata de formar parte da solução dos problemas técnicos. As elites, argumentam os tecnocratas, tomarão as decisões mais racionais e adequadas (BAZZO *et al.*, 2003). Esse argumento de tomada de decisão no âmbito tecnocrático merece destaque diante da urgência da participação social nos processos democráticos. Nas instituições de ensino tais questões não são levadas a sério. Um dos motivos é caráter técnico científico do ensino das ciências, contribuindo para não estimular a participação cidadã.

nas iniciativas institucionais relacionadas à regulamentação da ciência e da tecnologia (BAZZO *et. al.*, 2003).

González Garcia *et al.* (1996), relatam vários eventos ao longo da década de 60 que contribuíram para o fortalecimento do movimento CTS, tais como:

- Os impactos ambientais produzidos pelos usos de pesticidas sintéticos como o DDT denunciados em 1962 pela obra *Silent Spring* de Rachel Carson, impulsionando o movimento ecologista;
- O afundamento em 1963 do submarino nuclear *USS Thresher*, seguido pelo *USS Scorpion* em 1968;
- Em 1966, cai um Boeing B-52 com quatro bombas de hidrogênio perto de Palomares, Almería, contaminando uma ampla área com radioatividade;
- O petroleiro *Torry Canyon* sofre um acidente em 1967 e espalha uma grande quantidade de petróleo nas praias do sul da Inglaterra. A contaminação por petróleo converte-se, desde então, em algo comum em todo o mundo;
- Várias revoltas nos Estados Unidos contra a guerra do Vietnã (que, no caso da participação norte-americana, incluiu sofisticados métodos bélicos como o uso de bombas incendiárias contendo Napalm).

A partir desses acontecimentos, percebeu-se a necessidade de se discutir a utilização das tecnologias e suas implicações socioambientais, promovendo a fiscalização, regulação e administração desses usos. Nesse sentido, movimentos sociais de jovens americanos (movimento contra cultura) e de ativistas ambientais europeus surgiram nos anos 60 com o intuito de reivindicar o uso controlado da ciência e da tecnologia e o cuidado com o ambiente. Emerge desde então o movimento CTS enquanto movimento social na luta por esta causa (GARCIA; CEREZO; LÓPEZ, 1996).

Nesse ponto, parece-nos pertinente deslocar:

[...] a ênfase que os estudos CTS normalmente fazem sobre a relação entre ciência, tecnologia e desenvolvimento (no sentido produtivo e econômico), para colocá-la no eixo das relações ciência, tecnologia, cultura e ambiente, que nos dão condições de franquear um conjunto de problemas e de conflitos que além de expor mazelas sociais e econômicas ligadas ao nosso modelo de desenvolvimento, põe à vista dimensões ambientais, éticas, culturais e políticas de modo explícito (FARIAS; FREITAS, 2007).

Nesse sentido, Lobino (2014) sinaliza que o conceito de desenvolvimento é complementar à ideia de cultura, forjada no século XVIII, como afirma Herculano (1992, p. 23, 24):

Desenvolvimento é uma nova roupagem para a ideia de “progresso” que está presente no Iluminismo etnocêntrico de Turgot e Condorcet, no século XVIII, e que foi adotado pelo Positivismo de Comte no século XIX. Tal como o termo “progresso” (e o termo “evolução” trazido da Biologia) a ideia predominante de “desenvolvimento” supõe uma trajetória a ser percorrida, uma mudança ordenada, predeterminada, universal, segundo um mesmo e único processo civilizatório, uma crença de que a sociedade move-se numa direção desejada e melhor [...]. O desenvolvimento capitalista supõe, em resumo, um processo linear de crescimento ascendente e infinito, natural e resignadamente desigual.

Com efeito, esclarecem Farias e Freitas (2007), a chamada problemática ambiental não se reduz a mais um “objeto” de estudo e investigação para as ciências e as tecnologias contemporâneas. Trata-se de uma problemática que se mostra, ao mesmo tempo, ecológica, social, econômica, cultural e política e que se torna cada vez mais global e visível no agravamento da degradação ambiental, nas injustiças sócio ecológicas, na biopirataria, no acirramento das disputas pelos recursos naturais indispensáveis à vida entre outros (FARIAS; FREITAS, 2007).

Segundo Leff (2000), a questão ambiental surge no contexto de uma crise de civilização, em que se coloca em xeque o conhecimento fracionado, a ideia majoritária de progresso, enfim, as promessas da modernidade. Sousa Santos (2001) argumenta que a modernidade não cumpriu as promessas de liberdade individual e coletiva e, tampouco, os anseios de igualdade e fraternidade, pois, na trajetória do capitalismo, só foi garantido o que gerava mais capitalismo. Nesse processo, os efeitos do progresso gerados pela ciência e a tecnologia ainda é prerrogativa de poucos e as conquistas da civilização são colocadas em xeque: os problemas gerados pela clivagem entre norte e sul (países

desenvolvidos e em desenvolvimento) contribuem para acentuar a miséria, a violência, a competição feroz, a automação do trabalho e homogeneização de práticas sociais e culturais (FREITAS *et al.*, 2007).

É importante ressaltar que a preocupação com preservação da natureza remonta ao século XIX, ainda que em iniciativas pontuais, desde a Primeira Revolução Industrial onde houve amplo uso das máquinas térmicas nas indústrias, transportes, etc. que alavancou o modelo capitalista de desenvolvimento baseado no liberalismo econômico⁸ e intensificou a exploração predatória dos recursos naturais. A partir desse período, as atividades humanas passaram a ter um impacto maior na natureza ao utilizar os combustíveis fósseis e ampliar o desflorestamento. Ainda, a liberação de gases do efeito estufa⁹, tendo como principal agente o dióxido de carbono, foi intensificado (PIRES; SILVA, 2017).

Ribeiro (2007) lembra que o uso crescente de alguns recursos naturais vai torná-los raros, portanto, cada vez mais estratégicos.

Nesse contexto, Loureiro e Lima (2009) destacam autores como Gadotti (2000), Grün (1996), Guimarães (2004), Leff (2001), Loureiro (2002, 2003), Morin (1999) e outros que vêm descrevendo, em vívidos tons, a grave crise socioambiental que se define na sociedade moderna a partir da revolução industrial. Esta é caracterizada, entre outros aspectos: “[...] pelo uso intensivo de recursos naturais, extrema desigualdade social, processo produtivo altamente impactante,

⁸ Liberalismo econômico: O liberalismo é uma ideologia que defende a economia livre de intervenções governamentais, e a liberdade individual máxima para fazer escolhas de consumo, através do capitalismo. Também é uma ideologia que defende a propriedade privada. Uma economia liberal, também conhecida como economia de mercado, é caracterizada pela livre oferta e procura, e a formação dos preços a partir dos benefícios acima dos custos. Essa liberdade nas transações econômicas é dada pela concorrência entre os vendedores e, também, a ausência de impostos (DICIONÁRIO financeiro. Disponível em <https://www.dicionariofinanceiro.com/liberalismo/>. Acesso em: 10 Jun. 2019)

⁹ Caracterizam-se por gases presentes na atmosfera que absorvem radiação solar e aquecem o planeta. O aumento desses gases na atmosfera promove um efeito estufa e aumenta a temperatura global (FARLEY, 2008).

diminuição da diversidade biológica e cultural, concentração do poder em governos e mercado e crise de valores societários (LOUREIRO; LIMA, 2009)”.

Neste escopo, os autores ressaltam a importância da Educação em Ciências em sua interlocução com a educação ambiental crítica sobe enfoque CTS, por entender que:

[...] para que os cidadãos possam discutir e se engajar no enfrentamento dos desafios socioambientais, precisam estar cientificamente letrados e politicamente conscientes. Tal enfrentamento depende da luta pela formulação de ciências e culturas engajadas no processo de construção de um modelo de sociedade democrática, ecológica e socialmente sustentável (LOUREIRO; LIMA, 2009).

Frente a esse desafio educacional, os autores tecem um conjunto de reflexões e argumentos em favor da aproximação entre Educação em Ciências e Educação Ambiental, via enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), objetivando a construção de uma educação crítica, baseada no conhecimento científico e socioambiental. Nessa direção concluíram que existe uma produtiva interface entre a Educação Ambiental crítica e a Educação Científica com enfoque CTS que deve ser mais explorada academicamente e praticada no chão das escolas (LOUREIRO; LIMA, 2009).

Lobino (2015) pontua a necessidade da formação de educadores para lidarem com esse tipo de abordagem, afirmando que:

[...] a sustentabilidade socioambiental deve estar presente em todos os projetos na formação de professores, tendo em vista o atual estágio do atual modelo de desenvolvimento, bem como a complexidade dele decorrente da urgência de trazer a Educação Ambiental como eixo integrador e propulsor do conhecimento científico em bases sustentáveis (LOBINO, 2015, p.29)

Discorreremos no tópico a seguir a respeito da aproximação entre Educação Ambiental e Educação científica sob o enfoque CTS.

2.1.2.2. Educação em CTS/CTSA e Educação científica

Historicamente, nos anos 70, o movimento CTS ultrapassa os âmbitos políticos e social chegando ao campo educacional, tendo origem em dois locais

diferentes. Na Europa ele surge com um enfoque mais teórico-descritivo na busca por uma institucionalização acadêmica. Já nos EUA inicia-se com um caráter mais prático/administrativo por uma regulamentação da C&T através da institucionalização social. Essas duas linhas dominantes, que são consideradas já como tradições dentro do campo, são enunciadas por Leite e Ferraz (2011) da seguinte maneira:

[...] verifica-se a existência de duas tradições de estudos no campo CTS: a europeia e a norte-americana. A Primeira trata o desenvolvimento científico e tecnológico a partir da pesquisa acadêmica de seus antecedentes sociais, consolidados por fatores políticos, culturais, econômicos e epistêmicos, enquanto a segunda considera as consequências ambientais e sociais da mudança científico-tecnológica e seus respectivos problemas éticos (LEITE; FERRAZ, 2011, p. 40).

Nos anos 80, o movimento CTS estava amplamente difundido na educação, tendo em vista que a escola é um local de construção do conhecimento e um espaço privilegiado para o diálogo e o exercício da criticidade, facilitando o desenvolvimento deste tipo de abordagem (GARCIA; CERESO; LÓPEZ, 1996).

KRASILCHIK (1987), ao discutir a evolução da inovação educacional dos currículos de ciências no Brasil no período de 1950 a 1985, assinala que, na década de setenta, os mesmos começaram a incorporar uma visão de ciência como produto do contexto econômico, político e social. Já na década de oitenta, a renovação do ensino de ciências passou a se orientar pelo objetivo de analisar as implicações sociais do desenvolvimento científico e tecnológico.

Santos (2011), porém esclarece que “no Brasil, já na década de 1970, tinham-se materiais que incluíam implicações sociais da CT, porém pesquisas e materiais com a denominação CTS começam a surgir somente no final dos anos 90” (p. 23).

Nesse contexto, Santos e Mortimer (2002) relatam que vários materiais didáticos e projetos curriculares brasileiros foram elaborados incorporando elementos dessa perspectiva. Dentre os materiais didáticos, podemos citar: o projeto Unidades Modulares de Química (AMBROGI *et al.*, 1987), as propostas pedagógicas de LUTFI (1988 e 1992), a coleção de livros do Grupo de Pesquisa

em Ensino de Química da USP– GEPEQ, (1993, 1995, 1998), a coleção de livros de Física do GREF (1990, 1991 e 1993), entre outras.

No Ensino de Física há registros sobre reformulações, propostas, reflexões e críticas ao currículo de Física e metodologias de ensino em Atas dos Simpósios Nacionais de Ensino de Física, promovidos desde 1970 pela Sociedade Brasileira de Física (SBF). No âmbito da pesquisa em Ensino de Física, dois programas de pós-graduação na Universidade de São Paulo e na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, desde a década de 1970 têm produzido dissertações de Mestrado e teses de Doutorado, além de diversas publicações didático-pedagógicas. Dentre estas, destaca a Revista de Ensino de Física, publicada pela SBF desde 1970 (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1992, p.17).

Os currículos com abordagem CTS apresentam como objetivo central preparar os alunos para o exercício da cidadania e caracterizam-se por uma abordagem dos conteúdos científicos no seu contexto social (SANTOS; MORTIMER, 2002).

Nesse sentido, uma educação científica com enfoque em CTS/CTSA visa:

[...] motivar os estudantes na busca de informação relevante e importante sobre as ciências e as tecnologias da vida moderna, com a perspectiva de que possam analisá-la e avaliá-la, refletir sobre essa informação, definir os valores implicados nela e tomar decisões a respeito, reconhecendo que sua própria decisão final está inerentemente baseada em valores (CUTCLIFFE, 1990).

Nessa direção, a educação em CTS pode ser considerada, como uma integração entre educação científica, tecnológica e social, onde os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos (LOPES; CERESO, 1996).

Uma educação científica com ênfase em CTS pode ser realizada em diversas modalidades que se enquadram em uma das categorias do Quadro 01 (AIKENHEAD, 1994). Nessa classificação vemos a apresentação do conteúdo de CTS como elemento de motivação; a introdução de CTS no conteúdo das disciplinas de ciências (enxerto CTS); a ciência vista através de CTS; o ensino CTS puro, entre outras. Além disso, o critério utilizado para se estabelecer as diferenças entre as categorias para agrupar os cursos apresentados residuiu na

prioridade que foi atribuída para cada um dos objetivos gerais de CTS e na proporção entre o conteúdo de CTS e o conteúdo puro de ciências. À medida que se progride nas categorias, a avaliação de conteúdos CTS aumenta progressivamente em relação à avaliação do conteúdo puro de ciências. Nessa escala, a categoria um corresponderia a 0% de avaliação de conteúdos CTS e a categoria oito, a 100% (SANTOS; MORTIMER, 2002).

Quadro 1 — Categorias de ensino de CTS

Categorias	Descrição
1. Conteúdo de CTS como elemento de motivação.	Ensino tradicional de ciências acrescido da menção ao conteúdo de CTS com a função de tornar as aulas mais interessantes.
2. Incorporação eventual do conteúdo de CTS ao conteúdo programático.	Ensino tradicional de ciências acrescido de pequenos estudos de conteúdo de CTS incorporados como apêndices aos tópicos de ciências. O conteúdo de CTS não é resultado do uso de temas unificadores.
3. Incorporação sistemática do conteúdo de CTS ao conteúdo programático.	Ensino tradicional de ciências acrescido de uma série de pequenos estudos de conteúdo de CTS integrados aos tópicos de ciências, com a função de explorar sistematicamente o conteúdo de CTS. Esses conteúdos formam temas unificadores.
4. Disciplina científica (Química, Física e Biologia) por meio de conteúdo de CTS	Os temas de CTS são utilizados para organizar o conteúdo de ciências e a sua sequência, mas a seleção do conteúdo científico ainda é feita partir de uma disciplina. A lista dos tópicos científicos puros é muito semelhante àquela da categoria 3, embora a sequência possa ser bem diferente.
5. Ciências por meio do conteúdo de CTS	CTS organiza o conteúdo e sua sequência. O conteúdo de ciências é multidisciplinar, sendo ditado pelo conteúdo de CTS. A lista de tópicos científicos puros assemelha-se à listagem de tópicos importantes a partir de uma variedade de cursos de ensino tradicional de ciências.
6. Ciências com conteúdo de CTS	O conteúdo de CTS é o foco do ensino. O conteúdo relevante de ciências enriquece a aprendizagem.
7. Incorporação das Ciências ao conteúdo de CTS	O conteúdo de CTS é o foco do currículo. O conteúdo relevante de ciências é mencionado, mas não é ensinado sistematicamente. Pode ser dada ênfase aos princípios gerais da ciência.
8. Conteúdo de CTS	Estudo de uma questão tecnológica ou social importante. O conteúdo de ciências é mencionado somente para indicar uma vinculação com as ciências.

Fonte: AIKENHEAD, 1994a. p. 55-56 [tradução Santos e Mortimer, 2002].

AIKENHEAD (1994a) considera que, embora nenhuma das categorias possa representar o modelo “real” de CTS, as categorias de três a seis são as que

representam a visão mais comumente citada na literatura. Santos e Mortimer (2002) esclarecem que:

[...] um curso classificado na categoria 1 talvez nem pudesse ser considerado como CTS, dado o baixo *status* atribuído ao conteúdo de CTS. Já a categoria 8 refere-se a cursos radicais de CTS, em que os conteúdos de ciências propriamente ditos praticamente não são abordados. Percebe-se, assim, que até a categoria 4 há uma maior ênfase no ensino conceitual de ciências e, a partir da categoria 5, a ênfase muda para a compreensão dos aspectos das inter-relações de CTS (SANTOS; MORTIMER, 2002).

Currículos nas categorias seis e sete poderiam ser propostos na Educação básica buscando-se a interdisciplinaridade na área de Ciências da Natureza e suas tecnologias. Isso demandaria a elaboração coletiva de projetos que possibilitassem a participação dos professores no desenvolvimento dos mesmos, necessitando-se, para isso, tempo de planejamento e formação continuada.

É importante ressaltar que a Educação CTS não é uma metodologia de ensino, mas uma perspectiva de ensino de Ciências, uma abordagem ou um enfoque cuja concepção emergiu dos movimentos sociais desde a década de 1960. Trata-se, portanto de um processo educativo orientado pelos ideais desse movimento social no campo educacional (SANTOS, 2002).

Nessa perspectiva pedagógica, os educandos são estimulados a pensar, a pesquisar, a participar no processo dialógico de construção do conhecimento mediado pelo educador com vistas a desenvolver um senso crítico nos mesmos. Para tanto, é necessário reconhecer que o conhecimento científico é histórico e social como indica Lefébrve (1987). Por outro lado, cabe ao educador promover estratégias diversificadas de ensino problematizando os conteúdos e temas, contextualizando-os com a realidade vivida do educando.

Faz-se necessário também considerar a leitura de mundo dos alunos, dar voz aos mesmos, estimular a criticidade, evitando assim um ensino de Ciências abstrato, descontextualizado, enciclopédico, ou seja, baseado na concepção bancária (FREIRE, 1987). Tal concepção de educação tem como propósito, intencional ou não, a formação de indivíduos acomodados, não questionadores

e que se submetem à estrutura de poder vigente. Nessa direção, Freire (1987) pontua que:

A ação educativa e política não pode prescindir do conhecimento crítico dessa situação, sob pena de se fazer “bancária” ou de pregar no deserto. Por isso mesmo é que muitas vezes educadores e políticos falam e não são entendidos. Sua linguagem não sintoniza com a situação concreta dos homens a quem falam. E sua fala é um discurso a mais, alienado e alienante (FREIRE, 1987, p. 87).

Espera-se que, a partir desse processo de alfabetização científica, o aluno seja capaz de se posicionar, argumentar, fundamentado teoricamente em questões sociocientíficas.

Na condução do processo educativo é possível utilizar diversas estratégias para o ensino em CTS como:

[...] palestras, demonstrações, sessões de discussão, solução de problemas, jogos de simulação e desempenho de papéis, fóruns e debates, projetos individuais e de grupo, redação de cartas a autoridades, pesquisa de campo e ação comunitária (HOFSTEIN; AIKENHEAD; RIQUARTS, 1988).

Santos e Schnetzler (2010) também apontam outras possibilidades didáticas que podem ser utilizadas na abordagem CTS, tais como:

[...] visitas a indústrias e museus, estudo de caso envolvendo problemas reais da sociedade, utilização de entrevistas, relatório de dados, análise de dados de computador e a utilização de materiais audiovisuais, como slides, filmes, kits, jogos e videoteipes (SANTOS; SCHNETZLER, 2010).

Cabe aqui ressaltar que a atual juventude interage crescentemente com as tecnologias e, assim, se produz, orienta seu comportamento e conduz a própria existência. As tecnologias digitais são, pois, um importante elemento constitutivo da cultura juvenil. Símbolos compartilhados no ciberespaço (LÉVY, 1999) geram significados e referenciam as atitudes e posturas das pessoas tanto quanto sinais e gestos do encontro físico. Por isso, se diz que os jovens de hoje são nativos digitais, uma geração nascida na era da internet (PRENSKY, 2001).

Para Kenski (2003), novas formas de aprendizagem surgiram por meio da interação, comunicação e do acesso à informação propiciadas pelas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC). Nesse sentido, a escola e seus

educadores têm o desafio de, partindo dos elementos da cultura jovem como videogames, smartphones, redes sociais; extrair desse universo, elementos que sirvam de ponto de partida para a mediação pedagógica e a construção de aprendizagens. Nesse processo educativo, devemos ampliar nossa concepção de educação científica para um processo de alfabetização tecnológica e científica.

As contribuições de Paulo Freire nos ajudam a compreender aspectos relativos à discussão dos temas a serem priorizados no currículo. Freire (1987) discute que a conscientização do indivíduo ocorre por meio do diálogo com suas condições de existência, o qual se traduz, numa proposta de educação libertadora, por meio do uso de “temas geradores”. Os temas organizam o conteúdo programático e têm sua origem na situação presente, existencial, concreta dos educandos e refletem as suas aspirações. Acerca disso, Freire (1987) esclarece que:

É na realidade mediatizadora, na consciência que dela tenhamos, educadores e povo, que iremos buscar o conteúdo programático da educação. O momento deste buscar é o que inaugura o diálogo da educação como prática da liberdade. É o momento em que se realiza a investigação do que chamamos de *universo temático* do povo ou o conjunto de seus *temas geradores* (FREIRE, 1987, p. 87).

O tema se origina, portanto, nas relações dos homens com o mundo. Sendo assim, a orientação do autor é que se parta de situações locais para a análise de problemas nacionais e regionais (FREIRE, 1996). Nesse sentido, a estruturação dos currículos de CTS deve ser feita por meio de temas que se iniciem em problemas locais e se articulem posteriormente à dimensão global (SANTOS; MORTIMER, 2002). Esses temas lidam com problemas verdadeiros em seu contexto real e buscam expor as potencialidades e limitações da ciência e tecnologia no que diz respeito ao bem comum.

Ao contrário do ensino tradicional de Ciências, baseado em uma organização linear conceitual, o ensino CTS/CTSA se organiza por meio da abordagem temática, ou seja, a partir de temas de relevância social cuja abordagem busca as interações entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente (SANTOS; SCHNETZLER, 2010). Segundo Aikenhead (2009), devemos partir dos temas

sociais para os conceitos científicos e desses retornar ao tema. Dessa forma, a abordagem CTS/CTSA no ensino possui uma ênfase prática para se chegar à teoria, ao contrário do ensino clássico que enfatiza a teoria para se chegar à prática. (TRAZZI; GARCIA; SILVA, 2012).

Santos e Schnetzler (2010), pontuam que na literatura há uma variedade de listas de temas e destaca a lista da Conferência Internacional sobre “Ciência e educação tecnológica e as futuras necessidades humanas (1985)” e a lista criada por Bybee (1987) extraídos de uma relação de temas sociais de quatro estudos realizados a partir da consulta de alunos, professores, grupos internacionais de educadores em ciência, cientistas e engenheiros, relacionadas no quadro 02.

Quadro 2 — Lista de temas CTS apresentados por Santos e Schnetzler (2010)

Lista da Conferência Internacional sobre “Ciência e Educação Tecnológica e as Futuras Necessidades Humanas” (1985)	Lista criada por Bybee (1987)
1. Saúde 2. Alimentação e agricultura 3. Recursos energéticos 4. Terra, água e recursos minerais 5. Indústria e tecnologia 6. Ambiente 7. Transferência de informação e tecnologia 8. Ética e responsabilidade social	1. Saúde humana e doenças 2. Fome mundial e fonte de alimentos 3. Falta de energia 4. Recursos hídricos 5. Crescimento populacional 6. Animais e plantas em extinção 7. Guerra tecnológica 8. Reatores nucleares 9. Substâncias perigosas 10. Uso da terra 11. Qualidade do ar e atmosfera 12. Recursos minerais

Fonte: Santos e Schnetzler (2010)

Vários desses temas fazem parte atualmente dos currículos de Geografia. Todavia, dado ao forte componente científico e tecnológico deles, é importante que sejam explorados também na área de Ciências e suas Tecnologias, de preferência numa abordagem interdisciplinar com a Geografia e outras disciplinas (SANTOS; MORTIMER, 2002). Ao partir de temas sociais, necessariamente serão envolvidos conhecimentos relacionados às ciências naturais e às ciências sociais (SANTOS; SCHNETZLER; 2010).

As pesquisas de Amaral (1998) e Oliveira e Ferreira (2007) apontam para uma possível interface entre a perspectiva CTS e a educação ambiental na medida em que agregam ao Ensino de Ciências uma visão de Ciência como atividade historicamente determinada e, também, questões socioambientais. Especialmente no caso das autoras que investigaram práticas de educação ambiental no ensino de ciências é visível esta incorporação, o que também pode ser verificado pelo já razoável volume de pesquisas enfatizando a produtividade de um Ensino de Ciências numa perspectiva CTS — ou, mais apropriadamente, CTSA (ciências, tecnologia, sociedade e ambiente, que reforça a ligação entre a CTS e o ambiente) para uma educação crítica (LOUREIRO; LIMA, 2009).

No âmbito das escolas, partir de 2001, o questionário do censo escolar realizado pelo INEP passou a registrar a oferta da educação ambiental no ensino fundamental brasileiro. No relatório do INEP centram-se as principais características e dinâmicas das três modalidades de aplicação da educação ambiental: Projetos (PR), Disciplinas Especiais (DE) e Inserção da Temática Ambiental nas Disciplinas (ITAD). No primeiro ano, 61,2% das escolas declarou incluir a temática no currículo por meio de projetos, inserção nas disciplinas do núcleo comum ou como disciplina específica, “percentual que saltou para 94% em 2004, indicando a universalização de tal prática (VEIGA *et al.*, 2005)”.

Loureiro e Lima (2009) comentam que os resultados desta pesquisa mostram que:

[...] se ainda existem dificuldades em relação às práticas de educação ambiental nos contextos escolares (que, obviamente, estão estreitamente relacionadas às dificuldades enfrentadas pela educação como um todo), devemos reconhecer os avanços feitos em direção a uma educação ambiental crítica — que tem, como um de seus pressupostos, uma distribuição mais justa e crítica dos conhecimentos científicos. Tal reconhecimento ajuda a questionar as políticas educativas vigentes que não abandonaram o conteudismo no ensino de ciências — como apontado por Lopes (2002) em relação à integração nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) — e enxergam na perspectiva CTS apenas uma possibilidade de informar as novas gerações acerca das “conquistas” da tecnociência (LOUREIRO; LIMA, 2009).

Diante do que foi até aqui exposto, compreendemos que o ensino de Ciências com enfoque CTS/CTSA, na relação com os pressupostos da pedagogia

emancipatória e transformadora de Paulo Freire, ao propor a reflexão sobre temas sociocientíficos possa contribuir para alfabetizar científica e tecnologicamente os educandos e para desenvolver uma consciência socioambiental nesses sujeitos.

Nessa direção, sinalizamos que para se estruturar o currículo e o planejamento das aulas de Ciências por meio de temas é fundamental que utilizemos a abordagem temática que será apresentada no tópico a seguir.

2.2 Abordagem temática no ensino de Física: a metodologia dos três momentos pedagógicos

Na perspectiva educacional proposta por Paulo Freire está a questão que a educação necessita desempenhar um papel na elevação do nível de consciência dos educandos para que sejam capazes de atuar na transformação da sociedade. Para tal, é necessário que compreendam os problemas que vivenciam e passem a tomar uma posição ativa num processo de permanente busca do conhecimento, em oposição ao que denominou de educação bancária, caracterizada pela transmissão acrítica e apolítica do conhecimento (FREIRE, 1987).

Freire (1987) propõe um ensino baseado na abordagem temática, que é uma perspectiva curricular que propõe que a estruturação das atividades educativas seja feita por meio de temas, a partir dos quais são selecionados os conteúdos de ensino das disciplinas. Nesse tipo de abordagem, a conceituação científica da programação é subordinada ao tema.

Esta forma de estruturar o currículo escolar “[...] rompe com o tradicional paradigma curricular cujo princípio estruturante é a conceituação científica, ou seja, um currículo concebido com base numa abordagem conceitual (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p.189)”. Nessa lógica de organização curricular, os conteúdos de ensino são selecionados a partir dos conceitos científicos.

Os temas geradores¹⁰ são obtidos por meio de um processo de investigação temática¹¹ e pressupõe:

[...] um estudo da realidade em que emerge uma rede de relações entre situações significativas, individual, social e histórica, assim como uma rede de relações que orienta a discussão, interpretação e representação dessa realidade (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p.189).

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011) enumeram os princípios básicos dos temas geradores que por sua natureza proporcionam: a) uma visão de totalidade e abrangência da realidade; b) a ruptura com o conhecimento no nível do senso comum, c) adotar o diálogo como sua essência; c) exigir do educador uma postura de crítica, de problematização constante, de distanciamento, de estar na ação e de se observar e se criticar nessa ação e c) apontar para participação, discutindo no coletivo e exigindo disponibilidade dos educadores (p.166).

Nessa perspectiva dialógica, há a necessidade de que o professor apreenda o conhecimento de que o aluno é portador oriundo de sua vivência atuando sobre essa cultura. Entretanto, os significados e interpretações dados aos temas pelos alunos não são os únicos que necessitam ser problematizados. O diálogo refere-se ao conhecimento a respeito do tema, objeto de estudo, de ambos os sujeitos. Freire (1987) afirma que é nesse processo educativo dialógico e problematizador sobre os problemas e seus enfrentamentos que o conhecimento científico será apropriado.

¹⁰ Esses temas se chamam geradores porque, qualquer que seja a natureza de sua compreensão, como a ação por eles provocada, contém em si a possibilidade de desdobrar-se em outros tantos temas que, por sua vez, provocam novas tarefas que devem ser cumpridas (FREIRE, 1987, p. 93)

¹¹ Para selecionar as temáticas organizativas do currículo escolar, é necessário realizar o processo de Investigação Temática proposto por Freire (1987), e sistematizado por Delizoicov (1991) em cinco etapas: (1) Levantamento Preliminar: mapeamento das principais situações significativas envolvidas na realidade local dos alunos e comunidade; (2) Codificação: análise e escolha das situações problemáticas vivenciadas pelos estudantes e comunidade; (3) Descodificação: diálogos estabelecidos com os sujeitos envolvidos no processo, a fim de obter os Temas Geradores; (4) Redução Temática: seleção dos conteúdos/conceitos necessários para compreensão do tema e planejamento das atividades seguindo os Momentos Pedagógicos e os Conceitos Unificadores; (5) Desenvolvimento em Sala de Aula: implementação da proposta em sala de aula.

Essa dinâmica de interação em sala de aula é estruturada pelo processo de codificação — problematização — decodificação, proposto por Freire (1987), que pretende: a) a apreensão pelo educador do significado que o aluno atribui às situações, fruto da sua vivência; b) a apreensão pelo aluno, via problematização, de uma interpretação dos problemas oriunda dos conhecimentos científicos e c) fornecer subsídios para que ocorra o rompimento e a superação do nível de consciência ingênua dos educandos, promovendo uma ruptura para que haja apreensão do conhecimento científico (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p.195). Nesse processo pretende-se que o conhecimento prévio do aluno seja obtido, problematizado e superado.

A abordagem de temas, baseados na perspectiva freiriana no Ensino de Ciências, vem ao longo do tempo se tornando linha de pesquisa em Educação como trabalhos de (DELIZOICOV, 2008; SILVA, 2004; PERNAMBUCO; DELIZOICOV; ANGOTTI, 2002), (FORGIARINI; AULER, 2009), (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000), (SANTOS; MORTIMER, 2000), (COELHO; MARQUES, 2007), (MUENCHEN; AULER, 2007), (WATANABE-CARAMELO; STRIEDER; GEHLEN, 2011), entre outros.

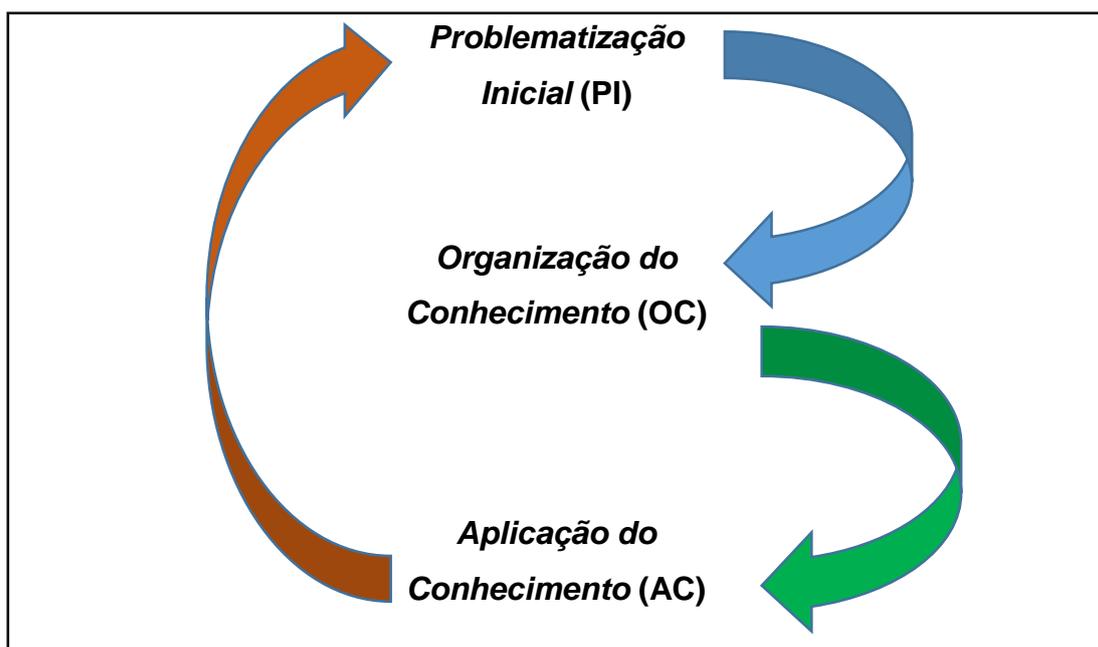
Entre estas, destaca a metodologia Momentos Pedagógicos (MP) desenvolvidos por Delizoicov e Angotti (1992) que se configura como uma proposta de planejamento dialógico da abordagem temática, sendo organizados da seguinte forma:

1.º MP - Problematização inicial: caracteriza-se pela exposição de situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que, ao mesmo tempo, estão envolvidas com os temas a serem discutidos, desafiando os mesmos a exporem suas compreensões acerca do tema em questão e que desperte neles a necessidade de sua resolução a partir da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detêm. O papel do professor é problematizar os conhecimentos expostos pelos alunos com base em poucas questões propostas relativas ao tema e às situações significativas, discutidas em pequenos grupos para, em seguida serem socializadas com toda a classe;

2.º MP - Organização do Conhecimento: nesta etapa ocorre a organização dos conhecimentos científicos abordados para a compreensão dos temas, ou seja, a situação inicial deve ser estudada de forma sintetizada, elencando a necessidade dos conceitos científicos para a solução da problemática apresentada na primeira etapa;

3.º MP - Aplicação do Conhecimento: essa etapa constitui-se na retomada das perguntas iniciais realizadas na problematização inicial, bem como empregar o conhecimento ao qual o estudante vem se apropriando para analisar e interpretar as situações propostas na problematização inicial e outras que possam ser explicadas e compreendidas pelo mesmo corpo de conhecimentos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2001).

Figura 1 — Dinâmica dos três momentos pedagógicos



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

A seleção de temas e conteúdos programáticos pela equipe de professores para a estruturação curricular na perspectiva da abordagem temática freiriana deve ser orientada por critérios. Nesse sentido Snyders (1988) enfatiza dois critérios para a definição desses temas: o primeiro se relaciona ao grande interesse dos jovens contemporâneos pelos aparatos tecnológicos; já o segundo aponta para a necessidade de se discutir o balanço benefício-malefício da produção

científico-tecnológica. Ambos se aproximam da abordagem CTS/CTSA para o ensino de Ciências que propõe a articulação da conceituação científica com aspectos sociocientíficos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2001, p.271).

Snyders (1988) também destaca a necessidade de haver um ganho cultural por parte dos alunos na articulação entre os temas mediante considerações sobre a História da Ciência localizando épocas que constituíram processos de ruptura, cenários nos quais surgiram novos modelos e teorias, impulsionando as revoluções científicas (Kuhn, 1975).

No processo ainda de elaboração do programa e do planejamento é necessário um trabalho conjunto dos educadores na articulação entre temas e conceitos unificadores. Tais conceitos são complementares aos temas. No caso específico das Ciências Naturais, o uso de conceitos unificadores:

[...] que contém a estrutura epistêmica do conhecimento científico, articulado às questões geradoras, permite a realização de análises e sínteses, com as quais se estrutura a programação escolar e se identificam definições, conceitos, modelos e teorias que compoõem, também o rol de conteúdos programáticos escolares. Inicia-se, então a redução temática, cuja meta é a elaboração do programa de ensino (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p. 288).

Além de unificadores tais conceitos são supradisciplinares ou transdisciplinares por permear os escopos da Física, da Química, da Biologia, etc. Sua função é também reduzir a fragmentação dos conteúdos e permitir uma melhor ligação entre as partes e o todo, nesse sentido “[...] vão na direção das totalidades, das estruturações do conhecimento articuladas e dinâmicas, contra as fragmentações exageradas que a nada levam além de nomenclaturas, fórmulas e memorizações (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011)”. Na Física, por exemplo, essa ligação pode ser vista em dois aspectos:

[...] o primeiro de natureza didática, ou seja, unidades de ensino (partes) e o programa (todo). O segundo de natureza epistemológica, ou seja, partes (Mecânica, Óptica, Eletricidade...) de um conhecimento estruturado, que é a Física (todo) (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1992, p. 22).

Delizoicov e Angotti (1992) e Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011) apresentam quatro conceitos unificadores que, caracterizados em seus aspectos mais amplos, evidenciam sua potencialidade:

- **Processos de transformação** que a matéria viva e/ou não viva apresentam no espaço e no tempo;
- **Ciclos e regularidades** da matéria em transformação no espaço e no tempo, no mundo natural e nas intervenções humanas. Categorizam e agrupam as transformações mediante regras, semelhanças, ciclos abertos ou fechados, repetições e/ou conservações;
- **Energia** entendida como “agente de transformações”, algo que permite a diferença das coisas no espaço, entre o “antes e o depois”. Este conceito, que incorpora os dois anteriores, aliado ao seu princípio de conservação é suficientemente vasto para englobar os dois anteriores. Ele inclui a participação da radiação nas transformações, se encararmos a matéria em sua conceituação clássica. A energia transforma-se, espacial e temporalmente, na dinâmica mutável dos objetos, fenômenos e sistemas, conserva-se na totalização das distintas formas e degrada-se porque uma de suas formas – o calor – é menos elástica e reversível das que as outras. A grandeza energia é uma ponte segura que conecta os conhecimentos específicos de Ciência e tecnologia, bem como a outras esferas do conhecimento.
- **Escalas** entendidas como ordens de grandeza que possibilitam o tratamento de eventos de dimensão e duração no cotidiano e sua extrapolação para o micro e macroscópico e para o instantâneo e o remoto. O tratamento sistemático das escalas de comprimento, tempo, massa, energia, etc. auxilia a compreensão dos modelos e teorias da Física, bem como permite constatar as suas limitações e consequentes domínios de validade.

Os autores ainda pontuam que “[...] a tarefa de articulação entre temas e conceitos unificadores, visando à elaboração do programa e do planejamento, constitui um trabalho de equipe (p. 287)”. Nesse processo de produção articulada

da programação, numa perspectiva de uma abordagem temática e conceitual unificadora, deve-se levar em conta os conhecimentos de que os educandos dispõem para interpretar os temas ou as situações significativas a eles relacionados.

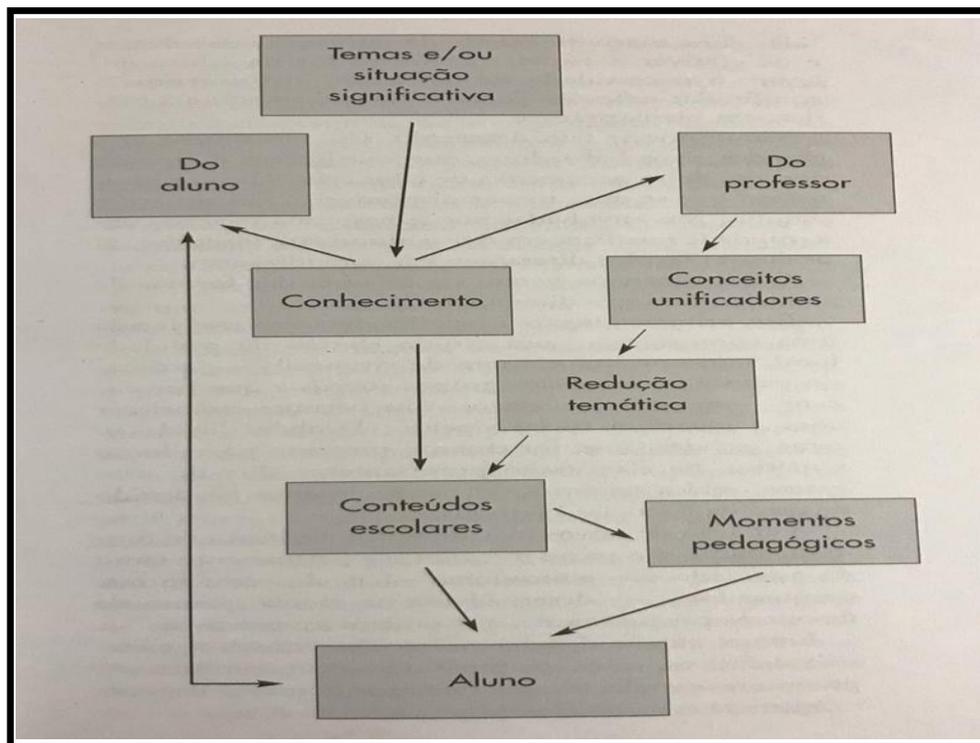
Por outro lado, a equipe de professores precisam interpretar o tema e/ou situação significativa, a partir de seus conhecimentos específicos. Nesse processo de compreensão dos problemas, questões geradoras (PERNAMBUCO, 1993) convenientemente formuladas, auxiliam os educadores a identificar os conhecimentos de que os educandos precisam se apropriar para compreender os fenômenos, temas ou situações da perspectiva do conhecimento científico.

No caso dos professores de Ciências da Natureza:

[...] o uso dos conceitos unificadores — que contêm a estrutura epistêmica do conhecimento científico, articulado às questões geradoras — permite a realização de análises e sínteses, com as quais se estrutura a programação escolar e se identificam definições, conceitos, modelos e teorias que comporão, também, o rol de conteúdos programáticos escolares. Inicia-se, então, a redução temática, cuja meta é a elaboração do programa de ensino (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p. 288).

O esquema da figura 2, sintetiza o processo de redução temática para se estruturar o conteúdo programático a partir de temas e/ou situações significativas utilizando-se como metodologia de ensino os momentos pedagógicos.

Figura 2 — Processo de redução temática



Fonte: Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011, p. 291)

Delizoicov e Angotti (1992) refletem sobre os desafios se trabalhar por abordagem temática nos aspectos da extensão e da profundidade do conhecimento na Física do Ensino Médio. Sinalizam que deve haver a garantia da extensão, facilitando a apreensão do conhecimento, tomando-se o cuidado para que este não seja superficializado ou banalizado, implicando um mínimo de profundidade.

Nesse sentido, os autores levantam questionamentos do tipo: 1) A veiculação do conhecimento em sua extensão implica o conhecimento enciclopédico e de caráter apenas de divulgação científica? 2) A veiculação do conhecimento em profundidade significa apenas conhecer tópicos de Cinemática, Termometria, Óptica Geométrica ou qualquer outro?

Os autores apontam a necessidade de buscar continuamente, em nossa prática profissional, situações de equilíbrio entre os dois aspectos acima apontados. Além disso, observarmos os condicionantes do cotidiano do trabalho docente, como o número de horas semanais, para o desenvolvimento de um programa

por abordagem temática, levando à exclusão de tópicos igualmente importantes aos desenvolvidos no currículo por abordagem conceitual, comprometendo a extensão. Todavia, Delizoicov e Angotti (1992) insistem na visão de conjunto gerada pelo tema central, que proporcionam a integração curricular, permitindo aos educadores a opção pelo aprofundamento na escolha dos tópicos e unidades que constituem o programa (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1992).

CAPÍTULO 3

FUNDAMENTOS DE FÍSICA PRESENTES NA ESTRUTURA CONCEITUAL DA INTERVENÇÃO DIDÁTICA

3.1 Temperatura

3.1.1 Termômetros e escalas termométricas

Por mais de dois séculos a mecânica newtoniana foi considerada o exemplo por excelência de ciência exata propondo o estudo de um sistema físico a partir da decomposição de seus constituintes elementares para a seguir determinar o movimento de cada um de seus componentes. Todavia, uma nova abordagem científica surgiu no século XIX, através do estudo dos fenômenos relacionados ao calor, baseada em princípios gerais, que permitiu estudar sistemas em sua totalidade. A teoria física resultante dessa nova abordagem é denominada Termodinâmica, nome que significa, literalmente, movimento do calor (BEN-DOV, 1996).

Aristóteles, cujo pensamento serviu de base para a compreensão da natureza até o início do século XVII, retomou a teoria de Empédocles dos quatro elementos materiais (terra, água, ar e fogo) e afirmou que todos os fenômenos terrestres eram resultantes de atrações em repulsões entre esses elementos. Ainda, o mesmo percebia no calor e no frio, duas qualidades elementares opostas, obtidas pela sensação tátil (BEN-DOV, 1996).

Todavia, ainda que comumente designemos por “calor” a propriedade de um corpo ser quente ao toque, a Física atual associa as nossas sensações de um corpo ser quente ou frio à grandeza temperatura. Tal sensação térmica relacionada à temperatura é medida de forma mais precisa com o auxílio de um termômetro.

O primeiro passo em direção a se obter um senso objetivo de medição da temperatura é estabelecer um critério de igualdade de temperatura. Todos os corpos têm uma propriedade física que determina se estarão ou não em

equilíbrio térmico quando postos em contato com outros objetos. Esta propriedade é denominada temperatura. Um estado de equilíbrio térmico pode ser descrito como aquele no qual a temperatura do sistema é a mesma em todos os seus pontos. Sendo assim, se dois corpos em equilíbrio térmico são postos em contato, logo suas temperaturas serão iguais. Inversamente, se a temperatura de dois corpos é a mesma, estes estarão em equilíbrio térmico quando postos em contato (SEARS; SALINGER, 1975).

Da mesma forma podemos afirmar que se quaisquer dois corpos estão em equilíbrio térmico com um terceiro, estes também estarão em equilíbrio térmico entre si. Este princípio é conhecido como “a lei zero da Termodinâmica”.

Para se atribuir um valor numérico à temperatura de um corpo, podemos selecionar um sistema, um termômetro, que tenha uma propriedade termométrica que varie com a temperatura. Esta propriedade termométrica mensurável pode ser o comprimento de uma coluna de líquido, o volume de um líquido ou gás, a resistência elétrica de um fio, entre outros.

Suponhamos que X represente o valor de uma propriedade termométrica qualquer e θ a temperatura empírica de um termômetro ou de dois sistemas em equilíbrio térmico. A razão entre as duas temperaturas empíricas θ_1 e θ_2 determinadas por um certo termômetro é definida como a correspondente razão entre os valores de X :

$$\frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{X_1}{X_2}$$

O próximo passo é atribuir um valor numérico a alguma temperatura considerada como um ponto fixo padrão. Por um consenso Internacional, esse valor foi escolhido como o ponto triplo da água, temperatura na qual coexistem gelo, água líquida e vapor de água. Se atribuirmos um valor θ_3 à temperatura do ponto triplo e X_3 para o correspondente valor da propriedade termométrica, a temperatura medida θ quando o valor da propriedade for X será:

$$\frac{\theta}{\theta_3} = \frac{X}{X_3}$$

ou

$$\theta = \theta_3 \frac{X}{X_3} \quad (1-1)$$

Em termômetros cuja substância termométrica é um gás, a temperatura obtida empiricamente, a volume constante, pode ser definida como:

$$\theta = \theta_3 \lim_{P_3 \rightarrow 0} \left(\frac{P}{P_3} \right)_V \quad (1.2)$$

Considerando θ_f a temperatura de fusão do gelo e θ_e o ponto de ebulição, a relação entre essas temperaturas em um termômetro de gás a volume constante seria:

$$\frac{\theta_e}{\theta_f} = \left(\frac{P_e}{P_f} \right)_V, \quad \theta_e - \theta_f = 100 \text{ graus}$$

Assim, resolvendo a equação para θ_f , temos:

$$\theta_f = \frac{100P_f}{P_e - P_f} = \frac{100}{\left(\frac{P_e}{P_f} \right) - 1} \quad (1-3)$$

O melhor valor experimental obtido para a razão P_e/P_f foi 1.3661. Logo, da equação (1-3), obtemos o valor de θ_f , como a seguir:

$$\theta_f = \frac{100}{1.3661 - 1} = 273.15 \text{ graus}$$

Dessa forma: $\theta_e = 100 + \theta_f = 373,15 \text{ graus}$

O ponto triplo da água $\theta_3 = 273.16 \text{ graus}$, obtido experimentalmente, é 0.01 grau maior do que a temperatura θ_f calculada acima.

Na escala de temperatura elaborada por Kelvin¹² o ponto triplo da água é igual a $T = 273.16 \text{ K}$. Já as temperaturas de fusão do gelo e de ebulição da água são iguais a 273.15 K e 373.15 K , respectivamente. O zero absoluto $T = 0 \text{ K}$ foi definido como a temperatura na qual se verifica um grau mínimo de energia molecular.

Se considerarmos a temperatura medida por um termômetro a gás de volume constante como $\theta = T$, a equação (1-2) pode ser escrita como:

¹² William Thompson, Lord Kelvin, Físico escocês (1824-1907)

$$T = 273.16 \times \lim_{P_3 \rightarrow 0} \left(\frac{P}{P_3} \right)_V \quad (1.4)$$

Nessa equação P é a pressão do gás a volume constante e P_3 é a pressão do gás no ponto triplo da água.

A escala centígrada, ou Celsius¹³, é definida pela equação:

$$\theta_c = T - 273,15 \quad (1-5)$$

Nessa escala, os pontos fixos de fusão do gelo é $\theta_c = 0^\circ\text{C}$, a temperatura de ebulição da água é $\theta_e = 100^\circ\text{C}$, o ponto triplo da água é igual a $\theta_c = 0,01^\circ\text{C}$ e o zero absoluto $\theta = - 273^\circ\text{C}$.

Já a escala Fahrenheit¹⁴, comumente utilizada nas medições em engenharia nos Estados Unidos, toma como pontos fixos $\theta_f = 32^\circ\text{F}$ e $\theta_e = 212^\circ\text{F}$. A equação de conversão entre as escalas termométricas Celsius e Fahrenheit, pode ser obtida e expressa pela relação abaixo:

$$\theta_F = \frac{9\theta_c}{5} + 32 \quad (1-6)$$

3.1.2 Compreensão microscópica da temperatura

A teoria cinética dos gases relaciona as propriedades macroscópicas de um gás (como, por exemplo, pressão e temperatura) às propriedades microscópicas das moléculas do gás (como, por exemplo, velocidade e energia cinética).

Um mol de uma substância contém N_A unidades elementares (em geral, átomos ou moléculas) da substância; o valor experimental de N_A é:

$$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \text{ (número de Avogadro)}$$

Uma massa molar M de qualquer substância é a massa de um mol da substância. A massa molar M de uma substância está relacionada à massa m

¹³ Anders Celsius, Astrônomo sueco (1701-1744)

¹⁴ Gabriel D. Fahrenheit, Físico alemão (1686-1736)

das unidades elementares da substância e ao número de Avogadro N_A pela equação:

$$M = m \cdot N_A \quad (1-7)$$

O número de mols n em uma amostra de massa M_a que contém N moléculas de massa m é dado por:

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{M_a}{M} = \frac{M_a}{mN_A} \quad (1-8)$$

Embora não exista na natureza um gás com as propriedades exatas de um gás ideal, todos os gases reais se aproximam do estado ideal em concentrações suficientemente baixas, ou seja, em condições nas quais as moléculas estão tão distantes umas das outras que praticamente não interagem. Assim, o conceito de gás ideal nos permite obter informações úteis a respeito do comportamento limite dos gases reais.

A definição de um gás ideal, do ponto de vista microscópico, fundamenta-se nas seguintes suposições: a) Um gás é constituído de partículas, consideradas idênticas se o gás estiver em um estado estável; b) Essas moléculas são dotadas de movimento desordenado e obedecem às Leis de Newton; c) O número total de moléculas do gás é grande de forma que a ocorrência de inúmeras colisões entre as moléculas e as paredes do recipiente manterá a distribuição de velocidades, bem como o movimento desordenado das moléculas; d) O volume das moléculas é uma fração desprezível do volume ocupado pelo gás; e) As forças que atuam sobre as moléculas são desprezíveis, exceto durante uma colisão. Como consequência dessa hipótese o movimento das moléculas é retilíneo e uniforme entre duas colisões; f) As colisões são elásticas e de duração desprezível. O momento linear e a energia cinética são conservados nas colisões entre duas partículas ou entre elas e as paredes do recipiente (RESNICK; HALLIDAY, 1991, p. 210-211).

Medidas muito precisas mostram que, em baixas concentrações, todos os gases reais obedecem à relação:

$$pV = nRT \text{ (Lei geral dos gases)} \quad (1-9)$$

em que p é a pressão absoluta (e não a manométrica), V é o volume, n é o número de mols do gás e T é a temperatura em kelvin. O fator R é chamado de constante dos gases ideais e tem o mesmo valor para todos os gases: $R = 8,31$ J/mol.K.

A Eq. 1-9 é a denominada lei dos gases ideais. Contudo que a concentração do gás seja baixa, a lei se aplica a qualquer gás ou mistura de gases. (No caso de uma mistura, n é o número total de mols da mistura).

Podemos escrever a Eq. 1-9 de outra forma, em termos de uma constante k chamada constante de Boltzmann, definida como:

$$k = \frac{R}{N_A} = \frac{8,31 \text{ J/mol.K}}{6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 1,38 \times 10^{-23} \quad (1-10)$$

A Eq. 1-10 nos dá ($R = k.N_A$). De acordo com a Eq. 1-8 ($n = N/N_A$), temos:

$$nR = Nk \quad (1-11)$$

Substituindo essa relação na Eq. 1-9, obtemos uma segunda expressão para a lei dos gases ideais:

$$pV = NkT \quad (1-12)$$

Como já foi exposto anteriormente, as moléculas de um gás ideal estão em movimento desordenado, denominado agitação térmica, e que quanto mais intensa essa agitação, maior será a energia cinética média por molécula e, conseqüentemente, maior a temperatura. Na teoria cinética dos gases é possível demonstrar que a pressão de N moléculas de um gás ideal contido em um volume V é dada por:

$$p = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \bar{E}_C \quad (1-13)$$

onde \bar{E}_C representa a energia cinética média por molécula. Podemos demonstrar que a energia cinética média de translação de cada átomo depende apenas da temperatura do gás, substituindo a Eq. 1.13 na Eq. 1.12, o que resulta em:

$$\bar{E}_C = \frac{3}{2}kT \quad (1-14)$$

Uma amostra de n mols de um gás monoatômico contém $n \cdot N_A$ átomos. A energia interna E_i da amostra é, portanto,

$$E_i = (nN_A)\bar{E}_C = nN_A\frac{3}{2}kT \quad (1-15)$$

De acordo com a Eq. 1-10 ($k = R/N_A$), a Eq. 1-15 pode ser escrita na forma:

$$E_i = \frac{3}{2}nRT \quad (\text{gás ideal monoatômico}) \quad (1-16)$$

Logo, a energia interna E_i de um gás ideal é função apenas da temperatura do gás, portanto não depende de outras variáveis.

3.2 Calor: natureza e propagação

A natureza do calor foi questionada por muito tempo por diversos estudiosos e teve como explicação a proposição de substâncias bizarras como o flogístico, sugerida em 1667 pelo médico alemão Georg Ernest Stahl (1639 – 1734), supostamente responsável pela combustão. Segundo essa teoria, o flogístico era uma substância que os corpos ganhavam ao serem aquecidos e perderiam ao serem resfriadas.

A teoria do flogístico foi confrontada por uma outra teoria substancialista que propôs uma nova substância para explicar o calor: o calórico — uma espécie de éter com a habilidade de fluir de um corpo com mais calórico para outro com menos, até que ambos atingissem a mesma temperatura; uma substância sem massa, cuja quantidade total no universo, se conservaria (GLEISER, 2014). Apesar de extremamente exótica, foi bastante efetiva na explicação de uma série de processos, como a condução de calor ou a mistura de substâncias em um calorímetro (RESNICK; HALLIDAY, 1991, p. 184).

Segundo Gomes (2012)¹⁵, a concepção sobre a natureza do calórico variava de cientista para cientista, mas o ponto de vista de Lavoisier não se diferenciava,

¹⁵ GOMES, L. C. A ascensão e queda da teoria do calórico. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis, v. 29, n. 3, p 1030 - 1073, 2012. Disponível em:

em muitos aspectos, das teorias de outros reconhecidos caloristas como Herman Boerhaave (1668-1738), Pieter van Musschenbroek (1692-1761), Joseph Black (1728-1799), William Cleghorn (1718-1754), William Irvine (1743-1787) e Adair Crawford (1748-1795).

De acordo com Fox (1971)¹⁶, Medeiros (2009)¹⁷ e Roller (1950)¹⁸, no conjunto, esses investigadores postularam as seguintes propriedades ao calórico: a) é uma substância material, um fluido elástico, constituído por partículas que se repelem fortemente; b) suas partículas são atraídas pelas partículas da matéria comum com intensidade diferente para cada substância e estado de agregação; c) pode ser sensível, espalhando-se pelos espaços vazios das substâncias até formar, por meio da atração que existe entre suas partículas e as da matéria ordinária, uma espécie de “atmosfera” ao redor dessas últimas. A temperatura de um corpo é diretamente proporcional à quantidade de calórico sensível que possui; d) pode ser latente, combinando-se com as partículas da matéria comum de forma semelhante ao que ocorre com as combinações químicas, ao contrário da justaposição que acontece com o calórico sensível; e) não pode ser criado ou destruído; f) têm um peso desprezível.

Gomes (2011) pondera que no entanto, a teoria do calórico não passou incólume pelo período de 1760 a 1850. Além de algumas divergências entre os próprios caloristas, ela sofreu ataques dos defensores da teoria dinâmica do calor, que, assim como a sua adversária, teve várias versões (FOX, 1971; ROLLER, 1950). Nessa época, entre os principais opositores ao conceito de calor como

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n3p1030/23609>.

Acesso em: 15 Jun. 2019.

¹⁶ FOX, R. **The caloric theory of gases: from Lavoisier to Regnault**. Oxford: Oxford University Press, 1971.

¹⁷ MEDEIROS, A. **Entrevista com o Conde Rumford: da teoria do calórico ao calor como uma forma de movimento**. Física na escola, v. 10, n. 1, p. 04-16, 2009.

¹⁸ ROLLER, D. **The early development of the concepts of temperature and heat: the rise and decline of caloric theory**. Cambridge: Harvard University Press, 1950.

substância, sem dúvida nenhuma, o nome mais lembrado é o do Conde Rumford.

Entre os muitos experimentos realizados para investigar a natureza do calor, dois deles foram cruciais para o abandono da teoria do calórico e a aceitação do calor como energia. O primeiro deles foi o experimento do Conde Rumford (1753 – 1814). Rumford supervisionou a produção de canhões numa fábrica de armas da Bavária e, nessa atividade, observou que uma broca enorme perfurava um bloco cilíndrico de metal, enquanto água era usada para resfriar o calor liberado pela fricção da broca com o metal e, enquanto a perfuração continuava, o metal continuava a gerar calor e a água continuava a ferver. Em 1798, ele sugeriu que não era a transferência de calórico que proporcionava aquele fluxo de calor, mas a fricção entre a broca e o metal. O calor, segundo Rumford, não era uma substância, mas matéria em movimento (GLEISER, 2014).

A segunda experiência pioneira em direção ao calor enquanto uma forma de energia (denominado “força viva” na época) foi projetada e realizada por James Prescott Joule (1818 – 1889). Tratava-se de um sistema de hélices imersas em água, que agitavam a água, aumentando sua temperatura. Joule conseguiu determinar quantitativamente como o trabalho mecânico pode aumentar a temperatura de um meio obtendo a relação conhecida como “equivalente mecânico do calor”: $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$.

Esta relação associa a caloria (cal) com o joule, a unidade de energia no Sistema Internacional de Unidades. Uma caloria (1 cal) é a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de 1 g de água de $14,5^\circ \text{C}$ para $15,5^\circ \text{C}$. Joule estabeleceu, portanto uma equivalência entre calor e trabalho como duas formas de energia (GLEISER 2014; SANTOS, 2015).

Apesar do ceticismo inicial provocada pelos trabalhos de Joule, outros pesquisadores chegaram a conclusões semelhantes. Em 1840, o médico pesquisador Julius Robert Mayer, que servia em um navio holandês que navegava no Oceano Pacífico, percebeu que o sangue dos marinheiros europeus estava de um vermelho particularmente vivo, em uma escala na ilha de Java (Indonésia). Mayer buscou explicações para esse fenômeno

comparando o corpo humano a um motor térmico. Como Joule, Mayer acreditava na equivalência entre trabalho mecânico e o calor, e considerava que o cálculo do calor produzido pelo corpo devia incluir o calor de atrito resultante da atividade muscular (BEN-DOV, 1996).

Considerando que os músculos do corpo realizam trabalho mecânico e emitem calor e que o fluxo de calor entre o corpo e o ar ambiente é reduzido nos trópicos em função da menor diferença de temperatura entre estes do que na Europa; Mayer levantou a hipótese de que o corpo desacelera seu ritmo de atividade, em função também da redução de apetite no clima quente, e requer menor quantidade de oxigênio para realizar a combustão química dos alimentos. Assim, o sangue das células musculares que retorna pelas veias ao coração fica mais carregado de oxigênio, o que explica a sua cor vermelho vivo (BEN-DOV, 1996).

Sendo assim, existe uma relação entre a quantidade de alimento absorvida por um organismo e a quantidade de calor que ele produz. Mayer postulou que a cada caloria produzida pelo corpo corresponde uma quantidade bem definida de alimento. Pode-se chamar essa quantidade de alimento “equivalente químico do calor”; é essa equivalência que os nutricionistas passaram a denominar de “valor calórico dos alimentos” (BEN-DOV, 1996).

A existência de equivalentes mecânico, elétrico e químico do calor levou Mayer a postular a existência no universo de uma entidade física fundamental que se manifesta de diversas formas — trabalho, calor, ligações químicas, etc. — à qual denominou “força”, sob influência de Leibniz. Entretanto, foi a aceção newtoniana que prevaleceu posteriormente, e a “força” no sentido de Mayer é hoje denominada “energia”. Essa terminologia foi introduzida por Hermann von Helmholtz, que foi o primeiro a enunciar de forma clara o “princípio da conservação da energia”, segundo o qual não há jamais criação ou destruição de energia, mas somente conversão de energia de uma forma em outra. Assim existe uma energia térmica, uma energia mecânica, etc. e em todas as metamorfoses a energia permanece conservada. Logo, para todo sistema físico podemos estabelecer um balanço energético: “a energia que o sistema recebe do exterior menos a energia que deixa o sistema é igual à variação de energia o

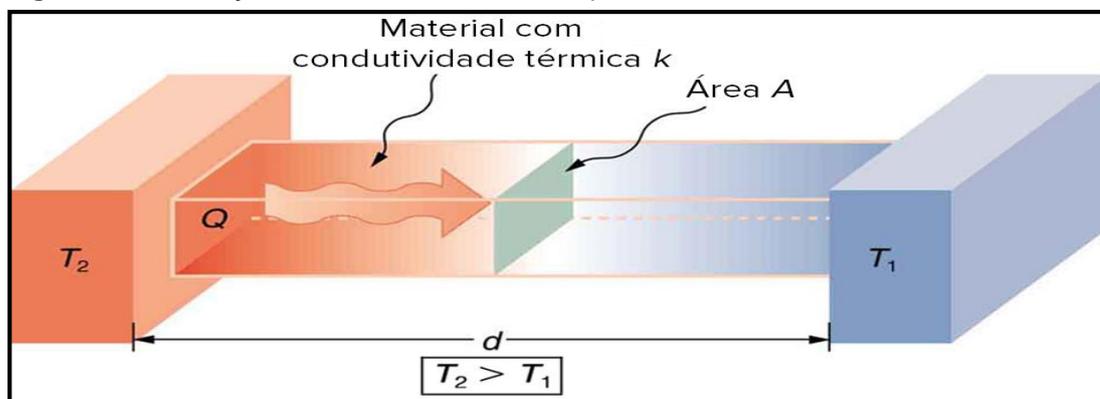
sistema”. Sendo assim, a energia de um sistema isolado — isto é, que não troca nenhuma energia com o exterior — permanece constante (BEN-DOV, 1996).

Sendo o calor uma forma de energia, aumentar ou diminuir a temperatura de um sistema, equivale a aumentar ou diminuir sua energia térmica; e a transferência de energia térmica entre dois locais (ou sistemas) ocorre sempre devido a uma diferença de temperatura. O calor se propaga espontaneamente de um ponto com maior temperatura para outro de menor temperatura por meio dos processos de condução, convecção e irradiação.

A **condução** é o processo de transferência que ocorre através de um meio material, apenas se as temperaturas forem diferentes em pelo menos dois pontos (o ponto P_1 numa posição x_1 e temperatura T_1 e o ponto P_2 numa posição x_2 e temperatura T_2 , sendo $T_1 < T_2$) do meio condutor. Essa diferença de temperatura impulsiona o fluxo de energia, sem transporte de matéria entre os dois pontos (como os pontos estão muito próximos um do outro, a distância de separação, $\Delta x = x_2 - x_1$).

Consideremos uma lâmina de certa substância, cuja seção reta tem área **A**. Suponhamos que desejássemos medir a quantidade de energia térmica ΔQ que se transmite perpendicularmente às faces, durante um intervalo de tempo Δt e que Δx fosse a espessura dessa área cujas faces fossem mantidas a temperaturas diferentes. Os resultados experimentais mostram que ΔQ é diretamente proporcional a Δt e **A**, para uma dada diferença de temperatura ΔT .

Figura 3 — Condução de calor entre uma fonte quente e uma fonte fria.



Fonte: Khan Academy. O que é condutividade térmica? Disponível em: encurtador.com.br/IAW13. Acesso em: 15 Jun. 2019.

A experiência também mostra que, se ΔT e Δx forem pequenos, então ΔQ será diretamente proporcional a $\Delta T/\Delta x$ para Δt e A constantes. Portanto,

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} \propto A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad \text{aproximadamente.} \quad (1-17a)$$

No limite, se a lâmina tiver espessura infinitesimal dx , através da qual existe uma diferença de temperatura dT , temos a lei fundamental da condução de calor:

$$\varphi_Q = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1-17b)$$

Nessa expressão, φ_Q (medida, digamos em cal/s) é a taxa de transferência de calor com o tempo, através da área A ; dT/dx é denominado gradiente de temperatura e k é uma constante de proporcionalidade denominada de condutividade térmica que depende do material de que é feita a placa. Um material que transfere facilmente energia por condução é um bom condutor de calor e tem um alto valor de k . Inversamente, um material isolante térmico tem um coeficiente de condutividade k baixo. Os valores de k dependem da temperatura considerada e aumentam ligeiramente quando a temperatura aumenta. No entanto, k pode ser considerado constante para as substâncias cujas partes apresentam pequena diferença de temperatura. Ainda, o sentido de transmissão de calor é escolhido como o sentido positivo Ox ; o sinal negativo na Eq. 1-17b foi introduzido tendo em vista o fato de que o calor se transmite da temperatura mais alta para a mais baixa. Em outras palavras, desejamos que φ_Q seja positivo quando dT/dx é negativo.

Analisemos a equação 1-17b no caso de uma barra de comprimento d e seção reta constante, cuja área A , após ela ter atingido o estado estacionário, que se caracteriza pelo fato de que em cada ponto da barra a temperatura não varia com o tempo, portanto φ_Q é sempre o mesmo para todas as seções retas. Isso acontece porque, como $\varphi_Q = -kA \frac{dT}{dx}$, segue-se que dT/dx é o mesmo em todas as seções retas, para k e A constantes. Assim, T decresce linearmente ao longo da barra $-\frac{dT}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{d}$. Portanto, o calor transferido ΔQ no intervalo de tempo dT será dado por:

$$\varphi_Q = \frac{kA(T_2 - T_1)}{d} \quad (1-18)$$

O fenômeno da condução de calor ilustra nitidamente que os conceitos de calor e temperatura são diferentes. Por exemplo, barras diferentes podem conduzir quantidades de calor inteiramente diferentes no mesmo intervalo de tempo, não obstante apresentarem a mesma diferença de temperatura em seus extremos (RESNICK; HALLIDAY, 1991, p. 184).

A **convecção** é a energia térmica transferida pelo movimento de um fluido. Quando esse movimento é resultado da diferença de densidade no fluido, o processo denomina-se convecção normal (como no caso de brisas marítimas e terrestres, ou no caso do ar em torno de uma fogueira, por exemplo). Quando o fluido é forçado a se mover (como, por exemplo, por um fole ou por uma bomba) o processo denomina-se convecção forçada (SERWAY; JEWETT JR, 2014).

A **radiação** (eletromagnética) é outro método de transmissão de energia. Como qualquer corpo emite radiação eletromagnética devido ao movimento de agitação térmica de suas moléculas, chamamos essa radiação de radiação térmica.

O Sol, por exemplo, emite ondas eletromagnéticas, incluindo as ondas de calor (radiação infravermelha), no espaço à sua volta, que se propagam em média radialmente pelo mecanismo de radiação:

Aproximadamente 1340 J da energia do Sol atingem, por meio de radiação eletromagnética, cada metro quadrado da parte superior da atmosfera da Terra a cada segundo. Uma parte dessa energia é refletida de volta para o espaço e uma parte é absorvida pela atmosfera, mas o suficiente chega à superfície da Terra para suprir acima de centenas de vezes nossa necessidade de energia – se ela pudesse ser capturada e usada com eficiência (SERWAY; JEWETT JR, 2014).

A taxa de emissão de energia irradiada por um corpo a partir de sua superfície é conhecida como lei de Stefan e é expressa por meio da equação empírica:

$$P = \sigma A e T^4 \quad (1-19)$$

onde P é a potência irradiada pelo corpo (em watts), σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($5,6696 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$), A é a área de superfície do corpo (em m^2), e é uma constante chamada de emissividade (pode variar entre zero e um, dependendo das propriedades da superfície) e, T é a temperatura absoluta da superfície do corpo, em kelvin (SERWAY; JEWETT JR, 2014). A emissividade de uma superfície é igual a sua absorvidade, que é a fração de radiação absorvida pela superfície.

Ao mesmo tempo que irradia, o corpo também absorve radiação eletromagnética do ambiente. Se este último processo não ocorresse, um corpo irradiaria continuamente sua energia, e sua temperatura diminuiria espontaneamente até o zero absoluto. Se um corpo está a uma temperatura T e sua vizinhança à temperatura média T_0 , a taxa resultante de variação da energia para o corpo como resultado da radiação é:

$$P_{\text{resultante}} = \sigma Ae(T^4 - T_0^4) \quad (1-20)$$

Quando um corpo está em equilíbrio com sua vizinhança, irradia e absorve energia à mesma taxa, e sua temperatura permanece constante; este é um modelo de sistema não isolado em estado estacionário. Quando um corpo está a uma temperatura maior que sua vizinhança, irradia mais energia do que absorve, e se resfria; este é um modelo de sistema não isolado (SERWAY; JEWETT JR, 2014).

Como já mencionado, a energia chega à Terra por radiação eletromagnética do Sol¹⁹. Essa energia é absorvida pela superfície da Terra e irradiada novamente para o espaço, de acordo com a Lei de Stefan, Equação 1-19. O único tipo de energia no sistema que pode se alterar em função da radiação é a energia interna. Vamos supor que qualquer mudança na temperatura da Terra seja tão pequena ao longo de um intervalo de tempo, que possamos aproximar a variação

¹⁹ Parte da energia chega à superfície da Terra do interior, cuja fonte é o decaimento radioativo que ali acontece. Vamos ignorar essa energia porque sua contribuição é muito menor do que aquela devida à radiação eletromagnética do Sol.

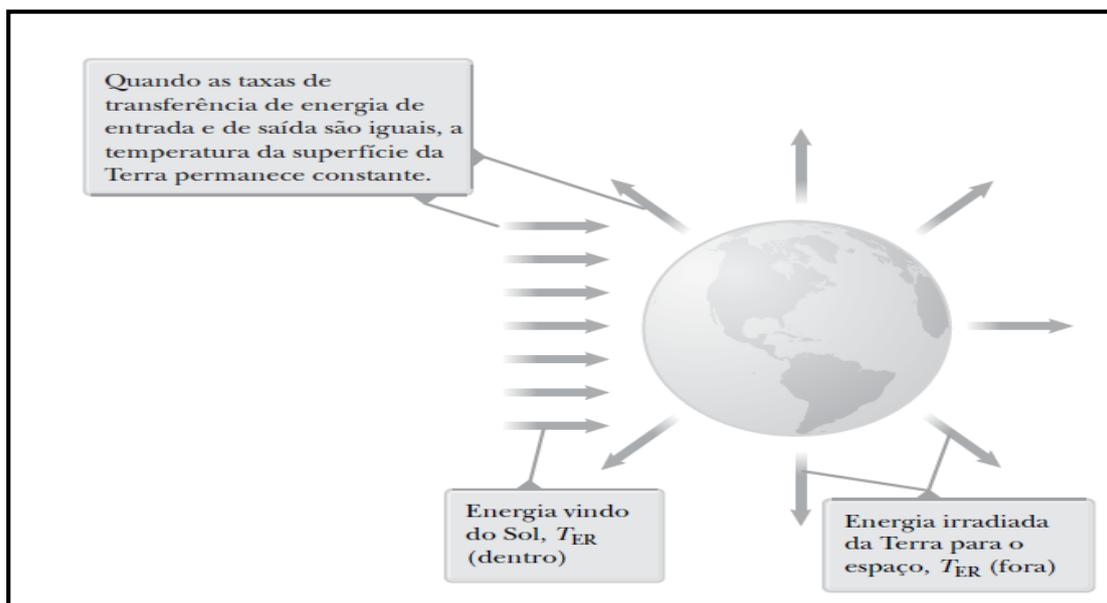
da energia interna como zero. Esta suposição leva à seguinte redução da equação de conservação de energia: $T_{ER} = 0$.

Dois mecanismos de transferência de energia ocorrem por radiação eletromagnética, de modo que podemos escrever esta equação como:

$$0 = T_{ER}(\text{dentro}) + T_{ER}(\text{fora}) \longrightarrow T_{ER}(\text{dentro}) = - T_{ER}(\text{fora}) \quad (1-21)$$

onde "dentro" e "fora" referem-se às transferências de energia através da fronteira do sistema da Terra. A energia que chega ao sistema é a do Sol, e a que sai é por radiação térmica emitida da superfície da Terra. A Figura 4 ilustra essas trocas de energia. A energia que vem do Sol tem apenas uma direção, mas a irradiada para fora da superfície da Terra sai em todas as direções. Esta distinção é importante na configuração de nosso cálculo do equilíbrio da temperatura.

Figura 4 — Trocas de energia por radiação eletromagnética para a Terra. O Sol está distante, à esquerda do diagrama, não visível.



Fonte: Serway e Jewett Jr (2014, p.188)

Como mencionado anteriormente, a taxa de transferência de energia por unidade da área de superfície do Sol é de aproximadamente $1\,370\text{ W/m}^2$ na parte superior da atmosfera. A taxa de transferência de energia por área é chamada **intensidade**, e a intensidade da radiação do Sol no topo da atmosfera é

chamada **constante solar** $I_s = 1\,370\text{ W/m}^2$. Uma grande quantidade dessa energia está na forma de radiação visível, para a qual a atmosfera é transparente.

A radiação emitida da superfície da Terra, no entanto, não é visível. Para um corpo radiante na temperatura da superfície da Terra, a radiação atinge picos no infravermelho, com maior intensidade no comprimento de onda de cerca de $10\ \mu\text{m}$. Em geral, corpos com temperaturas típicas domésticas têm distribuições de comprimento de onda no infravermelho, portanto, não os vemos brilhando. Somente corpos muito mais quentes emitem radiação suficiente para serem visíveis.

Dividindo a Equação 1.21 pelo intervalo de tempo Δt durante o qual a transferência de energia ocorre, temos:

$$P_{\text{ER}}(\text{dentro}) = -P_{\text{ER}}(\text{fora}) \quad (1-22)$$

Podemos expressar a taxa da transferência de energia no topo da atmosfera da Terra em termos da constante solar I_s :

$$P_{\text{ER}}(\text{dentro}) = I_s A_c$$

onde A_c é a área transversal circular da Terra. Nem toda radiação que chega ao topo da atmosfera atinge o solo; uma fração é refletida das nuvens e do solo e escapa de volta para o espaço. Para a Terra, essa fração incidente é de aproximadamente 30%, logo, somente 70% dela alcança a superfície. Utilizando este fato, modificamos a potência de entrada na superfície:

$$P_{\text{ER}}(\text{dentro}) = (0,700)I_s A_c$$

A Lei de Stefan pode ser usada para expressar a potência que sai, assumindo que a Terra é um emissor perfeito ($e = 1$):

$$P_{\text{ER}}(\text{fora}) = \sigma A T^4$$

Nesta expressão, A é a superfície da Terra, T , a temperatura dessa superfície e o sinal negativo indica que a energia está saindo. Ao substituir as expressões para a potência de entrada e de saída na Equação 1-22, temos:

$$(0,700)I_s A_c = - (-\sigma A T^4)$$

Resolvendo para a temperatura da superfície da Terra, obtemos:

$$T = \left(\frac{(0,700)I_c A_c}{\sigma A} \right)^{\frac{1}{4}}$$

Substituindo os valores das grandezas na equação acima, vem:

$$T = \left(\frac{(0,700)(1370 \frac{\text{W}}{\text{m}^2})(\pi R_E^2)}{(5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4})(4\pi R_E^2)} \right)^{\frac{1}{4}} = 255 \text{ K} \quad (1-23)$$

Medições mostram que a temperatura média global na superfície da Terra é 288 K, cerca de 33 K a mais do que a temperatura encontrada em nosso cálculo. Esta diferença indica que um importante fator foi deixado de fora em nossa análise. Este fator são os efeitos termodinâmicos da atmosfera, que resultam em energia adicional do Sol sendo "aprisionada" no sistema da Terra, elevando assim a temperatura. Esse efeito não foi incluído no cálculo simples do equilíbrio da energia que realizamos. Para avaliá-lo, devemos incorporar em nosso modelo os princípios da termodinâmica dos gases para o ar na atmosfera (SERWAY; JEWETT JR, 2014).

3.3 Calorimetria

Para um determinado corpo, a quantidade de energia térmica necessária para elevar sua temperatura de um grau Celsius é denominada capacidade térmica (C). Podemos concluir que se uma certa quantidade de energia térmica Q for adicionada a esse corpo, produzirá uma variação de temperatura ΔT . Então, teremos a seguinte relação:

$$Q = C \Delta T \longrightarrow C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (1-24)$$

O conceito de capacidade térmica refere-se ao corpo (ou amostra particular de uma substância), assim, a capacidade térmica de qualquer corpo é proporcional a sua massa e quanto maior a massa, maior será a quantidade de calor necessária para alcançar a desejada variação de temperatura. Então é conveniente definir a capacidade térmica de uma substância por unidade de massa dessa substância, em vez de definir apenas pela capacidade térmica de uma amostra dessa substância. Chamamos essa nova quantidade física, calor específico c .

O calor específico é uma quantidade física intensiva, característica da substância que constitui um corpo, portanto, independe de sua massa. Para um corpo de massa m com capacidade térmica C o calor específico do material que o constitui é definido por:

$$c = \frac{C}{m} \quad (1-25)$$

As unidades do calor específico são joules por quilograma-graus Celsius, ou $\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$. A partir da definição de caloria, o calor específico da água é $4186 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$. A partir desta definição, substituindo a Eq. 1-25 na Eq. 1-24, podemos expressar a energia Q transferida entre o sistema de massa m e sua vizinhança em termos da variação da temperatura resultante ΔT como:

$$Q = mc\Delta T \quad (1-26)$$

Essa relação é conhecida como princípio fundamental da calorimetria. Observe que quando a temperatura aumenta, ΔT e Q são considerados positivos, correspondendo à energia que flui para dentro do sistema. Quando a temperatura diminui, ΔT e Q são negativos e a energia flui para fora do sistema.

Como vimos anteriormente, uma substância pode sofrer variação de temperatura quando energia é transferida entre ela e sua vizinhança. No entanto, em algumas situações, a transferência de energia não resulta em variação na temperatura. Este é o caso sempre que as características físicas da substância mudam de uma forma para outra; tal variação é comumente chamada mudança de fase. Duas mudanças de fase comuns são do sólido para o líquido (derretimento) e do

líquido para o gasoso (ebulição); outra é uma mudança na estrutura cristalina de um sólido. Todas estas mudanças de fase envolvem variação na energia interna do sistema sem alteração de sua temperatura. O aumento de energia interna na ebulição, por exemplo, é representado pelo rompimento de ligações entre as moléculas no estado líquido; este rompimento de ligações permite que as moléculas se movam mais para longe no estado gasoso, com aumento correspondente da energia potencial intermolecular (SERWAY; JEWETT JR, 2014).

Durante um processo de mudança de fase, todo o calor recebido ou fornecido por uma substância é utilizado tão somente para este processo, não implicando em variação (aumento ou diminuição) de temperatura. Isto pode ser surpreendente, mas é como se a substância “escondesse” uma determinada quantidade de calor recebido ou fornecido, dependendo de qual a mudança de fase em curso. A energia necessária para alterar a fase de uma substância pura de massa m é:

$$Q = mL \quad (1-27)$$

onde L é o parâmetro denominado calor latente da substância e do processo específico de mudança de fase. O calor latente é medido em unidade de energia por massa, e J/kg é sua unidade no S.I.

CAPÍTULO 4

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA DE CAMPO: OS CAMINHOS DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA NO COTIDIANO DA ESCOLA

Neste capítulo retomamos os objetivos dessa pesquisa para que possamos fazer interligação com o caminho metodológico proposto. Tomamos como objetivo geral: Promover e a realizar práticas pedagógicas no ensino de Física articulando-as às questões socioambientais na perspectiva CTS/CTSA a partir de uma abordagem temática de currículo no Ensino Médio e como objetivos específicos: a) Analisar possibilidades didático-pedagógicas no Ensino de Física no Ensino Médio, a partir da abordagem temática, utilizando-se a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1992) b) Descrever como o planejamento por abordagem temática, com ênfase inter e transdisciplinar, aliado à educação CTS/CTSA, foi proveitoso na apropriação de conceitos físicos pelos educandos e na promoção de uma visão mais integrada do conhecimento científico e c) Verificar se houve indícios de alfabetização científica dos alunos a partir da percepção dos conceitos físicos em seu cotidiano e do desenvolvimento da intervenção didática. Buscamos produzir um caminho de pesquisa que contemplasse os objetivos da pesquisa em diálogo com os objetivos da professora regente, ou seja, aquilo que foi problematizado em sala de aula.

4.1 Características da pesquisa

4.1.1 Metodologia da pesquisa

A prática pedagógica cotidiana do professor exige algumas ações que muitas vezes não são aprendidas pelos professores na sua formação, seja ela inicial ou continuada e nem nos currículos impostos pela instituição escolar, conforme pontua Almeida (2010). E esses saberes são produzidos e apropriados ao longo de sua história de vida, no “chão” da escola, em sua prática pedagógica diária, nas relações entre professores, entre estes e os alunos, entre os docentes, a

escola e sua organização e entre os professores e os seus próprios saberes. Esses elementos são classificados por diversos autores como os saberes da experiência, ou seja, aqueles saberes que são advindos da intervenção pedagógica do professor na escola, em suas turmas, na organização do trabalho pedagógico, em sua própria história ao longo de sua vida.

Tardif (2002, p.49) sinaliza que estes saberes “[...] não provém das instituições de formação nem dos currículos [...] não se encontram sistematizados em doutrinas ou teorias”. O professor diante deste saber é ao mesmo tempo, produtor e sujeito.

Por outro lado, Freire (1996) afirma que “não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino”. Sendo assim, é primordial que o professor se assuma como constante pesquisador de sua prática pedagógica.

Nessa direção, essa pesquisa se caracteriza como uma pesquisa descritiva quali-quantitativa, na perspectiva de pesquisa-ação. Para Gil (2008), a pesquisa descritiva tem como objetivo a descrição das características de determinada população, ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre as variáveis. Da mesma forma, Moreira e Callefe (2008) ressaltam que:

[...] o seu valor baseia-se na premissa de que os problemas podem ser resolvidos e as práticas melhoradas por meio da observação objetiva e minuciosa, da análise e da descrição (Moreira; Caleffe, 2008, p.70).

Por outro lado, Moreira e Caleffe pontuam que a pesquisa qualitativa:

[...] explora as características dos indivíduos e cenários que não podem ser descritos numericamente. O dado é frequentemente verbal e é coletado pela observação, descrição e gravação (Moreira; Caleffe, 2008, p.73).

Por outro lado, se um pesquisador se interessar por dimensionar, avaliar determinada aplicação de uma técnica ou ainda introduzir uma variável, ele recorre ao estudo quantitativo. Ao passo que, se deseja observar o fenômeno,

buscando entendê-lo de forma completa e integral, o pesquisador recorre à pesquisa qualitativa.

Ainda, é possível realizar uma pesquisa que reúna as duas abordagens, a qualitativa e a quantitativa, por meio de uma abordagem quali-quantitativa.

A modalidade de pesquisa quali-quantitativa “[...] interpreta as informações quantitativas por meio de símbolos numéricos e os dados qualitativos mediante a observação, a interação participativa e a interpretação do discurso dos sujeitos (semântica)” (KNECHTEL, 2014, p. 106).

Por mais que os aspectos conceituais e metodológicos sejam distintos em cada uma dessas pesquisas, é possível desenvolver uma pesquisa que integre as duas abordagens, sendo uma investigação que, além de se preocupar com o dado imediato, quantificado, busca aprofundar na informação, trazendo outros dados, que estão além do conhecimento imediato.

Já Franco (2005) afirma que a pesquisa-ação se constitui na busca simultânea entre conhecer e intervir na realidade. Segundo o autor, essa “imbricação entre pesquisa e ação faz com que o pesquisador, inevitavelmente, faça parte do universo pesquisado, o que, de alguma forma, anula a possibilidade de uma postura de neutralidade e de controle das circunstâncias da pesquisa”.

No contexto educacional, Stenhouse (1979) sustenta que a pesquisa-ação deve contribuir não apenas para a prática, mas para a teoria da educação e ensino. Seu uso pode alcançar o professor que sente a necessidade de mudança ou melhora na sua prática pedagógica e traduz suas ideias em ação na sua sala de aula e com isso vai adicionando mais conhecimento sobre o fenômeno com que lida no seu dia a dia. Logo, Moreira e Callefe (2008) pontuam que “[...] a pesquisa-ação na escola e na sala de aula pode ser um meio: a) de sanar os problemas diagnosticados em situações específicas; b) de treinamento em serviço, portanto, proporcionando ao professor, habilidade e métodos para aprimorar sua capacidade analítica e o fortalecimento da autoconsciência; c) de

introduzir abordagens adicionais e inovadoras no processo de ensino-aprendizagem e aprender continuamente em um sistema que normalmente inibe a mudança e a inovação, d) de proporcionar uma alternativa à solução de problemas na sala de aula (Moreira; Caleffe, 2008, p.70)”.

Em suma, para Moreira e Callefe (2008, p.93,94) a pesquisa-ação no contexto educacional pode ser um método apropriado para:

1. Substituir um método tradicional de ensino por outro método progressista;
2. Adotar uma abordagem integrada de aprendizagem em substituição a outra abordagem de ensino;
3. Melhorar os métodos de avaliação;
4. Possibilitar e incentivar atitudes mais positivas em relação ao trabalho, ou modificar o sistema de valores dos alunos em relação a alguns aspectos da vida;
5. Promover o desenvolvimento pessoal dos professores ao melhorar as habilidades de ensino, desenvolver novos métodos de aprendizagem e aumentar a sua capacidade de análise.

Ao tratarmos de uma pesquisa-ação construída pela própria docente também no papel de pesquisadora da investigação, compreendemos que a relevância da investigação reside no fato de que práticas pedagógicas são constantes ações de pesquisa, no caso do magistério, de um cotidiano complexo, em que tratamos com sujeitos de diferentes visões de mundo, expectativas construídas e olhares diferenciados do ser e estar na escola.

Nesse contexto, o conhecer na produção construída na relação de pesquisa entre professor-aluno, requer uma ação de escuta sensível, que nos leva ao contato e aprendizado com uma ciência humanizada (FREIRE, 2001).

Nessa pesquisa, propusemos um caminho plurimetodológico, em que o caminho foi se constituindo no caminhar, como diria Alves (2012), bebendo em diferentes

fontes, mergulhando no cotidiano escolar, no caso nas aulas de Física, para compreender as melhores entradas e táticas a serem produzidas para a pesquisa. Assim, compreendemos que as principais entradas metodológicas, deram-se pelas redes de conversações (CARVALHO, 2009) estabelecidas com os alunos, aprofundando camadas do que iríamos construir com a pesquisa. Essa entrada metodológica compreende em

[...] ações complexas, fundadas nas dimensões da ação para a recriação de saberes, fazeres e afetos da/na/com a escola, constituindo redes de "inteligência coletiva". Esta se refere à ideia de "potência de ação coletiva" dos grupos, tomando-se, fundamentalmente da capacidade de indivíduos e grupos interagirem, pondo-se em relação e, dessa forma, produzirem, trocarem e utilizarem conhecimentos por meio de conversações (CARVALHO, 2009, p.76).

Identificando que as conversas necessitariam de registros que materializassem o caminho percorrido do estudo, optamos por quatro entradas: questionários, fichas de registro da professora para cada etapa da pesquisa, materiais produzidos pelos alunos e gravações em áudio.

4.1.2 Metodologia de ensino

A metodologia de ensino da intervenção didática seguiu a proposta dos três momentos pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1992). O tema escolhido "Poluição do ar da Grande Vitória e mudanças climáticas" norteou a organização dos três momentos pedagógicos (MP), tendo o meio ambiente como tema central e transversal ao currículo conforme determina a Legislação ambiental Estadual — Lei 9.265/2009 — que foi considerada na estruturação curricular do ano letivo de 2019 do Ensino Médio Estadual por meio da portaria n.º 186-R de 26 de dezembro de 2018. Segue abaixo a estruturação geral dos momentos pedagógicos:

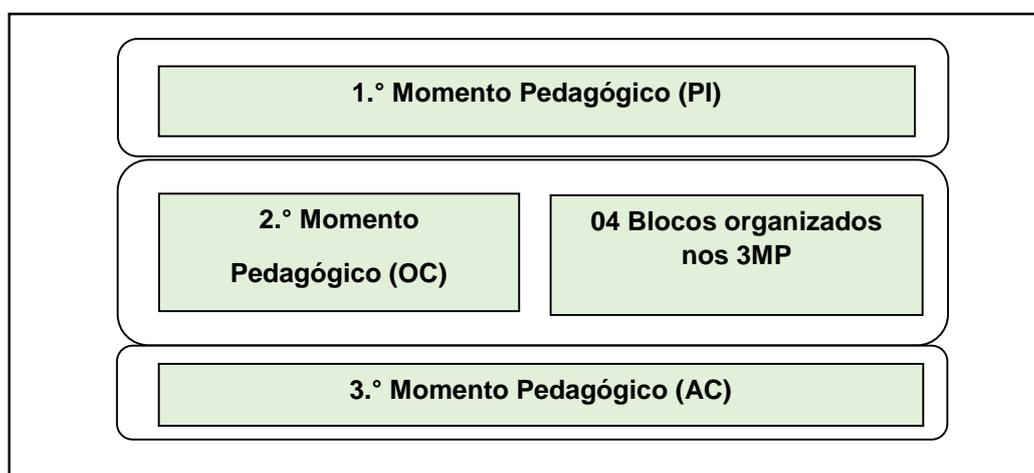
1.º Momento Pedagógico (PI): Inicialmente fizemos uma problematização das possíveis causas da poluição da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV)²⁰, buscando relacionar a poluição das indústrias, sobretudo a emissão de material particulado (sobretudo o pó preto) na atmosfera, e o aumento

²⁰ Compreende os municípios de Vitória, Serra, Vila Velha, Cariacica, Fundão, Viana e Guarapari.

significativo de veículos nos últimos anos na região; ao aumento das temperaturas ambientes médias, principalmente no último verão em que vivenciamos dias extremamente quentes, com sensação térmica chegando a atingir 51°C em fevereiro de 2019 em Vitória, conforme reportagens de jornais locais no Apêndice C.

2.º Momento Pedagógico (OC): A seguir, propusemos diversas problematizações em torno do tema, novamente estruturados nos três momentos pedagógicos, conforme figura 5:

Figura 5 — Estruturação dos Momentos Pedagógicos



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

3.º Momento Pedagógico (AP): Para aplicar o conhecimento, realizamos ao final da intervenção, um debate sobre o tema “Poluição do ar da Grande Vitória e Mudanças climáticas”, retomando questões levantadas na problematização inicial.

Após a pesquisa bibliográfica, caracterizada por Vergara (2007) como o estudo sistematizado e disponível ao público em geral, realizamos a coleta de dados (dados primários), por meio de um questionário inicial (Apêndice A), para levantamento das concepções provenientes da leitura de mundo dos educandos acerca dos conceitos que seriam abordados (FREIRE, 1996). Os demais instrumentos utilizados ao longo da aplicação, foram explicitados no quadro 03 na descrição da produção das fontes de pesquisa (seção 4.3), como também as

etapas da intervenção pedagógica realizada com os alunos. Por fim, elaboramos um guia didático, direcionado a educadores de Física e demais da área de Ciências da Natureza, a fim de propor orientações no formato de um produto educacional, como processos metodológicos inter/transdisciplinares à luz da abordagem temática curricular no ensino de Física na perspectiva CTS/CTSA.

O período de aplicação da intervenção didática, no formato de um projeto educacional inter e transdisciplinar, foi de abril a novembro de 2019, totalizando 25 aulas, nas quais duas ocorreram nas aulas de Biologia. Nesse período, a aplicação ocorreu de forma intercalada com outras atividades previstas no calendário escolar como conselhos de classe, período de recuperação trimestral, jornada de planejamento pedagógico, entre outras. Ainda, algumas atividades como exercícios, provas, recuperações paralelas foram realizadas ao longo do período da aplicação, bem como o cumprimento do currículo no que tange a aspectos quantitativos da termometria e calorimetria não considerados na análise dos dados da pesquisa, bem como outros conteúdos previstos na base curricular

4.2 Lócus da pesquisa e os sujeitos participantes

O trabalho de pesquisa foi desenvolvido numa escola de Ensino Médio da rede estadual do Espírito Santo situada em Serra (ES), município que compõe a região metropolitana da Grande Vitória. A escolha se deu pelo fato da pesquisadora ser professora efetiva de Física nessa escola desde do ano de 2012, para a qual pediu remoção de sua cadeira, tendo trabalhado anteriormente por dois anos nessa escola em designação temporária.

A escola foi fundada em março de 1977 no parque residencial Laranjeiras (Serra – ES) e atualmente funciona em um prédio, alugado desde 2013, de quatro andares, com elevador, em um bairro próximo à sede da escola que foi demolida para dar lugar a uma nova edificação.

Figura 6 — Escola Aristóbulo Barbosa Leão – Serra (ES)



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

A maioria dos alunos reside em diversos bairros do município e escolhem a escola porque a mesma situa-se no cruzamento de duas rodovias que dão acesso aos principais terminais rodoviários da região metropolitana da Grande Vitória, além disso, é próxima à BR101 que também dá acesso a esses terminais de onde partem ônibus para diversos bairros. Em sua atual estrutura, além das salas de aula, a escola conta com um auditório, um laboratório de informática, um laboratório de Ciências, uma biblioteca, uma quadra improvisada em um galpão, uma sala de atendimento a alunos com necessidades especiais, entre outros. São ofertados Ensino Médio regular no turno diurno e Ensino Profissionalizante no noturno — técnico em administração. Ainda, a instituição recebe diariamente alunos de várias escolas estaduais por sediar um polo estadual de idiomas. No ano de 2019, foram formadas 17 turmas de Ensino Médio no matutino e nove no vespertino, turno que tem sido esvaziado nos últimos dois anos. O turno noturno também sofreu uma grande redução com o fechamento do ensino médio regular e da Educação de Jovens e Adultos (EJA) pelo governo anterior.

Em 2014, a comunidade escolar elaborou coletivamente o projeto político pedagógico (PPP) da instituição no qual foi proposto a organização do cotidiano escolar em salas temáticas por componentes curriculares, onde os alunos ao

final de cada horário de aula, trocam de salas. A maioria dessas salas foi equipada com estantes para livros didáticos, armário com equipamento multimídia (amplificador, microfone e controle remoto do *Datashow*) e caixas de som, inclusive com recursos do Programa Ensino Médio Inovador – PROEMI do qual a escola participava. Ainda, o PPP pautou-se pelos princípios da gestão democrática, prevendo inclusive a formação do grêmio estudantil, pelas orientações das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNEM, 2012) e do Currículo Básico Comum (CBC, 2009) das escolas estaduais.

Os sujeitos dessa pesquisa foram alunos do Ensino Médio e professores colaboradores dessa escola. Foram produzidos os dados da pesquisa no período de abril a novembro de 2019 com os alunos.

Os estudantes que participaram da pesquisa pertenciam a uma turma de segundo ano do Ensino Médio com inicialmente 39 alunos. Das cinco turmas de segundo ano que participaram inicialmente da aplicação, apenas essa turma fez todas as atividades. Isso ocorreu em virtude de terem ocorrido muitas perdas de aulas, principalmente na sexta-feira em função de feriados, e ao longo do processo por diversos motivos, implicando na não realização de todas as tarefas de cada etapa nas demais turmas, dificultando assim, a coleta de dados. Ao final da pesquisa, no mês de novembro, a turma analisada contava com 33 alunos em função dos pedidos de transferência ao longo do período da aplicação.

Ainda, participaram da pesquisa mais quatro professoras, também efetivas na escola como a pesquisadora: uma de Geografia, uma de Química, uma de Biologia e outra de Português. As professoras de Geografia e de Biologia também são efetivas na Rede Municipal de Vitória, no Ensino Fundamental, e participam do programa de formação continuada que a rede oferece com frequência. Já na rede estadual não temos a formação em serviço, porém ao professor é facultado fazer os cursos à distância oferecidos pelo Centro de Formação dos Profissionais da Educação do Espírito Santo (CEFOP). O planejamento das atividades pedagógicas ocorreu nos momentos de Jornada de Planejamento Pedagógico em fevereiro e maio de 2019, nos horários de planejamento e às vezes até mesmo no horário do recreio. Como trabalhamos

com frequência com projetos interdisciplinares em anos anteriores na escola, as professoras apresentaram uma boa receptividade ao planejamento e desenvolvimento de atividades inter/transdisciplinares juntos aos alunos para contribuírem com essa pesquisa. Cabe também pontuar que a professora pesquisadora e as professoras de Biologia e Química participaram do PIBID/UFES, recebendo estudantes de licenciaturas da Universidade por alguns anos. Atualmente nenhuma de nós participa desse programa. Todas as professoras têm especialização na área de Educação.

4.3 Descrição da produção das fontes da pesquisa: como ocorreu o desenvolvimento da intervenção pedagógica

Iniciamos o ano letivo de 2019 com a primeira jornada de planejamento pedagógico (JPP), em fevereiro, onde construímos coletivamente o plano de ação do ano e elaboramos nossos planos de ensino. Na ocasião, tivemos a oportunidade de apresentar as principais ideias sobre o projeto, de cunho transdisciplinar sobre a temática ambiental, às professoras de Geografia e Biologia buscando investigar pontos de contato no currículo dessas disciplinas e a Física que possibilitassem uma integração curricular.

Em Geografia, os conteúdos referentes à poluição urbana, efeito estufa e mudanças climáticas constavam no programa do 1º. ano do Ensino Médio. No ano passado (2018), todos os primeiros anos foram a uma aula de campo na Companhia de Mineração Vale (programa “Vale Conhecer”²¹) que consiste em um roteiro guiado por monitores que inicia com uma palestra no Parque Botânico da Vale e posteriormente se estende a uma visita ao Complexo Industrial de Tubarão.

No programa do 1º trimestre para o 2.º ano, estavam previstos em Geografia os conteúdos sobre “Industrialização” e “Fontes de energia”, conforme prevê o Currículo Básico Comum das Escolas Estaduais – CBC (ESPÍRITO SANTO, 2009). Já em Física, estavam previstos a conceituação de temperatura, calor,

²¹ Programa Vale Conhecer. Disponível em <http://www.vale.com/hotsite/pt/paginas/vale-conhecer/vale-visitas/vale-visitas.aspx#!/complexo-de-tubarao#vale-conhecer-header>. Acesso: 20 Ago. 2019.

equilíbrio térmico e os mecanismos de transmissão de calor (ESPÍRITO SANTO, 2009).

Após tomarmos ciência dos conteúdos das disciplinas, inserimos no plano de ensino dos segundos anos o projeto de Educação Ambiental, como eixo integrador do currículo, tendo como ponto de contato esses conteúdos.

Em Biologia, no primeiro ano foram desenvolvidos os conteúdos referentes aos ciclos naturais do programa da disciplina. Já no primeiro trimestre do segundo ano, os alunos estariam estudando anatomia e fisiologia do corpo humano. Sinalizamos que planejaríamos então atividades referentes ao projeto para o segundo trimestre do ano letivo em torno desses conteúdos.

A elaboração e execução da intervenção pedagógica foi organizada em três fases: (a) seleção de um tema; (b) seleção dos conteúdos e elaboração dos planejamentos das aulas baseados no tema; (c) desenvolvimento das atividades em sala de aula, conforme Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011). A seguir, procedemos à análise e discussão da implementação.

Ao se realizar a primeira etapa do processo de Investigação Temática (FREIRE, 1987), denominada de levantamento preliminar, foi constatado um problema que representava uma contradição social vivenciada pelos moradores dos municípios da Grande Vitória e do interior do Estado, incluindo a região serrana. Tal contradição estava relacionada à problemática das elevadas temperaturas do verão do ano de 2019, que provocaram sensações térmicas superiores às experimentadas nos últimos três anos, reportadas em jornais locais. Em 2016, a região Metropolitana da Grande Vitória e vários municípios do Estado do Espírito Santo sofreram com um período de seca que provocou racionamento de água. A problemática vivenciada em 2019 levou os alunos a se queixarem constantemente das elevadas sensações térmicas na sala de aula tendo em vista que na escola a sala ambiente de Física se localiza no último andar do prédio que é coberto por telhas de amianto tendo o teto forrado com revestimento isolante térmico que havia despencado em alguns trechos produzindo uma irradiação térmica direta no interior da sala, conforme mostra a figura 7.

Além disso, as janelas possuem paredes duplas de vidro que inicialmente pretendiam isolar o ar frio no ambiente em função do ar condicionado central instalado pela faculdade que funcionava nesse prédio, mas que atualmente está com defeito, produzindo o efeito contrário.]

Figura 7 — Revestimento do teto da sala ambiente de Física



Fonte: Autoria própria (2019)

A identificação da situação problema (situação limite) e a indagação das possíveis causas para a ocorrência da mesma, resultou em um tema gerador para ser trabalhado em sala de aula denominado: “poluição do ar da Grande Vitória e mudanças climáticas”.

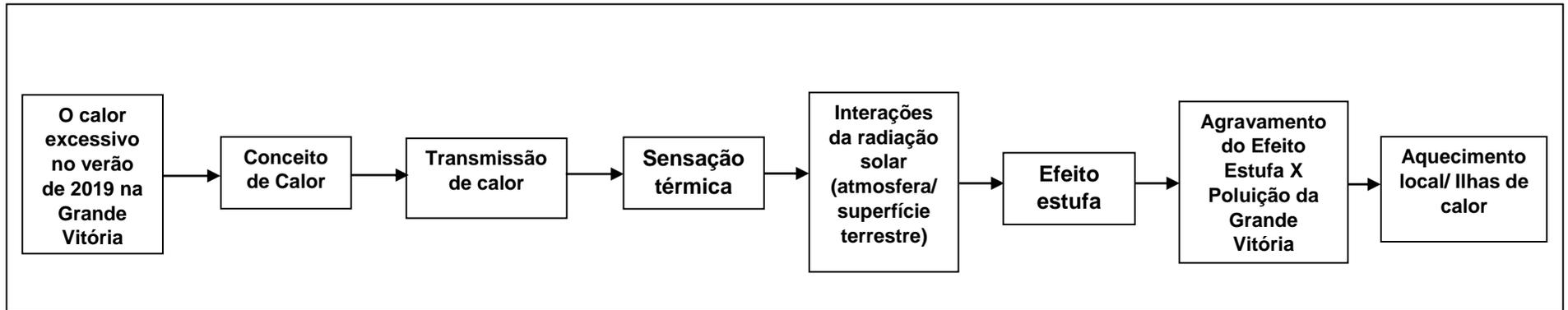
Para implementar o tema gerador foram selecionados, durante o processo de Redução Temática (FREIRE, 1987), alguns conteúdos/conceitos relevantes de Física, Química, Biologia e Geografia, em torno do conceito unificador “combustão” identificado a partir da compreensão de que uma das causas da poluição urbana provem do uso da energia, suas transformações e degradação. A partir deste conceito-chave é possível estabelecer três eixos temáticos estruturantes: (i) a compreensão da combustão envolvida em processos biológicos e não biológicos nos quais se identifica os conceitos de *respiração*, *fermentação* e *fotossíntese* que possibilitam uma interpretação tanto dos processos biológicos intervenientes na poluição como na relação desta com

seus efeitos; (ii) a produção de resíduos da combustão em processos não biológicos e (iii) a combustão e exploração dos recursos naturais e as relações estabelecidas entre poluição, degradação do meio ambiente e suas consequências (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p. 303 - 304).

No Apêndice A, apresentamos um esquema com uma proposta de uma rede de significados elaborada como ponto de partida para o desenvolvimento da intervenção didática que foi ampliada a partir do esquema de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), p. 306 - 307. As setas lá representadas sugerem uma interdependência entre os diferentes conceitos/subtemas, bem como entre as diferentes áreas do conhecimento, não sendo lineares nem ascendentes. Nessa estrutura, a fim de contemplar os princípios/objetivos da Educação Ambiental crítica e promover a inter/transdisciplinaridade, utilizamos os seguintes eixos temáticos que incluem os eixos descritos no parágrafo acima: (i) Natureza — Cultura — Trabalho — Desenvolvimento — Ambiente; (ii) Energia — Fontes de energia — Processos de transformação de energia — Energia e Desenvolvimento — Energia e Ambiente (iii) Sol — Terra — território vivido (CNE/CEB, 2010, p. 65).

A sequência da aplicação pedagógica ocorreu resumidamente conforme a sequência apresentada na figura 8, a seguir.

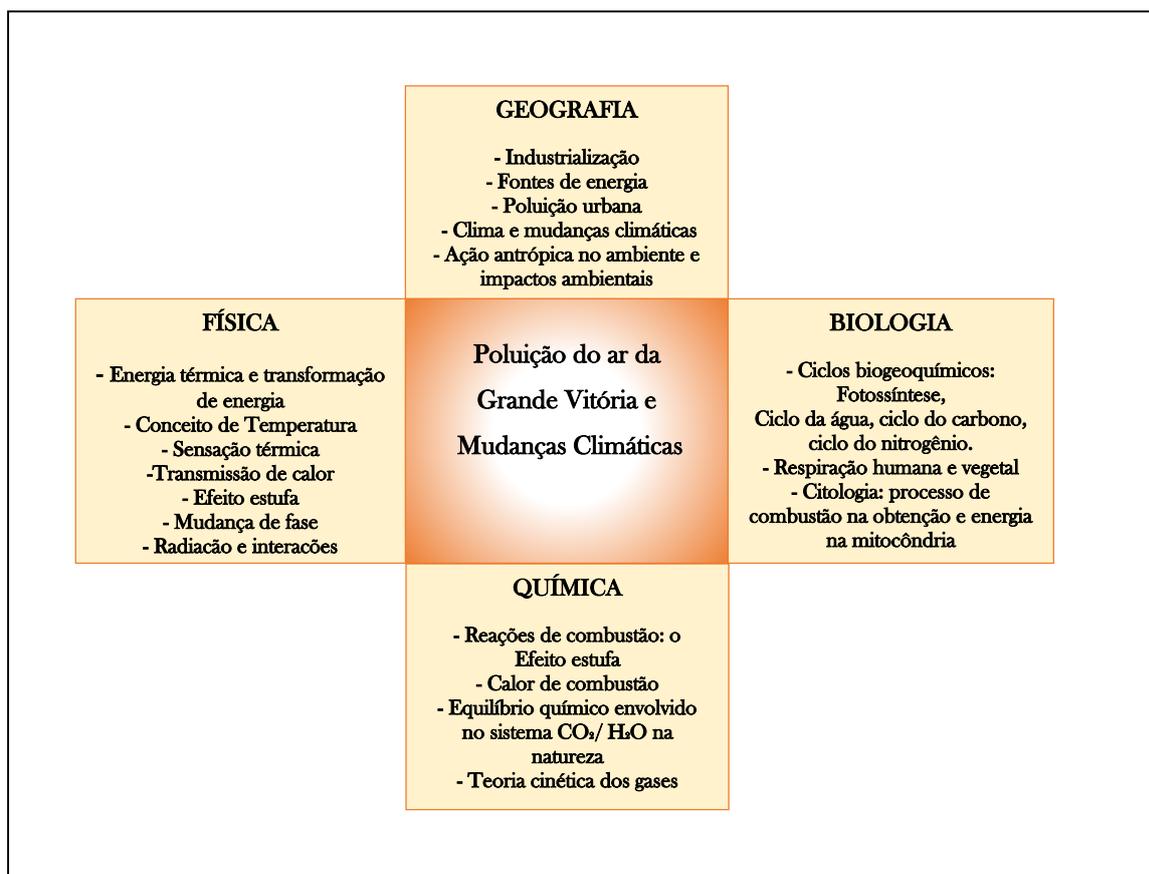
Figura 8 — Sequência da aplicação da intervenção didática.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Após a escolha do tema e da elaboração do esquema do Apêndice A, a partir dos eixos temáticos, selecionamos os conteúdos de cada disciplina a partir do tema gerador, conforme figura 9.

Figura 9 — Conteúdo programático elaborado a partir do tema gerador.



Fonte: Currículo Básico Comum da Rede Estadual do Espírito Santo (2009). Elaborado pela autora (2019).

Após as etapas citadas anteriormente, estruturamos os momentos pedagógicos e planejamos, individual e coletivamente, as atividades da aplicação pedagógica, conforme descrito no quadro 03.

A aplicação da intervenção didática se deu em 26 aulas, intercaladas com outras atividades previstas no calendário escolar de 2019, ao longo dos três trimestres letivos. Do total de aulas, 23 ocorreram nas aulas de Física, duas no horário das aulas de Biologia, lecionadas pela professora dessa disciplina, e uma na aula de Português para a elaboração de uma redação ao final da aplicação. Ainda, houve a proposição de atividades extraclasse nas disciplinas de Geografia e Química referentes ao projeto.

Quadro 3 — Etapas da Intervenção pedagógica

Momento Pedagógico	Etapas da Intervenção pedagógica	INTRUMENTOS DE PESQUISA UTILIZADOS/ ATIVIDADES	PERÍODO DE DURAÇÃO
Primeiro Momento Pedagógico	<i>Problematizando a Poluição do ar da Grande Vitória e o verão rigoroso de 2019</i>	<p>1ª aula: Aplicação de um questionário inicial: Levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes.</p> <p>2ª aula:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Exibição de slides com as questões problematizadoras e com figuras e reportagens de um jornal local. 2) Problematização inicial com as questões: “Quais são as possíveis causas da poluição do ar na Grande Vitória?” e “Que relação pode haver entre as elevadas temperaturas médias da Grande Vitória no último verão e a poluição do ar proveniente do aumento do uso de veículos automotores na região nos últimos 10 anos?” 3) Discussão das questões em grupos. 	02 aulas
	<p>Industrialização, fontes de energia e Poluição do ar da Grande Vitória</p> <p><i>Compreendendo os impactos da industrialização e da queima de combustíveis fósseis no ambiente da Região Metropolitana da Grande Vitória</i></p>	<p>1º bloco organizado nos 3MP:</p> <p>1º MP: Questões para debate e resposta em duplas.</p> <p>2º MP:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Socialização das respostas das questões com a turma. 2) Atividade em duplas - Estudo dirigido sobre “Fontes de energia e impactos ambientais” cujas questões foram respondidas a partir de pesquisa no livro didático 3) Pesquisa sobre as possíveis causas da poluição do ar da Grande Vitória e produção de um texto em duplas, a partir de reportagens de jornais locais. <p>3º MP: Atividade interdisciplinar com Geografia – Confecção em grupo de um mapa mental em folha tamanho A3 em torno do tema central “Poluição do ar da Grande Vitória” relacionando os temas/conceitos POLUIÇÃO DO AR – INDUSTRIALIZAÇÃO - FONTES DE ENERGIA – EFEITO ESTUFA – MUDANÇAS CLIMÁTICAS, entre outros relacionados à temática.</p>	03 aulas
Segundo Momento Pedagógico	<p>Energia Térmica e Sensação térmica</p> <p><i>Compreendendo a evolução histórica do conceito de calor, os processos de transmissão de calor e a sensação térmica</i></p>	<p>2º bloco organizado nos 3MP:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evolução histórica do conceito de calor: vídeos, artigo científico e atividade. - Estudo dirigido. Simulação computacional. Sistematização com slides. Lista de exercícios. - Texto sobre sensação térmica. Vídeo. Atividade. - Atividade experimental demonstrativa. 	08 aulas
	<p>Efeito estufa e balanço de radiação</p> <p><i>Compreendendo o fenômeno do efeito estufa e relacionando com o efeito estufa terrestre</i></p>	<p>3º bloco organizado nos 3MP:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Experimento demonstrativo investigativo sobre efeito estufa. - Sistematização do conhecimento com slides: estufa, efeito estufa terrestre, espectro eletromagnético e balanço de radiação - Vídeo sobre balanço de radiação e efeito estufa terrestre - Simulação computacional do efeito estufa. - Vídeo sobre os gases do efeito estufa. 	03 aulas
	<p>Efeito estufa e os ciclos naturais</p> <p><i>“Compreendendo a relação entre o efeito</i></p>	<p>Aplicação do conhecimento do bloco anterior:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Confecção de um terrário. Diário de bordo do aluno. Questões sobre o terrário. Socialização das questões - Aula sobre os ciclos naturais (Profª Biologia) 	03 aulas

	<i>estufa e os ciclos naturais (água, ar)</i>		
	Calor de combustão e poluição do ar <i>“Relacionando calor de combustão à produção de resíduos que provocam a poluição do ar e à intensificação do efeito estufa”</i>	4º bloco organizado nos 3MP: a) Calor de combustão e alimentação - Leitura e discussão de textos do livro didático. Atividade envolvendo transformação de unidades de energia térmica. b) Calor de combustão, respiração e fotossíntese (atividade interdisciplinar com Biologia). c) Calor de combustão e máquinas térmicas d) Calor de combustão e poluição do ar (atividade interdisciplinar com Química).	05 aulas
Terceiro Momento Pedagógico	Poluição do ar da Grande Vitória e mudanças climáticas <i>“Problematizando efeito estufa e sua relação com o aquecimento global e os impactos ambientais dele decorrentes”</i>	- Atividade integradora – Redação sobre “Poluição do ar da Grande Vitória e mudanças climáticas”. - Atividade de intervenção – Carta à direção escolar	02 aulas
	Avaliação da Pesquisa	Questionário	01 aula

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

No primeiro momento da pesquisa de campo foram realizadas discussões com os educandos, no intuito de apresentar os objetivos da pesquisa. Posteriormente, foi apresentado o tema do projeto pedagógico que seria desenvolvido de forma interdisciplinar com outras disciplinas. Assim, o primeiro momento de conversação (CARVALHO, 2009) foi no intuito de desafiar os alunos a compreender onde estaria a temática ambiental a ser estudada nas aulas no cotidiano deles, ou seja, em nossa sociedade, sobretudo a capixaba.

O tema gerador (FREIRE, 1996) “Poluição do ar da Grande Vitória e Mudanças temáticas”, cuja centralidade versa sobre a questão socioambiental, norteou a estruturação e o desenvolvimento da intervenção pedagógica. Justificamos a escolha do tema com os estudantes pelos seguintes motivos: I) Por sua constante presença no Exame Nacional do Ensino Médio — Enem, tanto na área de Ciências como nas demais disciplinas, por possibilitar a interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade. Como professora de Física do Ensino Médio e participante por dois anos em um preparatório para o ENEM, víamos refletindo a forma como os temas socioambientais são abordados de forma fragmentada

nas disciplinas e avaliados no ENEM de forma inter e transdisciplinar e II) Frente às crescentes agressões ao ambiente, em função do modelo de desenvolvimento predatório e excludente que coloca em risco o futuro da humanidade, urge promover uma educação socioambiental que dê conta de construir conhecimentos social e cientificamente sustentáveis na perspectiva de uma ação cidadã.

Sendo assim, propusemos uma abordagem do tema gerador promovendo uma interdisciplinaridade no âmbito da Física com conceitos de energia e o princípio de conservação da energia, abordados em Mecânica no primeiro ano do Ensino Médio, aplicados à compreensão da obtenção da energia térmica no segundo ano. Além disso, para a compreensão das características da radiação solar foi necessário a apresentação de uma introdução à Ondulatória, presente no currículo do segundo ano destacando as características do espectro eletromagnético.

Iniciamos a intervenção pedagógica com a aplicação de um questionário inicial para levantamento das concepções dos estudantes acerca dos conceitos que seriam abordados ao longo da aplicação, disponível no Apêndice B.

Na sequência, demos início ao desenvolvimento dos momentos pedagógicos, conforme já foi descrito resumidamente no quadro 03, cujo detalhamento apresentaremos a seguir.

Detalhamento do Momentos Pedagógicos

1.º Momento Pedagógico – Problematização inicial da intervenção didática (PI)

Iniciamos a problematização inicial com as seguintes questões norteadoras:

“Quais são as possíveis causas da poluição do ar na Grande Vitória? Que relação pode haver entre as elevadas temperaturas médias medidas na Grande Vitória no último verão e a poluição do ar proveniente do aumento do uso de veículos automotores na região nos últimos 10 anos?”

Apresentamos em slides recortes de manchetes de um jornal local, de distribuição gratuita, com notícias sobre a elevada sensação térmica vivenciada nos últimos meses do verão da Grande Vitória e outra sobre o aumento

significativo de veículos automotores na Grande Vitória nos últimos 10 anos (Vide APÊNDICE C). Ainda, um slide com um *print* de tela do smartphone feita pela professora/pesquisadora em março de 2019 na sala de aula, à tarde, no qual o aplicativo de previsão do tempo indicava uma sensação térmica de 40°C no bairro no qual a escola está situada.

Após a exibição dos slides, solicitamos que os educandos discutissem e respondessem às questões norteadoras em duplas. A seguir, cada grupo socializou suas respostas com a turma em uma roda de conversa.

2.º Momento Pedagógico – Organização do conhecimento (OC)

O segundo momento pedagógico da intervenção pedagógica foi organizado em quatro blocos, cada um estruturado nos três momentos pedagógicos.

1.º bloco da OC – *Problematizando industrialização, fontes de energia e poluição do ar da Grande Vitória*

A primeira etapa do segundo momento pedagógico teve por objetivo compreender os impactos da industrialização e da queima de combustíveis fósseis, sobretudo pelos veículos automotores, sobre o ambiente da Região Metropolitana da Grande Vitória. Desenvolvemos as atividades desse bloco em três aulas.

I. Problematização inicial

Na primeira aula, apresentamos em slides as seguintes questões para que os alunos respondessem em duplas, retomando algumas questões da problematização inicial da intervenção didática:

1. Cite pelo menos 02 (duas) possíveis causas da poluição do ar da Grande Vitória. Como essa poluição é produzida?
2. Quais são as consequências da poluição do ar para a população? Como ela afeta o ambiente?
3. Que medidas poderiam ser tomadas para reduzir ou evitar a poluição do ar?
4. Que fatores podem ter contribuído para a percepção de uma sensação térmica tão elevada na sala de Física quando o aplicativo acusava uma sensação térmica de 40°C no bairro Santa Luzia? Explique o que você entende por “sensação térmica” e os fatores que interferem na produção da mesma.

5. Que relação pode haver entre as elevadas temperaturas médias da Grande Vitória e a poluição do ar proveniente do aumento do uso de veículos automotores na região nos últimos 10 anos?

II. Organização do conhecimento

Na segunda aula do bloco, promovemos a socialização das respostas das questões com a turma. A seguir, solicitamos que os estudantes fizessem um pequeno texto sobre as figuras e reportagens trazidas por cada grupo sobre “a poluição do ar da Grande Vitória”.

Na terceira aula, solicitamos que os educandos respondessem às questões de um estudo dirigido sobre “Fontes de energia e Impactos ambientais” (APÊNDICE D) a partir de uma pesquisa no capítulo cinco do livro didático (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2017, p. 98-127) para dar suporte à elaboração de um mapa mental, atividade interdisciplinar de Física com Geografia.

III. Aplicação do conhecimento

Lançamos aos educandos uma proposta de elaboração de um mapa mental em papel tamanho A3, em grupos de quatro pessoas, relacionando os conceitos POLUIÇÃO DO AR – FONTES DE ENERGIA – INDUSTRIALIZAÇÃO e demais conceitos relacionados ao tema e às disciplinas de Física e Geografia, como uma atividade extraclasse com prazo de 15 dias para sua elaboração.

O mapa mental foi uma proposta de integração entre as duas disciplinas em torno da temática do projeto, tendo o meio ambiente como tema central. A professora de Geografia costuma propor atividades no formato de mapas mentais aos alunos e sugeriu essa atividade nessa etapa da intervenção.

2.º bloco da OC - *Problematizando sensação térmica, temperatura, calor*

A segunda etapa do segundo momento pedagógico, “Energia Térmica e Sensação térmica”, teve por objetivo a apresentação da evolução histórica do conceito de calor; a compreensão da natureza do calor enquanto energia obtido a partir de outro tipo de energia, obedecendo o princípio de conservação; a compreensão dos processos de transmissão de calor e do conceito de sensação térmica. Desenvolvemos as atividades desse bloco em oito aulas.

I. Problematização inicial

Na primeira aula, retomamos com os alunos as questões:

- a) Como o calor pode ser obtido? O que você entende por calor?
- b) Dê 03 (três) exemplos de situações que envolvam transmissão de calor (ou trocas de calor).
- c) O que você entende por “sensação térmica”? Como pode ser explicada?

II. Organização do conhecimento

A seguir, propusemos uma sequência de atividades de História e Filosofia da Ciência (HFC) cujo objetivo foi trabalhar as concepções sobre a natureza do calor, com ênfase nos séculos XVIII e XIX, com duração de duas aulas. Iniciamos com a leitura de um pequeno texto do livro didático (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2017, p. 29) intitulado “Evolução do conceito de calor”, a seguir solicitamos que alguns deles relatassem oralmente sua compreensão acerca do texto. Após termos discutido o conteúdo do texto, exibimos dois vídeos²² para irmos aprofundando na compreensão do assunto.

Figura 10 — Exibição de vídeos sobre as teorias do calor



Fonte: Autoria própria (2019).

²² A teoria do calórico e a evolução do conceito de calor. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=qgBcAtgQG4&t=72s>. Acesso em: 05 Mai. 2019.

James Prescott Joule, William Thomson e a Descoberta da Energia. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=8v3jxSJoMVc>. Acesso em: 05 Mai. 2019.

Por fim, na segunda aula, propusemos uma atividade a partir do artigo A ascensão e queda da teoria do calórico²³ — Luciano Carvalhais Gomes, Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá — a partir do qual extraímos trechos e construímos um texto para apresentarmos a evolução das teorias sobre o calor. A partir da síntese do artigo, dos vídeos e do texto do livro didático solicitamos que os estudantes respondessem às seguintes questões em duplas:

- 1) Até fins do século XVIII a ideia que se tinha sobre o calor era diferente da que conhecemos hoje. Identifique nos textos cientistas que defendiam as teorias do flogístico e do calórico. Como elas concebiam o calor?
- 2) Como e quando a teoria do calórico foi colocada em “xeque” contribuindo para seu declínio?
- 3) Como a teoria mecânica concebia o calor? Que cientistas contribuíram para seu desenvolvimento?
- 4) Quais foram as contribuições do cientista inglês James Joule para o estudo do calor?
- 5) Que fatores favoreceram ou dificultaram o desenvolvimento dessas teorias?
- 6) Que trechos dos textos evidenciam a interdependência entre os estudos dos cientistas para o avanço de suas teorias?
- 7) Na ciência não há “verdades absolutas”. Comente.

Na terceira aula, os alunos realizaram uma pesquisa no livro didático a fim de responder às questões de um estudo dirigido sobre *conceitos de temperatura, calor, equilíbrio térmico e transmissão de calor*.

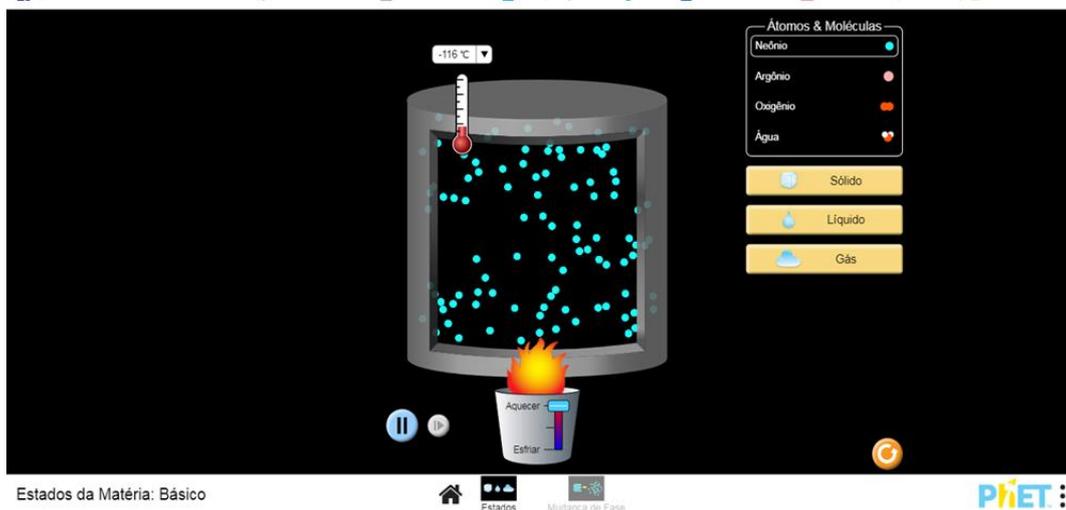
Na quarta aula, realizamos a correção do estudo dirigido com slides, articulando-a às questões sobre o vídeo e o artigo, retomando a evolução da concepção do calor como substância (o calórico) para a concepção do calor como energia térmica que pode ser obtida de outro tipo de energia, conforme o princípio de conservação da energia.

Na quinta aula, prosseguimos com a correção do estudo dirigido com os slides e utilizamos uma simulação em laboratório virtual sobre “Estados da Matéria” para uma melhor compreensão do conceito de *temperatura* enquanto a medida da energia interna das moléculas de um corpo. O simulador computacional

²³ GOMES, L. C. A ascensão e queda da teoria do calórico. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis, v. 29, n. 3, p 1030 - 1073, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n3p1030/23609>. Acesso em: 05 Mai. 2019.

possui opções de escolha do estado físico das substâncias, da escala de temperatura (Celsius ou Kelvin) e proporciona o aquecimento ou resfriamento das partículas. A figura 11 mostra uma simulação do aquecimento do gás monoatômico Neônio a partir do estado gasoso.

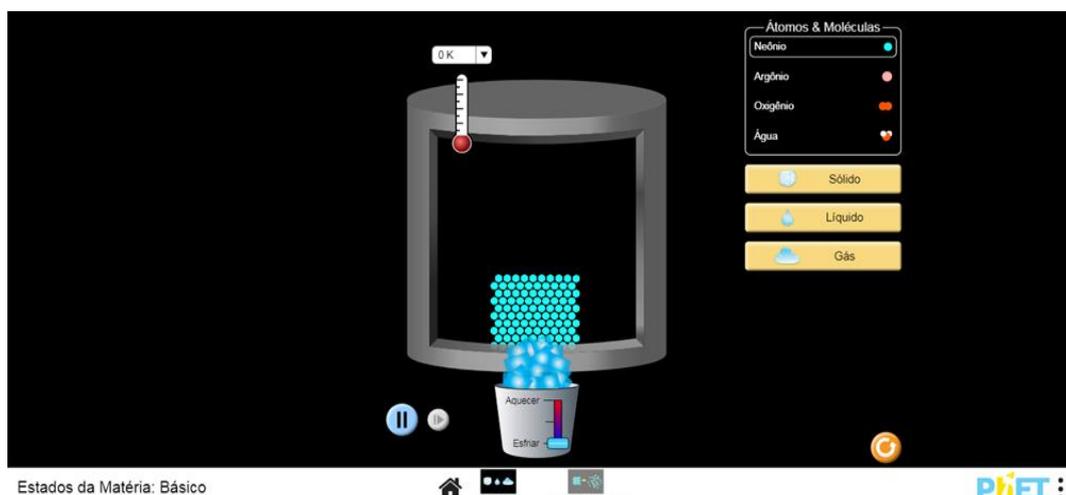
Figura 11 — Simulação do aquecimento do gás monoatômico Neônio.



Fonte: *Phet interactive simulations*. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/states-of-matter-basics. Acesso em: 15 Jun. 2019.

O simulador computacional também possibilitou a percepção de que à medida que nos aproximamos do zero absoluto ($T = 0\text{ K}$) os átomos/moléculas vão possuindo um nível mínimo de energia.

Figura 12 — Simulação do resfriamento do gás monoatômico Neônio.



Fonte: *Phet interactive simulations*. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/states-of-matter-basics. Acesso em: 15 Jun. 2019.

Na sequência utilizamos mais duas aulas, quinta e sexta aulas, para resolução de exercícios e correção dos mesmos.

III. Aplicação do conhecimento

Finalizamos o primeiro bloco de atividades aplicando os conhecimentos adquiridos no momento anterior a uma situação que foi levantada na problematização inicial da intervenção sobre as elevadas sensações térmicas vivenciadas na Grande Vitória nos primeiros meses do ano de 2019.

Iniciamos a oitava aula com a exibição de uma reportagem de um noticiário²⁴ local sobre o aumento das temperaturas ambientes médias que chegou a 37,7°C, igualando-se a maior registrada há três anos levando a um desconforto térmico na população. O conteúdo do vídeo pode ser lido na reportagem no apêndice E (texto 01).

Figura 13 — Exibição de um vídeo sobre uma matéria de um noticiário local



Fonte: Autoria própria (2019)

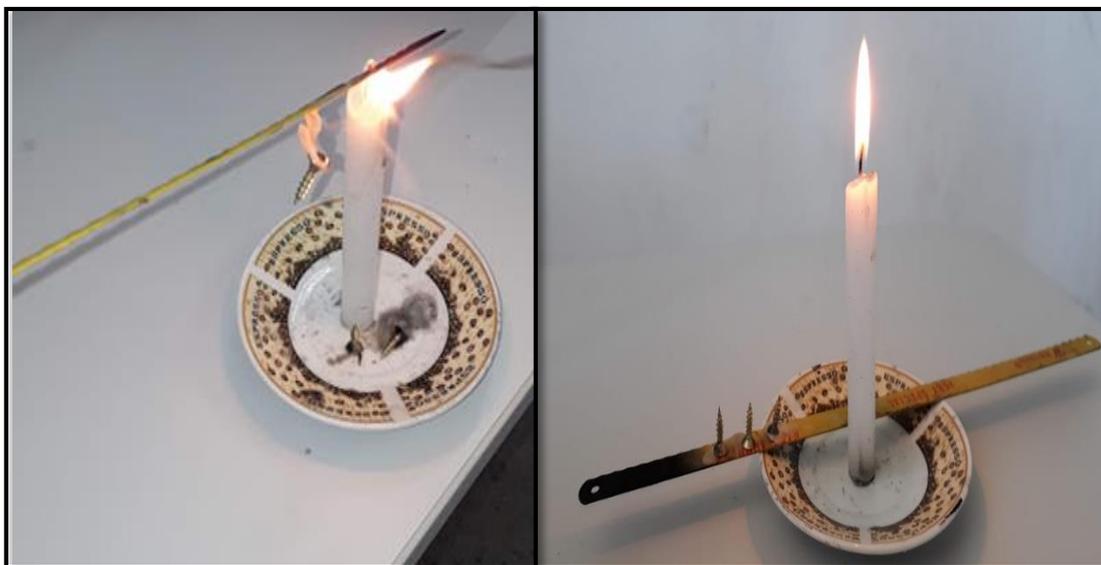
Após a exibição do vídeo, realizamos uma discussão em torno dos fatores que influenciam na percepção da sensação térmica, refletindo inclusive sobre o que tornava a sala ambiente de Física tão quente em determinados dias. Propusemos então uma atividade em duplas sobre sensação térmica, a partir de alguns textos compilados (vide Apêndice E), com as seguintes questões:

²⁴ Noticiário do ESTV 2ª Edição do dia 25 de fevereiro de 2019. Disponível em <https://globoplay.globo.com/v/7410533/>. Acesso em: 20 Jun. 2019.

- 1) O que é “sensação térmica”? Que fatores interferem na percepção da mesma pelo corpo humano?
- 2) Quais são os fatores que levam a temperatura registrada por um termômetro numa avenida urbana durante o dia, diferir daquela medida por outro termômetro numa área arborizada da mesma localidade naquele mesmo horário?
- 3) Que elementos presentes na sala de aula de Física contribuem para um aumento na sensação térmica em dias no qual se registra uma elevada temperatura ambiente?

Outra atividade para aplicação dos conceitos de energia térmica e sua propagação foi proposta na nona aula desse bloco da intervenção. Utilizamos um experimento teórico-prático no qual em uma barra metálica, parafusos foram fixados com parafina e, ao serem aquecidos com a chama de uma vela, os mesmos iam caindo gradativamente. Solicitamos aos alunos que elaborassem uma explicação em trios para o fenômeno observado e registrasse por escrito.

Figura 14 — Experimento demonstrativo sobre propagação de calor



Fonte: Autoria própria (2019)

Num segundo momento, realizamos uma socialização das explicações de cada grupo com mediações docentes. A seguir, solicitamos que os estudantes elaborassem uma nova explicação para o fenômeno observado a partir das discussões com a turma.

3.º bloco da OC - Efeito estufa e balanço de radiação

A terceira etapa do segundo momento pedagógico, “Efeito estufa e balanço de radiação” teve por objetivo possibilitar a compreensão de que o Sol é nossa fonte principal de energia; a descrição da composição da radiação solar (espectro), bem como suas interações com a atmosfera, com os oceanos/lagos/rios e com a superfície terrestre, proporcionando a ocorrência do efeito estufa, do ciclo da água e do ciclo dos ventos. Objetivamos ainda, proporcionar a compreensão do calor e da luz como onda eletromagnética, localizando suas respectivas faixas no espectro eletromagnético (DELIZOIVOV; ANGOTTI, 1992).

Desenvolvemos as atividades desse bloco em seis aulas.

I. Problematização inicial

Na primeira aula desse bloco, retomamos as questões com os alunos:

- 1) Saberá dizer o que é uma estufa? Para que serve? Como funciona?
- 2) Na sua concepção, o que o Sol emite? Qual é a importância do Sol para o planeta Terra?
- 3) Qual importância o efeito estufa tem para o planeta Terra? Dê uma breve explicação de como ele ocorre.

II. Organização do conhecimento:

A seguir, realizamos um experimento demonstrativo sobre efeito estufa. Solicitamos que os alunos se organizassem em trios e que, após a realização do experimento, elaborassem uma explicação para o fenômeno observado. Procedemos à socialização das respostas dos grupos, com a mediação docente, e na sequência solicitamos que os alunos elaborassem uma nova explicação para o fenômeno observado. As respostas foram organizadas em dois momentos: antes e depois do debate. O aparato utilizado no experimento encontra-se na figura 15.

Antes de inserirmos um dos potes com água dentro do recipiente de plástico forrado com alumínio, solicitamos que dois alunos colocassem os dedos na água das duas cumbucas que continham a mesma quantidade de água.

Figura 15 — Aparato montado para a realização do experimento demonstrativo



Fonte: Autoria própria (2019)

A seguir inserimos um dos potes com água no recipiente aluminizado, cobrimos com plástico filme e acendemos a lâmpada por aproximadamente 10 minutos sobre ambos os recipientes. Enquanto isso, os educandos discutiam em grupos qual das duas águas iria esquentar primeiro, buscando elaborar uma resposta para o fenômeno observado.

Decorrido o tempo previsto, desligamos a lâmpada e solicitamos que os mesmos alunos verificassem em qual dos dois potes a água havia esquentado mais. A diferença de temperatura era perceptível ao toque, sendo que a água contida no recipiente que ficou dentro da caixa apresentava uma temperatura maior.

Figura 16 — Aluno verificando em qual dos potes a água havia esquentado mais após a lâmpada ser apagada



Fonte: Autoria própria (2019)

As medições do termômetro acusaram uma diferença de 3°C entre as temperaturas da água de cada recipiente que inicialmente se encontravam a 26,2°C e após, serem submetidas à iluminação, 26,2°C e 29,2°C cada uma.

Após esse momento, socializamos as possíveis explicações de cada grupo para o fenômeno observado. Ao final do debate mostramos a cada grupo a vasilha coberta com plástico que foi ficando molhado internamente enquanto discutíamos. A seguir, cada grupo elaborou uma nova explicação para todos os fenômenos observados.

Figura 17 — Água condensada no plástico filme



Fonte: Autoria própria (2019)

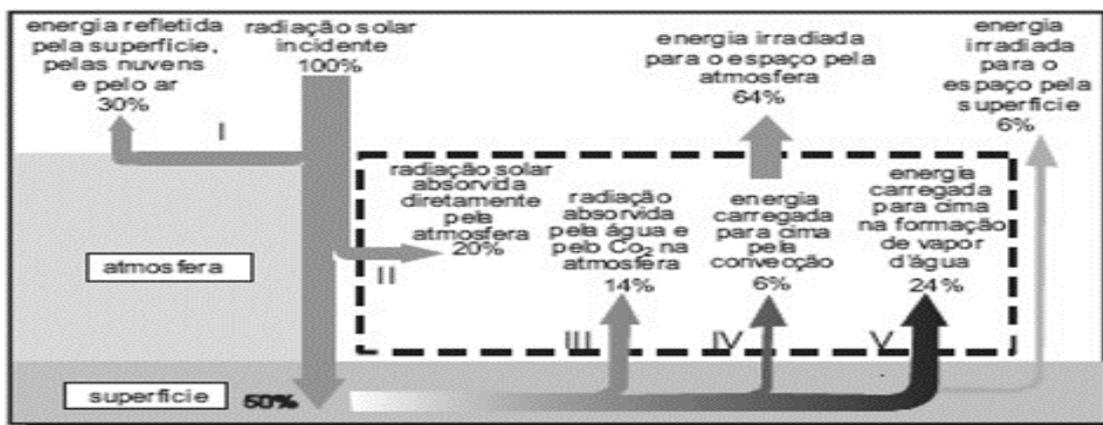
Na segunda aula, iniciamos perguntando aos educandos quais seriam as possíveis aplicações tecnológicas para o efeito observado no experimento demonstrativo. A partir desse levantamento, sistematizamos o conhecimento com slides apresentando uma aplicação tecnológica: a estufa de salgados. Após estabelecer as semelhanças com o experimento realizado, avançamos para outra situação na qual observamos o efeito estufa, que pode ser verificada dentro de veículos fechados que ficam expostos ao sol. Seguimos discutindo mais uma aplicação — a estufa de plantas — e por fim o efeito estufa terrestre. Estabelecemos nesse ponto a diferença entre estufa e efeito estufa terrestre.

Na terceira aula levantamos as concepções dos educandos sobre “o que o sol emite” ao que obtemos por resposta: luz, calor, energia, raios ultravioletas. A partir dessas concepções apresentamos a noção de que o sol emite um “pacote” de radiação composto por radiações de várias frequências que vão da faixa do infravermelho, passando pela luz visível até o ultravioleta. Comentamos que a

natureza composta da luz branca foi demonstrada pela primeira vez por Isaac Newton, em 1664, quando decomps a luz solar por meio de um prisma, projetando-a numa tela. A imagem alongada e colorida do Sol foi chamada por ele de “espectro”. A seguir, apresentamos o espectro eletromagnético no qual identificamos a faixa de frequências emitidas pelo Sol.

A partir dessas noções foi possível introduzir o assunto sobre balanço de radiação para se compreender as interações da radiação solar com a atmosfera e com a superfície terrestre. Explicamos que a palavra “balanço” se refere à quantidade de energia que a Terra recebe e emite. Assim, como a mesma está em equilíbrio térmico a taxa de energia recebida deve ser igual a emitida. A figura abaixo foi utilizada nessa parte da aplicação para melhor compreensão do balanço de radiação.

Figura 18 — Balanço de radiação



Fonte: Serway e Jewett Jr. (2014)

Após explorarmos o conteúdo da figura acima, pontuamos que a superfície terrestre, ao ser aquecida, irradia ondas de calor (radiação infravermelha). Da interação dessa radiação com as moléculas de água da atmosfera e com alguns gases, como o metano e o gás carbônico, resulta o efeito estufa. Comentamos ainda sobre a formação do ciclo da água e dos ventos. A seguir, exibimos um vídeo sobre o balanço de radiação e o efeito estufa para melhor compreensão do assunto.

Na sequência utilizamos um simulador computacional do efeito estufa para a percepção de que quanto mais gases do efeito estufa existirem na atmosfera, mais a temperatura da baixa atmosfera aumenta.

Figura 19 — Simulação referente ao aumento na concentração dos gases do efeito estufa da atmosfera.



Fonte: *Phet interactive simulations*. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/greenhouse). Acesso em: 05 Jul. 2019.

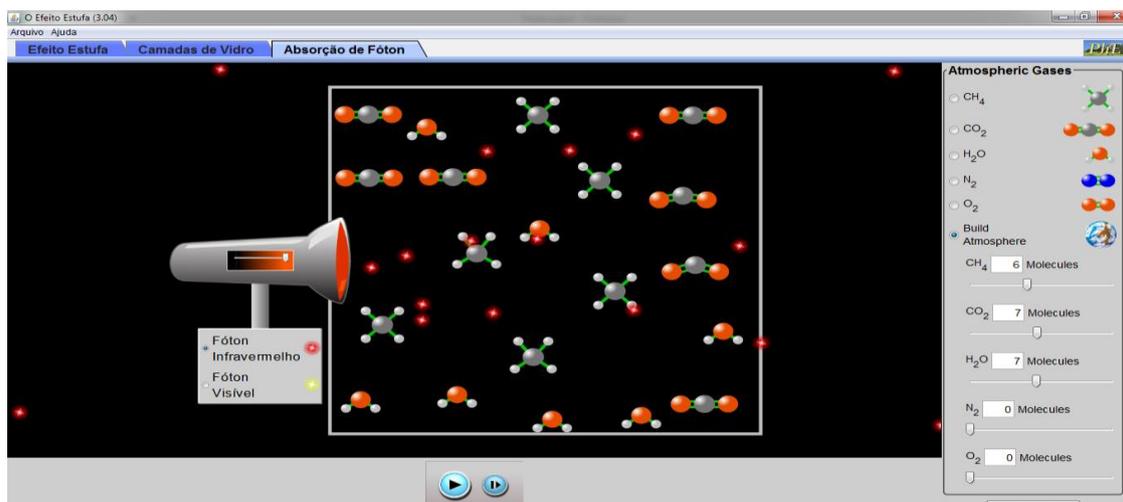
A figura 19 mostra que aumentamos a concentração dos gases do efeito estufa da concentração de gases existentes atualmente na atmosfera terrestre para uma maior, conseqüentemente a temperatura aumentou de 15°C (média da baixa atmosfera) para 20°C.

Ainda, foi possível observar que alguns gases não interagem com a radiação infravermelha como o nitrogênio e o oxigênio, enquanto outros como o metano (CH₄), o dióxido de carbono (CO₂) e o vapor d'água (H₂O) interagem com o infravermelho ganhando energia interna e vibrando, conforme mostra a simulação (Figura 20).

Ao final da aula exibimos um pequeno vídeo sobre “Como os gases do efeito estufa realmente funcionam”²⁵ que ilustra as interações das ondas de calor irradiadas pela Terra (radiação infravermelha) com os gases do efeito estufa.

²⁵ Como os gases do efeito estufa realmente funcionam. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2oxCnVUJCwQ>. Acesso em: 05 Jul. 2019.

Figura 20 — Simulação da interação da radiação infravermelha com os gases da atmosfera



Fonte: *Phet interactive simulations*. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/greenhouse). Acesso em: 05 Jul. 2019.

III. Aplicação do conhecimento

Finalizamos o segundo bloco de atividades aplicando os conhecimentos adquiridos no momento anterior a fim de proporcionar uma compreensão entre o efeito estufa e os ciclos naturais. Para tanto propusemos de forma interdisciplinar com Biologia, em grupos de quatro pessoas, a montagem de um artefato pedagógico — o terrário.

Figura 21 — Terrários



Fonte: Autoria própria (2019)

Os grupos deveriam observar em suas residências o artefato por um período mínimo de uma semana e anotar no diário de bordo o que observaram nesse

período. A seguir, na quarta aula desse bloco, solicitamos que os alunos levassem os terrários para a escola e socializassem com a turma o que anotaram nos diários de bordo.

Na quinta aula, realizamos a socialização das seguintes questões propostas para os grupos a partir do terrário:

1. Como você explicaria a formação de água nas paredes do terrário e no plástico/tampa que o cobria?
2. Por que os seres vivos não morreram no terrário?
3. Estabeleça uma comparação entre a estufa do experimento demonstrativo e o terrário.
4. O terrário pode ser considerado uma estufa? Justifique.
5. Considerando que o terrário pode, até certo ponto, ser considerado um modelo de planeta Terra, estabeleça um paralelo entre os elementos do terrário e a Terra. Por que “até certo ponto”?
6. Explique o fenômeno do efeito estufa terrestre e sua relação com as mudanças climáticas que a Terra vem sofrendo em decorrência do atual modelo de desenvolvimento.

Após a socialização das respostas às questões acima, a professora de Biologia realizou uma aula no horário da sua disciplina (sexta aula do bloco) sobre os ciclos naturais que poderiam ser observados no terrário estabelecendo um paralelo entre o mesmo e os ciclos geoquímicos do planeta Terra. Ao final da aula foi solicitado que os alunos respondessem por escrito as seguintes questões: 1) Que ciclos podemos observar no terrário e no planeta Terra? 2) Como o carbono é absorvido durante a fotossíntese?

4º bloco da OC - Problematizando calor de combustão e poluição do ar

O quarto e último bloco do segundo momento pedagógico, “calor de combustão e poluição do ar”, teve por objetivos compreender o que é calor de combustão; relacionar o processo de obtenção de energia pelo corpo humano à produção de resíduos eliminados na respiração (dióxido de carbono e vapor d’água); compreender o que é combustão completa e incompleta; relacionar os diversos processos que envolvem a combustão à produção de resíduos que provocam a poluição do ar e a intensificação do efeito estufa. Desenvolvemos as atividades desse bloco em quatro aulas.

I. Problematização inicial:

Na primeira aula desse bloco, retomamos com os alunos as questões:

1. Que fatores têm influenciado o agravamento do efeito estufa terrestre? Cite pelo menos duas consequências para o ambiente desse agravamento.
2. Qual é a origem da poluição dos veículos automotores? Como este tipo de poluição intensifica o efeito estufa?

II. Organização do conhecimento:

A seguir, apresentamos as unidades de energia térmica para os educandos e as relações entre elas, incluindo o equivalente mecânico do calor. Após alguns exercícios de conversão entre unidades, propusemos uma atividade teórico-prática sobre essas unidades a partir de leitura de rótulos de embalagens de alimentos. Dividimos os alunos em grupos que organizaram um lanche coletivo e realizaram a atividade seguindo o seguinte roteiro:

1. Listar os alimentos trazidos pelo grupo com as respectivas quantidades e valores nutricionais por porção (Kcal e KJ).
2. Anotar as quantidades de alimentos, em Kcal, ingeridas por cada componente do grupo.
3. Somar as quantidades ingeridas por cada componente do grupo em Kcal e converter para KJ.
4. Totalizar as quantidades ingeridas pelo grupo em Kcal e KJ.

Figura 22 — Atividade de leitura de rótulos de alimentos



Fonte: Autoria própria (2019)

Na segunda aula, realizamos uma leitura coletiva de uma página do livro didático que tratava de calor de combustão e apresentava em uma mesma tabela os valores do calor de combustão de diversos alimentos e de vários combustíveis. A seguir, propusemos a leitura de um texto sobre calor de combustão e alimentação e realizamos uma atividade sobre o assunto.

A professora de Biologia realizou uma aula (terceira do bloco), no horário da sua disciplina, sobre calor de combustão e alimentação trazendo uma visão integrada do corpo humano a partir da interdependência do sistema digestório e respiratório na obtenção de energia pelo organismo. Esse processo de queima de combustíveis orgânicos, como a glicose, ocorre por meio do processo de respiração celular na mitocôndria onde ocorre a extração de energia química por meio de reações metabólicas que liberam energia que é armazenada em moléculas especiais denominadas ATP (adenosina trifosfato). Nesse processo, a glicose (carboidrato) combina-se com o oxigênio do ar formando resíduos com menos quantidade de energia (gás carbônico e água). Ao longo dessas transformações é como se a glicose fosse “desmontada”. Esses resíduos são oxidados ou “queimados” liberando energia. A respiração celular pode ser representada pela equação seguinte: *Glicose + Oxigênio => Gás Carbônico + Água + Energia*²⁶.

Ao final da aula de Biologia foi solicitado que os alunos respondessem por escrito as seguintes questões:

- 1) Explique como ocorre o processo de obtenção de energia pelo corpo humano a partir do calor de combustão liberado no metabolismo dos alimentos que ingerimos. Evidencie a interdependência entre o aparelho respiratório e o digestório.
- 2) Por que durante nossa respiração inspiramos oxigênio (O₂) e expelimos gás carbônico (CO₂)?

Na aula seguinte, quarta aula do bloco, realizamos uma aula sobre “Máquinas térmicas” com slides retomando a discussão das teorias substancialista e

²⁶ Processo para obtenção de energia nos seres vivos. Disponível em <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/biologia/processo-para-obtencao-de-energia-dos-seres-vivos/63163>. Acesso em: 10 Ago. 2019.

mecânica do calor e a importância do experimento de Joule na compreensão do calor como energia, obtido a partir de outro tipo de energia, e a obtenção do equivalente mecânico do calor a partir desse experimento.

Ainda, pontuamos a utilização das máquinas térmicas na Primeira Revolução Industrial, no final do século XVIII, tanto nas indústrias têxteis, como nas minas de carvão para retirar água das minas, como nos transportes como a locomotiva e o navio a vapor. Nessa altura da apresentação, pontuamos como o modelo de desenvolvimento capitalista, instaurado nessa época, intensificou a expropriação dos recursos naturais, sobretudo o carvão utilizado como combustível nas máquinas térmicas e que a exploração não era apenas da natureza, mas do capitalista sobre a mão de obra dos trabalhadores das fábricas. Finalizamos a aula comparando o funcionamento da locomotiva a vapor e com o motor de quatro tempos dos veículos automotores. Estabelecemos também uma analogia da máquina térmica (motor de combustão interna) com o corpo humano que obtém energia a partir da queima de combustíveis, como a glicose, liberando resíduos como a água e o dióxido de carbono que é eliminado na respiração.

III. Aplicação do conhecimento

Finalizamos o terceiro bloco de atividades aplicando os conhecimentos adquiridos no momento anterior, cujo objetivo foi proporcionar uma compreensão da produção de resíduos numa combustão, completa e incompleta, e a intensificação do efeito estufa. Para tanto, propusemos, de forma interdisciplinar com Química, uma atividade sobre os resíduos produzidos na combustão de combustíveis em veículos automotores, a poluição do ar a partir desses resíduos e o tratamento desses pelos catalisadores automotivos.

Após apresentar a proposta do projeto de Educação Ambiental à professora de Química em nosso planejamento de área, a mesma propôs abordarmos o uso de catalisadores nos veículos para atenuar a poluição do ar por monóxido de carbono (CO) que é prejudicial à saúde.

Como a professora estava em outro conteúdo e sem folga em seu planejamento para aplicar a atividade, a mesma foi proposta como uma pesquisa extraclasse e socializada na aula de Física. Seguem as questões da pesquisa:

Atividade Interdisciplinar com Química

- 1) Explique o que é combustão completa e incompleta.
- 2) Quais são os principais resíduos produzidos durante o processo de combustão em veículos automotores?
- 3) Quais são os principais gases do efeito estufa? Como são produzidos?
- 4) Como os catalisadores utilizados nos veículos automotores contribuem para a redução de gases nocivos à saúde e ao ambiente?

Por fim, na quinta aula da sequência, promovemos a socialização das respostas da pesquisa acima em sala de aula.

3.º Momento Pedagógico da intervenção pedagógica (AC)

O terceiro momento pedagógico da intervenção pedagógica teve como objetivo problematizar o efeito estufa e sua relação com o aquecimento global, bem como identificar os impactos ambientais decorrentes da intensificação desse efeito, contextualizando à realidade local dos educandos, a Grande Vitória. Foram utilizadas duas aulas nessa última etapa.

A fim de dar seguimento à pesquisa de algumas questões importantes que foram anteriormente levantadas, solicitamos aos educandos que realizassem a seguinte atividade extraclasse:

- 1) Explique o fenômeno do efeito estufa terrestre. Faça um mapa mental a partir de sua pesquisa sobre o assunto.
- 2) Que fatores têm influenciado o agravamento do efeito estufa terrestre? Cite pelo menos duas consequências para o ambiente desse agravamento.
- 3) Como o IPCC (Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas) de 2018 definiu “poluição do ar”? Quais são as relações entre mudança climática e poluição do ar?
- 4) Os grupos, no início do projeto, apontaram o pó preto como o principal agente poluidor do ar da Grande Vitória. Explique qual é a sua constituição, origem, concentração no ar permitida por Lei e como pode influenciar no clima da Grande Vitória.

Para aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo da intervenção e retomarmos questões levantadas na problematização inicial, realizamos ao final da intervenção uma roda de conversa sobre “Poluição do ar da Grande Vitória e Mudanças climáticas” a partir de três textos²⁷, cuja leitura foi proposta como atividade extraclasse.

Na aula seguinte, propusemos uma atividade integradora com os educandos na qual, a partir das reportagens lidas, do debate realizado na aula anterior e a partir do esquema do Apêndice A, que interliga diversos conceitos ao tema do projeto, elaborassem uma redação de no máximo 30 linhas com o título “Poluição do ar da Grande Vitória e Mudanças Climáticas”. A professora de Português auxiliou os educandos na elaboração da redação em sua aula.

Solicitamos também que os alunos em duplas escrevessem uma carta à direção escolar explicando fisicamente os motivos pelos quais as salas do último andar do prédio da escola ficam tão quentes, principalmente no verão, propondo soluções para esta situação e solicitando providências. As cartas foram encaminhadas à direção escolar por meio do grêmio estudantil para as devidas providências.

Ao final da intervenção, aplicamos um questionário para avaliação da intervenção pedagógica desenvolvida para ser respondido pelos alunos, disponível no Apêndice F.

²⁷ COUZEMENCO, F. Precisamos reativar o Fórum Capixaba de Mudanças Climáticas com urgência. **Jornal Século Diário**. Vitória, 20 de mai. de 2019. Disponível em: <https://seculodiario.com.br/public/jornal/materia/precisamos-reativar-o-forum-capixaba-de-mudancas-climaticas-com-urgencia/>. Acesso em: 07 nov. 2019.

THOMPSON, P. Frota cresceu 4 vezes mais que a população. **Metro jornal**. Espírito Santo, 18 de mar. de 2019. Disponível em: www.metrojornal.com.br/. Acesso em: 07 nov. 2019.

²⁷ COUZEMENCO, F. Reflorestamento e poços de petróleo são temas prioritários sobre clima no ES. **Jornal Século Diário**. Vitória, 12 de set. de 2019. Disponível em: <https://seculodiario.com.br/public/jornal/materia/reflorestamento-e-pocos-de-petroleo-sao-temas-prioritarios-sobre-clima-no-es/>. Acesso em: 07 nov. 2019.

CAPÍTULO 5

A TEMÁTICA AMBIENTAL E O ENSINO DE FÍSICA: ANALISANDO A PESQUISA DE CAMPO, DISCUTINDO OS RESULTADOS E SINALIZANDO POSSIBILIDADES DE UM PRODUTO EDUCACIONAL

A apresentação e discussão dos resultados da pesquisa, obtidos a partir da produção escrita pelos alunos, basearam-se no método da análise de conteúdo de Bardin (1977) que consiste em um processo que utiliza diversas técnicas em busca de uma descrição do conteúdo produzido que proporcione a visualização de indicadores e permita a inferência de conhecimentos atrelados ao material. Para tanto é necessário que se faça uma pré-análise e exploração do material além de um tratamento dos resultados à medida que os sujeitos forem constituindo um mesmo discurso.

A análise de conteúdo cumpre com as etapas indicadas:

- I) Organização dos dados: consiste na organização e descrição do material analisado por meio da leitura das respostas estabelecendo-se relações com o referencial teórico do trabalho de forma a indicar categorias.
- II) Codificação dos resultados: nesta etapa, tratamos cada resposta como unidade de registro a ser analisada e segundo a ideia principal que ela expressa a codificamos como: tipo I, tipo II, tipo III, tipo IV, etc., também contabiliza-se a frequência de aparição nas produções escritas dos alunos.
- III) Categorização: segundo o nível de coerência com o conceito estudado, categorizamos as respostas como:
 - Resposta coerente com o conceito (CC)
 - Resposta parcialmente coerente com o conceito (PC)
 - Resposta incoerente com o conceito (IC)

IV) Inferência: para a construção das inferências procuramos unificar as unidades de registro codificadas e categorizadas de modo que possamos compará-las com os conceitos estudados. Desta forma, pudemos embasar nossas análises e dar sentido às interpretações.

V) Tratamento informático: os recursos informáticos – tabelas e gráficos – foram construídos de modo a dar maior clareza à organização da análise, contendo a codificação das unidades de registro e seus indicadores de repetição e a categorização das mesmas.

5.1 Análise do Questionário Inicial

Iniciamos a pesquisa de campo aplicando um questionário inicial para levantarmos os conhecimentos prévios dos alunos sobre os assuntos que iriam ser abordados ao longo da aplicação. O teste foi aplicado em uma turma e retornaram 12 respostas obtidas a partir de oito duplas, um trio e três alunos que responderam individualmente, totalizando 22 respondentes. Entretanto, ao analisar essas respostas, verificamos que as mesmas retornavam mais de um conceito ou exemplo solicitado na pergunta, aumentando assim o número de categorias. As respostas foram analisadas de forma comparativa com conceitos científicos envolvidos. A seguir, discutiremos cada questão:

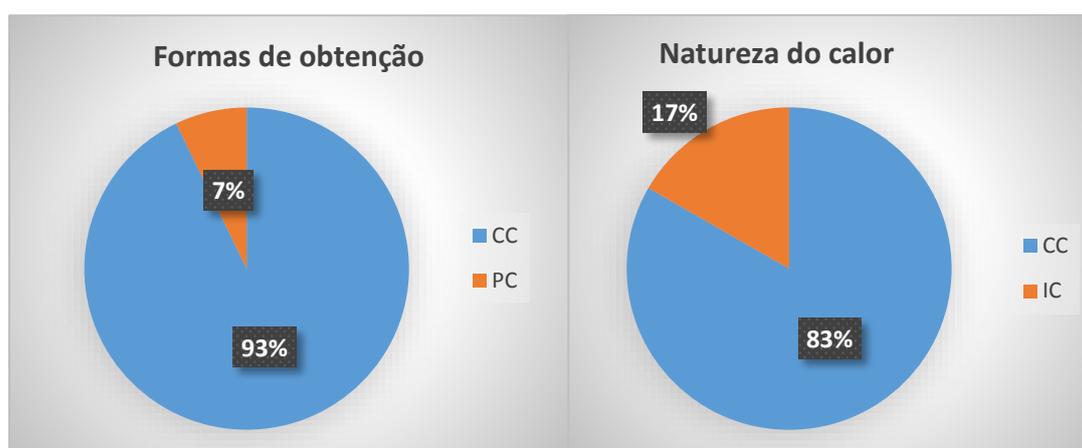
Q1. Como o calor pode ser obtido? O que você entende por calor?

A primeira questão desse teste de sondagem pretendeu diagnosticar as concepções dos educandos sobre o conceito de calor, os processos a partir dos quais este pode ser obtido e a coerência com o conceito do calor como energia, obtido a partir de um processo de transformação de energia. Os resultados dessa análise estão descritos na tabela 1 e no gráfico 1, seguidos pelas discussões desses dados.

Tabela 1. Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 1

Classificação da resposta	Ideia central da resposta (quantidade de respostas)	
	Formas de obtenção	Natureza do calor
CC	Sol (02) Chama de um fogão (02) Combustão (01) Radiação (01) Condução (02) Atrito (02) Movimento (01) Transformações de energia (02)	Forma de energia (10)
PC	Tipo de reação para se obter energia (01)	
IC		Clima (01) Sensação térmica (01)

Fonte: Dados da autora (2019).

Gráfico 1. Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 1

Fonte: Dados da autora (2019).

Em relação às formas de obtenção do calor, 93% das respostas se mostraram coerentes com o conceito (CC) evidenciando tanto a fonte térmica como o Sol, uma chama do fogão, como relacionando a obtenção do calor a um processo de transformação de energia como a obtenção de calor por “atrito” (ou pelo “movimento”) ou através de uma combustão (reação química); ambos coerentes com o princípio de conservação da energia. Já em outras respostas, percebemos o uso direto dos termos “condução” ou “radiação”. Por outro lado, 7%, apontados como parcialmente coerentes com o conceito (PC), apontaram que o calor pode

ser obtido a partir de um tipo de “reação para se obter energia” não especificando que tipo de reação seria essa, como uma combustão, por exemplo.

Analisando a segunda parte da questão e tomando o conceito de calor enquanto energia térmica que é transferida entre corpos/sistemas espontaneamente devido a uma diferença de temperatura, 83% das respostas se mostraram coerentes com o conceito nas quais os estudantes pontuam que essa transferência ocorre entre os corpos e provoca um aumento na temperatura daquele que recebe calor. Além disso, em duas repostas foi enunciado que é necessário haver uma diferença de temperaturas entre as partes que trocam energia. Por outro lado, 17% das respostas expressaram um entendimento sobre o calor relacionado ao clima ou à sensação térmica. Essas percepções foram consideradas como incoerentes com o conceito (IC) por não evidenciarem a natureza do calor. Uma dupla respondeu que não sabia dizer o que era o calor e nenhuma relacionou a algum tipo de substância (concepção substancialista do calor).

Q2. Dê 03 (três) exemplos de situações que envolvam transmissão de calor (ou trocas de calor).

A segunda questão do questionário pretendeu diagnosticar as concepções dos educandos sobre os processos que envolvem transmissão de calor e a coerência com os mecanismos de transmissão de calor por condução, convecção e irradiação. Os resultados dessa análise estão descritos na tabela 2 e no gráfico 2, seguidos pelas discussões desses dados.

Tabela 2. Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 2

Classificação da resposta	Ideia central da resposta	Número de respostas
CC	Fogo (fogueira, lareira, chama do fogão)	06
	Corpo humana troca calor com outros objetos	04
	Objetos aquecidos pelo Sol	05
	Condução térmica	04
	Objeto aquecido posteriormente resfriado na água fria	02
	Exercícios físicos	02
	Xícara de chá quente que perde calor para o ambiente	01
	Água fervendo numa panela	01
	Esfregar as mãos	01
	Quando nos enrolamos no cobertor	01
	Reação exotérmica	01
	Efeito estufa	01
	Corrente elétrica	01
PC	Luz	01
	Fotossíntese	01

Fonte: Dados da autora (2019).

Gráfico 2. Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 2

Fonte: Dados da autora (2019).

Em relação aos mecanismos de transmissão de calor, 94% das respostas se mostraram coerentes com o conceito (CC) nas quais foram citadas as fontes térmicas, como uma chama do fogão, fogueira, Sol, etc. Também foram citadas a obtenção de calor por “atrito” (ou pelo “movimento”), como esfregar as mãos ou através de uma reação química exotérmica. Outros citaram fenômenos nos

quais ocorre trocas de energia térmica como o efeito estufa, o efeito joule que envolve transformação de energia elétrica em energia térmica (na resposta na qual foi apontada a “corrente elétrica”). Já em outras respostas, percebemos o uso direto dos termos “condução” ou “radiação”.

Por outro lado, 6%, apontados como parcialmente coerentes com o conceito (PC), citaram a luz, sem explicitar a fonte, possivelmente se referindo à lâmpada incandescente na qual ocorre a transformação de energia elétrica em energia térmica. Ainda nesse percentual, está uma dupla que respondeu “fotossíntese”, fenômeno que ocorre a partir da irradiação solar. Nesse processo, não há transformação de energia apenas a partir da faixa do infravermelho do espectro solar, mas também a partir da luz visível.

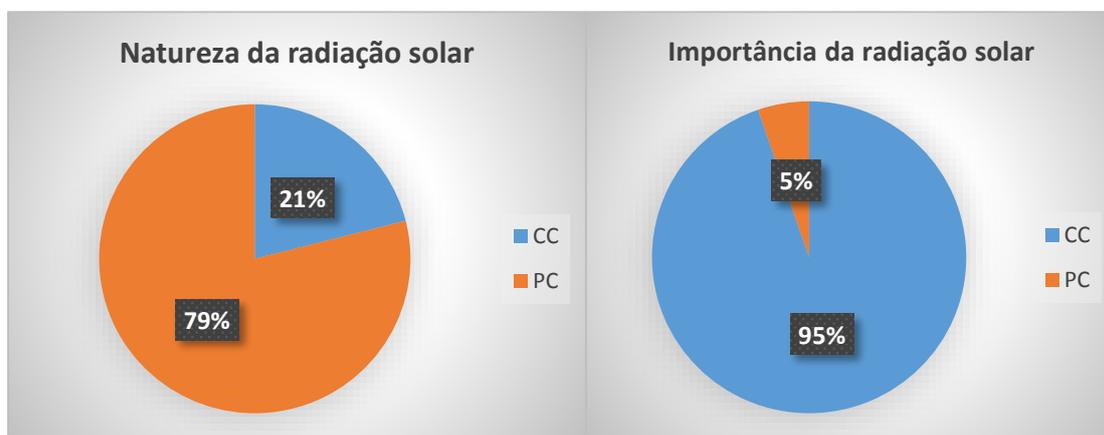
Q3. Na sua concepção, o que o Sol emite? Qual é a importância do Sol para o planeta Terra?

A terceira questão do questionário pretendeu diagnosticar as concepções dos educandos sobre os tipos de radiações emitidas pelo Sol e suas interações com a atmosfera e a superfície terrestre; bem como a coerência com a composição do espectro eletromagnético solar e o balanço de radiação que resulta de sua interação com o planeta Terra, ocasionando o efeito estufa e os ciclos geoquímicos terrestres. Os resultados dessa análise estão descritos na tabela 3 e no gráfico 3, seguidos pelas discussões desses dados.

Tabela 3. Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 3

Classificação da resposta	Ideia central da resposta (quantidade de respostas)	
	Natureza da radiação solar	Importância da radiação solar
CC	Radiação solar (02) Energia (02)	Aquecer o planeta e os seres vivos (05) Importante para as plantas/Fotossíntese (05) Fonte de energia (03) Manutenção da vida humana, animal e vegetal (02) Produção de alimentos nas plantações (01) Iluminar a Terra (01) Existência de água líquida na Terra (01)
PC	Calor (06) Luz (05) Raios UVs (02) Raios infravermelhos e ultravioletas (01) Energia na forma de calor (01)	Vitaminas para o corpo humano (01)

Fonte: Dados da autora (2019).

Gráfico 3. Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 3

Fonte: Dados da autora (2019).

A partir dos gráficos verificamos que 21% das respostas se mostraram coerentes com o conceito (CC) de que o Sol emite radiação solar com frequências compreendidas na faixa do infravermelho, da luz visível e do ultravioleta e emite também energia que deriva de reações termonucleares. Por outro lado, 89% apontados como parcialmente coerentes com o conceito (PC), responderam que

o Sol emite parte desse espectro como luz, calor, raios ultravioletas (UVs), infravermelho.

Já na segunda parte da pergunta, sobre a importância da radiação solar para a Terra, 95% das respostas se demonstraram coerentes indicando o Sol como fonte de energia para o planeta e apenas 5% das respostas parcialmente coerentes tendo em vista que a exposição à radiação solar contribui para apenas a formação da vitamina D no corpo humano.

Q4. Qual a importância do efeito estufa para o planeta Terra? Dê uma breve explicação de como ele ocorre.

A quarta questão do questionário pretendeu sondar as concepções dos educandos acerca do efeito estufa terrestre. Os resultados dessa análise estão descritos na tabela 4 e no gráfico 4, seguidos pelas discussões desses dados.

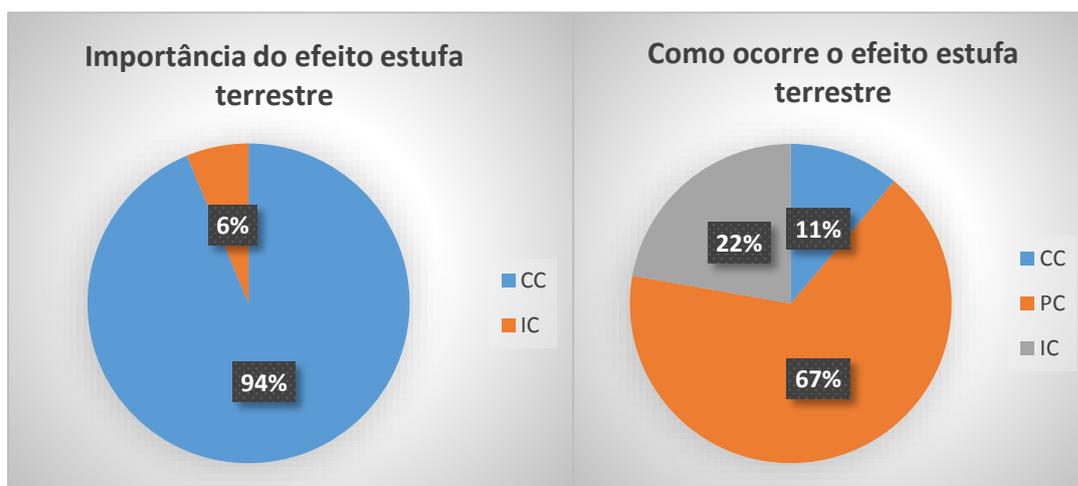
Tabela 4. Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 4

Classificação da resposta	Ideia central da resposta (quantidade de respostas)	
	Importância do efeito estufa terrestre	Como ocorre o efeito estufa terrestre
CC	Aquecer a Terra (05) Reter o calor (04) Manter a temperatura da Terra (03) Não deixar o planeta gelado (01) Para o calor não voltar para o espaço (01) Propicia a vida na Terra (01)	O gás carbônico, o vapor d'água e outros são responsáveis por formar uma barreira que permite a passagem da radiação solar e retém o calor irradiado (01)
PC		Os gases junto com a irradiação retém o calor (04) Alguns gases presentes na atmosfera permitem que os raios de Sol entrem mas não que o calor reflita para que a Terra não perca a sua temperatura durante os momentos em que os raios de Sol não incidirem em um local específico (01) Quando o Sol entra em contato com a atmosfera, transmitindo metade do calor para a superfície, assim não voltando para o espaço (01)

IC	Sem ele não haveria mudança de temperatura, como fazer chover (01)	Os gases (metano e CO ₂) junto com a irradiação dos raios solares fazem uma camada na atmosfera (01) Através da queima de gases que impedem a saída total do calor mantendo a atmosfera (01)
----	--	---

Fonte: Dados da autora (2019).

Gráfico 4. Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 4



Fonte: Dados da autora (2019).

Acerca da importância do efeito estufa terrestre, 94% das respostas se mostraram coerentes com o conceito (CC), destacando a importância do aquecimento do planeta para que ocorra a existência/manutenção da vida. Por outro lado, 6% estavam incoerentes com o conceito (IC), uma vez que o efeito estufa, enquanto fenômeno natural, não é responsável pelas variações de temperatura nem interfere nas condições climáticas de uma região.

Na segunda parte da pergunta sobre como ocorre o efeito estufa, 11% das respostas se mostraram coerentes com o conceito, evidenciando que alguns gases da atmosfera responsáveis pelo efeito estufa são transparentes à radiação solar e opacos à radiação infravermelha emitida pela Terra. Já 67% das respostas foram consideradas como parcialmente coerentes com o conceito e 11% foram consideradas incoerentes com o conceito.

Q5. *Saberia dizer o que é uma estufa? Para que serve? Como funciona?*

A quinta questão do questionário pretendeu verificar as concepções dos educandos acerca do fenômeno do efeito estufa. Os resultados dessa análise estão descritos na tabela 5 e no gráfico 5, seguidos pelas discussões desses dados.

Tabela 5. Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 5

Classificação da resposta	Ideia central da resposta	Número de respostas
CC	Acumular e conter o calor no seu interior	04
	Manter a temperatura interna controlada	03
	Espaço fechado onde se eleva artificialmente a temperatura do ar	01
	Permite a passagem de praticamente toda a radiação solar	01
	O calor se mantém lá dentro com a ajuda do vidro	01
PC	Serve para conservar/proteger as plantas	03
	O efeito estufa é quando o calor aumenta	01
IC	Lugar de aquecer o calor do seu interior	01

Fonte: Dados da autora (2019).

Gráfico 5. Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 5



Fonte: Dados da autora (2019).

A partir dos gráficos verificamos que 67% das respostas se mostraram coerentes com o conceito (CC), apontando que a estufa é um aparato para se manter o ar em seu interior aquecido sendo este isolado termicamente pelo vidro. Por outro lado, 27% se mostraram parcialmente coerentes com o conceito, tendo em vista que a importância central de uma estufa de plantas está em proporcionar uma

ambiente aquecido, não apenas protegido, para o desenvolvimento da planta. Já na outra resposta que declara que “O efeito estufa é quando o calor aumenta”, possivelmente houve o uso equivocado do conceito de “calor” em substituição ao conceito de “temperatura”. Por último, identificamos que 6% das respostas estavam incoerentes com o conceito (IC), ao pontuar que a estufa é um “lugar de aquecer o calor do seu interior” na qual houve também o uso equivocado do conceito de calor.

Q6. Que fatores têm influenciado o agravamento do efeito estufa terrestre?

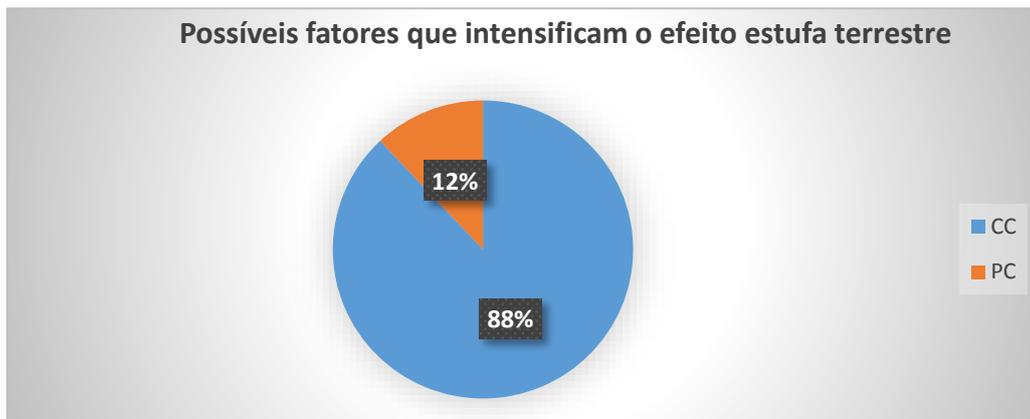
A sexta questão do questionário pretendeu verificar as concepções dos educandos acerca dos fatores que têm agravado o efeito estufa terrestre. Os resultados dessa análise estão descritos na tabela 6 e no gráfico 6, seguidos pelas discussões desses dados.

Tabela 6. Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 6

Classificação da resposta	Ideia central da resposta	Número de respostas
CC	Gases produzidos pelas Indústrias	05
	Queima de combustíveis pelos veículos	05
	Desmatamento	05
	Queimadas	03
	Poluição do ar	01
	Elevadas concentrações dos gases do efeito estufa	01
	Aumento no uso de transportes	01
	Atividades agrícolas	01
PC	Poluição (Sem especificar de qual origem)	02
	Lixo	01

Fonte: Dados da autora (2019).

Gráfico 6. Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 6



Fonte: Dados da autora (2019).

Acerca dos possíveis fatores que intensificam o efeito estufa terrestre, 88% das respostas se mostraram coerentes com o conceito (CC) nas quais foram enumerados diversos aspectos relacionados principalmente à queima de combustíveis em veículos automotores e à poluição produzida por indústrias. Por outro lado, 12% parcialmente coerentes com o conceito (PC), não especificaram a origem da poluição que contribui para essa intensificação, nem de que forma o lixo pode contribuir para esse processo, como por exemplo, a produção de gases do efeito estufa, como o metano que é produzido a partir da decomposição do lixo nos lixões. Cabe também pontuar nessa análise, que nem todo tipo de poluição ou resíduo, como o lixo, produz gases do efeito estufa.

Q7. Na questão 6, cite pelo menos duas consequências para o ambiente do agravamento do efeito estufa terrestre.

A sétima questão do questionário pretendeu verificar as concepções dos educandos acerca das consequências para o ambiente do agravamento do efeito estufa terrestre. Os resultados dessa análise estão descritos na tabela 7 e no gráfico 7, seguidos pelas discussões desses dados.

Tabela 7. Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 7

Classificação da resposta	Ideia central da resposta	Número de respostas
CC	Calor excessivo	04
	Contaminação do ar	04
	Derretimento das geleiras	04
	Aumento da temperatura do planeta	02
	Aquecimento global	02
	Secas	02
	Problemas de saúde	02
	Prejudica na grande extensão das florestas (desmatamento)	01
	Aumento da sensação térmica	01
	Poluição pela fumaça liberada pelas indústrias	01
	Extinção de espécies	01
IC	Poluição dos rios	01
	Meios de transportes	01

Fonte: Dados da autora (2019).

Gráfico 7. Frequência e categorização das respostas. Teste de sondagem – Questão 7

Fonte: Dados da autora (2019).

Acerca das consequências para o ambiente do agravamento do efeito estufa terrestre, 92% das respostas se mostraram coerentes com o conceito (CC), com destaque para o aumento na sensação térmica provocado pelo o aquecimento do planeta, o derretimento das geleiras, as secas, entre outros, descritos na tabela 7. Por outro lado, 8% das respostas se mostraram incoerentes com o conceito, tendo em vista que a poluição dos rios não é uma consequência do agravamento do efeito estufa, ainda, os meios de transporte podem se constituir em causas para esse agravamento e não consequência como foi colocado numa das respostas.

5.2. Análise das atividades desenvolvidas ao longo da aplicação da intervenção pedagógica

5.2.1 Análise do 1.º bloco de atividades da organização de conhecimentos – *Industrialização, fontes de energia e Poluição do ar da Grande Vitória*

Analisaremos a seguir as questões da problematização inicial do primeiro bloco da organização do conhecimento, organizado nos 3MP, cujas respostas foram produzidas por duplas de estudantes em diálogo com os textos ilustrados produzidos pelos educandos nesse bloco.

Q1. Cite pelo menos duas possíveis causas da poluição do ar da Grande Vitória. Como essa poluição é produzida?

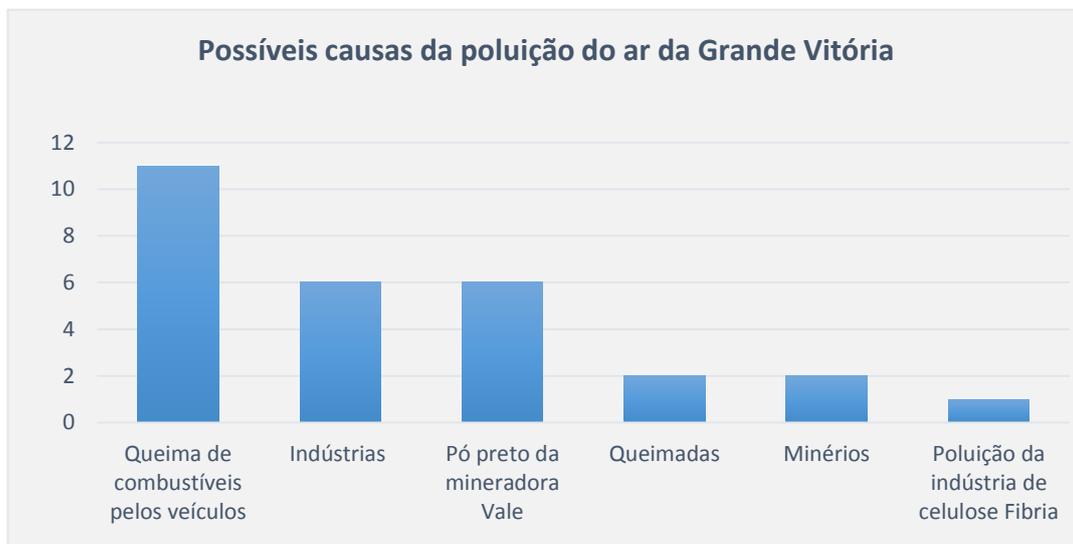
A primeira questão do questionário pretendeu verificar as percepções dos educandos a partir de sua leitura de mundo (FREIRE, 1987) acerca dos fatores que têm contribuído para a poluição do ar da Grande Vitória. Os resultados dessa análise estão descritos na tabela 8 e no gráfico 8, seguidos das discussões desses dados.

Tabela 8. Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problematização inicial — Questão 1

Possíveis causas da poluição do ar da Grande Vitória	Quantidade de respostas	Percentual (%)
Queima de combustíveis pelos veículos	11	68,75
Indústrias	6	37,50
Pó preto da mineradora Vale	6	37,50
Queimadas	2	12,50
Minérios	2	12,50
Poluição da indústria de celulose Fibria	1	6,25
TOTAL	16	

Fonte: Dados da autora (2019).

Gráfico 8. Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problemática inicial – Questão 1



Fonte: Dados da autora (2019).

A tabela 8 mostra que a maioria das respostas relaciona a poluição do ar da Grande Vitória à queima de combustíveis pelos veículos e à atividade industrial da região, sobretudo a indústria minero-siderúrgica como a Vale e Arcelor Mittal Tubarão.

Os estudantes que moram na RMGV (Região Metropolitana da Grande Vitória) convivem com a problemática do pó preto em suas residências que é constituído por uma mistura de partículas de minério de ferro e carvão, que é exportado e importado, respectivamente, a partir do Porto de Tubarão. O carvão que chega ao Porto de Tubarão é retirado dos navios e durante esta operação, a substância pode se dispersar no ar ou cair na água. No caso do minério de ferro, a esteira, que faz o transporte do material do pátio da Vale para os navios, é aberta. O vento e a própria trepidação da esteira fazem com que as partículas caiam na baía. Outra forma de poluição vem da fuligem que sai das chaminés da mineradora.

A companhia Vale, no entanto, diz que a poluição do ar da RMGV é composto por diferentes elementos, provenientes de diversas fontes, conforme Inventário de Emissões Atmosféricas do Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA) elaborado em 2015, que também aponta a contribuição dos resíduos provenientes da construção

civil e dos veículos motorizados como poluidores²⁸.

A tabela 9 exibe resumidamente os principais agentes poluidores do ar da RMGV cujos dados foram extraídos desse inventário. Os poluentes atmosféricos considerados no inventário foram: material particulado total (MP), material particulado menor que 10 µm (MP₁₀), material particulado menor que 2,5 µm (MP_{2.5}), dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO) e compostos orgânicos voláteis (CO_v).

Tabela 9. Resumo do inventário de emissões atmosféricas da RGV - Ano base 2015

Categoria/Setor		Taxa de Emissão [kg/h]						
		MP	MP ₁₀	MP _{2,5}	NO _x	SO ₂	CO	CO _v
Emissões Industriais e Outras Atividades	Indústria Minero-Siderúrgica	886,96	566,88	368,94	4.141,08	3.971,03	19.826,93	323,01
	Indústria de Produtos Minerais	143,75	84,66	43,77	65,84	24,71	192,67	21,44
	Construção Civil	96,13	31,24	3,42	n.a	n.a	n.a	n.a
	Logística	72,35	52,91	44,24	364,07	180,83	182,83	30,12
Emissões Urbanas	Residenciais e Comerciais	1,03	1,03	1,03	18,95	0,32	10,5	850,16
	Emissões veiculares	55,94	43,05	32,49	1.020,78	28,14	1.282,80	595,62
	Ressuspensão de partículas	6.744,70	1.294,65	313,22	n.a	n.a	n.a	n.a

Fonte: Instituto Estadual de Meio Ambiente (2015)

Segundo o Inventário do IEMA, as emissões de material particulado da indústria minero-siderúrgica correspondem a 68% do MP, 70,4% do MP₁₀ e 71,6% do

²⁸ NOBRES, J. *et al.* Entenda o que é o pó preto que polui o ar e o mar de Vitória há anos. **Jornal A Gazeta**. Espírito Santo, 26 de jan. de 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/espírito-santo/noticia/2016/01/entenda-o-que-e-o-po-preto-que-polui-o-ar-e-o-mar-de-vitoria-ha-anos.html>. Acesso em: 12 nov. 2019.

MP_{2.5}. Além da relevante contribuição de material particulado das indústrias minero-siderúrgicas, os setores de indústrias de produtos minerais e empreendimentos da construção civil também apresentaram significativa contribuição, 11,0% e 7,4% de MP, respectivamente. Em relação aos poluentes gasosos, as emissões da indústria minero-siderúrgica correspondem a 74,0% do NO_x, 88,3% do SO₂, 96,8% do CO e 46,9% do CO_v (IEMA, 2015).

Analisando a Tabela 9, é possível observar que o processo de emissão dominante para partículas em emissões urbanas é o de ressuspensão em vias públicas, enquanto as emissões veiculares contribuem significativamente para o lançamento na atmosfera de monóxido de carbono (CO).

Comparando os dados da tabela 9 com as concepções dos estudantes acerca das possíveis causas da poluição do ar da Grande Vitória já observamos uma boa aproximação da leitura de mundo dos educandos com os valores inventariados, apontando que de fato as indústrias e os veículos são aqueles que mais contribuem com as emissões de gases e material particulado.

Os resultados também mostram que a maioria dos alunos aponta o pó preto de minério resultante da atividade industrial da mineração e siderurgia como a principal causa da poluição do ar da Grande Vitória, fato que está presente na realidade vivida pelos estudantes (FREIRE, 2011).

Seguem abaixo algumas figuras presentes nos textos que os educandos produziram a partir de reportagens por eles pesquisadas como atividade extra classe que mostram a poluição produzida pelo Complexo de Tubarão e o pó preto.

Figura 23 — Imagens do Complexo de Tubarão e do pó preto

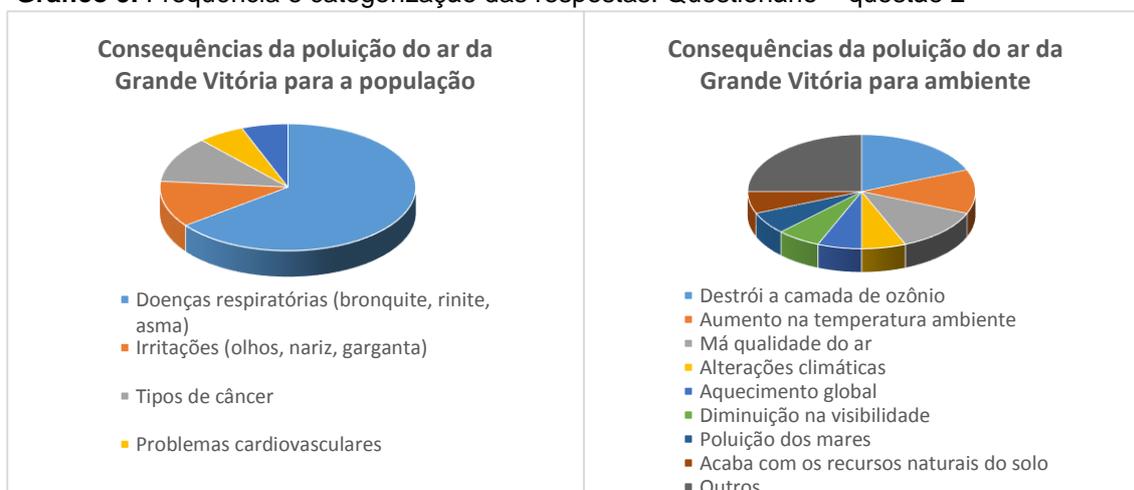


Fonte: Jornal CBN Vitória (2015)

Q2. Quais são as consequências da poluição do ar para a população? Como ela afeta o ambiente?

A segunda questão do questionário pretendeu verificar as percepções dos educandos a partir de sua leitura de mundo (FREIRE, 1987) acerca dos efeitos sobre o ambiente da poluição do ar da Grande Vitória. Os resultados dessa análise estão descritos no gráfico 9 e na tabela 10, seguidos pelas discussões desses dados.

Gráfico 9. Frequência e categorização das respostas. Questionário – questão 2



Fonte: Dados da autora (2019).

Tabela 10. Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problemática inicial – Questão 2

Consequências da poluição do ar da Grande Vitória para a população	Quantidade de respostas	Percentual (%)	Consequências da poluição do ar da Grande Vitória para ambiente	Quantidade de respostas	Percentual (%)
Doenças respiratórias (bronquite, rinite, asma)	11	64,71	Destrói a camada de ozônio	3	18,75
Irritações (olhos, nariz, garganta)	2	11,76	Aumento na temperatura ambiente	2	12,5
Tipos de câncer	2	11,76	Má qualidade do ar	2	12,5
Problemas cardiovasculares	1	5,88	Alterações climáticas	1	6,25
Danos à saúde	1	5,88	Aquecimento global	1	6,25
TOTAL	17		Diminuição na visibilidade	1	6,25
			Poluição dos mares	1	6,25
			Acaba com os recursos naturais do solo	1	6,25
			Outros	4	25
			TOTAL	16	

Fonte: Dados da autora (2019).

A tabela 10 e o gráfico 9 mostram que a maioria das respostas aponta os problemas respiratórios como principal consequência da poluição do ar da Grande Vitória para a população.

Em relação às consequências da poluição do ar da Grande Vitória para ambiente a tabela 9 e o gráfico 10 mostram que a maioria das respostas aponta o aumento da temperatura ambiente, a destruição da camada de ozônio, alterações climáticas, aquecimento global, má qualidade do ar, poluição do mar, etc. Todas as respostas mostraram-se coerentes com o conceito, tendo em vista que a poluição do ar proveniente dos veículos, indústrias, queimadas, juntamente com o material particulado produzem gases do efeito estufa que podem intensificar o mesmo produzindo um aquecimento local da região, bem como externos climáticos.

Seguem abaixo algumas figuras presentes nos textos que os educandos produziram a partir de reportagens por eles pesquisadas, como atividade extraclasse, que reforçam a problemática vivenciada pelos moradores da Região Metropolitana da Grande Vitória da poluição do ar.

Figura 24 — População denunciando os problemas de saúde produzidos pela poluição do ar na Região Metropolitana da Grande Vitória



Fonte: Jornal A Gazeta (2015).

Q3. *Que medidas poderiam ser tomadas para reduzir ou evitar a poluição do ar?*

A terceira questão do questionário pretendeu verificar as percepções dos educandos a partir de sua leitura de mundo (FREIRE, 1987) acerca das possíveis medidas que poderiam ser tomadas para a redução dos fatores que interferem na poluição do ar. Os resultados dessa análise estão descritos na tabela 11 e no gráfico 10, seguidos pelas discussões desses dados.

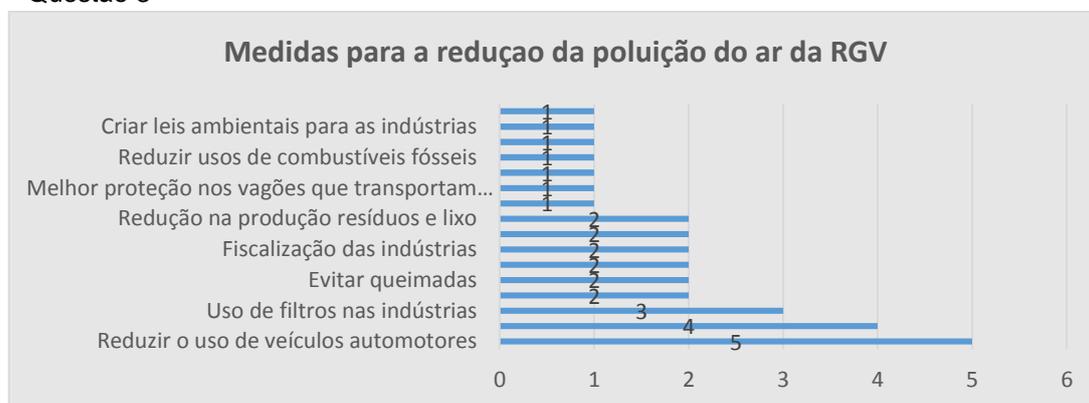
Tabela 11. Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problematização inicial – Questão 3

Medidas para a redução da poluição do ar da RGV	Quantidade de respostas	Percentual (%)
Reduzir o uso de veículos automotores	5	16,13
Uso de transportes alternativos (bicicletas)	4	12,90
Uso de filtros nas indústrias	3	9,68
Ampliar áreas florestais	2	6,45
Evitar queimadas	2	6,45
Substituição de matriz energética	2	6,45
Fiscalização das indústrias	2	6,45
Reduzir o desmatamento	2	6,45

Redução na produção resíduos e lixo	2	6,45
Conservar florestas	1	3,23
Melhor proteção nos vagões que transportam minério de ferro	1	3,23
Tratamento de resíduos industriais	1	3,23
Reduzir usos de combustíveis fósseis	1	3,23
Uso de transporte coletivo	1	3,23
Criar leis ambientais para as indústrias	1	3,23
Uso de telas e umidificação do minério de ferro na Vale	1	3,23
TOTAL	31	

Fonte: Dados da autora

Gráfico 10. Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problematização inicial – Questão 3



Fonte: Dados da autora (2016)

Quanto as possíveis medidas para a redução da poluição do ar da Região da Grande Vitória, a tabela 9 e o gráfico 10 mostram que a maioria das respostas aponta a necessidade da redução do uso de veículos automotores a partir da utilização de transportes alternativos, como bicicletas. Os estudantes citaram as bicicletas e patinetes por aplicativo, que no ano de 2019 foram disponibilizadas pelas Prefeituras em diversos pontos da Região Metropolitana da Grande Vitória²⁹. Outra medida apontada foi o uso de filtros nas indústrias, criação de leis ambientais, aumento na fiscalização das indústrias e o uso de telas e

²⁹ BENEZATHI, R. **Patinetes elétricos e bicicletas dockless chegam a Vitória**. Disponível em: <https://www.gazetaonline.com.br/noticias/cidades/2019/02/patinetes-eletricos-e-bicicletas-dockless-chegam-a-vitoria-1014166312.html>. Acesso em: 12 nov. 2019.

umidificação do minério de ferro que já ocorrem nos pátios da Vale, conforme os educandos puderam visualizar na visita à empresa que fizeram no ano de 2018.

Apesar de todas as medidas tomadas pelas empresas Vale e Arcelor Mittal Tubarão para a redução das emissões de pó de minério desde 2018, os níveis de material particulado (MPs), medidos em 2019 em várias estações, excederam, em alguns meses do ano anterior, os níveis recomendados pela OMS (Organização Mundial da Saúde), conforme Relatório Anual da Qualidade do Ar de 2018 elaborado pelo IEMA³⁰.

As medidas que foram tomadas pelas empresas destinaram-se a cumprir os Termos de Compromisso Ambiental (TCAs), firmados em 2018 junto ao Ministério Público Federal, Estadual e à Secretaria e Instituto do Meio Ambiente (SEAMA/IEMA), nos quais as empresas se comprometeram a reduzir a emissão de pó preto em troca de terem seus processos judiciais suspensos.

Q4. Que fatores podem ter contribuído para a percepção de uma sensação térmica tão elevada na sala de Física quando o aplicativo acusava uma sensação térmica de 40°C no bairro Santa Luzia? Explique o que você entende por “sensação térmica” e os fatores que interferem na produção da mesma.

A quarta questão do questionário pretendeu verificar as percepções dos educandos, a partir de sua leitura de mundo (FREIRE, 1987), sobre os fatores que influenciam na percepção da sensação térmica. Os resultados dessa análise estão descritos na tabela 12 e no gráfico 11, seguidos pelas discussões desses dados.

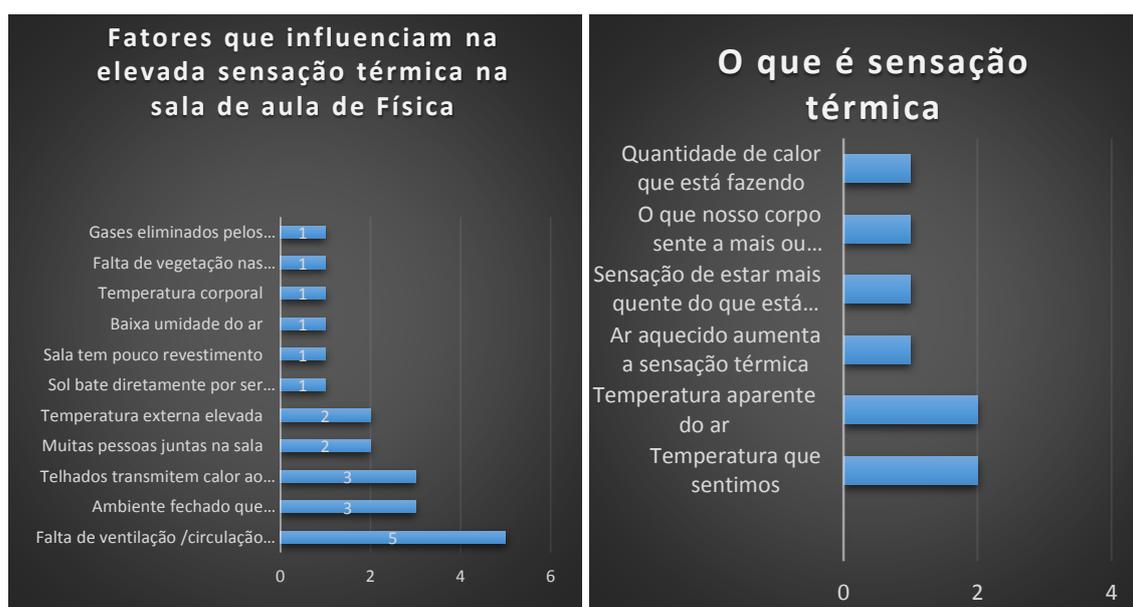
³⁰ Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). Relatório da qualidade do ar da região da Grande Vitória de 2018. Cariacica, 2009. Disponível em: https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/Relatorios_anuais/Relat%C3%B3rio_Anual_da_Qualidade_do_Ar_2018_1.pdf. Acesso em: 17 nov. 2019.

Tabela 12. Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problematização inicial – Questão 4

Fatores que influenciam na elevada sensação térmica na sala de aula de Física	Quantidade de respostas	Percentual (%)	O que é sensação térmica	Quantidade de respostas	Percentual (%)
Falta de ventilação /circulação do ar	5	23,81	Temperatura que sentimos	2	25,00
Ambiente fechado que acumula calor	3	14,29	Temperatura aparente do ar	2	25,00
Telhados transmitem calor ao ambiente	3	14,29	Ar aquecido aumenta a sensação térmica	1	12,50
Muitas pessoas juntas na sala	2	9,52	Sensação de estar mais quente do que está realmente	1	12,50
Temperatura externa elevada	2	9,52	O que nosso corpo sente a mais ou menos do que foi dado	1	12,50
Sol bate diretamente por ser no último andar	1	4,76	Quantidade de calor que está fazendo	1	12,50
Sala tem pouco revestimento	1	4,76			
Baixa umidade do ar	1	4,76	TOTAL	8	
Temperatura corporal	1	4,76			
Falta de vegetação nas imediações	1	4,76			
Gases eliminados pelos veículos da rua	1	4,76			
TOTAL	21				

Fonte: Dados da autora (2019).

Gráfico 11. Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problematização inicial – Questão 4



Fonte: Dados da autora (2019).

Quanto aos fatores que influenciam na percepção de uma elevada sensação térmica na sala de aula de Física, a tabela 12 e o gráfico 11 mostram que a maioria das respostas aponta os seguintes possíveis motivos: a falta de ventilação, a irradiação direta de energia térmica pelo telhado dentro da sala pela falta de revestimento em algumas partes do forro, várias pessoas respirando num ambiente fechado provocando o aquecimento do ar do ambiente e produzindo uma sensação térmica desconfortável. Por outro lado, as respostas da segunda parte da pergunta sobre o que é sensação térmica mostraram-se coerentes com o conceito.

Q5. Que relação pode haver entre as elevadas temperaturas médias da Grande Vitória e a poluição do ar proveniente do aumento do uso de veículos automotores na região nos últimos 10 anos?

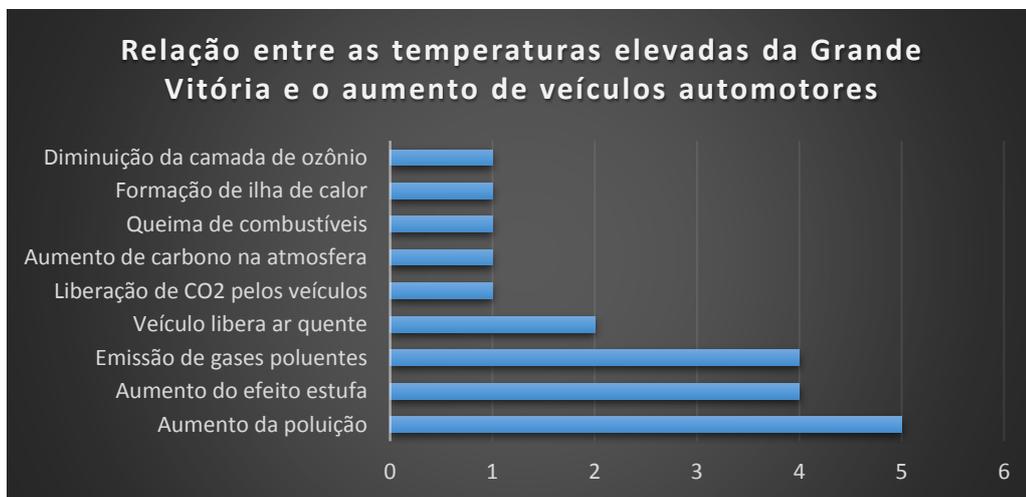
A quinta questão do questionário pretendeu verificar as percepções dos educandos, a partir de sua leitura de mundo (FREIRE, 1987), acerca da possível relação entre as elevadas temperaturas médias da Grande Vitória no último verão e a poluição do ar proveniente do aumento do uso de veículos automotores na região nos últimos 10 anos. Os resultados dessa análise estão descritos na tabela 13 e no gráfico 12, seguidos das discussões desses dados.

Tabela 13. Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problematização inicial – Questão 5

Relação entre as temperaturas elevadas da Grande Vitória e o aumento de veículos automotores	Quantidade de respostas	Percentual (%)
Aumento da poluição	5	25,00
Aumento do efeito estufa	4	25,00
Emissão de gases poluentes	4	20,00
Veículo libera ar quente	2	20,00
Liberação de CO ₂ pelos veículos	1	5,00
Aumento de carbono na atmosfera	1	5,00
Queima de combustíveis	1	5,00
Formação de ilha de calor	1	5,00
Diminuição da camada de ozônio	1	5,00
TOTAL	20	

Fonte: Dados da autora (2019).

Gráfico 12. Frequência e categorização das respostas. Questionário da Problematização inicial – Questão 5



Fonte: Dados da autora (2019).

A respeito da possível relação entre as temperaturas elevadas da Grande Vitória e o aumento de veículos automotores, a maioria das respostas aponta que a queima de combustíveis aumenta a emissão de gases como o CO₂ intensificando a poluição do ar e o efeito estufa produzido ilhas de calor.

Segue abaixo um trecho de um texto produzido por uma dupla de alunas a partir da pesquisa de reportagens sobre a poluição do ar da RMGV:

“Outro causador de problemas ambientais é o uso excessivo de automóveis que prejudica a atmosfera pelos gases lançados nela e também prejudica a saúde humana. Tanto o álcool como a gasolina são responsáveis pela grande emissão do dióxido de carbono que acaba contribuindo como o efeito estufa e o aquecimento global. E com toda essa poluição crescendo cada vez mais, a temperatura tem se elevado muito e causado desconforto e problemas de saúde (M.M e A.C.)”

Para finalizar a análise do primeiro bloco, apresentamos dois mapas mentais elaborados pelos alunos para aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo da primeira sequência de atividades. Esta forma de representação se constituiu em um meio de produção de fonte do tipo imagética em que se objetivou mapear as

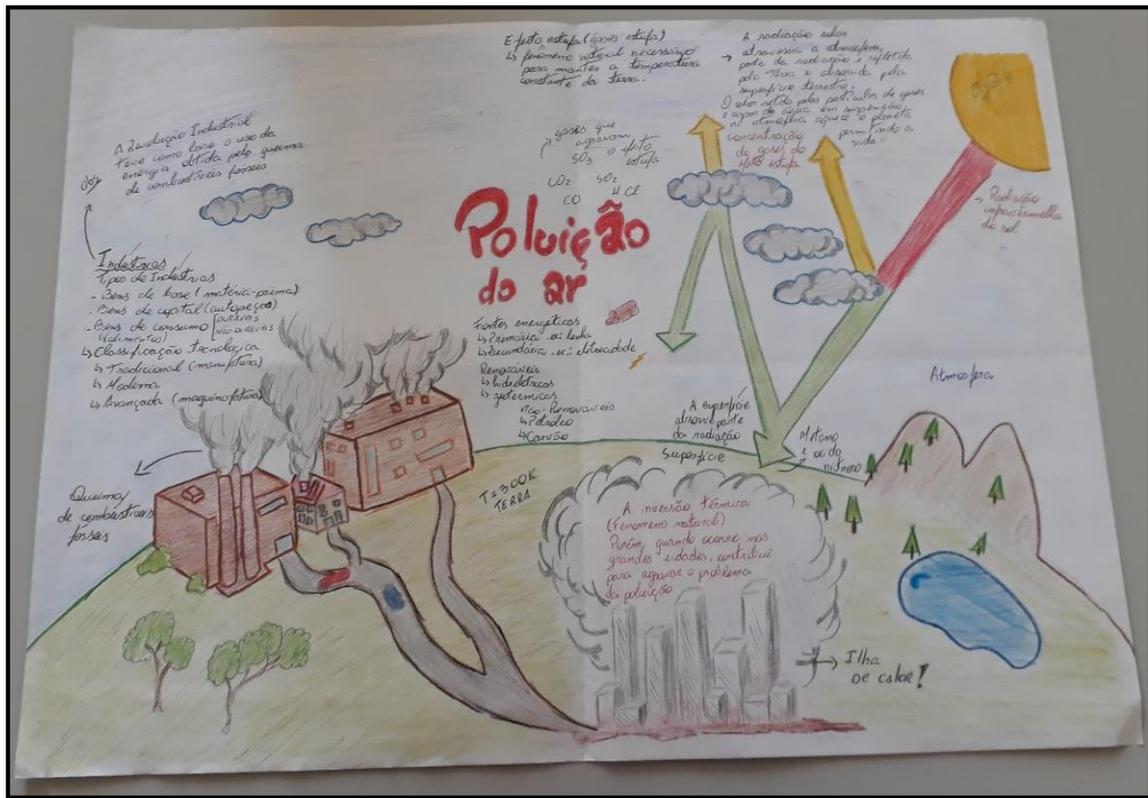
leituras de mundo que os alunos trazem sobre a temática e possibilitou visualizar a produção do conhecimento em sua esfera integral e transdisciplinar.

A produção desses mapas foi uma estratégia didática inter/transdisciplinar para promover a integração curricular dos conceitos de Física térmica e os conteúdos de industrialização e fontes de energia abordados em Geografia no primeiro trimestre. Além disso, tal atividade pode proporcionar uma visão de totalidade do conhecimento aos alunos, tendo o meio ambiente como tema central (LEI FEDERAL, 1999).

Nessa atividade percebemos a potência dos conceitos unificadores, como “energia como agente de transformações” e “ciclos e regularidade” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1992) e do tema gerador (FREIRE, 1987) “Poluição do ar e mudanças climáticas”, enquanto tema transversal no planejamento da intervenção pedagógica, para proporcionarem a interdisciplinaridade, integrando conteúdos curriculares.

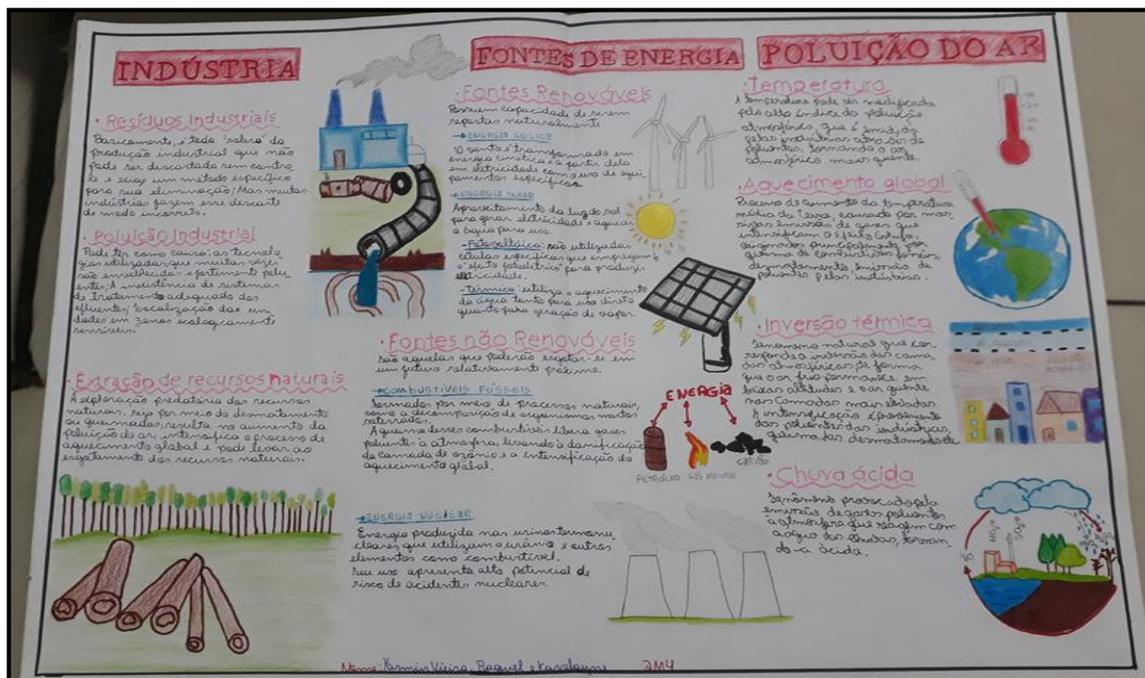
Ainda, esses elementos foram fundamentais para contribuir com o processo de alfabetização científica dos educandos sob um enfoque curricular CTS/CTSA. Segundo Aikenhead (2009), devemos partir dos temas sociais para os conceitos científicos e desses retornar ao tema. Dessa forma, a abordagem CTS/CTSA no ensino possui uma ênfase prática para se chegar à teoria, ao contrário do ensino clássico que enfatiza a teoria para se chegar à prática (TRAZZI; GARCIA; SILVA, 2012).

Figura 25 — Mapa mental 1 elaborado pelos educandos.



Fonte: Dados da autora (2019).

Figura 26 — Mapa mental 2 elaborado pelos educandos.



Fonte: Dados da autora (2019).

Ao analisarmos os mapas, observamos um maior detalhamento da relação entre poluição do ar, pelo processo de industrialização e queima dos combustíveis fósseis pelos veículos, e o agravamento do efeito estufa, produzindo consequências para o ambiente como inversão térmica, chuva ácida e o aumento da temperatura de um determinado local, ocasionando ilhas de calor.

5.2.2 Análise do 2.º bloco de atividades da organização de conhecimentos – *Energia Térmica e Sensação térmica*

Analisaremos a seguir as atividades realizadas no segundo bloco da organização do conhecimento, também organizado nos 3MP.

5.2.2.1 Atividades com inserção de elementos de História e Filosofia da Ciência

Iniciamos essa sequência com uma estratégia didática de História e Filosofia da Ciência (HFC) a partir de vídeos e análise de artigo científico.

Sobre os vídeos, os alunos acharam mais elucidativos do que o livro didático, embora um deles fosse em língua inglesa, legendado. Outros, disseram que as informações do vídeo complementaram o texto do livro. Consideramos qualitativa a utilização de vídeos após alguma atividade introdutória sobre o assunto para lançar alguns conhecimentos prévios, potencializando o uso do recurso. Dessa forma, entendemos que essa sequência, texto e vídeos, levou a uma melhor compreensão do assunto pelos alunos.

Os educandos não tiveram dificuldades com a linguagem do artigo científico “Ascensão e queda da teoria do calórico”, apenas em encontrar as respostas das perguntas que eram mais amplas e exigiam a releitura das quatro páginas do texto. O quadro a seguir mostra os aspectos de História e Filosofia da Ciência abordados nas perguntas e as respectivas respostas dos alunos. As iniciais D1 a D7 se referem às respostas das duplas de estudantes que realizaram a atividade.

Quadro 4 — Análise da atividade a partir do artigo científico

Aspectos de HFC abordados nas perguntas sobre o artigo científico (CARVALHO; SASSERON, 2011)	Respostas dos alunos às perguntas
Fatores que favorecem ou dificultam o desenvolvimento das teorias	<p>D1: “O aperfeiçoamento do termômetro possibilitou a diferenciação entre os conceitos de temperatura e calor.”</p> <p>D2: “Por não ter sido capaz de fornecer uma demonstração da existência do calórico, Lavoisier admitiu, sob a pressão de seus críticos (e talvez de alguns partidários, como Laplace) que esse fluido sutil era apenas uma hipótese.”</p>
Substituição de uma teoria por outra	<p>D3: “Apesar de não haver uma unanimidade quanto aos fatores primordiais que abalaram a teoria do calórico, os pesquisadores concordam que o advento da conservação da energia, substituindo a conservação do calórico, deu seu golpe final.”</p> <p>D4: “[...] seu declínio foi devido aos pensamentos de Rumford, Mayer e Joule.”</p>
Interdependência das teorias	<p>D4: “[...] seu declínio foi devido aos pensamentos de Rumford, Mayer e Joule.”</p> <p>D5: “William Cleghorn em sua tese de doutorado onde usa essa concepção de calor como um “fluido sutil” que ele próprio aprimorou usando os conceitos de Black.”</p>
Não haver verdades absolutas na ciência	<p>D6: “[...] ao contrário do que muitos pensam, a Ciência não é estática. Todos os dias se descobre coisas novas em todas as áreas, inclusive informações que contradizem o que já tinha sido dito.”</p> <p>D7: “Pois os estudiosos estão sempre criando e descobrindo novos meios, criando novas ideologias e pensamentos complementares que ajudam a Ciência avançar cada vez mais.”</p>

Fonte: Dados da autora (2019).

A inserção de atividades com textos históricos no planejamento das aulas de Física visou contribuir para a promoção de uma enculturação científica dos educandos, onde aluno pode perceber a ciência como construção histórica para interpretar a natureza e acompanhar acontecimentos em torno da produção daquele conhecimento científico (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011) apontam desafios que precisam ser enfrentados no âmbito da educação científica que merecem reflexão por parte dos professores de Ciências e formadores de professores, a saber:

“ O primeiro deles é que o conhecimento científico submete-se a um processo de produção cuja dinâmica envolve transformações na compreensão do comportamento da natureza que impedem esse conhecimento de ser caracterizado como pronto, verdadeiro e acabado, mesmo que as teorias produzidas constituam verdades históricas que têm fundamentado o homem de ciência para uma explicação dos fenômenos. [...] O segundo trata da devida atenção que precisa ser dispensada ao abordar a conceituação científica contida nos modelos e teorias, a saber: não descaracterizar a dinâmica que a produziu (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p. 66).”

Os autores ainda pontuam que é “[...] bastante consensual, em diversas propostas curriculares, a veiculação do conhecimento científico e tecnológico não acabado, não neutro, social e historicamente construído” (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p.67) e para tanto, como foi destacado no parágrafo anterior, faz-se necessário a formação inicial e continuada de professores de Ciências para a promoção de uma alfabetização científica e tecnológica dos educandos.

5.2.2.2 Aula com o uso de simuladores computacionais como ferramenta pedagógica

Os educandos demonstraram bastante interesse na aula realizada nesse bloco com a utilização de simulador computacional para a percepção da relação existente entre o fornecimento/retirada de energia térmica das moléculas do gás e o ganho/perda de energia cinética pelas mesmas, onde foi possível visualizar as variações de temperatura do sistema. Nesse sentido, a simulação possibilitou a compreensão da relação existente entre a temperatura e o nível de agitação das moléculas do gás.

Cabe aqui ressaltar que a atual juventude interage crescentemente com as tecnologias e, assim, se produz, orienta seu comportamento e conduz a própria

existência. As tecnologias digitais são, pois, um importante elemento constitutivo da cultura juvenil (CARRANO, 2000). Nesse sentido, a escola e seus educadores têm o desafio de, partindo dos elementos da cultura jovem como videogames, smartphones, redes sociais; extrair desse universo, elementos que sirvam de ponto de partida para a mediação pedagógica e a promoção de aprendizagens, sobretudo em um planejamento com enfoque CTS/CTSA (SANTOS; SCHNETZLER, 2010).

5.2.2.3 Atividade investigativa a partir de um experimento demonstrativo

Carvalho e Sasseron (2011) pontuam que a investigação é uma prática adotada pelos cientistas para compreender os fenômenos naturais. Nesse sentido, o educador deve possibilitar aos alunos a percepção e o exame dos fenômenos da natureza na busca de explicações, levando-os à construção de suas próprias hipóteses, organizando-as em torno da construção do conhecimento científico em práticas investigativas.

Nesse sentido, avançando no processo de alfabetização científica dos educandos, propusemos uma atividade experimental numa perspectiva de demonstração investigativa sobre condução térmica que despertou a curiosidade e promoveu a participação dos estudantes.

Dividimos a aula em dois momentos: antes e após o debate. Inicialmente, realizamos o experimento solicitando que os educandos em trios discutissem o observado e registrassem num papel uma possível explicação para o fenômeno. A seguir, procedemos à socialização das respostas e à problematização com a mediação docente para que, ao final, os educandos elaborassem uma nova explicação.

O quadro a seguir mostra um comparativo de respostas dos alunos antes e após do debate. As iniciais T1 a T5 se referem às respostas dos trios de estudantes que realizaram a atividade, somando um total de nove trios.

Quadro 5 — Comparativo de respostas referentes ao experimento demonstrativo de condução térmica

Respostas dos estudantes à pergunta “Por que os parafusos caem gradativamente da serrinha metálica?”	
Antes do debate	Após o debate
<p>T1: O calor é conduzido pela barra metálica, assim derretendo a parafina e os parafusos caindo.</p> <p>T2: [...] temos uma vela acesa que está conduzindo energia térmica ao mesmo que faz os parafusos caírem devido o derretimento da parafina por condução e influência da gravidade.</p> <p>T3: Porque os parafusos estavam colados com parafina. Quando a serra vai para o fogo, ele aquece a serra e derrete a parafina, fazendo os parafusos caírem.</p> <p>T4: Porque quando um corpo recebe calor as moléculas se agitam e uma parte da régua recebeu calor e o calor foi espalhado e também a agitação.</p> <p>T5: O fogo fez com que a parafina derretesse e os parafusos caírem.</p>	<p>T1: O calor irradiado pela vela agita as moléculas da barra de metal transmitindo o calor por toda a barra derretendo a parafina, derrubando até o último parafuso.</p> <p>T2: A vela irradia calor para a serra que conduz energia térmica pela serra fazendo com que cada parafuso caia um de cada vez. <i>(Obs: Dois trios deram uma explicação semelhante a essa.)</i></p> <p>T3: A vela irradia calor para a barra e as moléculas se agitam. A barra foi tendo as moléculas agitadas gradativamente, aquecendo a barra toda; com o aquecimento da barra, a parafina derrete, fazendo com que os parafusos caiam. <i>(OBS: 04 trios trouxeram uma explicação semelhante a essa)</i></p> <p>T4: A vela irradiou calor para a extremidade então as moléculas da extremidade se agitaram e transferiram essa agitação para as outras.</p> <p>T5: A vela derrete e os parafusos caem. O fogo faz com que es quente e os parafusos caem. O alumínio é condutor de energia.</p>

Fonte: Dados da autora (2019).

A partir do quadro 5, podemos observar que as respostas dos estudantes, após a socialização e a problematização das respostas mediadas pela professora, foram mais elaboradas do que as explicações iniciais para o fenômeno observado, indicando indícios de aprendizagem por parte dos educandos do conceito de calor enquanto energia térmica e dos processos de condução de calor, como condução e irradiação.

Podemos também observar que, embora não fosse possível de se observar macroscopicamente, os educandos atribuíram a queda dos parafusos ao

recebimento de energia térmica pela barra metálica, aumentando o nível de agitação das moléculas da mesma e elevando gradativamente sua temperatura. Nesse ponto, compreendemos ter sido de extrema importância o uso do simulador computacional na etapa anterior para a compreensão do conceito de temperatura associado à elevação ou redução do nível da energia cinética das moléculas de um corpo.

5.2.2.4 *Atividade sobre sensação térmica a partir de noticiário e reportagem de jornais locais*

A última atividade do terceiro momento pedagógico do segundo bloco dos 3MPs foi elaborada a partir de uma reportagem de um jornal local, de um vídeo de um noticiário do mesmo dia, com um conteúdo semelhante ao da reportagem, e de dois textos sobre sensação térmica, extraídos da enciclopédia livre Wikipédia (Apêndice E).

A partir do noticiário foi possível perceber uma diferença entre a máxima temperatura medida e a sensação térmica registrada no dia 25 de fevereiro de 2019 que foram de 37,7°C e de 40°C, respectivamente, na capital. A reportagem segue explicando os fatores que interferem na percepção da sensação térmica pelas pessoas e na medição da temperatura de um determinado local onde o termômetro está situado. A mesma relata também que o Espírito Santo tem experimentado em 2019 a maior onda de calor desde o ano de 2016 e aponta a combinação de alguns fatores como a influência do fenômeno do El Niño.

Após a exibição do vídeo, demos início a uma problematização com os educandos que foram questionados sobre as diferenças de temperaturas medidas no mesmo dia, porém em locais diferentes a partir de termômetros situados, por exemplo na avenida Dante Michelini, na orla da praia de Camburi, e nas medições feitas pela estação meteorológica da UFES³¹, ligada ao Departamento de Física da Universidade. Os alunos pontuaram que a temperatura medida na Universidade seria menor que a registrada na avenida

³¹ Estação meteorológica do GOA, Vitória, ES (GOAMet). Disponível em: <http://goa.ufes.br/tempo>. Acesso em: 21 nov. 2019.

da praia porque na UFES tem mais vegetação, principalmente de mangue, e na avenida tem mais asfalto, prédios, pouca vegetação e uma maior circulação de veículos, aumentando o albedo que mede a taxa de absorção e reflexão das superfícies, conceito este que disseram terem aprendido em Geografia no ano anterior. Pontuaram que pode haver também prédios com vidros espelhados que refletem a radiação térmica e que a areia do mar também irradia energia aumentando a sensação térmica.

Antes de dar início à leitura dos textos e a realização da atividade escrita pelos estudantes, também discutimos a terceira questão da mesma sobre os elementos presentes na sala de aula de Física que contribuía para a percepção de uma elevada sensação térmica pelas pessoas. Os alunos destacaram a presença de isolantes térmicos no forro do teto da sala que serviam para isolar o calor emitido pelas telhas de amianto, mas como faltavam algumas partes desse forro, a telha irradiava calor direto para a sala aquecendo o ar em seu interior. Pontuaram ainda que as janelas com paredes duplas de vidro dificultavam as trocas de calor entre o meio interno e o meio externo, isolando o ar quente.

A estratégia didática possibilitou uma maior compreensão pelos educandos sobre sensação térmica, aplicando conceitos de temperatura, calor e os mecanismos de transmissão de calor a situações cotidianas.

5.2.3 Análise do 3.^o bloco de atividades da organização de conhecimentos — *efeito estufa e balanço de radiação*

Analisaremos a seguir as atividades realizadas no terceiro bloco da organização do conhecimento, também organizado nos 3MP.

5.2.3.1 *Atividade investigativa a partir de um experimento demonstrativo*

Avançamos um pouco mais no processo de educação científica dos educandos, realizamos uma atividade experimental numa perspectiva de demonstração investigativa sobre efeito estufa que despertou bastante a curiosidade e promoveu a participação e interação dos estudantes.

Dividimos a aula em dois momentos: antes e após o debate. Inicialmente realizamos o experimento solicitando que os educandos em trios discutissem o observado e registrassem num papel uma possível explicação para o fenômeno, buscando investigar qual das duas águas iria esquentar primeiro: a que estava dentro da caixa coberta com plástico ou a que estava fora. Nessa etapa, percebemos como que a pergunta feita inicialmente, a partir do experimento, motivou a investigação e serviu para estimular os educandos a lançarem suas concepções prévias, conduzindo-os à argumentação do fenômeno observado (SASSERON; CARVALHO, 2017).

A seguir, procedemos à socialização das respostas e a problematização com a mediação docente para que, ao final, os educandos elaborassem uma nova explicação para o fenômeno observado.

Seguem abaixo alguns trechos das interações dialógicas estabelecidas entre a educadora e os educandos, após os mesmos terem registrado por escrito uma possível descrição do fenômeno observado. A esse respeito, Sasseron e Machado (2017), pontuam que:

Após o levantamento de hipóteses, o professor pode estimular os alunos a defenderem seu ponto de vista, justificando assim o raciocínio. Dessa maneira, todas as visões prévias podem ser confrontadas, e muitas vezes, as explicações dadas por alguns alunos fazem com que outros reflitam e mudem sua hipótese original (SASSERON; MACHADO, 2017).

Perguntamos inicialmente aos estudantes o que aconteceu com a água que estava no pote dentro da caixa e obtivemos como resposta:

Estudante 1: “A água esquentou”.

Professora: “Por quê?”

Estudante 2: “A luz reflete no papel alumínio e esquentou a água”.

Professora: “Além da água o que mais é aquecido?”

Estudante 3: “A “atmosfera” dentro da caixa. O plástico é isolante e mantém o ar aquecido”.

Estudante 4: “O ar também é isolante”.

Estudante 5: “O ar aquecido fornece calor para a água”.

Professora: “Ocorreu um fato novo: o plástico ficou molhado após um certo tempo da lâmpada ser desligada. Por qual motivo?”

Estudante 6: “A água evapora”.

Estudante 7: “A água aquecida evapora e condensa no plástico”.

Nessa sequência, percebemos que diante de uma nova pergunta, novas hipóteses e explicações foram surgindo e, para cada uma delas a educadora foi fazendo novas problematizações que encaminhou o processo investigativo, testando as hipóteses dos alunos. Esse “[...] procedimento de testar hipóteses, observar os resultados e testar outras hipóteses, é similar ao procedimento que cientistas fazem quando estão envolvidos na investigação de um fenômeno (SASSERON; MACHADO, 2017).”

O quadro a seguir mostra um comparativo de respostas dos alunos antes e após as interações entre educador-educandos. As iniciais T1 a T6 se referem às respostas dos trios de estudantes que realizaram a atividade, somando um total de seis trios.

Quadro 6 — Comparativo de respostas referentes ao experimento demonstrativo da estufa

Respostas dos estudantes à pergunta “Em qual dos dois potinhos a água irá esquentar primeiro?”	
Antes do debate	Após o debate
T1: “Nesse experimento ocorreu irradiação em três formas: da lâmpada para o plástico, da lâmpada para o alumínio e do plástico para a água. No final com tudo isso, a água no pote de alumínio que estava em contato com a lâmpada, foi aquecida e a outra que não estava em contato continuou em temperatura ambiente, ou seja, houve uma mudança de temperatura”.	T1: “A lâmpada irradia energia térmica para o plástico e para o revestimento de alumínio que, por ser um refletor, irradia energia térmica para dentro da caixa e assim aquecendo o ar e a água recebe calor através da condução do recipiente feito de alumínio. O ar quando aquecido transfere calor para a água que também evapora e ocorre a convecção do ar dentro do recipiente”. T2: “Uma vez que o alumínio recebe a luz e o calor (irradiação), ele transfere o calor para o pote e o pote transfere para a água e também aquece o ar. O ar sobe ocorrendo a convecção térmica”

<p>T2: “A lâmpada vai mudar a temperatura da água, aquecendo-a por meio da irradiação térmica, que a lâmpada transmite energia por meio das ondas eletromagnéticas. O alumínio que está em volta da caixa ajuda a aquecer a água, pois é bom condutor de calor”</p> <p>T3: “A lâmpada emite calor. O papel alumínio sendo um isolante térmico ele aquece a água, ele concentra calor fazendo assim a água ficar aquecida”</p> <p>T4: “O recipiente que está na caixa está sofrendo irradiação pela lâmpada que está transformando energia elétrica em energia térmica. Como o recipiente está em uma caixa metálica, e o alumínio é um condutor térmico, isso vai fazer com que a água esquente. E o recipiente que não estava na caixa continua em temperatura ambiente”.</p> <p>T5: “Ela irá esquentar e começar a evaporar e as moléculas de água irão ficar mais agitadas. Como o alumínio é isolante térmico, o calor irá permanecer dentro da caixa”</p> <p>T6: “A água vai aumentar a temperatura porque o alumínio é condutor de calor, não apenas bom condutor de calor mas também de eletricidade”</p>	<p>T3: “A água aquece através da irradiação da lâmpada para o papel alumínio que aquece o ar e assim esquentando a água. O plástico fica molhado pois a água evapora ao aquecer e quando o vapor chega no plástico ele se condensa”.</p> <p>T4: “Complementando ... A caixinha de alumínio sofre irradiação pela lâmpada fazendo com que ela esquente, assim, a vasilha com água vai sofrer condução pela caixinha de alumínio, com isso a água vai esquentar e vai subir vapor, assim o plástico vai ficar úmido por dentro”.</p> <p>T5: “Com a lâmpada irradiando calor e luz, ela esquentar a água e o papel alumínio e o papel alumínio conduz calor para a água e reflete a luz e o calor para o ar, onde ocorre a convecção e evapora a água junto, subindo e encontrando o plástico com a superfície fria, onde condensa e deixa molhado”.</p> <p>T6: “A água uma vez que recebe calor aquece e evapora e ocorre a condensação, então vai subindo a evaporação da água e esse ar quente esfria”.</p>
--	---

Fonte: Dados da autora (2019).

A partir do quadro 6, podemos observar que as respostas dos estudantes, após a socialização e a problematização das respostas mediadas pela professora, foram mais elaboradas do que as explicações iniciais para o fenômeno observado indicando indícios de aprendizagem por parte dos educandos do conceito de calor enquanto energia térmica e dos processos de condução de calor, como condução, convecção e irradiação, havendo diferenciação de materiais condutores e isolantes térmicos.

Verificamos ainda que houve articulação entre os processos de trocas de calor e o fenômeno de mudança de fase da água; a percepção do princípio da conservação da energia na lâmpada (energia elétrica em energia térmica e luminosa) e a relação do conceito de temperatura com o nível de agitação das moléculas da água.

Após a prática investigativa proposta, perguntamos aos estudantes se eles podiam identificar uma aplicação tecnológica para o fenômeno observado. Em seguida, os educandos disseram: “micro-ondas”, “forno”, etc. Seguimos problematizando: “um aparato tecnológico que mantenha o ar aquecido”. E os mesmos responderam: “estufa de salgados”, “a Terra”.

Exibimos então um slide com uma figura de uma estufa de salgados comparando seu funcionamento ao da pequena estufa representada no experimento. Na sequência, avançamos para a compreensão do funcionamento de uma estufa de plantas e do efeito estufa terrestre, discutindo as semelhanças e diferenças entre estes e a estufa de salgados. Na exposição dialogada, seguimos com slides e um vídeo para a compreensão do balanço de radiação que ocorre na interação da radiação solar com a Terra, atmosfera (ciclo do vento) e oceanos (ciclo da água), além da apresentação do espectro eletromagnético para a percepção da natureza composta da radiação solar (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1992, p. 99).

Finalizamos a aula com uma simulação computacional sobre efeito estufa para auxiliar na compreensão do efeito estufa terrestre, seguida da exibição de um pequeno vídeo sobre “Como os gases do efeito estufa realmente funcionam” que ilustra as interações das ondas de calor irradiadas pela Terra (radiação infravermelha) com os gases do efeito estufa.

Percebemos nessa altura da aplicação, a exploração das relações CTS/CTSA do conhecimento científico abordado em torno do eixo temático SOL — TERRA — TERRITÓRIO VIVIDO (CNE/CEB, 2010, p. 65).

5.2.3.2 Análise da atividade investigativa a partir do terrário para aplicar os conhecimentos do terceiro bloco

O terrário enquanto artefato pedagógico (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1992; LOBINO, 2004) foi uma atividade fundamental na intervenção didática para o estabelecimento das relações CTS/CTSA e da inter/transdisciplinaridade, desafiando os educandos a uma visão de totalidade. O objetivo dessa atividade foi que, ao compararmos o pequeno ecossistema do terrário com o planeta Terra, os educandos percebessem a interdependência entre este e os componentes do planeta Terra, percebendo que tudo está interconectado.

Após a montagem do artefato e da anotação das observações no diário de bordo, solicitamos aos alunos que levassem os terrários para a escola para socializarem seus diários de bordo. Cada grupo fez sua apresentação pontuando que, em alguns casos, tiveram dificuldades em tampar o terrário com o plástico filme porque os animais ficariam sufocados. Outros, abriram o terrário algumas vezes para molhar para a planta não secar. Houve relatos de participação dos pais na atividade sugerindo ora molhar, ora abrir o terrário e até mesmo fazer furos na tampa, o que não foi sugerido na proposição da atividade. A maioria dos grupos achou que a planta e os animais iriam morrer, entretanto, mediante nossa mediação e de outros colegas de turma concluíram que existiam ciclos no terrário que asseguravam a subsistência de ambos: o ciclo da água e a fotossíntese. Grande parte dos grupos explicou corretamente as mudanças de fase que ocorreram no artefato argumentando que as paredes e a tampa plástica molharam porque a água da terra, que foi inicialmente regada, ao receber calor da radiação solar, evaporava e o vapor quando encontrava com as paredes e a tampa “mais frias”, condensava.

Na aula seguinte, solicitamos que os alunos respondessem algumas questões a partir do terrário. A seguir, numa outra aula, promovemos a socialização das respostas dos grupos às questões propostas. A primeira questão já havia sido discutida na socialização do diário de bordo sobre o motivo que levava as paredes e a tampa do terrário ficarem molhadas em função do ciclo da água. A segunda questão também já havia sido discutida, onde foi pontuado que os

animais e plantas não morreram porque havia uma retroalimentação de gases mediante a respiração dos animais e plantas promovendo o ciclo do carbono, além da obtenção de água a partir do ciclo da água. Na quarta questão, foi estabelecido um paralelo entre o experimento demonstrativo realizado em aulas anteriores que simulava uma estufa e o terrário. O quadro abaixo sintetiza as discussões realizadas.

Quadro 7 — Comparativo entre a estufa do experimento demonstrativo e o terrário

	Experimento	Terrário
Fonte de energia térmica	Lâmpada incandescente	Sol
Irradia calor	Papel alumínio no fundo da vasilha	Camadas do solo aquecida pela radiação solar
Aquecimento do ar	Ocorre mediante a convecção do ar no recipiente fechado	Ocorre mediante a convecção do ar no recipiente fechado
Tampa molhada	A água contida no pote menor dentro da estufa recebeu calor do ar aquecido, evaporou e condensou ao encontrar a tampa “mais fria”.	A água da terra, que foi inicialmente regada, ao receber calor da radiação solar, evaporou e ao encontrar com as paredes e a tampa “mais frias”, condensou.

Fonte: Dados da autora (2019).

A partir do paralelo entre o experimento demonstrativo e o terrário, os estudantes concluíram que ambos podem ser considerados uma estufa porque o ar dentro dos mesmos fica aquecido, respondendo a quinta questão. Na sexta questão, traçamos outro paralelo entre o terrário e o planeta Terra, estabelecendo semelhanças e diferenças. O quadro 8 mostra as semelhanças observadas.

Quadro 8 — Comparativo entre o terrário e a Terra

	Terrário	Planeta Terra
Fonte de energia térmica	Sol	Sol
Irradia calor	Camadas do solo aquecida pela radiação solar	Superfície terrestre aquecida pela radiação solar
Aquecimento do ar	Ocorre mediante a convecção do ar no recipiente fechado	Ocorre mediante o efeito estufa
Ciclo da água	A água da terra, que foi inicialmente regada, ao receber calor da radiação solar, evaporou e ao encontrar com as paredes e a tampa “mais frias”, condensou.	As águas da Terra, ao receberem calor da radiação solar, evaporam e, ao se encontrarem com as nuvens “mais frias”, condensam e chove.
Ciclo do carbono	Os animais inspiram O ₂ e expiram CO ₂ . As plantas absorvem o CO ₂ , luz e calor da radiação solar, realizam a fotossíntese e liberam o O ₂ .	Os animais inspiram O ₂ e expiram CO ₂ . As plantas absorvem o CO ₂ , luz e calor da radiação solar, realizam a fotossíntese e liberam o O ₂ .
Camadas da terra	Camadas de pedras, areia, carvão e terra	Camadas da terra com os minerais

Fonte: Dados da autora (2019).

Os educandos pontuaram que as diferenças entre ambos estariam no fato de na Terra haver uma variedade de plantas e animais, mares/lagoas/rios e a principal diferença seria não ter a presença do “bicho homem” no terrário.

A seguir, perguntamos “o que o homem faz com o ambiente”, ao que responderam: “destrói”, “modifica”, etc. Problematizamos ainda mais solicitando que eles estabelecessem a diferença entre a relação do “homem indígena” com a natureza e do “homem industrial”, como os acionistas da Companhia mineradora Vale que é próxima à escola. Em nosso diálogo, alguns se manifestaram dizendo:

- “O indígena não destrói a natureza” (Educando A).
- “O indígena caça, pesca e só altera a natureza para sua subsistência” (Educando B).
- “O homem indígena respeita a natureza” (Educando C).
- “O homem industrial é acumulador” (Educando D).
- “O homem industrial destrói a natureza para ter lucro” (Educando E).

Concluimos então que não é qualquer tipo de homem que promove a degradação ambiental, mas aquele que detém os meios de produção, o capitalista, que expropria a natureza para lucrar a partir dela.

A partir dessas reflexões, finalizamos a aula com a discussão da última pergunta do questionário *“Explique o fenômeno do efeito estufa terrestre e sua relação com as mudanças climáticas que a Terra vem sofrendo em decorrência do atual modelo de desenvolvimento”*.

Para situar a que modelo de desenvolvimento nos referimos dialogamos com nosso referencial teórico da abordagem CTS/CTA em articulação com os marcos da Educação ambiental crítica.

Lobino (2004) analisa em seu livro “Plantando conhecimento, colhendo cidadania” a questão do modelo de desenvolvimento predatório e excludente, calcado na racionalidade técnico-econômica herdada do século XX. Tal racionalidade, que alicerça a civilização ocidental, considera que a técnica que

foi o principal instrumento no relacionamento do homem com a natureza, expropria a mesma para alcançar a felicidade através do desenvolvimento.

Tal modelo de desenvolvimento “[...] é concentrador, excludente contribuindo para o empobrecimento e dependência dos países periféricos aos países centrais, aumentando a subserviência, a miséria e a violência nessas regiões do planeta (LOBINO, 2004, p. 73)”. No Brasil, essa dupla exploração está relacionada ao colonialismo histórico predatório.

A autora pondera também as consequências para o ambiente desse modelo de desenvolvimento:

“Como consequência desse consumo exacerbado, os países desenvolvidos são potencialmente os maiores responsáveis pela maioria das ameaças planetárias, como o efeito estufa, lixo atômico, camada de ozônio, dentre outros. A excessiva produção e consumo desses países, além de contribuir para o esgotamento da natureza, potencializa o desmatamento, a desertificação e o comprometimento da biodiversidade (LOBINO, 2004, p. 73)”.

Por fim, Lobino (2004) pontua que para se atingir esse modelo de desenvolvimento foi necessário o rompimento da relação homem e natureza. Portanto, “[...] nessa perspectiva, o homem culto ou civilizado passa a ser antônimo de natureza, de atraso, de selvagem (LOBINO, 2004, p. 73)”.

Para finalizar esse bloco de atividades, a professora de Biologia complementou a discussão sobre o terrário em sua aula para melhor compreensão sobre os ciclos que podemos observar no terrário e no planeta Terra e como o carbono é absorvido durante a fotossíntese.

5.2.4 Análise das atividades da aplicação de conhecimentos da intervenção pedagógica — *Poluição do ar da Grande Vitória e mudanças climáticas*

Comentaremos a seguir as atividades realizadas na aplicação do conhecimento do final da intervenção pedagógica.

Iniciaremos com a redação elaborada pelos educandos com o tema “Poluição do ar da Grande Vitória e mudanças climáticas” a partir dos textos de apoio e dos conhecimentos adquiridos ao longo da intervenção pedagógica.

Analisando os textos, observamos que diversos trechos indicam indícios de aproximação dos educandos com a abordagem CTS/CTSA nos quais os mesmos indicaram vários tipos de intervenções para a problemática, tais como: melhoria do transporte urbano; ampliação da cobertura vegetal, “[...] *as plantas têm um papel super importante na purificação do ar (G.L.N)*”; adoção de medidas mais enérgicas dos órgãos fiscalizadores e de controle no tocante às Políticas de preservação do meio ambiente e poluição do ar; utilização de transportes não poluentes; criação de políticas ambientais por parte do governo estadual, cobrando das empresas investimento em pesquisa para a criação de tecnologias para diminuir a emissão dos gases na atmosfera; utilização de combustíveis como etanol e biodiesel; combate à monocultura de eucalipto que “[...] *além de desmatar, suga as nascentes das águas (G.S)*”.

Ainda, alguns textos apontam o marco da Revolução Industrial, com o uso de máquinas térmicas, como o início da degradação do ar a partir da queima de combustíveis fósseis, como foi apontado na fundamentação teórica sobre o modelo de desenvolvimento capitalista que, desde o século XVIII até os dias atuais, tem contribuído para a crise ambiental (HERCULANO, 1992).

Ainda nesses textos, as causas apontadas da poluição do ar da Grande Vitória e as consequências para o ambiente e a saúde da população concordam com os dados analisados na problematização inicial. Nesse ponto, destaca que a ação antrópica sobre o ambiente é responsável pela degradação ambiental, o que foi amplamente discutido a partir da atividade do terrário.

Por outro lado, outros trechos indicam indícios de apropriação de conceitos físicos na relação poluição do ar e intensificação do efeito estufa provocando alterações climáticas, como no seguinte trecho: “O efeito estufa é um processo natural do calor emitido pelo Sol o qual é retido pela atmosfera terrestre, essencial para manter sua temperatura adequada. Os gases do efeito estufa, por sua vez, não prejudicavam, mudando quando a humanidade passou a utilizar muito combustível fóssil, dificultando a passagem do calor [...] *O número de*

carros aumentou [...] tanta emissão de gases causa problemas de saúde respiratória, mudanças no nível de chuva, na sensação térmica e no clima (G.L.M)”.

Segue abaixo a transcrição na íntegra de uma redação:

Ao longo dos anos a poluição vem se agravando, o estopim foi a Revolução Industrial. Atualmente a poluição do ar está sendo pauta de vestibulares, debates e causa muita preocupação, visto que a qualidade do ar influencia diretamente na qualidade de vida e no desenvolvimento de doenças respiratórias.

Na Grande Vitória, o caso mais visível de poluição é o pó preto. É como um ponto de referência por ser um problema que atinge grande parte dos cidadãos capixabas. O ar é indispensável para a existência humana, mas tem sofrido danos devido a emissão de gases poluentes, como o dióxido de carbono. O meio ambiente e a vida terrestre estão sendo ameaçados, a emissão em excesso do gás carbônico intensifica o efeito estufa e altera de forma desequilibrada o clima da Terra, além do desmatamento na Amazônia e do desastre ambiental de Mariana e Brumadinho. O Brasil está em 6º lugar da lista dos maiores poluidores do mundo, de acordo com divulgação da Nasa em janeiro de 2016.

Para amenizar os danos causados ao meio ambiente, existem políticas de prevenção que precisam ser colocadas em prática, como o foco na diminuição do transporte individual, conseqüentemente do trânsito, controle no desmatamento e queimadas, reestabelecimento da flora, investimento em energias renováveis, fiscalização para mapear e identificar indícios de poluição e ter maior controle sobre eles. Todas essas ações são imprescindíveis para o equilíbrio e reestabelecimento do meio ambiente o que reduzirá a poluição do ar (Aluna L.).

Ao lermos os textos, identificamos alguns princípios básicos da Educação Ambiental previstas na PNEA (1999), como: *a abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais; a concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o socioeconômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade e o enfoque humanista, holístico, democrático e participativo*, sobretudo na atividade de intervenção de escrita de uma carta à direção, na qual os educandos solicitaram providências para a situação da sala ambiente de Física.

Portanto, essa última atividade, concorda tanto com a Lei Federal n.º 9795/1999 como com o objetivo principal da alfabetização científica sob enfoque CTS/CTSA que é educar para a cidadania sócio ambiental. Nesse

sentido, Lobino (2015) aponta como pressuposto para o Ensino de Ciências, a fim de sustentar uma prática pedagógica transformadora,

“[...] tomar a realidade prática como ponto de partida, ou seja, o conhecimento empírico do senso comum que proporciona ao aluno a capacidade de observação, a reflexão e a construção do conhecimento científico, e possibilidade de intervenção na realidade (LOBINO, 2015)”.

Em resposta às cartas, a direção da escola informou que já foram aprovados recursos estaduais para o reparo do telhado e forros das salas do último andar da escola.

5.3 Análise da relação entre a Temática Ambiental e o Ensino de Física: o que revelam os alunos?

Com base no questionário utilizado para avaliação da pesquisa analisamos as repostas de 25 alunos que colaboraram com o preenchimento do mesmo.

No contexto das perguntas fechadas, a primeira verificava em que etapa o educando havia começado a participar do projeto de Educação Ambiental, onde constatou-se que 56% dos alunos iniciaram no 1.º trimestre de 2019, 24% iniciaram no 2.º trimestre e 20% no 3.º trimestre. Tal distribuição se deve ao fato de haver constantes transferências de alunos na Rede Estadual, além dos remanejamentos internos entre turnos.

No tocante a já haverem estudado conteúdos ligados ao meio ambiente em outras disciplinas, 68% disseram já terem estudado e 32% responderam que não estudaram. O gráfico abaixo mostra o percentual de respostas por disciplina.

A partir da leitura do gráfico 13 percebemos que mais da metade dos estudantes estudaram algum conteúdo relacionado ao meio ambiente em Biologia, Geografia e em Ciências no Ensino Fundamental, cujo professor regente em sua maioria é licenciado em Ciências Biológicas. Por outro lado, apenas 4% apontaram que estudaram em Física algo relacionado ao assunto. Nesse sentido, observamos a relevância da iniciativa dessa pesquisa em

propor práticas pedagógicas no Ensino de Física relacionadas à temática ambiental, buscando superar uma visão meramente ecologista do meio ambiente.

Gráfico 13 – Disciplinas nas quais foram vistos conteúdos relacionados ao meio ambiente



Fonte: Dados da autora (2019)

Em relação a terem encontrado dificuldades em alguma das etapas do projeto de Educação Ambiental, 84% não tiveram e 16% encontraram algum tipo de dificuldade como na atividade do terrário, nas questões interdisciplinares relacionadas à Biologia e no excesso de trabalhos simultâneos que, em algum momento, comprometeram a organização do projeto, segundo os estudantes.

Quanto as aulas referentes ao projeto e as atividades propostas terem estimulado a participação, a responder perguntas ou a fazer comentários espontaneamente, 28% responderam negativamente e 72% avaliaram que as aulas foram geradoras de questionamentos e se sentiram à vontade para participar, pontuando que:

- “A partir desse projeto eu pude compreender e me aprofundar mais na área da Educação Ambiental (Educando A)”.
- “Conseguo agora até explicar e falar um pouco do meio ambiente (Educando B)”.

Nesse sentido, na intervenção didática buscamos a promoção de uma prática pedagógica dialógica e problematizadora que buscasse superar a noção de educação como prática bancária, em que os educadores se consideram detentores do conhecimento, depositando o mesmo nos educandos passivos.

Compreendemos que alfabetização científica deve caminhar na direção de que:

Saber que ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou criação[...] na qual o educador deve estar aberto a indagações, às curiosidades, às perguntas dos alunos, a suas inibições (FREIRE, 1996, p.52)

Dessa forma, a noção dos lugares que professor e aluno ocupam superam a contradição entre educador e educando, transformando-os em “educador-educando” e “educando-educador”, onde “[...] o educador já não é o que apenas educa, mas o que, enquanto educa é educado, em diálogo com o educando que, ao ser educado, também educa (FREIRE, 1987, p. 68)”.

Por outro lado, ao serem questionados se as abordagens envolvendo outras disciplinas, além da Física, ampliaram sua compreensão acerca da temática ambiental e contribuíram para um melhor aprendizado dos conteúdos das disciplinas, 100% sinalizara que sim e comentaram que:

- “O conteúdo sobre o meio ambiente ajudou a compreender tanto a matéria de Física quanto a de Biologia (Educando C)”.
- “Sim, porque trouxe um conhecimento bem amplo e melhorou significativamente o aprendizado (Educando D)”.
- “As matérias de Ciências da Natureza tiveram mais sentido no âmbito ambiental (Educando E)”.
- “Assim eu consegui perceber que ambiente não se refere apenas a uma matéria, mas sim a várias interligadas (Educando F)”.
- “Um pouco. Não tinha ideia que esse assunto de Educação ambiental tinha em outras disciplinas (Educando G)”.
- “Consigno até expressar mais sobre o conteúdo (Educando H)”.

As avaliações dos educandos evidenciam a potencialidade da temática ambiental como tema transversal ao currículo promovendo a interdisciplinaridade, conforme preconiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental (DCNEA) que propõe que a EA ocorra em uma “[...] abordagem curricular integrada e transversal, contínua e permanente em todas as áreas de conhecimento, componentes curriculares e atividades escolares e acadêmicas (RESOLUÇÃO CNE n.02, 2012)”. Portanto, a inserção da EA com sua condição de transversalidade, para se contrapor à lógica segmentada do

currículo, contempla o ideal de uma nova organização de conhecimentos por meio de práticas interdisciplinares (MENDONÇA, 2007).

Acerca da abordagem utilizada ter contribuído para o aumento do interesse em buscar mais informações sobre outros temas da Física, das Ciências em geral ou da temática ambiental, 80% sinalizaram que sim e 20% que não. Os estudantes destacaram os seguintes temas sobre os quais buscaram aprofundamento:

- “Sobre mudança climática causada pela poluição atmosférica, problemas causados no habitat natural das espécies e extinção dos mesmos (Educando I)”.
- “Aquecimento global, reciclagem, etc (Educando J)”.
- “A me aprofundar mais nos estudos envolvendo efeito estufa e clima, descobrir e conhecer como funciona a questão ambiental” (Educando K)”.
- “Sobre ecossistemas (Educando L)”.
- “Temas como a influência dos gases tóxicos na saúde humana (Educando M)”.
- “Sempre gostei de estudar o meio ambiente tendo como ponto forte (Química ambiental), mas tenho um interesse muito grande na astronomia, mecânica quântica, relatividade entre outros (Educando A)”.
- “Da ciência em geral, através desse projeto tivemos mais profundidade no tema (Educando C)”.

Estes dados sinalizam a potencialidade do meio ambiente como tema transversal ao currículo e gerador de interações entre as diversas áreas de conhecimento com a Física e demais disciplinas, favorecendo a abordagem CTS/CTSA.

Em relação às atividades experimentais terem despertado o interesse pelo conteúdo abordado, 92% afirmaram que sim e 8% que não, justificando que “Não despertou totalmente porque não é minha área de interesse”. Por outro lado, os que avaliaram positivamente, comentaram que:

- “Gosto de aulas que abordam a parte prática, pois me deixa mais interessada no assunto (Educando F)”.
- “É importante ver na prática o que se estuda em aula (Educando I)”.
- “Melhorou a forma de aprendizado (Educando D)”.

Consideramos que o uso de demonstrações experimentais, numa perspectiva investigativa, durante a intervenção foi bastante qualitativa. Carvalho e Sasseron (2011) pontuam que a investigação é uma prática adotada pelos cientistas para compreender os fenômenos naturais. Nesse sentido o educador deve possibilitar aos alunos à percepção e o exame dos fenômenos da natureza na busca de explicações, levando-os à construção de suas próprias hipóteses, organizando-as em torno da construção do conhecimento científico em práticas investigativas.

Com relação ao uso do terrário como artefato pedagógico ter favorecido a integração de conteúdos de Ciências da Natureza e a discussão da temática ambiental, 96% dos educandos sinalizaram que sim e 4% que não. Sobre essa atividade, comentaram os educandos:

- “Na prática é mais interessante do que na teoria, logo tivemos que fazer um terrário que deixou a aula mais criativa e estimulante (Educando B)”.
- “Porque consegui juntar as matérias com o conteúdo (Educando C)”.
- “O terrário ajudou a compreender como a natureza de certa forma acontece (Educando E)”.
- “O terrário demonstrou a teoria das relações ambientais (Educando F)”.
- “Como o terrário pode ser considerado um ecossistema em tamanho reduzido, isso me facilitou uma melhor compreensão (Educando G)”.
- “Pois mostra como o ecossistema é sustentável (Educando I)”.
- “O terrário tem o ciclo igual ao ciclo do planeta (seres vivos, gás carbônico proveniente do ambiente e gás oxigênio proveniente da planta) (Educando J)”.
- “Muitos não sabiam que uma planta poderia se desenvolver no terrário (Educando L)”.
- “Me ajudou a entender o efeito estufa (Educando M)”.

Sobre o uso de simulações computacionais como ferramenta didática nas aulas de Física terem auxiliado na compreensão dos conteúdos abordados, 72% disseram que sim e 28% disseram que não, comentando que:

- “A tecnologia ajudou bastante a compreender o conteúdo com clareza (Educando C)”.
- “Linguagem não-verbal é mais compreensível que a verbal (Educando E)”.
- “Ficou mais fácil entender e explicar os projetos (Educando F)”.
- “Eu não senti diferença na aprendizagem, mas é uma maneira interessante para visualizar (Educando L)”.

Quanto à elaboração de registros de imagens, como mapa mental, 92% dos educandos avaliam que auxiliou na organização das ideias e que puderam ter

uma visão integrada sobre o tema proposto (meio ambiente). Por outro lado, 8% disseram ter conseguido interligar alguns conceitos, mas tiveram dificuldade em obter uma compreensão integrada em torno do tema proposto.

Em relação à percepção dos estudantes sobre a abordagem da temática ambiental no ensino de Física e se a mesma auxiliou na compreensão de conceitos físicos, 100% respondeu que sim. Seguem abaixo alguns comentários:

- “Achei uma abordagem muito boa e interessante, o que me ajudou na compreensão dos conceitos físicos. Contribuiu para mim numa melhor relação com o ambiente. Através do estudo desse tema eu pude entender melhor o que está ocorrendo no planeta, como ele funciona (ciclos), entre outros (Educando D)”.
- “Achei uma temática muito boa, pois trouxe o ensino na prática e assim melhorou muito a compreensão dos conceitos (Educando E)”.
- “Essa abordagem foi ótima, me ajudou a compreender mais a matéria e as aulas práticas foram as melhores (Educando F)”.
- “Auxiliou na compreensão de alguns conceitos de Educação Ambiental (Educando H)”.
- “Foi interessante saber o quão mal os carros podem fazer ao meio ambiente (Educando I)”.
- “Complexo, mas compreensível. Ajuda na explicação (Educando K)”.
- “Achei importante termos abordado essa temática. Me ajudou em outras matérias (Educando L)”.
- “Fez com que eu me interessasse mais pelas aulas de Física (Educando M)”.

Por outro lado, os comentários a seguir indicam que alguns educandos não conseguiam até então relacionar a temática ambiental ao Ensino de Física:

- “Não sabia que os fatos ligados ao meio ambiente poderiam se interligar à Física (Educando B)”.
- “Sim. Eu nunca tinha observado o meio ambiente na visão da Física (Educando G)”.
- “Eu não fazia ideia que a Física contribuía com isso (Educando J)”.

Concluimos o questionário perguntando “como a compreensão da temática ambiental em sua totalidade pode auxiliar na sua vida? E na relação sociedade-natureza?” Relacionamos abaixo algumas respostas dos educandos a essas questões.

- Calotas polares derretendo (temos um grande bloco de gelo derretendo ao norte do planeta que a cada ano vai diminuindo devido aos gases do efeito estufa ...) = diferenciação de salinidade nas correntes atlânticas do norte = mudança de rotas das correntes = mais problemas ambientais com relação a climatologia (aquecimento global sempre piorando tudo...) (Educando A)”.
- “Ter mais consciência sobre seus impactos (Educando B)”.
- “Pode auxiliar muito na nossa vida, pois conhecendo para proteger a natureza, estamos nos protegendo (Educando D)”.
- “Não me ajudou muito no momento mas é um aprendizado para o futuro (Educando E)”.
- “Na mudança de hábito. Na mudança de toda a sociedade para com seus atos, para não piorar a situação do meio ambiente (Educando F)”.
- “Fazendo-nos pensar melhor sobre a poluição (Educando H)”.
- “Em como as coisas na Terra funcionam e como devemos preservar a natureza (Educando I)”.
- “Ajuda em todos os sentidos. Hoje olho para a natureza de uma maneira diferente (Educando J)”.
- “Na minha opinião não auxiliou em muita coisa (Educando K)”.
- “Pode me auxiliar numa melhor relação com a natureza, assim vivendo em harmonia, diminuindo a degradação do meio ambiente (Educando L)”.
- “Ajudou a melhorar/ampliar minha visão para com a natureza (Educando M)”.
- “Me ajudaram a entender os problemas ambientais e assim posso fazer a diferença (Educando O)”.
- “Podem me ajudar a entender melhor os problemas ambientais e entender como posso ajudar (Educando P)”.
- “A entender como minhas ações fazem diferença no dia-a-dia e como eu posso eu posso viver em harmonia com o meio ambiente (Educando R)”.
- “De saber que posso ajudar na organização do meio ambiente (Educando S)”.
- “Compreendendo o meio ambiente podemos ter uma visão mais ampla (Educando T)”.
- “Estudos sobre esse tema ajudam a compreender as curiosidades do nosso planeta” (Educando U)”.
- “Espero que seja boa e possamos entender mais a preservar e cuidar da natureza (Educando Q)”.
- “É importante para compreender o que precisa ser preservado (Educando V)”.

Observa-se que na visão dos alunos, nessa última questão, houve uma aproximação com a tendência CTS/CTSA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta desse trabalho foi responder à problemática “como podemos promover/realizar um trabalho pedagógico no ensino de Física, à luz da temática socioambiental na perspectiva CTS/CTSA, a partir de uma abordagem temática de currículo no Ensino Médio?” Nesse sentido, recorreremos às Diretrizes Curriculares para Educação Ambiental (CNE nº 02/2012) e às Leis Federal n. 9795/1999 e Estadual n. 9265/2009 para compreendermos os princípios e objetivos que norteiam a Educação Ambiental (EA) na Educação Básica que apontam que EA deve ocorrer de forma transversal ao currículo necessitando para isso uma abordagem que considere:

[...] a interface entre a natureza, a sociocultura, a produção, o trabalho, o consumo, superando a visão despolitizada, acrítica, ingênua e naturalista ainda muito presente na prática pedagógica das instituições de ensino (CNE nº 02/2012).

Dessa forma, a Diretriz Curricular nos orienta a não reduzir a EA a uma visão meramente naturalista/ecologista e sim promover uma educação que sobretudo se alicerce numa pedagogia crítica, como a proposta por Paulo Freire, e possibilite ao educando uma visão do ambiente em sua totalidade compreendendo a “[...] interdependência entre o meio natural, o socioeconômico e o cultural, sob o enfoque humanista, democrático e participativo (Parecer CNE n.º 02/2012)”. Portanto, “[...] na educação escolar, falar de abordagens no âmbito da EA e das interações CTS pressupõe sempre pautar-se numa perspectiva crítica e emancipatória do sujeito, da sociedade e do ambiente (FARIAS; FREITAS, 2007, p.12)”.

Nesse passo, para a efetiva promoção da EA no Ensino Médio, na estruturação dos currículos de Ciências da Natureza e nos planejamentos das aulas de Física seria recomendável a reestruturação do currículo por abordagem temática, buscando a construção do conteúdo programático na relação dialógica e problematizadora entre educadores e educandos em torno de temas relacionados ao seu cotidiano (FREIRE, 1987). Nesse sentido, enquanto a temática ambiental proporciona a transversalidade no planejamento, o

conhecimento científico vai sendo trabalhado e aprofundado de forma interdisciplinar buscando proporcionar uma visão integrada aos educandos.

Nessa direção, buscamos alicerçar a presente pesquisa nesses pressupostos e identificamos, sobretudo pela avaliação dos educandos, que a relação entre a temática ambiental e o Ensino de Física a partir da estruturação curricular por abordagem temática sob o enfoque CTS/CTSA, foi qualitativa havendo indícios de apropriação de conceitos físicos pelos educandos. A relação também foi proveitosa para a promoção da alfabetização científica dos mesmos, conforme os eixos estruturantes da educação científica contribuindo para a formação cidadã.

Tais constatações, concordam com pesquisas na área que identificaram que existe uma produtiva interface entre a Educação Ambiental crítica e a Educação Científica com enfoque CTS e que este tipo abordagem deve ser mais explorado academicamente e praticado no chão das escolas (LOUREIRO; LIMA, 2009).

Além disso, o tema gerador (FREIRE, 1987) “Poluição do ar da Grande Vitória e mudanças climáticas”, enquanto um tema transversal relacionado ao meio ambiente, aliado aos conceitos unificadores (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011) favoreceu tanto a transversalidade curricular quanto a interdisciplinaridade não só na Física térmica, como nas demais áreas da Física e com as disciplinas da área de Ciências da Natureza e demais áreas (Ciências da Sociedade e Linguagens e Códigos).

Todavia, identificamos algumas fragilidades ao longo do processo de concepção e execução da intervenção pedagógica no cotidiano escolar, tais como:

— Embora as DCNEM (2012) e o Currículo das Escolas Estaduais (CBC, 2009) prevejam o planejamento por área de conhecimento, isso não aconteceu no turno matutino no ano de 2019, dificultando o diálogo com os pares da área de Ciências da natureza;

— Os momentos de planejamento coletivo ao longo do ano com todos os professores são raros, geralmente ocorrem encontros de um dia após o término

de cada trimestre, cuja pauta é determinada pela Secretaria de Educação (SEDU) muitas vezes distante da realidade escolar. Frente a essa realidade, torna-se difícil o planejamento e a execução de projetos inter e transdisciplinares centrados nas questões socioambientais que envolva todas as áreas;

— Não recebemos da Secretaria de Educação nenhuma orientação para ser implementada a Educação ambiental em nossos planos de ensino e planos de ação anuais, apesar da obrigatoriedade prevista nas Leis Federal n. 9795/1999 e Estadual n. 9265/2009;

— Embora a LDB (1996) estabeleça em seu art. 14, inciso primeiro que é papel do professor participar da elaboração do Projeto político pedagógico (PPP), isso não vem ocorrendo na escola pesquisada nos últimos anos, dificultando a construção de projetos inter/transdisciplinares pautados na participação democrática da comunidade escolar.

Apesar das dificuldades encontradas, um ponto alto na concepção e execução da intervenção pedagógica foi seu caráter interdisciplinar, mediante empenho da pesquisadora e das professoras envolvidas no trabalho pedagógico em integrar os conteúdos de suas disciplinas em torno da temática ambiental, a partir do tema gerador. Avaliamos que isso foi possível em função da formação continuada de que a maioria dessas profissionais participam nas escolas do município, bem como a participação em programas como o PIBID em parceria com a Universidade Federal do Espírito (UFES), conforme abordado no item 4.2.

Nesse ponto, entendemos que a pesquisa tenha contribuído para a formação dos sujeitos envolvidos e, uma vez que seja materializada num produto educacional, auxilie educadores do Ensino Médio a trabalharem os conceitos físicos numa perspectiva inter e transdisciplinar, a partir da leitura de mundo dos educandos e das temáticas socioambientais, buscando, para isso, identificar com os demais educadores, os pontos de contato entre os conteúdos das disciplinas envolvidas na compreensão do tema gerador, para a estruturação do programa de ensino e dos momentos pedagógicos.

Sendo assim, para trabalharmos com a metodologia inter/transdisciplinar no cotidiano das escolas seriam necessários investimentos na formação em serviço dos professores para lidarem com o tipo de abordagem curricular estruturada por meio de temas, com enfoque CTS/CTSA, tendo em vista que a maioria dos educadores não estudou essa abordagem em sua formação inicial nas universidades, além de investimentos nas instituições formadoras desses professores.

Além disso, os Sistemas de Ensino precisam priorizar o Ensino de Ciências em toda a extensão do Ensino Fundamental para que as disciplinas de Física e Química não sejam tão temidas no Ensino médio pelos educandos, rompendo com a biologização do Ensino Fundamental.

Por fim, compreendendo a partir dessa pesquisa que as abordagens utilizadas foram qualitativas para a articulação entre a temática ambiental e o Ensino de Física, visualizamos que seria necessária uma reestruturação curricular no Ensino Médio para que houvesse uma integração curricular, para além de projetos escolares, favorecendo o trabalho com a Abordagem temática numa perspectiva CTS/CTSA, visando também contribuir com a alfabetização científica, tecnológica, cidadã e sustentável dos educandos.

Nesse sentido, o presente trabalho deixa sua contribuição frente a proposta da Base Nacional Curricular Comum do Ensino Médio (BNCC), homologada em 14 de dezembro de 2018, cuja implementação dar-se-á a partir do início do ano letivo de 2020, que propõe a incorporação “[...] aos currículos e às propostas pedagógicas a abordagem de **temas contemporâneos** que afetam a vida humana em escala local, regional e global, preferencialmente de forma transversal e integradora (BRASIL, 2017, p.19, grifo nosso)”.

Esses temas transversais contemporâneos ampliam as seis temáticas transversais previstas nos PCNs (1997), para “[...] seis macroáreas temáticas (Cidadania e Civismo, **Ciência e Tecnologia**, Economia, **Meio Ambiente**,

Multiculturalismo e Saúde), englobando 15 temas contemporâneos³² (BRASIL, 2017, p. 19, grifo nosso)”.

A incorporação de novos temas transversais/integradores visa instrumentalizar os estudantes para um maior entendimento da sociedade em que vivem, atendendo às novas demandas sociais, e garantindo que o espaço escolar seja um espaço cidadão, comprometido com a construção da cidadania, pautado em “[...] uma prática educacional voltada para a compreensão da realidade social e dos direitos e responsabilidades em relação à vida pessoal, coletiva e ambiental” (BRASIL, 1997, p. 15).

Sendo assim, esse trabalho traz contribuições tanto para o campo escolar como para a comunidade científica, uma vez que identificamos poucos estudos que explorassem as aproximações entre a temática ambiental, o ensino de Física, a abordagem temática freiriana e o enfoque CTS/CTSA, além de ter contribuído de forma significativa para nossa formação nas temáticas abordadas e despertado novas inquietações para prosseguimento de estudos.

³² Os Temas Contemporâneos Transversais abordados na BNCC são: Ciência e Tecnologia, Direitos da Criança e do Adolescente; Diversidade Cultural, Educação Alimentar e Nutricional, Educação Ambiental; Educação para valorização do multiculturalismo nas matrizes históricas e culturais Brasileiras; Educação em Direitos Humanos; Educação Financeira; Educação Fiscal; Educação para o Consumo; Educação para o Trânsito; Processo de envelhecimento, respeito e valorização do Idoso; Saúde; Trabalho e Vida Familiar e Social (BRASIL, 2017).

REFERÊNCIAS

AIKENHEAD, G.S. **Educação científica para todos**. Portugal: Edições Pedagogo, 2009.

AIKENHEAD, G.S. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. (Orgs.) **STS education: international perspectives on reform**. New York: Teachers College Press, 1994.

AIKENHEAD, G.S. STS education: a rose by any other name. In: CROSS, R. (Org.). **A vision for science education: responding to the work of Peter Fensham**. London, UK: RoutledgeFalmer, 2003.

ALMEIDA, M. **O texto como recurso didático na mediação escolar do discurso escolar relativo a ciência**. Curitiba: CRV editora, 2010.

ALVES, N. G. (Org.). **Temas de Pedagogia: diálogos entre a didática e currículo**. 1. ed. São Paulo: Cortez, 2012.

AMARAL, I. A. Currículo de ciências: das tendências clássicas aos movimentos atuais de renovação. In: BARRETO, E. S. S. (Org.). **Os currículos do ensino fundamental para as escolas brasileiras**. Campinas: Autores Associados: São Paulo: Fundação Carlos Chagas, 1998.

ANGOTTI, J.A.P. **Estágio Supervisionado em Ensino de Física**, Ebook, MEC, EAD-CFM-CED-LANTEC-UFSC, 2010.

BARBIER, R. **A pesquisa-ação**. Tradução Lucie Didio. Brasília: Plano, 2002.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BAZZO, W.A.; PALACIOS, E.M.G.; GALBARTE, J.C.G.; VON LINSINGEN, I.; CEREZO, J.A.L.; LUJÁN, J.L.; GODILLO, M.M.; OSORIO, C.; PEREIRA, L.T.V.; VALDÉS, C. **Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Madri: OEI, 2003.

BEN-DOV, Y. **Convite à Física**. Rio de Janeiro: Editora Ciência e Cultura, 1996.

BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais - Educação Básica (2012). **Resolução CNE/CEB n.º 2, de 30 de janeiro de 2012**. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=9864-rceb002-12&category_slug=janeiro-2012-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 25 abr. 2019.

BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais – Ensino Fundamental (1998). **Resolução CNE/CEB n.º 2, de 7 de abril de 1998**. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rceb02_98.pdf. Acesso em: 25 abr. 2019.

BRASIL. Ministério de Educação e do Desporto, **Lei nº. 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, n.º 79, 28 abr. 1999.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB). **Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Disponível em:
<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1996/lei-9394-20-dezembro-1996-362578-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 25 abr. 2019.

BYBEE, R. W. (1987). Science education and the science-technology-society (STS) theme. **Science Education**, v. 71, n. 5, p.667-683.

CARRANO, P. Identidades culturais juvenis e escolas: arenas de conflitos e possibilidades. **Revista Movimento**, Faculdade de Educação da UFF, n. 1, p. 11-27, 2000.

CARRANO, P. Juventudes: as identidades são múltiplas. **Revista Movimento**, Faculdade de Educação da UFF, n. 1, p. 11-27, 2000.

CARVALHO, A.M.P. Critérios estruturantes para o ensino das ciências. In: CARVALHO, A.M.P. (org). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

CARVALHO, J.M.; SILVA, S.K.; DELBONI, T.M.G.F. A Base Nacional Comum Curricular e a Produção Biopolítica da Educação como Formação de “Capital Humano”. **Revista e-curriculum**. São Paulo, V. 15, B.2 p. 481 – 503./ junho, 2017.

CARVALHO, S. H. M.; ZANETIC, J. Ciência e arte, razão e imaginação: complementos necessários à compreensão da física moderna. In: IX ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA –IX EPEF, **Anais, Jaboticatubas**. SP: SBF, 2004. 1 cd-rom.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Rev. Bras. Educ.** Rio de Janeiro, n.22, Jan./Abr. 2003

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2000.

DELIZOICOV, D.; MUENCHEN, C. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 4 ed. São Paulo: Cortês, 2011.

DELIZOICOV, D. La Educación en Ciencias y la Perspectiva de Paulo Freire. Alexandria - **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.1, n.2, p.37-62, 2008.

DELIZOICOV, D. Problemas e Problematizações. In: PIETRECOLA, M., (Org) **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora** (pp. 125-150). Florianópolis/SC: UFSC. 2001

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Física**. 2ed.rev. São Paulo: Cortês, 1992.

ESPÍRITO SANTO (Estado), Secretaria de Educação e Cultura. **Ensino médio: área de Ciências da Natureza**. Vitória: SEDU, 2009. (Currículo básico escola estadual; v.2)

FARIAS, C.R.O; FREITAS, D. Educação ambiental e relações CTS: uma perspectiva integradora. **Ciência & Ensino**, vol. 1, número especial, 2007.

FERRAÇO, C.E.; CARVALHO, J. G. Currículo, cotidiano e conversações. **Revista e-curriculum**, v.8, n.2, 2012.

FERRAÇO, C.E. Currículo, formação continuada de professores e cotidiano escolar: fragmentos de complexidade das redes vividas. In: FERRAÇO, C. E. (Org.). **Cotidiano escolar, formação de professores (as) e currículo**. São Paulo: Cortez, 2005.

FRANCO, M. A. S. Pedagogia da Pesquisa-ação. **Revista Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.31, n.3, p.483-502, 2005.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, P. **Pedagogia da esperança**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. 4 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983

GADOTTI, M. **Perspectivas atuais da educação**. Porto Alegre: Ed. Artes Médicas, 2000.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. Ed. São Paulo. Atlas, 2008.

GUIMARÃES, M. **A formação de educadores ambientais**. Campinas: Papyrus, 2004.

GUIMARÃES, O., PIQUEIRA, R. P., CARRON, W. **Física**. Física térmica, Ondas e Óptica. Vol 2. 2 Ed. São Paulo: Ática, 2017.

HALLIDAY, D.; RENICK, R. **Fundamentos de Física**. Vol 02. 4 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1991.

HERCULANO, S.C. Do desenvolvimento (in)sustentável à sociedade feliz. In: VIOLA, E. *et al.* **Ecologia ciência e política: participação social, interesses em jogo e luta de ideias no movimento ecológico**. Rio de Janeiro: Devan, 1992

KNECHTEL, M. R. **Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada**. Curitiba: Intersaberes, 2014.

KENSKI, V. M. Aprendizagem mediada pela tecnologia. **Revista Diálogo Educacional**, 4(10), 47-56, 2003. Disponível em: <http://www2.pucpr.br/reol/pb/index.php/dialogo?dd1=786&dd99=view&dd98=pb>
Acesso em: 10 Jun. 2019

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU; EDUSP, 1987.

LANES, K. G.; LANES, D. V. C.; PESSANO, E. F.C.; FOLMER, V. O Ensino de Ciências e os temas transversais: sugestões de eixos temáticos para práticas pedagógicas no contexto escolar. **Revista Contexto & Educação**, Editora Unijuí, v. 29, n. 92, p. 21-51, 2014.

LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2001.

LEFF, E. Complexidade interdisciplinar e saber ambiental. In: PHILIPPI, A. Jr. *et al.* **Interdisciplinaridade em ciências ambientais**. São Paulo: Signus Editora, 2000.

LEFÉBRVE, H. **Lógica formal e lógica dialética**. 3 ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1987.

LEITE, S. Q. M. et al. (org.). Práticas experimentais investigativas em ensino de ciências. **Caderno de experimentos de física, química e biologia – espaços de educação não formal – reflexões sobre o ensino de ciências**. Vitória: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo e Secretaria de Estado de Educação do Espírito Santo, 2012. Disponível em: https://educimat.ifes.edu.br/images/stories/Publica%C3%A7%C3%B5es/Livros/lfes_Livro-Praticas-Experimentais-_2012.pdf. Acesso em: 20 Jun. de 2019.

LÉVY, P. **Cibercultura**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1999.

LOBINO, M. G. F. **Ensinando Física na infância: o som nosso de cada dia. Uma experiência inovadora**. Vitória: Novas edições acadêmicas, 2015.

LOBINO, M. G. F. **A práxis ambiental educativa: diálogo entre diferentes saberes**. 2ed. Vitória: Edufes, 2014.

LOBINO, M. G. F. **Plantando conhecimento, colhendo cidadania:** plantas medicinais, uma experiência transdisciplinar. 2ed. Vitória: Bios, 2004.

LOBINO, M. G. F. **Influência dos diferentes saberes e concepções na práxis ambiental docente:** limites e possibilidades. Vitória, 2002. 157 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Espírito Santo.

LOUREIRO, C. F. B. Educação ambiental transformadora. In: **Identidades da educação ambiental brasileira** / Ministério do Meio Ambiente. Diretoria de Educação Ambiental; Philippe Pomier Layrargues (coord.) – Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

LOUREIRO, C. F. B.; LIMA, J. G. S. Educação ambiental e educação científica na perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS): pilares para uma educação crítica. **Acta Scientiae**. Canoas, v. 11, n.1, p.88-100, jan./jun. 2009

MENEGOTTO, J. C., & ROCHA FILHO, J. B. Atitudes de estudantes do ensino médio em relação à disciplina de Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, 7(2), 298–312, 2008.

MIGUEL, J. C. **Ressignificação curricular em um contexto de formação continuada:** a interdisciplinaridade no ensino médio por meio da abordagem temática. Orientadora: Maria Celina Recena. Campo Grande: 2016. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2016.

MOREIRA, H. L.; CALEFFE, G. C. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários a uma educação no futuro**. São Paulo: Cortez editora, 2000.

MUENCHEN, C., AULER, D., Configurações curriculares mediante o enfoque CTS: desafios a serem enfrentados na educação de jovens e adultos. **Ciênc. educ. (Bauru)** [online]. 2007, vol.13, n.3, pp. 421-434

PRENSKY, M. Digital Native immigrants. **On the horizon**, MCB University Press, Vol. 9, N.5, October, 2001. Disponível em: <https://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>. Acesso em: 07 set. 2019.

QUADRADO, Susana Isabel Gonçalves. **Podcasting no Ensino da Física:** Estudo piloto (quase experimental) sobre reforço de aprendizagem de conteúdos. 2009. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências - Universidade do Porto, 2009.

SANTOS, W.L.P.S.; MORTIMER, E.F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência –Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação

brasileira. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**, Belo Horizonte, v.02, n. 02, p. 01-23, dez. 2002. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/21/52>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

SANTOS, B. S. **Os processos da globalização**, in B. S. Santos (org.), *Globalização: Fatalidade ou utopia?* Porto: 2001.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**, v. 2, n. 2, p. 133-162, 2000.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino da Física. In: CARVALHO, A.M.P *et al.* **Ensino de Física. Coleção Ideias em ação**. São Paulo. Ed. Cengage learning, 2010.

SEARS, F. W.; SALINGER, G. L. **Thermodynamics, Kinetics Theory and Statistical Thermodynamics**. Third Edition. [S.l.]: Addison Wesley, 1975.

SERWAY, R. A.; JEWETT JR, J. W. **Princípios de Física: movimento ondulatório e Termodinâmica**. Vol.2. 5ª Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

STENHOUSE, L. **Investigación y desarrollo del curriculum**. Madrid: Morata, 1984

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

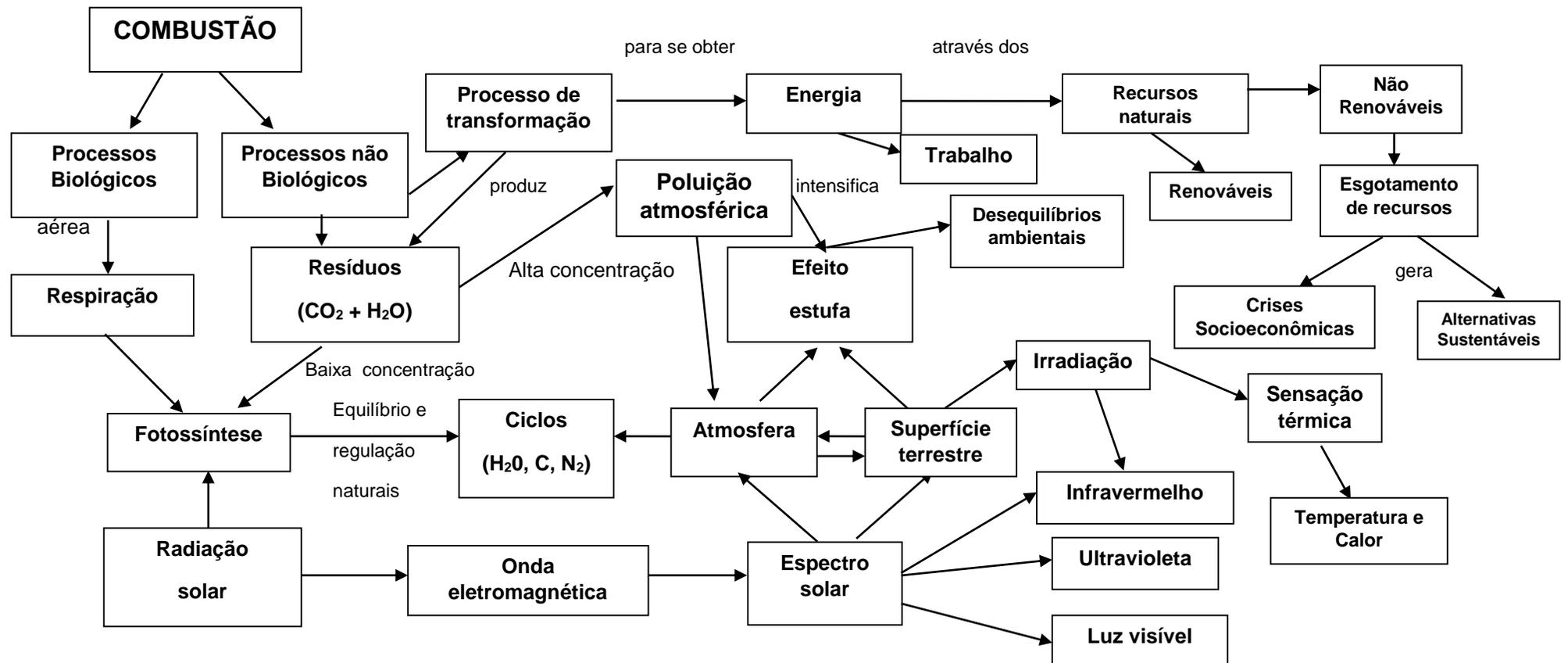
VIEIRA, E. O. **Cultura jovem no ensino de física: usos e apropriações de mídias digitais compartilhadas no facebook**. 2015. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização). Instituto Federal do Espírito Santo, Domingos Martins, 2015.

VILLAS BOAS, B. M. F. **Portfólio, avaliação e trabalho pedagógico**. 8ª ed. Campinas: Papirus, 2010 (Coleção Magistério: Formação e Trabalho Pedagógico).

APÊNDICE A

Estrutura Conceitual da Intervenção Pedagógica

(Ampliado a partir do esquema de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), p.306-307)



APÊNDICE B

Questionário Inicial

Este questionário faz parte de uma pesquisa que está sendo realizada pela professora Evelyn de Oliveira Vieira, para buscar informações sobre as possibilidades de se trabalhar a temática ambiental o ensino de Física, visando analisar as contribuições que esta abordagem pode trazer ao processo educativo na aprendizagem de conteúdos relacionados à Física. Todas as respostas serão analisadas e utilizadas na elaboração de uma dissertação de Mestrado do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física do IFES, do qual a professora participa. Nenhuma pessoa que participar da pesquisa terá seu nome divulgado! Lembre-se que sua participação é muito importante! Favor não fazer consultas à Internet.

Como o calor pode ser obtido? O que você entende por calor?

1. Dê 03 (três) exemplos de situações que envolvam transmissão de calor (ou trocas de calor).
2. Na sua concepção, o que o Sol emite? Qual a importância do Sol para o planeta Terra?
3. Qual a importância do efeito estufa para o planeta Terra? Dê uma breve explicação de como ele ocorre.
4. Saberá dizer o que é uma estufa? Para que serve? Como funciona?
5. Que fatores têm influenciado o agravamento do efeito estufa terrestre?
6. Na questão 6, cite pelo menos 02 consequências para o ambiente do agravamento do efeito estufa terrestre.

APÊNDICE C

Figuras utilizadas na problematização inicial

Sem trégua. Instituto de Meteorologia registrou 37,6°C, às 15h. Sensação térmica chegou a 51°C em Vitória

O calor não tem dado trégua. Pelo segundo dia consecutivo, a sensação térmica em Vitória atingiu a marca de 51°C, aquecendo as reclamações e os memes também nas redes sociais (confira ao lado).

Segundo o Inmet (Instituto Nacional de Meteorologia), Vitória registrou ontem, às 15h, 37,6°C. Foi o segundo dia mais quente de 2019. No último domingo, a máxima foi de 37,7°C, a mais alta desde dezembro de 2015, quando o Instituto marcou 38°C. Nas ruas, os termômetros marcaram 39°C à tarde.

Com tanto calor, especialistas alertam que é preci-

Nas redes sociais

MAIS UM DIA COM CLIMA DE MONTANHA

1

Montanha em erupção
Vulcão é usado para ironizar o calor da região de montanhas, que também está muito forte

2

Simpsons capixabas
Episódio dos Simpsons que retrata dia de muito calor ganhou as redes sociais dos capixabas.

3

Perto do sol
Meme mostra o Espírito Santo à frente da Terra, se aproximando do Sol

FONTE: Jornal Metro, 26 de Fevereiro de 2019

POR HORA					
14:00	18:00	22:00	02:00	06:00	10:00
☁️ 10%	☁️ 40%	☁️ 47%	☁️ 20%	☁️ 15%	☁️ 5%
33°	29°	28°	27°	26°	32°

FONTE: Jornal Metro, 19 de março de 2019

FONTE: AccuWeather

APÊNDICE D

Questões do estudo dirigido sobre fontes de energia e impactos ambientais

- 1) Explique a importância da radiação solar para nosso planeta.
- 2) Cite os diversos usos da energia solar.
- 3) Explique o princípio de funcionamento: a) do aquecedor solar; b) das células fotovoltaicas
- 4) O que são combustíveis fósseis?
- 5) Dê a relação entre combustíveis fósseis e a emissão de dióxido de carbono.
- 6) O que são biocombustíveis? Dê exemplos.
- 7) Explique o que são fontes alternativas de energia. Dê exemplos.
- 8) Explique o que acontece com a radiação solar quando a mesma incide na atmosfera evidenciando o balanço de radiação.
- 9) Diferencie efeito estufa de aquecimento global, explicitando os impactos ambientais decorrentes desse último.
- 10) Qual a importância da camada de ozônio para a Terra?
- 11) Quais são os principais agentes poluidores do ambiente?
- 12) Quais são as vantagens e desvantagens dos usos dos biocombustíveis?
- 13) O que é sustentabilidade? Dê exemplos de atitudes pautadas na consciência ambiental.

APÊNDICE E

Textos de apoio para a realização da atividade sobre sensação térmica

Texto 1

Vitória tem os dias mais quentes desde 2016, diz Incaper.

Temperatura atingiu os 37,7 graus neste domingo (24) e segunda-feira (25), se igualando ao calor registrado há 3 anos. Meteorologista explicou o que causa o calor intenso.

Por G1 ES e TV Gazeta

25/02/2019

O calor que atingiu o Espírito Santo nos últimos dias fez com que Vitória registrasse os dias mais quentes desde 2016, segundo informações do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Os termômetros na capital atingiram os 37,7°C, neste domingo (24) e nesta segunda-feira (25). A sensação térmica ficou em torno dos 42°C.

Em Cachoeiro de Itapemirim a temperatura nesta segunda chegou a 39,7 °C com sensação de 46 °C. Em Alegre, os termômetros marcaram 38,4 °C, e o índice de calor foi de 40°C.

Em fevereiro de 2016, o Espírito Santo registrou a mesma onda de calor. Na ocasião, a média das temperaturas máximas ao longo do mês foi de 34,3 °C. Este ano, até esta segunda-feira (25), a média das máximas em fevereiro de 2019 está em 34 °C.

Termômetros instalados em pontos da capital chegaram a marcar 40°C nesta segunda (25). Mas, segundo o Incaper, isso acontece por causa da localização do equipamento, que muitas vezes está próximo ao asfalto e cercado por construções de concreto. Já os números informados pelo Incaper correspondem a uma medição oficial, que segue critérios mundiais.

Alternativas

Para enfrentar o calorão, a aposentada Geni de Moraes usou o guarda-chuva como guarda-sol. “Está de torrar, né?”, disse. Para encarar o dia de trabalho, um motorista de ônibus instalou um ventilador no coletivo. “Ajuda, minimiza um pouquinho a situação”, explicou.

Até dentro de casa está difícil de aguentar. A dona de casa Madalena Egidio conta que o ventilador tem trabalhado o dia todo. Para melhorar, ela tem usado uma técnica que aprendeu na televisão, que é colocar gelo próximo à fonte de ventilação.

“Tivemos que colocar uma bacia com gelo para a gente suportar melhor o calor, porque está tenso”, contou.

Por que tão quente?

De acordo com o meteorologista do Incaper, Hugo Ramos, o calor intenso é causado pela combinação de três fatores:

- Fevereiro já é climatologicamente considerado o mais quente do ano;
- O fenômeno El Niño contribuiu para que as temperaturas fiquem mais elevadas;
- A presença de um forte sistema de Alta Pressão tem impedido o avanço de sistemas que possam mudar as condições de tempo no estado, como também a formação de nuvens para a ocorrência de chuva. “A atuação de um sistema de pressão atmosférica inibe a formação de níveis de chuva e impede os avanços das frentes frias que estão vindo pelo Sul do Brasil não chegam ao Espírito Santo em razão desse bloqueio”, disse Hugo Ramos.

A temperatura segue alta ao longo da semana, mas não são esperados novos recordes de temperatura no estado, de acordo com o Incaper.

Sensação térmica

A estimativa para medir a sensação térmica (ou estresse térmico) geralmente leva em conta a temperatura, a umidade do ar e a velocidade do vento, segundo o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-Inpe).

O Brasil não possui um índice oficial. Ao redor do mundo, há mais de 160 maneiras de cálculo. A sensação térmica também é subjetiva: cada pessoa tem uma percepção do calor ou do frio, sobretudo por causa do índice de gordura corporal.

“Além de a gente receber o calor direto do sol, toda a estrutura de prédios, asfalto, eles emitem esse calor e acabam contribuindo para esse calor além do que é medido pelo termômetro. Se tiver em um campo um pouco mais aberto, com vento, acaba atenuando um pouco a sensação do que é medido no termômetro. Por isso é que pode estar 39°C em toda a Grande Vitória, mas em cada ambiente a gente tem uma sensação de calor diferente”, explicou o meteorologista.

Texto 2

Sensação térmica

Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre.

Sensação térmica ou **temperatura aparente** é a forma como os nossos sentidos percebem a temperatura do ar, e que pode diferir da temperatura real. Tal se deve a condicionantes climatéricos que afetam a transferência de calor entre o corpo e o ar: como são a umidade, a densidade e a velocidade do vento. A pele, o nosso maior órgão, recebe as sensações que identificamos, como a dor, pressão, frio e calor (estas duas chamadas "sensações térmicas"), etc. Como exemplo, damos o vento de ar quente, que, ao bater-nos na pele parece-nos frio (devido à velocidade dele, e umidade do ar ou da pele); este ar aquecerá o espaço onde tenha entrado, contudo, enquanto é vento (enquanto tem movimento), poderá até parecer-nos frio aos sentido - ao parar deixa-nos perceber com maior realismo a sua temperatura mais elevada.

Após um banho, é normal que se sinta um pouco de frio. A evaporação de um líquido faz baixar a temperatura, por esse motivo é que há sensação de frio quando molhado. Tal fato ocorre porque a fina camada de água que adere à pele absorve uma quantidade significativa de calor, por isso ocorre a sensação de frio. Mais frio ainda é sentido quando está ventando, pois o vento intensifica a evaporação da água, que provoca o abaixamento da temperatura corporal.

Para quem vive num clima quente, ou onde há estações quentes, o conceito de sensação térmica associada ao vento pode parecer de pouca importância, embora também aí se saiba que a brisa e o vento dão a sensação térmica de refrescamento (como já foi dito). Porém, em países mais frios, ou épocas frias, o abaixamento de temperatura causado por ventos fortes pode ser mais evidente e provocar diversos problemas sérios a um corpo pouco protegido, como por exemplo a hipotermia.

O termo sensação térmica foi popularizado após a Segunda Guerra Mundial, quando as tropas alemãs fracassaram numa tentativa de invasão à Rússia durante o seu inverno rigoroso. Foi a partir daí que o exército americano criou um índice de avaliação da sensação térmica relacionado à velocidade do vento. Esse índice popularizou-se e passou a ser divulgado juntamente com as temperaturas.

Texto 3

Sensação de calor

Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre.

Sensação de calor refere-se às maneiras como o ser humano sente a temperatura ambiente elevada.

Entender a forma como o corpo humano perde calor é de fundamental importância para entender a sensação de calor.

Formas de perda do calor do corpo humano

Há três formas do corpo humano perder calor: por irradiação (ondas infravermelhas), por condução (pelo contato com substâncias mais frias, como o ar) e por evaporação (suor). Mas a perda de calor por irradiação e condução só é possível para o corpo humano quando a temperatura do ar está menor do que a temperatura da pele, que é metabolicamente regulada para em torno 33 °C ^[1]. Portanto, acima de 33 °C de temperatura ambiente, a evaporação do suor é a única forma de perda de calor capaz de garantir a regulação em 33 °C da temperatura da pele que, por sua vez, permite a regulação da temperatura interna do corpo de cerca de 36 °C.

A evaporação do suor

A transpiração do suor é o principal mecanismo de perda de calor do corpo humano, sendo este o mecanismo primordial de regulação da temperatura do corpo quando a temperatura ambiente está maior do que a da pele (acima de 33 °C).

Caso a evaporação do suor seja impedida ou dificultada, quanto mais a temperatura ambiente se aproxima de 33 °C, maior o desconforto térmico. Se a temperatura ambiente supera 33° e a evaporação do suor for dificultada, não apenas o desconforto térmico se torna cada vez mais extremo como também pode levar à morte por hipertermia.

A evaporação do suor permite o resfriamento evaporativo do corpo, possibilitando que a superfície do corpo (e daí a temperatura interna) possa alcançar temperaturas menores do que a ambiente, dissipando o calor gerado pelo próprio metabolismo corporal e a garantindo manutenção da temperatura corporal interna em torno de 36 °C.

Veremos adiante os principais fatores que promovem ou dificultam a evaporação do suor, isto é, uma maior ou menor sensação de calor.

Papel primordial da ventilação e da umidade relativa do ar na taxa de evaporação do suor

Quanto maior a **taxa de evaporação do suor**, mais o corpo é resfriado. Dois fatores determinam a taxa de evaporação do suor: a **umidade relativa do ar** e a **ventilação**:

a) **Umidade relativa do ar**: Quanto menor a umidade relativa do ar, maior a taxa evaporativa do suor. Se a umidade relativa se aproximar de 100%, isto significa que a capacidade do ar de conter mais vapor do que já contém tende a ser nula, reduzindo ao mínimo a taxa de evaporação do suor e levando ao máximo o desconforto término no caso de a temperatura ambiente se aproximar ou superar a do corpo humano. Felizmente, na maioria dos climas da terra, a umidade relativa se aproxima de 100% apenas durante precipitações (chuva), fenômeno atmosférico que, por si mesmo, reduz significativamente a temperatura ambiente. Em geral, quanto maior a temperatura ambiente, menor é a umidade relativa do ar (inclusive em climas tropicais úmidos), visto que, quanto maior a temperatura, mais o ar se expande, aumentando sua capacidade de conter vapor (inversamente, quanto menor a temperatura, mais o ar se contrai, reduzindo sua capacidade de conter vapor).

b) **ventilação**: quanto maior a velocidade do ar que passa sobre a superfície do corpo humano, maior a taxa de evaporação do suor. Deve-se observar que a ventilação por si mesma não reduz a temperatura ambiente, ela apenas aumenta a taxa de evaporação do suor, isto é, promove o resfriamento evaporativo do corpo humano. Ademais, a ventilação dissipa a umidade que se acumularia no interior da construção, melhorando o conforto térmico.

Eficácia do resfriamento mediante a evaporação do suor

Pode-se verificar em nosso corpo a enorme eficácia do resfriamento evaporativo quando, num dia quente, permanecendo molhado após um banho, secamos nosso corpo em frente a um ventilador. Por exemplo, no dia 4 de fevereiro de 2010, no Rio de Janeiro, a temperatura do ar alcançou 40 °C, a máxima do ano, por volta de 4 horas da tarde (<http://www.wunderground.com/history/airport/SBAF/2010/2/4/DailyHistory.html>), mas a umidade relativa do ar estava em 27%, e a pressão atmosférica estava em 1009 hPa; conseqüentemente, a temperatura de bulbo úmido era de apenas 24,2 °C, sendo esta a temperatura alcançada por uma superfície molhada exposta ao ar, como por exemplo, a pele molhada, naquele dia mais quente do ano. Para calcular a temperatura de bulbo úmido (wet bulb temperature) a partir da temperatura do ar e da umidade relativa, há na internet calculadoras como esta.

Conclusão

Além da temperatura, a umidade relativa do ar e a ventilação são os fatores determinantes da sensação de calor.

APÊNDICE F

Questionário final para a avaliação da intervenção pedagógica pelos educandos

Questionário para avaliação da Intervenção pedagógica

Este questionário faz parte de uma pesquisa que está sendo realizada pela professora Evelyn de Oliveira Vieira da Silva, para buscar informações sobre a utilização do tema “Meio Ambiente” no currículo de Física do Ensino Médio de forma inter/transdisciplinar, visando analisar as contribuições que sua utilização pode trazer ao processo educativo envolvendo conteúdos relacionados à Física.

Todas as respostas serão analisadas e utilizadas na elaboração de um trabalho do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física do IFES, do qual a professora participa.

Nenhuma pessoa que participar da pesquisa terá seu nome divulgado! Lembre-se que sua participação é muito importante!

1. Você começou a participar do projeto de Física em que etapa?
 Desde o início (Abril de 2019 no 1º trimestre)
 No 2º trimestre
 No 3º trimestre

2. Você já tinha estudado conteúdos ligados ao meio ambiente antes desse projeto?
 Sim Não

Se sim, em quais disciplinas?

3. Teve dificuldades em alguma das etapas do projeto de Educação Ambiental?
 Sim Não

Se sim, quais foram?

4. As aulas referentes ao projeto e as atividades propostas lhe estimularam a participar, a responder perguntas ou a fazer comentários espontaneamente? Comente.
 Sim Não

5. As abordagens envolvendo outras disciplinas, além da Física, ampliaram sua compreensão acerca da temática ambiental e contribuíram para um melhor aprendizado dos conteúdos das disciplinas? Comente.
 Sim Não

6. A abordagem utilizada contribuiu para o aumento do seu interesse em buscar mais informações sobre outros temas da Física, das Ciências em geral ou da temática ambiental?

() Sim () Não

Quais?

7. As atividades experimentais despertaram seu interesse pelo conteúdo abordado? Comente.

() Sim () Não

8. O uso do terrário como ferramenta pedagógica favoreceu a integração de conteúdos de Ciências da Natureza e a discussão da temática ambiental? Comente.

() Sim () Não

9. O uso de simulações computacionais como ferramenta didática nas aulas de Física auxiliaram na compreensão dos conteúdos abordados? Comente.

() Sim () Não

10. Quanto à elaboração de registros de imagens, como mapa mental, você avalia que:

() Auxiliou na organização das ideias e pude ter uma visão integrada sobre o tema proposto (meio ambiente)

() Consegui interligar alguns conceitos, mas tive dificuldade em obter uma compreensão integrada em torno do tema proposto

11. No geral, o que você achou da abordagem da temática ambiental no ensino de Física? Auxiliou na compreensão de conceitos físicos? Em que mais contribuiu?

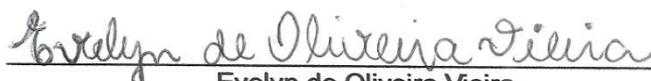
12. Na sua opinião como a compreensão da temática ambiental em sua totalidade pode auxiliar na sua vida? E na relação sociedade-natureza?

ANEXO A — Termo de Responsabilidade e Compromisso do Pesquisador Responsável

TERMO DE RESPONSABILIDADE E COMPROMISSO DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL

Eu, **Evelyn de Oliveira Vieira**, pesquisadora responsável pelo projeto **A Educação Ambiental no Ensino Médio: uma proposta de abordagem temática na Física térmica sob o enfoque CTS/CTSA**, sob a orientação da professora **Dr.^a Maria das Graças Ferreira Lobino** e do professor **M.^e Marcelo Esteves de Andrade**, declaro estar ciente e que cumprirei os termos da Resolução nº 466/2-012 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde – CONEP, e declaro: (a) assumir o compromisso de zelar pela privacidade e sigilo das informações; (b) tornar os resultados desta pesquisa públicos sejam eles favoráveis ou não; e, (c) comunicar o CEP sobre qualquer alteração no projeto de pesquisa, nos relatórios anuais ou através de comunicação protocolada, que me forem solicitadas.

Serra - ES, 29 de Março de 2019.



Evelyn de Oliveira Vieira

ANEXO B — Carta de anuência



GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
SECRETÁRIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO
ESCOLA ESTADUAL ENSINO MÉDIO ARISTÓBULO BARBOSA LEÃO

CARTA DE ANUÊNCIA

Autorizo a realização da pesquisa intitulada **A Educação Ambiental no Ensino Médio: uma proposta de abordagem temática na Física térmica sob o enfoque CTS/CTSA**, coordenada pela pesquisadora **Evelyn de Oliveira Vieira**, sob orientação da professora **Dr.ª Maria das Graças Ferreira Lobino** e do professor **M.º Marcelo Esteves de Andrade**, a ser realizada na escola estadual Aristóbulo Barbosa Leão em conformidade com os objetivos e metodologias previamente apresentados.

Como representante da EEEFM Aristóbulo Barbosa Leão, estou ciente das corresponsabilidades associadas ao projeto de pesquisa no compromisso do resguardo da segurança e bem-estar dos participantes da pesquisa recrutados. Declaro ainda estar ciente da autonomia de cada indivíduo em aceitar ou recusar a participar da pesquisa, independente da anuência que apresento.

Esta autorização está condicionada à aprovação da pesquisa elencada acima por um Comitê de Ética em Pesquisa, legalmente instituído, como forma de resguardar o cumprimento das Resoluções n.º 466/2012 e n.º 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde/ CNS, e suas complementares.

O descumprimento desses condicionamentos assegura-me o direito de retirar minha anuência a qualquer momento da pesquisa.

Serra - ES, 12 de novembro de 2019.


Emanuêle Freitas da Silva Marquito
Diretora Escolar
Portaria Nº 1270-S de 11/11/2019

Avenida Desembargador Mário da Silva Nunes
Nº 1000, Jardim Limoeiro, Serra – ES
Tel: 3328-3613 / escolaaristobulo@sedu.es.gov.br

ANEXO C — Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, RG n.º _____, estou sendo convidado (a) para participar da pesquisa **A Educação Ambiental no Ensino Médio: uma proposta de abordagem temática na Física térmica sob o enfoque CTS/CTSA**. Passo, a saber, que este estudo tem como objetivo promover e realizar práticas pedagógicas no ensino de Física articulando-as às questões socioambientais na perspectiva CTS/CTSA a partir de uma abordagem temática de currículo no Ensino Médio.

Os dados serão coletados através de gravações, tanto de áudio quanto de vídeo, bem como, por meio de anotações realizadas durante os encontros em um diário de bordo, além de dados descritivos de situações, acontecimentos, entrevistas, depoimentos, leitura de portfólios, atividades, entre outros. A análise desses dados dar-se-á a partir de uma construção descritiva de um conjunto de categorias, que serão embasadas pelos referenciais teóricos principais (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011) e FREIRE, 1987), que irão fomentar a base inicial das discussões. Sendo assim, observa-se um constante diálogo entre os dados obtidos e os referenciais teóricos, em busca de uma argumentação para as análises.

Ao participante é garantida a confidencialidade das informações, a privacidade dos participantes e da proteção de sua identidade, inclusive o uso de sua imagem e voz.

As informações que eu fornecer para o pesquisador serão guardadas em formatos de áudio e vídeo que serão transcritos e, posteriormente, serão lacradas e ficarão sob a responsabilidade da pesquisadora Evelyn de Oliveira Vieira, por 5 (cinco) anos após o término da pesquisa. As mesmas não serão utilizadas em meu prejuízo ou de outras pessoas, inclusive na forma de danos à estima, prestígio e prejuízo econômico ou financeiro. O pesquisador assume o compromisso de propiciar assistência a eventuais danos materiais e imateriais, decorrentes da participação na pesquisa, conforme o caso e sempre que necessário e também o ressarcimento das despesas decorrentes de minha participação na pesquisa.

Em qualquer etapa do estudo, terei acesso ao pesquisador responsável, Evelyn de Oliveira Vieira, que pode ser encontrado no endereço Rua dos Bem-te-vis, 87. Morada de Laranjeiras, Serra (ES), CEP: 29.166-767.

Como voluntário, durante ou depois da pesquisa é garantido o anonimato das informações que eu fornecer, podendo entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Instituto Federal do Espírito Santo, no endereço CEP/IFES: Av. Rio Branco, nº 50 - Santa

Lúcia - Vitória - ES; Tel. (27) 3357-7518; E-mail: etica.pesquisa@ifes.edu.br.

Li ou foi lido para minha pessoa as informações sobre o estudo e estou claramente informado sobre minha participação. Também confirmo o recebimento da cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE.

Fica claro para mim quais são as finalidades do estudo, os riscos e benefícios para minha pessoa, a forma como a pesquisa será aplicada para minha pessoa e a garantia de confidencialidade e privacidade de minhas informações.

Concordo em participar voluntariamente deste estudo e, se for de meu desejo, poderei deixar de participar deste estudo em qualquer momento, durante ou após minha participação, sem penalidades, perdas ou prejuízos para minha pessoa ou de qualquer equipamento ou benefício que possa ter adquirido.

Serra, _____ de _____ de 2019.

Assinatura do(a) Voluntário(a) Participante ou Responsável legal

Assinatura do Pesquisador

APÊNDICE G

Produto Educacional



INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Programa de Pós-graduação em Ensino de Física (PPEFis) - MNPEF

**A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO MÉDIO:
UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM TEMÁTICA NA
FÍSICA TÉRMICA SOB O ENFOQUE CTS/CTSA**

Prof.ª Evelyn de Oliveira Vieira
(Licenciada em Física, Mestranda – PPEFis/IFES)

Prof.ª Dr.ª Maria das Graças Ferreira Lobino (Orientadora, EDUCIMAT/IFES)

Prof. Me. Marcelo Esteves de Andrade (Coorientador, PPEFis/IFES)



**Cariacica
2020**

APRESENTAÇÃO

Caro Professor (a),

A proposta deste manual é mostrar possibilidades didático-pedagógicas ao ensino de Física articulando-as às questões socioambientais na perspectiva CTS/CTSA a partir da abordagem temática do currículo no Ensino Médio. Nessa direção, apontamos os usos da metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1992), propondo planejamentos, especialmente ao ensino da Física térmica, com ênfase inter e transdisciplinar, objetivando a alfabetização científica de jovens do ensino médio.

O material se encontra organizado em duas partes. A primeira — Orientações Gerais — descreve os princípios teórico-epistemológicos que embasam e norteiam a ação-reflexão-ação do processo educativo que é proposto ao ensino da Física na relação com o trabalho do tema transversal meio ambiente no Ensino Médio. A segunda parte — Proposta de abordagem temática na Física térmica com enfoque CTS/CTSA — traz os encaminhamentos metodológicos e atividades didáticas sugeridas ao trabalho da Física, tratados de maneira inter e transdisciplinar na temática ambiental.

Em síntese, trazemos, de forma transversal ao currículo, a temática ambiental articulada aos conteúdos e projetos pedagógicos, a fim de proporcionar uma visão de ambiente totalidade nos educandos, contribuindo com sua alfabetização científica.

Esse guia metodológico não é para ser tratado como um manual de instrução a se copiar, mas, sobretudo, esperamos que a obra propicie possibilidades de ideias ao trabalho da Física, onde a temática ambiental proporcione a integração desta com os demais componentes curriculares no Ensino Médio.

Os autores.

SUMÁRIO

PARTE 1 - ORIENTAÇÕES GERAIS

INTRODUÇÃO	04
OBJETIVOS	08
PÚBLICO ALVO	09
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	09
METODOLOGIA DE ENSINO	19

PARTE 2 - A INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA: PROJETOS E ATIVIDADES	25
--	-----------

REFERÊNCIAS	53
-------------------	----



ORIENTAÇÕES GERAIS

INTRODUÇÃO

Discutir o Ensino da Física na escola nos remete à reflexão de sua função no currículo da Educação Básica, buscando também analisar o porquê da resistência dos alunos com a disciplina, como sinalizam estudos anteriores de Menegotto e Rocha Filho (2008) e Quadrado (2009), e assim pensarmos em como avançar com seu aprendizado.

Lanes *et al.* (2014) pontua que é preciso buscar metodologias que potencializem a aprendizagem e promovam a formação social com a consolidação dos processos de alfabetização científica.

Nesse sentido, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) tomam como desafio construir uma escola mais atraente ao jovem atual, em uma base de formação integral humana, que tenha a pesquisa como ponto de chegada e partida, para a construção da prática pedagógica, sendo esta aliada a dimensões do trabalho, ciência, tecnologia e cultura (BRASIL, 2012).

Ainda, as DCNEM tomam como pressupostos para a área das Ciências da Natureza o planejamento interdisciplinar e contextualizado de forma a inter-relacionar conceitos comuns das disciplinas que compõem a área, bem como associar os conteúdos a temas do cotidiano dos educandos. Nessa intenção ainda de trazer uma compreensão mais integrada do conhecimento científico aos alunos, o documento propõe um tratamento transversal e integrado ao currículo de diversas temáticas, como a educação ambiental (BRASIL, 2012).

É importante registrar que no Brasil as temáticas transversais surgem com os Parâmetros Curriculares Nacionais — PCN (1997) que apontam a necessidade de se estruturar o currículo por áreas de conhecimento, integradas entre si, nas quais as questões sociais relevantes como ética, saúde, meio ambiente, orientação sexual e pluralidade cultural são incorporadas às disciplinas de forma transversal. A seguir, o parecer CEB/CNE n.º 04/98 institui as Diretrizes

Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental, fundamentadas em princípios éticos, científicos, políticos e estéticos, propondo a articulação das áreas de conhecimento a diversos aspectos da vida cidadã, **como ciência e tecnologia, meio ambiente**, trabalho, sexualidade, entre outros (grifo nosso).

Nesse mesmo passo, a Lei n.º 9795/99 dispôs sobre Educação Ambiental (EA) instituindo a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), entendendo-se:

[...] por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (LEI FEDERAL n.º 9795/1999).

A referida Lei Federal em questão propõe também que a educação ambiental seja “[...] um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal”, não devendo ser implantada na escola como disciplina específica no currículo de ensino, mas desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente (LEI FEDERAL n.º 9795/1999).

Nessa mesma direção, a Resolução CNE n.º 02/2012 instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental (DCNEA) que delimitaram, em concordância com a Lei n.º 9795/1999, princípios, objetivos e diretrizes para a organização curricular escolar da EA em todos os níveis de ensino. Segundo essa proposta, a inserção dos conhecimentos da Educação Ambiental na Educação Básica e em Nível Superior pode ocorrer das seguintes formas: I. pela transversalidade, mediante temas relacionados com o meio ambiente e a sustentabilidade socioambiental; II. como conteúdo dos componentes já constantes do currículo; III. pela combinação de transversalidade e de tratamento nos componentes curriculares.

Nesse sentido, a temática educação ambiental nos chama atenção, não apenas por se tratar de um assunto apresentado na legislação educacional de currículos para educação básica, como também, ser enfatizada a importância de seu

desenvolvimento nas escolas, em outros preceitos legais, como no marco legal estadual sob a égide da Lei Estadual nº 9.265/2009, que reitera que a Educação Ambiental (EA) deve estar presente em todos os níveis e modalidades de ensino e que é vedada que a EA seja desenvolvida sob a forma disciplinar, ou seja, a mesma deve ser trabalhada como tema transversal por todos os componentes curriculares com diversos tipos de abordagens, com foco na contextualização e na interdisciplinaridade (ESPÍRITO SANTO, 2009).

Cabe ressaltar que apesar de a Lei nº 9.795/1999 ter estabelecido a promoção da Educação Ambiental em todos os níveis e modalidades de ensino, ampliando a dimensão ambiental das ciências naturais a todas disciplinas, ainda se verifica a dificuldade de se abordar tal temática no âmbito escolar, sinalizando a necessidade de pesquisas que proponham diretrizes para se trabalhar as temáticas transversais no âmbito escolar, como aquelas propostas por LANES *et al.* (2014), LOBINO (2004, 2015), bem como a necessidade de formação continuada do corpo docente (MIGUEL, 2016).

Da mesma forma, ainda se nota uma deficiência na formação inicial de professores nas universidades apesar de currículos de ensino de ciências com o enfoque CTS/CTSA vir sendo desenvolvidos no mundo inteiro desde os anos de 1960, e pesquisadores afirmarem a sua importância para a formação dos professores de Ciências, preparando-os para as grandes mudanças do mundo contemporâneo.

Diante do exposto, compreendemos que para abordarmos nas escolas de Ensino Médio temas socioambientais de forma inter e transdisciplinar numa perspectiva CTS/CTSA necessitamos de formação específica inicial nas Licenciaturas, bem como formação continuada em serviço. Além disso, é necessário assegurar mais planejamentos integrados com todas as áreas de conhecimento, a fim de romper com a fragmentação do conhecimento científico que ocorre desde o sexto ano do Ensino Fundamental, atendendo aos princípios e objetivos da Educação Ambiental previstos nas DCNEA (2012) que propõem que a EA ocorra em uma “[...] abordagem curricular **integrada e transversal**,

contínua e permanente em todas as áreas de conhecimento, componentes curriculares e atividades escolares e acadêmicas (RESOLUÇÃO CNE n.º 02/2012, grifo nosso)”.

De fato, no contexto escolar, geralmente, as atividades que têm como objetivo desenvolver a interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, acabam sendo uma sobreposição de disciplinas na qual cada uma tem a função de orientar o desenvolvimento de uma fase específica da abordagem do tema do projeto escolar.

Nesse sentido, compreendemos que um desafio que se apresentava era pensarmos em possibilidades didático-pedagógicas ao ensino de Física que buscasse dar visibilidade à relação educação ambiental e conceitos físicos, não apenas pelo que o documento prescrito sinaliza a fazer, mas, como nos ensina Freire (1996), partir da leitura de mundo dos alunos de Ensino Médio sobre seus anseios acerca de temas relacionados às Ciências, e com isso, fomentar a produção de aprendizagens que perpassasse pela via da linguagem presente no cotidiano atual da cultura juvenil (CARRANO, 2000).

Observamos que diferentes temas sobre meio ambiente fazem parte do atual cotidiano da sociedade capixaba, como: crimes contra o Rio Doce como o rompimento da barragem de rejeitos em Mariana em 2015; mudanças climáticas provocando extremos climáticos no Estado e períodos de secas intensas gerando racionamento de água como o ocorrido em 2016; emissões diárias de pó preto no ar da Região Metropolitana da Grande Vitória pelas companhias Vale e Arcelor Mittal e outros relacionados a questões socioambientais.

Nesse sentido, a Abordagem Temática constitui-se como possibilidade de metodologia de ensino que busca relacionar aspectos cotidianos da realidade vivida pelos educandos a elementos conceituais, numa perspectiva problematizadora, visando desenvolver nos mesmos a criticidade e o exercício da curiosidade para que possam intervir na sociedade atual (DELIZOICOV, 2001; CARVALHO; ZANETIC, 2004). A abordagem por meio de temas

representa uma lógica distinta daquela contida na abordagem conceitual, de forma linear e fragmentada, que historicamente tem balizado a organização de currículos e programas de ensino (MUENCHEN; DELIZOICOV, 2014).

Dessa forma, despertamos o interesse em produzir uma iniciativa de pesquisa que aliasse o meio ambiente como tema transversal ao currículo e a abordagem temática como forma de ressignificação do currículo de Física numa perspectiva problematizadora e dialógica, na qual se pretende que os conceitos sejam integrados às problemáticas da vida real dos educandos como ponto de partida para o Ensino de Física.

OBJETIVOS



- ✓ Promover e a realizar práticas pedagógicas no ensino de Física articulando-as às questões socioambientais na perspectiva CTS/CTSA a partir de uma abordagem temática de currículo no Ensino Médio.
- ✓ Analisar possibilidades didático-pedagógicas no Ensino de Física no Ensino Médio, a partir da abordagem temática, utilizando-se a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1992);
- ✓ Descrever como o planejamento por abordagem temática, com ênfase inter e transdisciplinar, aliado ao enfoque CTS/CTSA, pode contribuir para a apropriação de conceitos físicos pelos educandos e na promoção de uma visão mais integrada do conhecimento científico;
- ✓ Verificar se houve indícios de alfabetização científica junto aos alunos a partir da percepção dos conceitos físicos na relação com a temática; socioambiental;

PÚBLICO ALVO



O produto é proposto ao processo educativo de alunos do Ensino Médio, podendo ser utilizado com as devidas adaptações no Ensino de Ciências do Ensino Fundamental. Em nossa pesquisa, desenvolvemos a intervenção pedagógica com alunos do 2.º ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública estadual do município de Serra (ES).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA



I. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA: PERSPECTIVAS PARA UMA FORMAÇÃO CIDADÃ

O termo alfabetização científica deriva do termo *scientific literacy*, utilizado pela primeira vez em 1958 pelo estudioso do currículo das Ciências Paul Hurd. É também conhecido como letramento científico o qual anuncia a formação do indivíduo na apropriação de conhecimentos científicos suficientes para que esta pessoa possa interpretar os fenômenos e enfrentar os problemas de sua própria realidade.

A expressão “encultramento científico” também é utilizado no Brasil para designar um processo de alfabetização científica que vise a inserção dos alunos na cultura científica, uma nova cultura com a qual os mesmos possam interagir lhes permitindo uma outra forma de ver o mundo, objetivando uma formação cidadã que lhes propicie o domínio e o uso dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos nas diversas esferas de sua vida (SASSERON, 2010, p.14).

No entanto, observa-se que na essência das discussões de quem usa uma ou outra expressão “[...]” estão as mesmas preocupações com o ensino de Ciências e motivos que guiam o planejamento deste ensino para a construção de

benefícios práticos para as pessoas, a sociedade e o meio ambiente (SASSERON, 2010, p.14)”.

Estabelecendo um paralelo entre a alfabetização científica e o processo de letramento, dialogamos com Freire (1987) a noção de que alfabetizar é permitir ao indivíduo estabelecer conexões entre o mundo e a palavra escrita; dessa forma, fomentam-se as construções de conexões entre o conhecimento científico e a realidade vivida. Nesse processo, é necessária a promoção de uma prática pedagógica dialógica e problematizadora que supere a noção de educação como prática bancária, em que os educadores se consideram detentores do conhecimento, depositando o mesmo nos educandos passivos.

Compreendemos que alfabetização científica deve caminhar na direção de que:

Saber que ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou criação [...] na qual o educador deve estar aberto a indagações, às curiosidades, às perguntas dos alunos, a suas inibições (FREIRE, 1996, p.52).

Dessa forma a noção dos lugares que professor e aluno ocupam superam a contradição entre educador e educando, transformando-os em “educador-educando” e “educando-educador”, onde “[...] o educador já não é o que apenas educa, mas o que, enquanto educa é educado, em diálogo com o educando que, ao ser educado, também educa (FREIRE, 1987, p. 68)”.

Uma concepção de ensino de Ciências que vise uma “alfabetização científica” encontra seu amparo então em Freire (1980) na medida em que se compreende que:

[...] a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes [...] Implica uma autoformação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto (FREIRE, 1983, p. 111)

Logo, uma educação em Ciências que aspire à alfabetização científica deve permitir aos educandos compreenderem os conhecimentos científicos e suas tecnologias a fim de potencializar sua cidadania para atuarem no mundo contemporâneo que depende cada vez mais desses conhecimentos

historicamente construídos, apontando que esta mesma sociedade deva saber ainda mais sobre Ciências e seus empreendimentos. Nesse sentido, parece válido considerar a ciência como uma parte da cultura do nosso tempo (SERRES, 1991).

Para Chassot (2003) a ciência pode ser entendida como uma “linguagem construída pelos homens e pelas mulheres para explicar o nosso mundo natural” ou como “um conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo em que vivem (CHASSOT, 2000, p.19)”. Assim, “[...] ser alfabetizado cientificamente é saber ler a linguagem em que está escrita a natureza”. Portanto, propiciar o entendimento ou a leitura dessa linguagem é fazer alfabetização científica (CHASSOT, 2003).

Chassot (2003) também pontua que “[...] é um analfabeto científico aquele incapaz de uma leitura do Universo”. Dessa forma, compreender a ciência enquanto linguagem e “[...] sabê-la como descrição do mundo natural ajuda a entender a nós mesmos e o ambiente que nos cerca (CHASSOT, 2003)”.

O entendimento da ciência também nos permite contribuir para o controle e a previsão das transformações que ocorrem na natureza. Assim, temos condições de fazer com que as mesmas “[...] sejam propostas para que conduzam a uma melhor qualidade de vida (CHASSOT, 2003)”. Seria, portanto desejável que os alfabetizados cientificamente tivessem facilitada tanto sua leitura de mundo quanto entendessem a necessidade de transformá-lo em algo melhor.

Nesse sentido, o alfabetizado cientificamente precisa compreender que os problemas ambientais, sejam eles urbanos ou não, são produtos da interferência do homem na natureza, transformando-a conforme seus interesses e explorando os seus recursos em busca de maximização dos lucros sem se preocupar com as consequências. Portanto, a alfabetização científica pode possibilitar o desenvolvimento de uma cidadania socioambiental comprometida com a intervenção e transformação da realidade na construção da utopia possível da sustentabilidade da vida local-planetária (FREIRE, 2004; DICKMANN, 2010).

As ideias discutidas até aqui evidenciam que os pressupostos da alfabetização científica apontam para a necessidade de possibilitarmos aos educandos:

[...] a promoção de oportunidades para o desenvolvimento de conceitos e teorias científicas; o desenvolvimento de habilidades de investigação e a percepção de que Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente são esferas cujas relações são fortes e estreitas (SASSERON; MACHADO, 2017).

Diferentes autores listam uma série de habilidades entendidas como necessárias aos alfabetizados cientificamente. Sasseron (2008) e Sasseron e Carvalho (2008), em revisão de literatura de trabalhos voltados à alfabetização científica, apontam a existência de convergências entre as diferentes classificações que possibilitam agrupá-las em três blocos que englobam as habilidades listadas pelos diversos autores. A esses grupos as autoras deram o nome de “Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica” que fornecem bases suficientes para a elaboração e o planejamento das aulas de Ciências voltadas à promoção de uma Educação Científica.

O primeiro eixo estruturante refere-se à **compreensão de termos, conceitos e conhecimentos científicos fundamentais** e constitui-se no trabalho de construção de conhecimentos científicos (conceito, leis e teorias) com os estudantes para que possam aplicá-los e reconhecê-los em diversas situações cotidianas.

Já o segundo eixo está ligado à **compreensão da natureza das Ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática**. Carvalho e Sasseron (2011) pontuam que a investigação é uma prática adotada pelos cientistas para compreender os fenômenos naturais. Nesse sentido o educador deve possibilitar aos alunos à percepção e o exame dos fenômenos da natureza na busca de explicações, levando-os à construção de suas próprias hipóteses, organizando-as em torno da construção do conhecimento científico em práticas investigativas. Ainda, a fim de promover uma enculturação científica dos educandos, o professor pode propor atividades nas quais o aluno possa estudar a ciência como construção histórica para interpretar a natureza, onde o mesmo possa

acompanhar acontecimentos em torno da produção daquele conhecimento científico.

Por fim, o terceiro eixo estruturante compreende **o entendimento das relações existentes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente**. Em função do entrelaçamento dessas esferas, esse eixo denota a necessidade “[...] de se compreender as aplicações dos saberes construídos pelas Ciências, considerando as ações que podem ser desencadeadas pela sua utilização (SASSERON, 2011, p.18)”. Em outras palavras, trata-se de considerar que a solução imediata de uma situação em uma dessas áreas, como a ampliação da matriz energética de uma localidade, pode desencadear futuramente o aparecimento de outra associada, como um desequilíbrio ambiental decorrente de um rompimento de uma barragem, constituindo-se em um problema socioambiental. O trabalho com esse eixo pode ser garantido quando se pretende ensinar:

[...] um futuro sustentável para a sociedade e para o planeta, e sua consecução se liga às pontes construídas pelo professor para que os temas científicos sejam analisados de maneira global, fora do microcosmo que a sala de aula constitui (SASSERON; MACHADO, 2011, p.23).

Lobino (2015) destaca que “[...] a educação em Ciências sempre esteve vinculada ao desenvolvimento científico e tecnológico de um país”. Nesse contexto, países com tradição científica como Inglaterra, Itália, França e Alemanha, desde o Século XVIII, estabeleceram políticas nacionais, voltadas para a educação científica desde a escola elementar até o ensino superior (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990).

Lobino (2002) ainda pontua que para que a alfabetização científica seja promovida sobre bases sustentáveis há uma necessidade de se reorientar o ensino de Ciências em toda extensão da Educação Básica, buscando organizar o trabalho da área de Ciências da Natureza em torno de uma metodologia interdisciplinar articulando conceitos da Física, Biologia e Química. Nota-se que o conhecimento dessa área ainda é trabalhado, na escola atual, de forma

fragmentada, contrariando o que é defendido por Lefébrve (1987) que afirma que o conhecimento científico é também histórico, prático e social.

No tópico a seguir, analisaremos os principais pressupostos do movimento CTS/CTSA que utilizamos nessa pesquisa, enquanto um enfoque possível para se alcançar uma alfabetização científica em diálogo com uma educação ambiental crítica no Ensino de Ciências.

II. Ensino de Ciências sob o enfoque CTS/CTSA

Apesar do otimismo proclamado pelo promissor modelo linear, o mundo tem sido testemunha, desde do final da década de 1950, de uma série de desastres relacionados à ciência e à tecnologia, como acidentes nucleares e envenenamentos farmacêuticos, dentre outros. Nesse contexto, no início dos anos 60, surge o movimento CTS — Ciência, Tecnologia e Sociedade — momento no qual a comunidade acadêmica e a sociedade civil de vários países começavam a questionar os limites da produção científico-tecnológica. Se por um lado alguns progressos da ciência e da tecnologia proporcionavam bem-estar social e desenvolvimento econômico, por outro, os mesmos ocorriam à custa de prejuízos causados à sociedade e ao ambiente (BAZZO *et al.*, 2003).

No âmbito educacional, os currículos com abordagem CTS apresentam como objetivo central preparar os alunos para o exercício da cidadania e caracterizam-se por uma abordagem dos conteúdos científicos no seu contexto social (SANTOS, MORTIMER, 2002).

Nesse sentido, uma educação científica com enfoque em CTS/CTSA visa:

[...] motivar os estudantes na busca de informação relevante e importante sobre as ciências e as tecnologias da vida moderna, com a perspectiva de que possam analisá-la e avaliá-la, refletir sobre essa informação, definir os valores implicados nela e tomar decisões a respeito, reconhecendo que sua própria decisão final está inerentemente baseada em valores (CUTCLIFFE, 1990).

Nessa direção, a educação em CTS pode ser considerada, como uma integração entre educação científica, tecnológica e social, onde os conteúdos científicos e

tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos (LOPES; CERESO, 1996).

É importante ressaltar que a Educação CTS não é uma metodologia de ensino, mas uma perspectiva de ensino de Ciências, uma abordagem ou um enfoque cuja concepção emergiu dos movimentos sociais desde a década de 1960. Trata-se, portanto de um processo educativo orientado pelos ideais desse movimento social no campo educacional (SANTOS, 2002).

Nessa perspectiva pedagógica, os educandos são estimulados a pensar, a pesquisar, a participar no processo dialógico de construção do conhecimento mediado pelo educador com vistas a desenvolver um senso crítico nos mesmos. Para tanto, é necessário reconhecer que o conhecimento científico é histórico e social como indica Lefébrve (1987). Por outro lado, cabe ao educador promover estratégias diversificadas de ensino problematizando os conteúdos e temas, contextualizando-os com a realidade vivida do educando.

Faz-se necessário também considerar a leitura de mundo dos alunos, dar voz aos mesmos, estimular a criticidade, evitando assim um ensino de Ciências abstrato, descontextualizado, enciclopédico, ou seja, baseado na concepção bancária (FREIRE, 1987). Tal concepção de educação tem como propósito, intencional ou não, a formação de indivíduos acomodados, não questionadores e que se submetem à estrutura de poder vigente. Nessa direção, Freire (1987) pontua que:

A ação educativa e política não pode prescindir do conhecimento crítico dessa situação, sob pena de se fazer “bancária” ou de pregar no deserto. Por isso mesmo é que muitas vezes educadores e políticos falam e não são entendidos. Sua linguagem não sintoniza com a situação concreta dos homens a quem falam. E sua fala é um discurso a mais, alienado e alienante (FREIRE, 1987, p. 87).

Espera-se que, a partir desse processo de alfabetização científica, o aluno seja capaz de se posicionar, argumentar, fundamentado teoricamente em questões sociocientíficas.

Na condução do processo educativo é possível utilizar diversas estratégias para o ensino em CTS como:

[...] palestras, demonstrações, sessões de discussão, solução de problemas, jogos de simulação e desempenho de papéis, fóruns e debates, projetos individuais e de grupo, redação de cartas a autoridades, pesquisa de campo e ação comunitária (HOFSTEIN; AIKENHEAD; RIQUARTS, 1988).

Santos e Schnetzler (2010) também apontam outras possibilidades didáticas que podem ser utilizadas na abordagem CTS, tais como:

[...] visitas a indústrias e museus, estudo de caso envolvendo problemas reais da sociedade, utilização de entrevistas, relatório de dados, análise de dados de computador e a utilização de materiais audiovisuais, como slides, filmes, kits, jogos e videoteipes (SANTOS; SCHNETZLER, 2010).

Cabe aqui ressaltar que a atual juventude interage crescentemente com as tecnologias e, assim, se produz, orienta seu comportamento e conduz a própria existência. As tecnologias digitais são, pois, um importante elemento constitutivo da cultura juvenil. Símbolos compartilhados no ciberespaço (LÉVY, 1999) geram significados e referenciam as atitudes e posturas das pessoas tanto quanto sinais e gestos do encontro físico. Por isso, se diz que os jovens de hoje são nativos digitais, uma geração nascida na era da internet (PRENSKY, 2001).

Para Kenski (2003), novas formas de aprendizagem surgiram por meio da interação, comunicação e do acesso à informação propiciadas pelas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC). Nesse sentido, a escola e seus educadores têm o desafio de, partindo dos elementos da cultura jovem como videogames, smartphones, redes sociais; extrair desse universo, elementos que sirvam de ponto de partida para a mediação pedagógica e a construção de aprendizagens. Nesse processo educativo, devemos ampliar nossa concepção de educação científica para um processo de alfabetização tecnológica e científica.

As contribuições de Paulo Freire nos ajudam a compreender aspectos relativos à discussão dos temas a serem priorizados no currículo. Freire (1987) discute que a conscientização do indivíduo ocorre por meio do diálogo com suas condições de existência, o qual se traduz, numa proposta de educação libertadora, por meio do uso de “temas geradores”. Os temas organizam o conteúdo programático e têm sua origem na situação presente, existencial,

concreta dos educandos e refletem as suas aspirações. Acerca disso, Freire (1987) esclarece que:

É na realidade mediatizadora, na consciência que dela tenhamos, educadores e povo, que iremos buscar o conteúdo programático da educação. O momento deste buscar é o que inaugura o diálogo da educação como prática da liberdade. É o momento em que se realiza a investigação do que chamamos de *universo temático* do povo ou o conjunto de seus *temas geradores* (FREIRE, 1987, p. 87).

O tema se origina, portanto, nas relações dos homens com o mundo. Sendo assim, a orientação do autor é que se parta de situações locais para a análise de problemas nacionais e regionais (FREIRE, 1996). Nesse sentido, a estruturação dos currículos de CTS deve ser feita por meio de temas que se iniciem em problemas locais e se articulem posteriormente à dimensão global (SANTOS; MORTIMER, 2002). Esses temas lidam com problemas verdadeiros em seu contexto real e buscam expor as potencialidades e limitações da ciência e tecnologia no que diz respeito ao bem comum.

Ao contrário do ensino tradicional de Ciências, baseado em uma organização linear conceitual, o ensino CTS/CTSA se organiza por meio da abordagem temática, ou seja, a partir de temas de relevância social cuja abordagem busca as interações entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente (SANTOS; SCHNETZLER, 2010). Segundo Aikenhead (2009), devemos partir dos temas sociais para os conceitos científicos e desses retornar ao tema. Dessa forma, a abordagem CTS/CTSA no ensino possui uma ênfase prática para se chegar à teoria, ao contrário do ensino clássico que enfatiza a teoria para se chegar à prática. (TRAZZI; GARCIA; SILVA, 2012).

Santos e Schnetzler (2010), pontuam que na literatura há uma variedade de listas de temas e destaca a lista da Conferência Internacional sobre “Ciência e educação tecnológica e as futuras necessidades humanas (1985)” e a lista criada por Bybee (1987) extraídos de uma relação de temas sociais de quatro estudos realizados a partir da consulta de alunos, professores, grupos internacionais de educadores em ciência, cientistas e engenheiros, relacionadas no quadro 1.

Quadro 1 — Lista de temas CTS apresentados por Santos e Schnetzler (2010)

Lista da Conferência Internacional sobre “Ciência e Educação Tecnológica e as Futuras Necessidades Humanas” (1985)	Lista criada por Bybee (1987)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Saúde 2. Alimentação e agricultura 3. Recursos energéticos 4. Terra, água e recursos minerais 5. Indústria e tecnologia 6. Ambiente 7. Transferência de informação e tecnologia 8. Ética e responsabilidade social 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Saúde humana e doença 2. Fome mundial e fonte de alimentos 3. Falta de energia 4. Recursos hídricos 5. Crescimento populacional 6. Animais e plantas em extinção 7. Guerra tecnológica 8. Reatores nucleares 9. Substâncias perigosas 10. Uso da terra 11. Qualidade do ar e atmosfera 12. Recursos minerais

Fonte: Santos e Schnetzler (2010)

Vários desses temas fazem parte atualmente dos currículos de Geografia. Todavia, dado ao forte componente científico e tecnológico deles, é importante que sejam explorados também na área de Ciências e suas Tecnologias, de preferência numa abordagem interdisciplinar com a Geografia e outras disciplinas (SANTOS; MORTIMER, 2002). Ao partir de temas sociais, necessariamente serão envolvidos conhecimentos relacionados às ciências naturais e às ciências sociais (SANTOS; SCHNETZLER; 2010).

Por fim, compreendemos que o ensino de Ciências com enfoque CTS/CTSA, na relação com os pressupostos da pedagogia emancipatória e transformadora de Paulo Freire, ao propor a reflexão sobre temas sociocientíficos possa contribuir para alfabetizar cientificamente os educandos e para desenvolver uma consciência socioambiental nesses sujeitos. Nessa direção, sinalizamos que para se estruturar o currículo e o planejamento das aulas de Ciências por meio de temas é fundamental que utilizemos a abordagem temática que será apresentada no tópico a seguir.

METODOLOGIA DE ENSINO



A metodologia de ensino da intervenção didática seguiu a proposta dos três momentos pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1992) que consiste numa abordagem de temas baseada na perspectiva freiriana no Ensino de Ciências.

Freire (1987) propõe um ensino baseado na abordagem temática, que é uma perspectiva curricular que propõe que a estruturação das atividades educativas seja feita por meio de temas, a partir dos quais são selecionados os conteúdos de ensino das disciplinas. Nesse tipo de abordagem, a conceituação científica da programação é subordinada ao tema. Esta forma de estruturar o currículo escolar “[...] rompe com o tradicional paradigma curricular cujo princípio estruturante é a conceituação científica, ou seja, um currículo concebido com base numa abordagem conceitual (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p.189)”. Nessa lógica de organização curricular, os conteúdos de ensino são selecionados a partir dos conceitos científicos.

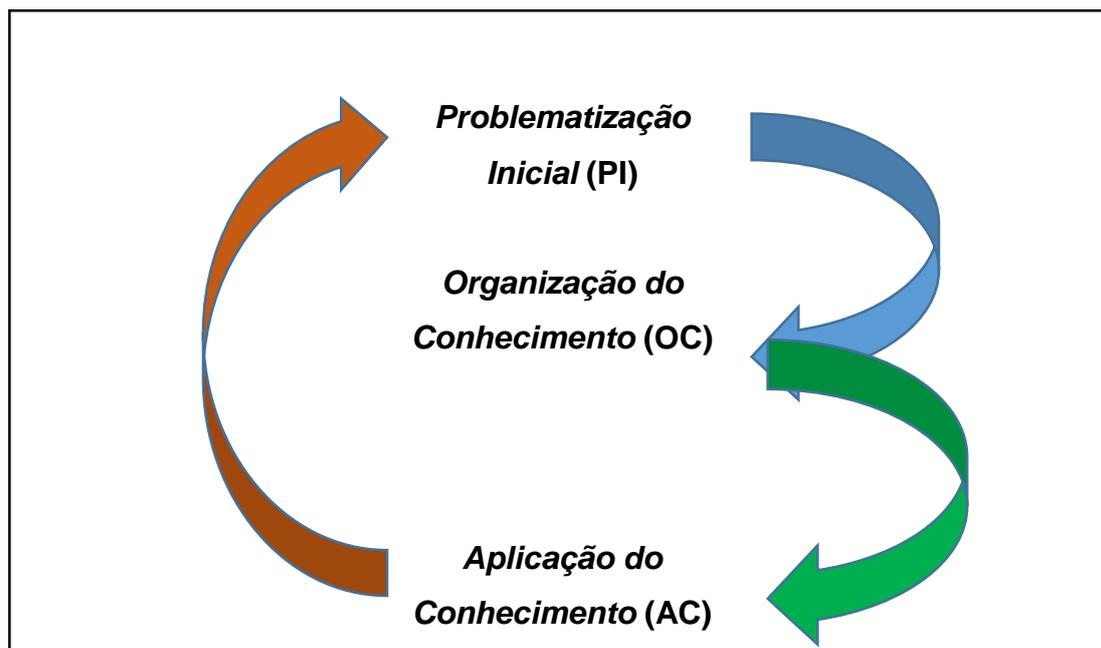
A metodologia Momentos Pedagógicos (MP) configura-se como uma proposta de planejamento dialógico da abordagem temática, sendo organizados da seguinte forma:

1.º Momento Pedagógico - Problematização inicial: caracteriza-se pela exposição de situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que, ao mesmo tempo, estão envolvidas com os temas a serem discutidos, desafiando os mesmos a exporem suas compreensões acerca do tema em questão e que desperte neles a necessidade de sua resolução a partir da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detêm. O papel do professor é problematizar os conhecimentos expostos pelos alunos com base em poucas questões propostas relativas ao tema e às situações significativas, discutidas em pequenos grupos para, em seguida serem socializadas com toda a classe;

2.º Momento Pedagógico - Organização do Conhecimento: nesta etapa ocorre a organização dos conhecimentos científicos abordados para a compreensão dos temas, ou seja, a situação inicial deve ser estudada de forma sintetizada, elencando a necessidade dos conceitos científicos para a solução da problemática apresentada na primeira etapa;

3.º Momento Pedagógico - Aplicação do Conhecimento: essa etapa constitui-se na retomada das perguntas iniciais realizadas na problematização inicial, bem como empregar o conhecimento ao qual o estudante vem se apropriando para analisar e interpretar as situações propostas na problematização inicial e outras que possam ser explicadas e compreendidas pelo mesmo corpo de conhecimentos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2001).

Figura 1. Dinâmica dos três momentos pedagógicos



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

No processo ainda de elaboração do programa e do planejamento é necessário um trabalho conjunto dos educadores na articulação entre temas e conceitos unificadores. Tais conceitos são complementares aos temas. No caso específico das Ciências Naturais, o uso de conceitos unificadores:

[...] que contém a estrutura epistêmica do conhecimento científico, articulado às questões geradoras, permite a realização de análises e sínteses, com as quais se estrutura a programação escolar e se identificam definições, conceitos, modelos e teorias que comporão, também o rol de conteúdos programáticos escolares. Inicia-se, então a redução temática, cuja meta é a elaboração do programa de ensino (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p. 288).

Além de unificadores tais conceitos são supradisciplinares ou transdisciplinares por permear os escopos da Física, da Química, da Biologia, etc. Sua função é também reduzir a fragmentação dos conteúdos e permitir uma melhor ligação entre as partes e o todo, nesse sentido “[...] vão na direção das totalidades, das estruturações do conhecimento articuladas e dinâmicas, contra as fragmentações exageradas que a nada levam além de nomenclaturas, fórmulas e memorizações (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011)”. Na Física, por exemplo, essa ligação pode ser vista em dois aspectos:

“[...] o primeiro de natureza didática, ou seja, unidades de ensino (partes) e o programa (todo). O segundo de natureza epistemológica, ou seja, partes (Mecânica, Óptica, Eletricidade...) de um conhecimento estruturado, que é a Física (todo) (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1992, p. 22)”.

Delizoicov e Angotti (1992) e Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011) apresentam quatro conceitos unificadores que, caracterizados em seus aspectos mais amplos, evidenciam sua potencialidade:

- **Processos de transformação** que a matéria viva e/ou não viva apresentam no espaço e no tempo;
- **Ciclos e regularidades** da matéria em transformação no espaço e no tempo, no mundo natural e nas intervenções humanas. Categorizam e agrupam as transformações mediante regras, semelhanças, ciclos abertos ou fechados, repetições e/ou conservações;
- **Energia** entendida como “agente de transformações”, algo que permite a diferença das coisas no espaço, entre o “antes e o depois”. Este conceito, que incorpora os dois anteriores, aliado ao seu princípio de conservação é suficientemente vasto para englobar os dois anteriores. Ele inclui a participação da radiação nas transformações, se encararmos a matéria em sua conceituação clássica. A energia transforma-se, espacial e

temporalmente, na dinâmica mutável dos objetos, fenômenos e sistemas, conserva-se na totalização das distintas formas e degrada-se porque uma de suas formas – o calor – é menos elástica e reversível das que as outras. A grandeza energia é uma ponte segura que conecta os conhecimentos específicos de Ciência e tecnologia, bem como a outras esferas do conhecimento.

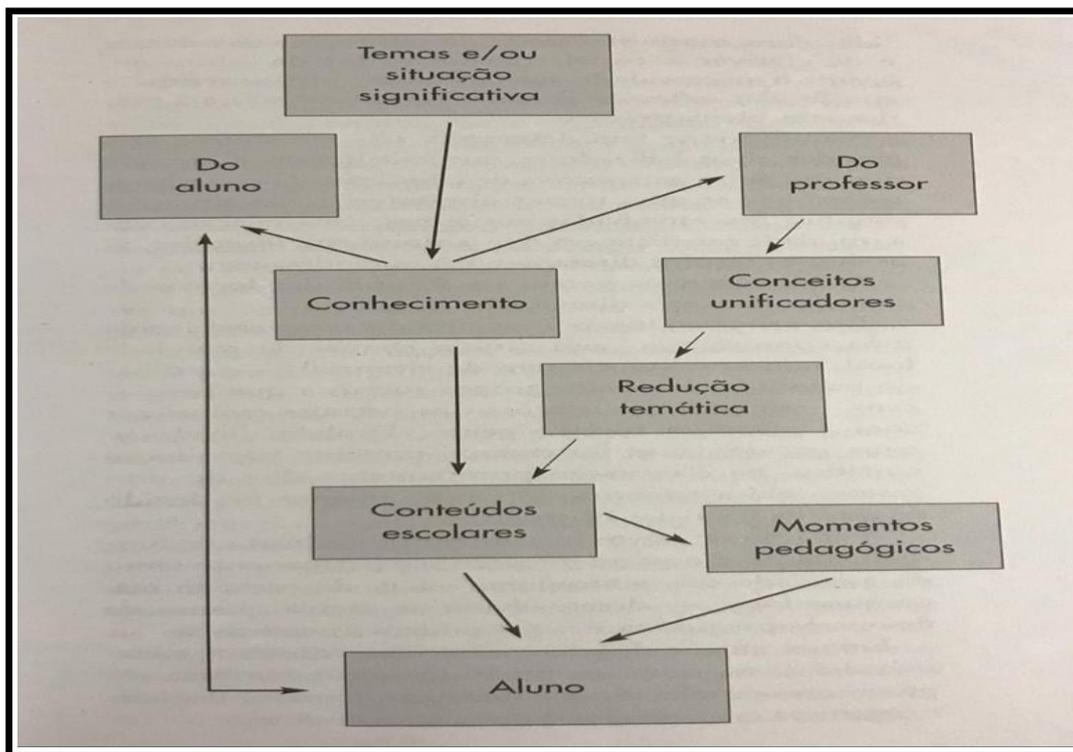
- **Escalas** entendidas como ordens de grandeza que possibilitam o tratamento de eventos de dimensão e duração no cotidiano e sua extrapolação para o micro e macroscópico e para o instantâneo e o remoto. O tratamento sistemático das escalas de comprimento, tempo, massa, energia, etc. auxilia a compreensão dos modelos e teorias da Física, bem como permite constatar as suas limitações e consequentes domínios de validade.

Os autores ainda pontuam que “[...] a tarefa de articulação entre temas e conceitos unificadores, visando à elaboração do programa e do planejamento, constitui um trabalho de equipe (p. 287)”. Nesse processo de produção articulada da programação, numa perspectiva de uma abordagem temática e conceitual unificadora, deve-se levar em conta os conhecimentos de que os educandos dispõem para interpretar os temas ou as situações significativas a eles relacionados.

Por outro lado, a equipe de professores precisam interpretar o tema e/ou situação significativa, a partir de seus conhecimentos específicos. Nesse processo de compreensão dos problemas, questões geradoras (PERNAMBUCO, 1993) convenientemente formuladas, auxiliam os educadores a identificar os conhecimentos de que os educandos precisam se apropriar para compreender os fenômenos, temas ou situações da perspectiva do conhecimento científico.

O esquema a seguir sintetiza o processo de redução temática para se estruturar o conteúdo programático a partir de temas e/ou situações significativas utilizando-se como metodologia de ensino os momentos pedagógicos.

Figura 2 — Processo de redução temática



Fonte: Delizoicov; Angotti; Pernambuco (2011, p. 291).

Delizoicov e Angotti (1992) refletem sobre os desafios se trabalhar por abordagem temática nos aspectos da extensão e da profundidade do conhecimento na Física do Ensino Médio. Sinalizam que deve haver a garantia da extensão, facilitando a apreensão do conhecimento, tomando-se o cuidado para que este não seja superficializado ou banalizado, implicando um mínimo de profundidade.

Nesse sentido, os autores levantam questionamentos do tipo: 1) A veiculação do conhecimento em sua extensão implica o conhecimento enciclopédico e de caráter apenas de divulgação científica? 2) A veiculação do conhecimento em profundidade significa apenas conhecer tópicos de Cinemática, Termometria, Óptica Geométrica ou qualquer outro?

Os autores apontam a necessidade de buscar continuamente, em nossa prática profissional, situações de equilíbrio entre os dois aspectos acima apontados. Além disso, observarmos os condicionantes do cotidiano do trabalho docente, como o número de horas semanais, para o desenvolvimento de um programa

por abordagem temática, levando à exclusão de tópicos igualmente importantes aos desenvolvidos no currículo por abordagem conceitual, comprometendo a extensão. Todavia, Delizoicov e Angotti (1992) insistem na visão de conjunto gerada pelo tema central, que proporcionam a integração curricular, permitindo aos educadores a opção pelo aprofundamento na escolha dos tópicos e unidades que constituem o programa (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1992).



A INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA: PROJETOS E ATIVIDADES

POR ONDE INICIAR?



Esse é o momento de planejamento individual e coletivo junto à equipe pedagógica de sua escola. Em nossa experiência, desenvolvida no ano letivo de 2019, construímos coletivamente o plano de ação do ano e elaboramos nossos planos de ensino. Na ocasião, partiu da professora de Física a iniciativa de propor um projeto de cunho transdisciplinar sobre a temática ambiental, às professoras de Geografia e Biologia buscando investigar pontos de contato no currículo dessas disciplinas com a Física.

Em Geografia, os conteúdos selecionados foram: poluição urbana, efeito estufa e mudanças climáticas. Já em Física a conceituação de temperatura, calor, equilíbrio térmico e os mecanismos de transmissão de calor. Essas temáticas foram agrupadas e incorporadas ao projeto pedagógico denominado “Educação Ambiental”, para alunos de segundos anos do Ensino Médio.

A elaboração e execução da intervenção pedagógica foi organizada em três fases: (a) seleção de um tema; (b) seleção dos conteúdos e elaboração dos planejamentos das aulas baseada no tema; (c) desenvolvimento das atividades em sala de aula, conforme Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011).

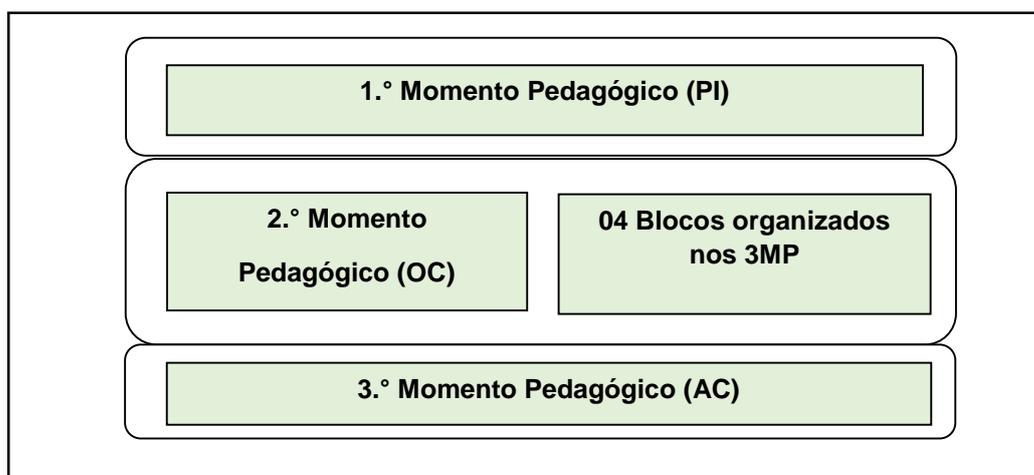
O tema escolhido “Poluição do ar da Grande Vitória e mudanças climáticas” norteou a organização dos três Momentos Pedagógicos (MP), tendo o meio ambiente como tema central e transversal ao currículo, sistematizado da seguinte maneira:

1.º Momento Pedagógico (PI): Inicialmente fizemos uma problematização das possíveis causas da poluição da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), que compreende os municípios de Vitória, Serra, Vila Velha, Cariacica, Fundão, Viana e Guarapari, buscando relacionar a poluição das indústrias, sobretudo a emissão de material particulado (sobretudo o pó preto) na atmosfera, e o aumento significativo de veículos nos últimos anos na região; ao aumento das temperaturas ambientes médias, principalmente no último verão

em que vivenciamos dias extremamente quentes, com sensação térmica chegando a atingir 51°C em fevereiro de 2019 em Vitória, conforme reportagens de jornais locais no Apêndice C.

2.º Momento Pedagógico (OC): A seguir, propusemos diversas problematizações em torno do tema, novamente estruturados nos três momentos pedagógicos, conforme figura 5:

Figura 3 — Estruturação dos Momentos Pedagógicos



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

3.º Momento Pedagógico (AP): Para aplicar o conhecimento, realizamos ao final da intervenção, um debate sobre o tema “Poluição do ar da Grande Vitória e Mudanças climáticas”, retomando questões levantadas na problematização inicial.

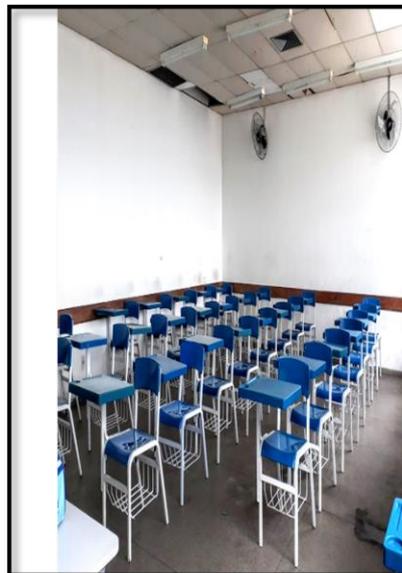
Ao se realizar a primeira etapa do processo de Investigação Temática (FREIRE, 1987), denominada de levantamento preliminar, foi constatado um problema que representava uma contradição social vivenciada pelos moradores dos municípios da Grande Vitória e do interior do Estado, incluindo a região serrana. Tal contradição estava relacionada à problemática das elevadas temperaturas do verão do ano de 2019, que provocaram sensações térmicas superiores às experimentadas nos últimos três anos, reportadas em jornais locais.

Em 2016, a região Metropolitana da Grande Vitória e vários municípios do Estado

do Espírito Santo sofreram com um período de seca que provocou racionamento de água.

A problemática vivenciada em 2019 levou os alunos a se queixarem constantemente das elevadas sensações térmicas na sala de aula tendo em vista que na escola a sala ambiente de Física se localiza no último andar do prédio que é coberto por telhas de amianto tendo o teto forrado com revestimento isolante térmico que havia despencado em alguns trechos produzindo uma irradiação térmica direta no interior da sala, conforme mostra a figura 4.

Figura 4 — Sala ambiente de Física



Fonte: A autoria própria (2019)

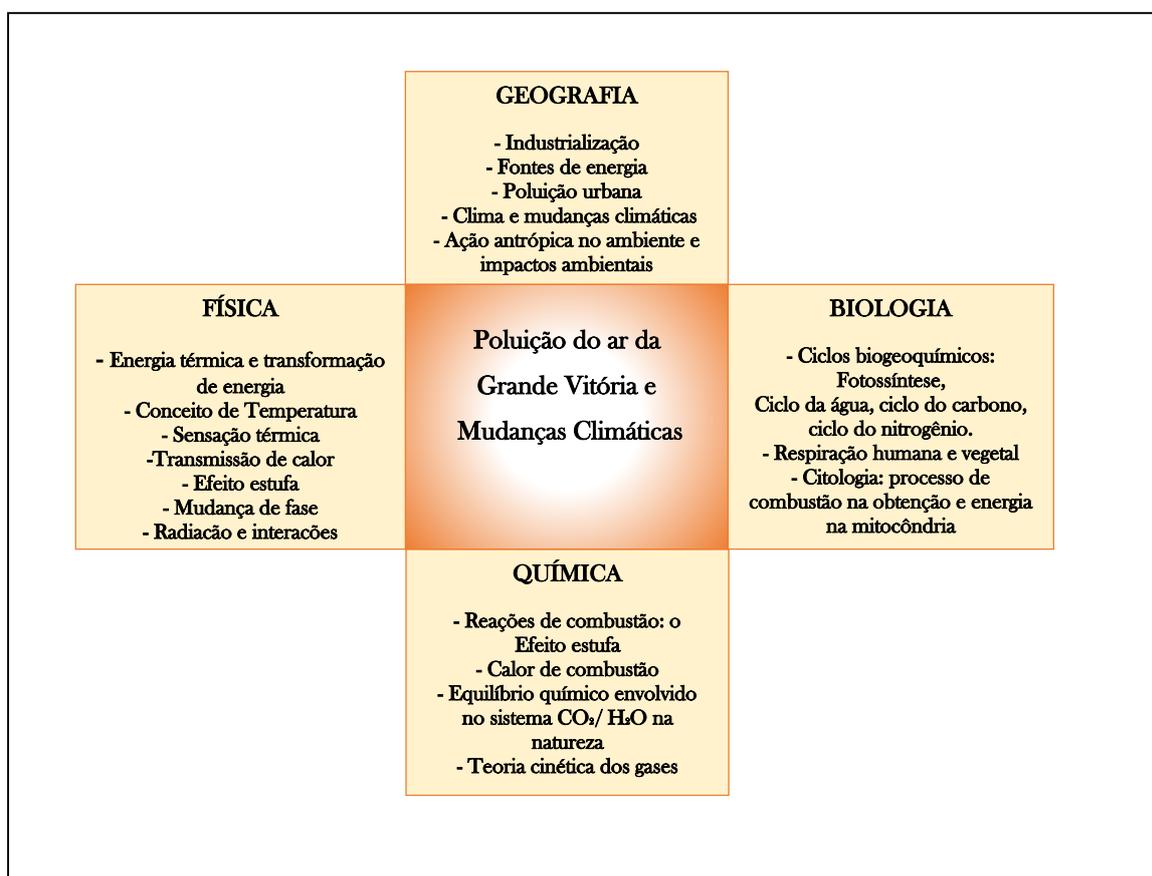
Além disso, as janelas possuem paredes duplas de vidro que inicialmente pretendiam isolar o ar frio no ambiente em função do ar condicionado central instalado pela faculdade que funcionava nesse prédio, mas que atualmente está com defeito, produzindo o efeito contrário.

A identificação da situação problema (situação limite) e a indagação das possíveis causas para a ocorrência da mesma, resultou em um tema gerador para ser trabalhado em sala de aula denominado: “poluição do ar da Grande Vitória e mudanças climáticas”.

Para implementar o tema gerador foram selecionados, durante o processo de Redução Temática (FREIRE, 1987), alguns conteúdos/conceitos relevantes de Física, Química, Biologia e Geografia, em torno do conceito unificador “combustão” identificado a partir da compreensão de que uma das causas da poluição urbana provem do uso da energia, suas transformações e degradação. A partir deste conceito-chave é possível estabelecer três eixos temáticos

estruturantes: (i) a compreensão da combustão envolvida em processos biológicos e não biológicos nos quais se identifica os conceitos de *respiração*, *fermentação* e *fotossíntese* que possibilitam uma interpretação tanto dos processos biológicos intervenientes na poluição como na relação desta com seus efeitos; (ii) a produção de resíduos da combustão em processos não biológicos e (iii) a combustão e exploração dos recursos naturais e as relações estabelecidas entre poluição, degradação do meio ambiente e suas consequências (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p. 303 - 304).

Figura 5 — Conteúdo programático elaborado a partir do tema gerador.



Fontes: Elaborado pela autora (2019). Currículo Básico Comum da Rede Estadual do Espírito Santo (2009).

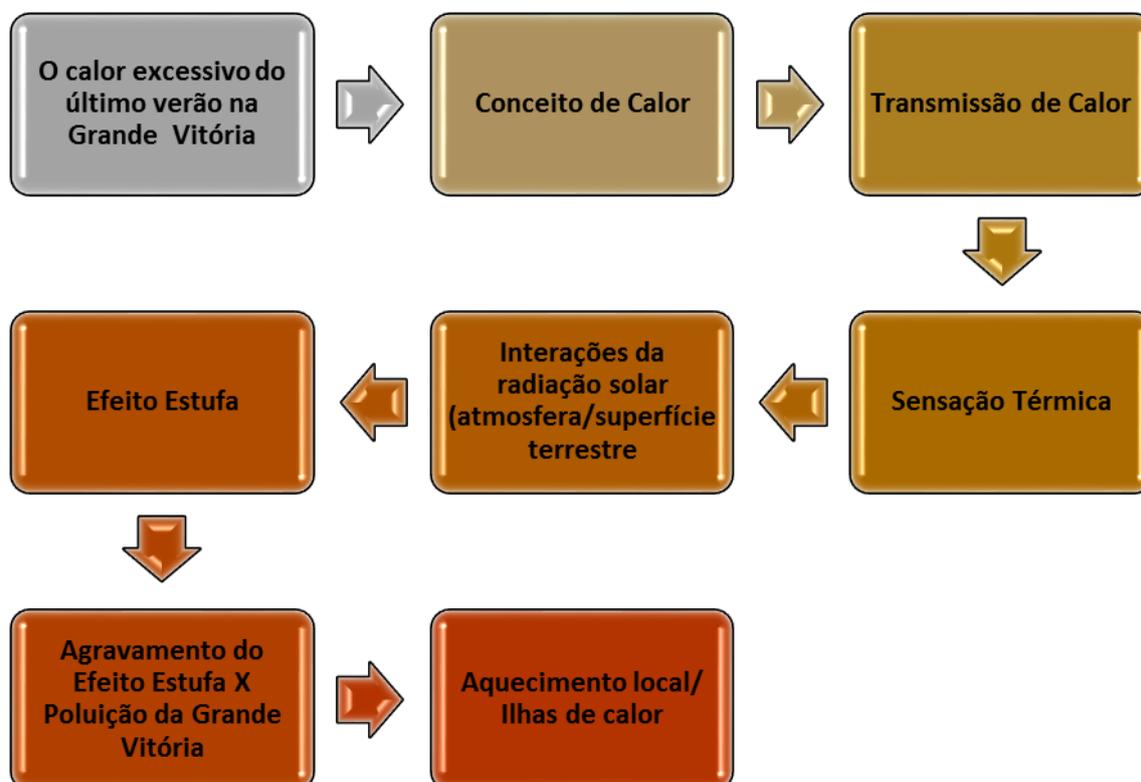
No Apêndice A, apresentamos um esquema com uma proposta de uma rede de significados elaborada como ponto de partida para o desenvolvimento da intervenção didática que foi ampliada a partir do esquema de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), p. 306 - 307. As setas lá representadas sugerem uma

interdependência entre os diferentes conceitos/subtemas, bem como entre as diferentes áreas do conhecimento, não sendo lineares nem ascendentes. Nessa estrutura, a fim de contemplar os princípios/objetivos da Educação Ambiental crítica e promover a inter/transdisciplinaridade, utilizamos os seguintes eixos temáticos que incluem os eixos descritos no parágrafo acima: (i) Natureza — Cultura — Trabalho — Desenvolvimento — Ambiente; (ii) Energia — Fontes de energia — Processos de transformação de energia — Energia e Desenvolvimento — Energia e Ambiente (iii) Sol — Terra — território vivido (CNE/CEB, 2010, p. 65).

ORGANIZAÇÃO DAS AÇÕES

A sequência da aplicação pedagógica ocorreu resumidamente como demonstrado na figura 06.

Figura 6 — Sequência de aplicação pedagógica



Fonte: Elaborado pela Autora (2019)

Após a escolha do tema e a elaboração do esquema do Apêndice A, a partir dos eixos temáticos, selecionamos os conteúdos de cada disciplina a partir do tema gerador. Posteriormente as etapas citadas anteriormente, estruturamos os momentos pedagógicos e planejamos, individual e coletivamente, as atividades da aplicação pedagógica, conforme descrito no quadro 2.

Quadro 2 – Etapas da Intervenção pedagógica

Momento Pedagógico	Etapas da Intervenção pedagógica	INTRUMENTOS DE PESQUISA UTILIZADOS/ ATIVIDADES	PERÍODO DE DURAÇÃO
Primeiro Momento Pedagógico	<i>Problematizando a Poluição do ar da Grande Vitória e o verão rigoroso de 2019</i>	<p>1ª aula: Aplicação de um questionário inicial: Levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes.</p> <p>2ª aula:</p> <ol style="list-style-type: none"> 4) Exibição de slides com as questões problematizadoras e com figuras e reportagens de um jornal local. 5) Problematização inicial com as questões: “Quais são as possíveis causas da poluição do ar na Grande Vitória?” e “Que relação pode haver entre as elevadas temperaturas médias da Grande Vitória no último verão e a poluição do ar proveniente do aumento do uso de veículos automotores na região nos últimos 10 anos?” 6) Discussão das questões em grupos. 	02 aulas
Segundo Momento Pedagógico	<p>Industrialização, fontes de energia e Poluição do ar da Grande Vitória</p> <p><i>Compreendendo os impactos da industrialização e da queima de combustíveis fósseis no ambiente da Região Metropolitana da Grande Vitória</i></p>	<p>1º bloco organizado nos 3MP:</p> <p>1º MP: Questões para debate e resposta em duplas.</p> <p>2º MP:</p> <ol style="list-style-type: none"> 4) Socialização das respostas das questões com a turma. 5) Atividade em duplas - Estudo dirigido sobre “Fontes de energia e impactos ambientais” cujas questões foram respondidas a partir de pesquisa no livro didático 6) Pesquisa sobre as possíveis causas da poluição do ar da Grande Vitória e produção de um texto em duplas, a partir de reportagens de jornais locais. <p>3º MP: Atividade interdisciplinar com Geografia – Confecção em grupo de um mapa mental em folha tamanho A3 em torno do tema central “Poluição do ar da Grande Vitória” relacionando os temas/conceitos POLUIÇÃO DO AR – INDUSTRIALIZAÇÃO - FONTES DE ENERGIA – EFEITO ESTUFA – MUDANÇAS CLIMÁTICAS, entre outros relacionados à temática.</p>	03 aulas
	<p>Energia Térmica e Sensação térmica</p> <p><i>Compreendendo a evolução histórica do conceito de calor, os processos de transmissão de calor e a sensação térmica</i></p>	<p>2º bloco organizado nos 3MP:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evolução histórica do conceito de calor: vídeos, artigo científico e atividade. - Estudo dirigido. Simulação computacional. Sistematização com slides. Lista de exercícios. - Texto sobre sensação térmica. Vídeo. Atividade. - Atividade experimental demonstrativa. 	08 aulas

	<p>Efeito estufa e balanço de radiação</p> <p><i>Compreendendo o fenômeno do efeito estufa e relacionando com o efeito estufa terrestre</i></p>	<p>3º bloco organizado nos 3MP:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Experimento demonstrativo investigativo sobre efeito estufa. - Sistematização do conhecimento com slides: estufa, efeito estufa terrestre, espectro eletromagnético e balanço de radiação - Vídeo sobre balanço de radiação e efeito estufa terrestre - Simulação computacional do efeito estufa. - Vídeo sobre os gases do efeito estufa. 	03 aulas
	<p>Efeito estufa e os ciclos naturais</p> <p><i>“Compreendendo a relação entre o efeito estufa e os ciclos naturais (água, ar)”</i></p>	<p>Aplicação do conhecimento do bloco anterior:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Confecção de um terrário. Diário de bordo do aluno. Questões sobre o terrário. Socialização das questões - Aula sobre os ciclos naturais (Profª Biologia) 	03 aulas
	<p>Calor de combustão e poluição do ar</p> <p><i>“Relacionando calor de combustão à produção de resíduos que provocam a poluição do ar e à intensificação do efeito estufa”</i></p>	<p>4º bloco organizado nos 3MP:</p> <p>e) Calor de combustão e alimentação - Leitura e discussão de textos do livro didático. Atividade envolvendo transformação de unidades de energia térmica.</p> <p>f) Calor de combustão, respiração e fotossíntese (atividade interdisciplinar com Biologia).</p> <p>g) Calor de combustão e máquinas térmicas</p> <p>h) Calor de combustão e poluição do ar (atividade interdisciplinar com Química).</p>	05 aulas
Terceiro Momento Pedagógico	<p>Poluição do ar da Grande Vitória e mudanças climáticas</p> <p><i>“Problematizando efeito estufa e sua relação com o aquecimento global e os impactos ambientais dele decorrentes”</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Atividade integradora – Redação sobre “Poluição do ar da Grande Vitória e mudanças climáticas”. - Atividade de intervenção – Carta à direção escolar 	02 aulas
	Avaliação da Pesquisa	Questionário	01 aula

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

O tema gerador (FREIRE, 1996) “Poluição do ar da Grande Vitória e Mudanças temáticas”, cuja centralidade versa sobre a questão socioambiental, norteou a estruturação e o desenvolvimento da intervenção pedagógica.

DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA



O primeiro momento com os educandos foi apresentar o tema do projeto pedagógico que seria desenvolvido de forma interdisciplinar com outras disciplinas. Assim, o primeiro momento de conversação (CARVALHO, 2009) foi no intuito de desafiar os alunos a compreender onde estaria a temática ambiental

a ser estudada nas aulas no cotidiano deles, ou seja, em nossa sociedade, sobretudo a capixaba.

O tema gerador (FREIRE, 1996) “Poluição do ar da Grande Vitória e Mudanças temáticas”, cuja centralidade versa sobre a questão socioambiental, norteou a estruturação e o desenvolvimento da intervenção pedagógica. Justificamos a escolha do tema com os estudantes pelos seguintes motivos: I) Por sua constante presença no Exame Nacional do Ensino Médio — Enem, tanto na área de Ciências como nas demais disciplinas, por possibilitar a interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade. Como professora de Física do Ensino Médio e participante por dois anos em um preparatório para o ENEM, víamos refletindo a forma como os temas socioambientais são abordados de forma fragmentada nas disciplinas e avaliados no ENEM de forma inter e transdisciplinar e II) Frente às crescentes agressões ao ambiente, em função do modelo de desenvolvimento predatório e excludente que coloca em risco o futuro da humanidade, urge promover uma educação socioambiental que dê conta de construir conhecimentos social e cientificamente sustentáveis na perspectiva de uma ação cidadã.

Sendo assim, propusemos uma abordagem do tema gerador promovendo uma interdisciplinaridade no âmbito da Física com conceitos de energia e o princípio de conservação da energia, abordados em Mecânica no primeiro ano do Ensino Médio, aplicados à compreensão da obtenção da energia térmica no segundo ano. Além disso, para a compreensão das características da radiação solar foi necessário a apresentação de uma introdução à Ondulatória, presente no currículo do segundo ano destacando as características do espectro eletromagnético.

Iniciamos a intervenção pedagógica com a aplicação de um questionário inicial para levantamento das concepções dos estudantes acerca dos conceitos que seriam abordados ao longo da aplicação, disponível no Apêndice B.

Na sequência, demos início ao desenvolvimento dos momentos pedagógicos, conforme já foi descrito resumidamente no quadro 02, cujo detalhamento apresentaremos a seguir.

1º Momento Pedagógico (PI)

Iniciamos a problematização inicial com as seguintes questões norteadoras:

“Quais são as possíveis causas da poluição do ar na Grande Vitória? Que relação pode haver entre as elevadas temperaturas médias medidas na Grande Vitória no último verão e a poluição do ar proveniente do aumento do uso de veículos automotores na região nos últimos 10 anos?”

Apresentamos em slides recortes de manchetes de um jornal local, de distribuição gratuita, com notícias sobre a elevada sensação térmica vivenciada nos últimos meses do verão da Grande Vitória e outra sobre o aumento significativo de veículos automotores na Grande Vitória nos últimos 10 anos (Vide APÊNDICE C). Ainda, um slide com um *print* de tela do smartphone feita pela professora/pesquisadora em março de 2019 na sala de aula, à tarde, no qual o aplicativo de previsão do tempo indicava uma sensação térmica de 40°C no bairro no qual a escola está situada.

Após a exibição dos slides, solicitamos que os educandos discutissem e respondessem às questões norteadoras em duplas. A seguir, cada grupo socializou suas respostas com a turma em uma roda de conversa.

2º Momento Pedagógico (OC)

O segundo momento pedagógico da intervenção pedagógica foi organizado em quatro blocos, cada um estruturado nos três momentos pedagógicos.

1.º bloco da OC – *Problematizando industrialização, fontes de energia e poluição do ar da Grande Vitória*

A primeira etapa do segundo momento pedagógico teve por objetivo compreender os impactos da industrialização e da queima de combustíveis fósseis, sobretudo pelos veículos automotores, sobre o ambiente da Região Metropolitana da Grande Vitória. Desenvolvemos as atividades desse bloco em três aulas.

I. Problematização inicial

Na primeira aula, apresentamos em slides as seguintes questões para que os alunos respondessem em duplas, retomando algumas questões da problematização inicial da intervenção didática:

1. Cite pelo menos 02 (duas) possíveis causas da poluição do ar da Grande Vitória. Como essa poluição é produzida?
2. Quais são as consequências da poluição do ar para a população? Como ela afeta o ambiente?
3. Que medidas poderiam ser tomadas para reduzir ou evitar a poluição do ar?
4. Que fatores podem ter contribuído para a percepção de uma sensação térmica tão elevada na sala de Física quando o aplicativo acusava uma sensação térmica de 40°C no bairro Santa Luzia? Explique o que você entende por “sensação térmica” e os fatores que interferem na produção da mesma.
5. Que relação pode haver entre as elevadas temperaturas médias da Grande Vitória e a poluição do ar proveniente do aumento do uso de veículos automotores na região nos últimos 10 anos?

II. Organização do conhecimento

Na segunda aula do bloco, promovemos a socialização das respostas das questões com a turma. A seguir, solicitamos que os estudantes fizessem um pequeno texto sobre as figuras e reportagens trazidas por cada grupo sobre “a poluição do ar da Grande Vitória”.

Na terceira aula, solicitamos que os educandos respondessem às questões de um estudo dirigido sobre “Fontes de energia e Impactos ambientais” (APÊNDICE D) a partir de uma pesquisa no capítulo cinco do livro didático (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2017, p. 98-127) para dar suporte à elaboração de um mapa mental, atividade interdisciplinar de Física com Geografia.

III. Aplicação do conhecimento

Lançamos aos educandos uma proposta de elaboração de um mapa mental em papel tamanho A3, em grupos de quatro pessoas, relacionando os conceitos POLUIÇÃO DO AR – FONTES DE ENERGIA – INDUSTRIALIZAÇÃO e demais

conceitos relacionados ao tema e às disciplinas de Física e Geografia, como uma atividade extraclasse com prazo de 15 dias para sua elaboração.

O mapa mental foi uma proposta de integração entre as duas disciplinas em torno da temática do projeto, tendo o meio ambiente como tema central. A professora de Geografia costuma propor atividades no formato de mapas mentais aos alunos e sugeriu essa atividade nessa etapa da intervenção.

2.º bloco da OC - *Problematizando sensação térmica, temperatura, calor*

A segunda etapa do segundo momento pedagógico, “Energia Térmica e Sensação térmica”, teve por objetivo a apresentação da evolução histórica do conceito de calor; a compreensão da natureza do calor enquanto energia obtido a partir de outro tipo de energia, obedecendo o princípio de conservação; a compreensão dos processos de transmissão de calor e do conceito de sensação térmica. Desenvolvemos as atividades desse bloco em oito aulas.

I. Problematização inicial

Na primeira aula, retomamos com os alunos as questões:

- a) Como o calor pode ser obtido? O que você entende por calor?
- b) Dê 03 (três) exemplos de situações que envolvam transmissão de calor (ou trocas de calor).
- c) O que você entende por “sensação térmica”? Como pode ser explicada?

II. Organização do conhecimento

A seguir, propusemos uma sequência de atividades de História e Filosofia da Ciência (HFC) cujo objetivo foi trabalhar as concepções sobre a natureza do calor, com ênfase nos séculos XVIII e XIX, com duração de duas aulas. Iniciamos com a leitura de um pequeno texto do livro didático (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2017, p. 29) intitulado “Evolução do conceito de calor”, a seguir solicitamos que alguns deles relatassem oralmente sua compreensão acerca do texto. Após termos discutido o conteúdo do texto, exibimos dois vídeos para irmos aprofundando na compreensão do assunto. São eles: A teoria do calórico e a evolução do conceito de calor. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=qggBcAtgQG4&t=72s>. Acesso em: 05 Mai. 2019 e James Prescott Joule, William Thomson e a Descoberta da Energia. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=8v3jxSJoMVc>. Acesso em: 05 Mai. 2019.

Por fim, na segunda aula, propusemos uma atividade a partir do artigo A ascensão e queda da teoria do calórico — *Luciano Carvalhais Gomes*, Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá — a partir do qual extraímos trechos e construímos um texto para apresentarmos a evolução das teorias sobre o calor.

A partir da síntese do artigo, dos vídeos e do texto do livro didático solicitamos que os estudantes respondessem às seguintes questões em duplas:

- 1) Até fins do século XVIII a ideia que se tinha sobre o calor era diferente da que conhecemos hoje. Identifique nos textos cientistas que defendiam as teorias do flogístico e do calórico. Como elas concebiam o calor?
- 2) Como e quando a teoria do calórico foi colocada em “xeque” contribuindo para seu declínio?
- 3) Como a teoria mecânica concebia o calor? Que cientistas contribuíram para seu desenvolvimento?
- 4) Quais foram as contribuições do cientista inglês James Joule para o estudo do calor?
- 5) Que fatores favoreceram ou dificultaram o desenvolvimento dessas teorias?
- 6) Que trechos dos textos evidenciam a interdependência entre os estudos dos cientistas para o avanço de suas teorias?
- 7) Na ciência não há “verdades absolutas”. Comente.

Na terceira aula, os alunos realizaram uma pesquisa no livro didático a fim de responder às questões de um estudo dirigido sobre *conceitos de temperatura, calor, equilíbrio térmico e transmissão de calor*.

Figura 7 — Exibição de vídeos sobre as teorias do calor



Fonte: Autoria própria (2019)

Na quarta aula, realizamos a correção do estudo dirigido com slides, articulando-a às questões sobre o vídeo e o artigo, retomando a evolução da concepção do calor como substância (o calórico) para a concepção do calor como energia térmica que pode ser obtida de outro tipo de energia, conforme o princípio de conservação da energia.

Na quinta aula, prosseguimos com a correção do estudo dirigido com os slides e utilizamos uma simulação em laboratório virtual sobre “Estados da Matéria” para uma melhor compreensão do conceito de *temperatura* enquanto a medida da energia interna das moléculas de um corpo. O simulador computacional possui opções de escolha do estado físico das substâncias, da escala de temperatura (Celsius ou Kelvin) e proporciona o aquecimento ou resfriamento das partículas.

A figura 8 mostra uma simulação do aquecimento do gás monoatômico Neônio a partir do estado gasoso.

O simulador computacional também possibilitou a percepção de que à medida que nos aproximamos do zero absoluto ($T = 0 \text{ K}$) os átomos/moléculas vão possuindo um nível mínimo de energia.

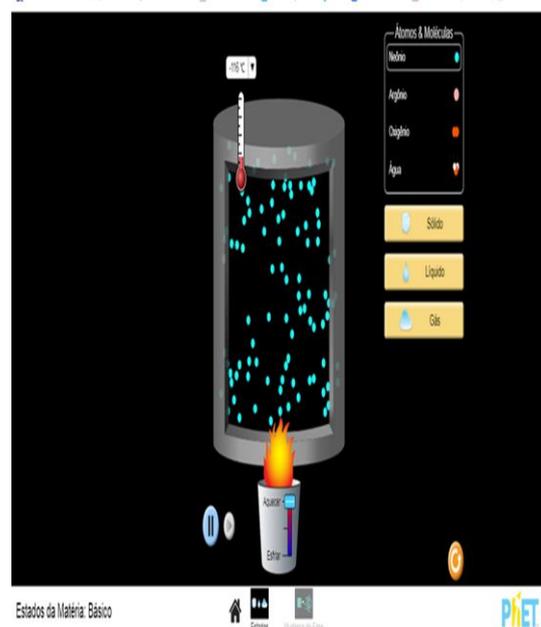
Na sequência utilizamos mais duas aulas, quinta e sexta aulas, para resolução de exercícios e correção dos mesmos.

III. Aplicação do conhecimento

Finalizamos o primeiro bloco de atividades aplicando os conhecimentos

adquiridos no momento anterior a uma situação que foi levantada na

Figura 8 - Simulação do aquecimento do gás monoatômico Neônio



Fonte: Phet (Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/states-of-matter-basics). Acesso em: 15 Jun. 2019.

problematização inicial da intervenção sobre as elevadas sensações térmicas vivenciadas na Grande Vitória nos primeiros meses do ano de 2019.

Iniciamos a oitava aula com a exibição de uma reportagem de um noticiário local sobre o aumento das temperaturas ambientes médias que chegou a $37,7^{\circ}\text{C}$, igualando-se a maior registrada há três anos levando a um desconforto térmico na população. O conteúdo do vídeo pode ser lido na reportagem no apêndice E (texto 01).

Após a exibição do vídeo, realizamos uma discussão em torno dos fatores que influenciam na percepção da sensação térmica, refletindo inclusive sobre o que tornava a sala ambiente de Física tão quente em determinados dias. Propusemos então uma atividade em duplas sobre sensação térmica, a partir de alguns textos compilados (vide Apêndice E), com as seguintes questões:

- 1) O que é “sensação térmica”? Que fatores interferem na percepção da mesma pelo corpo humano?
- 2) Quais são os fatores que levam a temperatura registrada por um termômetro numa avenida urbana durante o dia, diferir daquela medida por outro termômetro numa área arborizada da mesma localidade naquele mesmo horário?

Figura 9 — Experimento demonstrativo sobre propagação de calor



Fonte: Autoria própria (2019)

- 3) Que elementos presentes na sala de aula de Física contribuem para um aumento na sensação térmica em dias no qual se registra uma elevada temperatura ambiente?

Outra atividade para aplicação dos conceitos de energia térmica e sua propagação foi proposta na nona aula desse bloco da intervenção. Utilizamos um experimento teórico-prático no qual em uma barra metálica, parafusos foram fixados com parafina e, ao serem aquecidos

com a chama de uma vela, os mesmos iam caindo gradativamente. Solicitamos aos alunos que elaborassem uma explicação em trios para o fenômeno observado e registrasse por escrito.

Num segundo momento, realizamos uma socialização das explicações de cada grupo com mediações docentes. A seguir, solicitamos que os estudantes elaborassem uma nova explicação para o fenômeno observado a partir das discussões com a turma.

3.º bloco da OC - Efeito estufa e balanço de radiação

A terceira etapa do segundo momento pedagógico, “Efeito estufa e balanço de radiação” teve por objetivo possibilitar a compreensão de que o Sol é nossa fonte principal de energia; a descrição da composição da radiação solar (espectro), bem como suas interações com a atmosfera, com os oceanos/lagos/rios e com a superfície terrestre, proporcionando a ocorrência do efeito estufa, do ciclo da água e do ciclo dos ventos. Objetivamos ainda, proporcionar a compreensão do calor e da luz como onda eletromagnética, localizando suas respectivas faixas no espectro eletromagnético (DELIZOIVOV; ANGOTTI, 1992).

Desenvolvemos as atividades desse bloco em seis aulas.

I. Problematização inicial

Na primeira aula desse bloco, retomamos as questões com os alunos:

- 1) Saberá dizer o que é uma estufa? Para que serve? Como funciona?
- 2) Na sua concepção, o que o Sol emite? Qual é a importância do Sol para o planeta Terra?
- 3) Qual importância o efeito estufa tem para o planeta Terra? Dê uma breve explicação de como ele ocorre.

II. Organização do conhecimento:

A seguir, realizamos um experimento demonstrativo sobre efeito estufa. Solicitamos que os alunos se organizassem em trios e que, após a realização do experimento, elaborassem uma explicação para o fenômeno observado. Procedemos à socialização das respostas dos grupos, com a mediação docente,

Figura 10 — Aparato montado para a realização do experimento demonstrativo



Figura 11 — Aluno verificando em qual dos potes a água havia esquentado mais após a lâmpada ser apagada



Figura 12 — Após a lâmpada ser desligada, a água evaporada condensou no plástico filme



Fonte: Autoria própria (2019).

e na sequência solicitamos que os alunos elaborassem uma nova explicação para o fenômeno observado. As respostas foram organizadas em dois momentos: antes e depois do debate. O aparato utilizado no experimento encontra-se nas figura 10 .

Antes de inserirmos um dos potes com água dentro do recipiente de plástico forrado com alumínio, solicitamos que dois alunos colocassem os dedos na água das duas cumbucas que continham a mesma quantidade de água.

A seguir inserimos um dos potes com água no recipiente aluminizado, cobrimos com plástico filme e acendemos a lâmpada por aproximadamente 10 minutos sobre ambos os recipientes. Enquanto isso, os educandos discutiam em grupos qual das duas águas iria esquentar primeiro, buscando elaborar uma resposta para o fenômeno observado.

Decorrido o tempo previsto, desligamos a lâmpada e

solicitamos que os mesmos alunos verificassem em qual dos dois potes a água havia esquentado mais. A diferença de temperatura era perceptível ao toque, sendo que a água contida no recipiente que ficou dentro da caixa apresentava uma temperatura maior.

As medições do termômetro acusaram uma diferença de 3°C entre as temperaturas da água de cada recipiente que inicialmente se encontravam a 26,2°C e após, serem submetidas à iluminação, 26,2°C e 29,2°C cada uma.

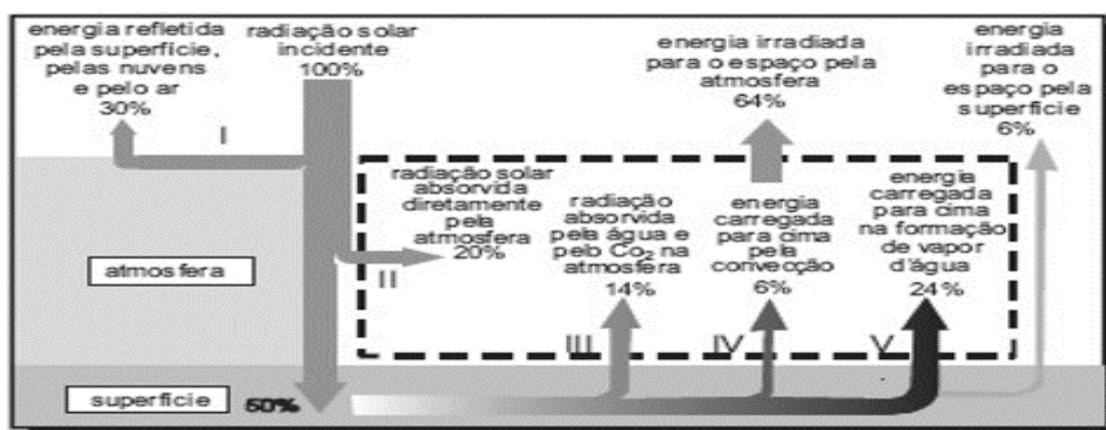
Após esse momento, socializamos as possíveis explicações de cada grupo para o fenômeno observado. Ao final do debate mostramos a cada grupo a vasilha coberta com plástico que foi ficando molhado internamente enquanto discutíamos. A seguir, cada grupo elaborou uma nova explicação para todos os fenômenos observados.

Na segunda aula, iniciamos perguntando aos educandos quais seriam as possíveis aplicações tecnológicas para o efeito observado no experimento demonstrativo. A partir desse levantamento, sistematizamos o conhecimento com slides apresentando uma aplicação tecnológica: a estufa de salgados. Após estabelecer as semelhanças com o experimento realizado, avançamos para outra situação na qual observamos o efeito estufa, que pode ser verificada dentro de veículos fechados que ficam expostos ao sol. Seguimos discutindo mais uma aplicação — a estufa de plantas — e por fim o efeito estufa terrestre. Estabelecemos nesse ponto a diferença entre estufa e efeito estufa terrestre.

Na terceira aula levantamos as concepções dos educandos sobre “o que o sol emite” ao que obtemos por resposta: luz, calor, energia, raios ultravioletas. A partir dessas concepções apresentamos a noção de que o sol emite um “pacote” de radiação composto por radiações de várias frequências que vão da faixa do infravermelho, passando pela luz visível até o ultravioleta. Comentamos que a natureza composta da luz branca foi demonstrada pela primeira vez por Isaac Newton, em 1664, quando decompôs a luz solar por meio de um prisma, projetando-a numa tela. A imagem alongada e colorida do Sol foi chamada por ele de “espectro”. A seguir, apresentamos o espectro eletromagnético no qual identificamos a faixa de frequências emitidas pelo Sol.

A partir dessas noções foi possível introduzir o assunto sobre balanço de radiação para se compreender as interações da radiação solar com a atmosfera e com a superfície terrestre. Explicamos que a palavra “balanço” se refere à quantidade de energia que a Terra recebe e emite. Assim, como a mesma está em equilíbrio térmico a taxa de energia recebida deve ser igual a emitida. A figura abaixo foi utilizada nessa parte da aplicação para melhor compreensão do balanço de radiação.

Figura 13 — Balanço de Radiação



Fonte: Serway e Jewett Jr. (2014)

Após explorarmos o conteúdo da figura acima, pontuamos que a superfície terrestre, ao ser aquecida, irradia ondas de calor (radiação infravermelha). Da interação dessa radiação com as moléculas de água da atmosfera e com alguns gases, como o metano e o gás carbônico, resulta o efeito estufa. Comentamos ainda sobre a formação do ciclo da água e dos ventos. A seguir, exibimos um vídeo sobre o balanço de radiação e o efeito estufa para melhor compreensão do assunto.

Na sequência utilizamos um simulador computacional do efeito estufa para a percepção de que quanto mais gases do efeito estufa existirem na atmosfera, mais a temperatura da baixa atmosfera aumenta.

A figura 14 mostra que aumentamos a concentração dos gases do efeito estufa da concentração de gases existentes atualmente na atmosfera terrestre para

uma maior, consequentemente a temperatura aumentou de 15°C (média da baixa atmosfera) para 20°C.

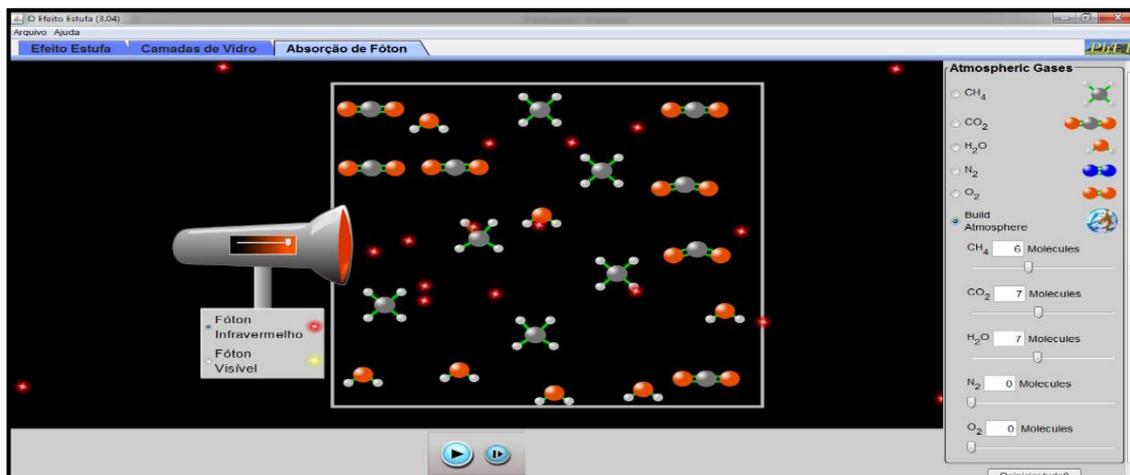
Figura 14 - Simulação referente ao aumento da concentração dos gases do efeito estufa na atmosfera



Fonte: Phet interactive simulations. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/greenhouse). Acesso em: 05 Jul. 2019.

Ainda, foi possível observar que alguns gases não interagem com a radiação infravermelha como o nitrogênio e o oxigênio, enquanto outros como o metano (CH_4), o dióxido de carbono (CO_2) e o vapor d'água (H_2O) interagem com o infravermelho ganhando energia interna e vibrando, conforme mostra a simulação (Figura 20).

Figura 15. Simulação da interação da radiação infravermelha com os gases da atmosfera



Fonte: Phet (Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/greenhouse)

Ao final da aula exibimos um pequeno vídeo sobre “Como os gases do efeito estufa realmente funcionam” que ilustra as interações das ondas de calor irradiadas pela Terra (radiação infravermelha) com os gases do efeito estufa. O vídeo pode ser acessado a partir do endereço eletrônico: <https://www.youtube.com/watch?v=2oxCnVUJCwQ>.

III. Aplicação do conhecimento

Finalizamos o segundo bloco de atividades aplicando os conhecimentos adquiridos no momento anterior a fim de proporcionar uma compreensão entre o efeito estufa e os ciclos naturais. Para tanto propusemos de forma interdisciplinar com Biologia, em grupos de quatro pessoas, a montagem de um artefato pedagógico — o terrário. Os grupos deveriam observar em suas residências o artefato por um período mínimo de uma semana e anotar no diário de bordo o que observaram nesse período. A seguir, na quarta aula desse bloco, solicitamos que os alunos levassem os terrários para a escola e socializassem com a turma o que anotaram nos diários de bordo.

Figura 16 - Terrários



Fonte: Autoria própria (2019).

Na quinta aula, realizamos a socialização das seguintes questões propostas para os grupos a partir do terrário:

1. Como você explicaria a formação de água nas paredes do terrário e no plástico/tampa que o cobria?
2. Por que os seres vivos não morreram no terrário?

3. Estabeleça uma comparação entre a estufa do experimento demonstrativo e o terrário.
4. O terrário pode ser considerado uma estufa? Justifique.
5. Considerando que o terrário pode, até certo ponto, ser considerado um modelo de planeta Terra, estabeleça um paralelo entre os elementos do terrário e a Terra. Por que “até certo ponto”?
6. Explique o fenômeno do efeito estufa terrestre e sua relação com as mudanças climáticas que a Terra vem sofrendo em decorrência do atual modelo de desenvolvimento.

Após a socialização das respostas às questões acima, a professora de Biologia realizou uma aula no horário da sua disciplina (sexta aula do bloco) sobre os ciclos naturais que poderiam ser observados no terrário estabelecendo um paralelo entre o mesmo e os ciclos geoquímicos do planeta Terra. Ao final da aula foi solicitado que os alunos respondessem por escrito as seguintes questões: 1) Que ciclos podemos observar no terrário e no planeta Terra? 2) Como o carbono é absorvido durante a fotossíntese?

4º bloco da OC - Problematizando calor de combustão e poluição do ar

O quarto e último bloco do segundo momento pedagógico, “calor de combustão e poluição do ar”, teve por objetivos compreender o que é calor de combustão; relacionar o processo de obtenção de energia pelo corpo humano à produção de resíduos eliminados na respiração (dióxido de carbono e vapor d’água); compreender o que é combustão completa e incompleta; relacionar os diversos processos que envolvem a combustão à produção de resíduos que provocam a poluição do ar e a intensificação do efeito estufa. Desenvolvemos as atividades desse bloco em quatro aulas.

I. Problematização inicial:

Na primeira aula desse bloco, retomamos com os alunos as questões:

1. Que fatores têm influenciado o agravamento do efeito estufa terrestre? Cite pelo menos duas consequências para o ambiente desse agravamento.
2. Qual é a origem da poluição dos veículos automotores? Como este tipo de poluição intensifica o efeito estufa?

II. Organização do conhecimento:

A seguir, apresentamos as unidades de energia térmica para os educandos e as relações entre elas, incluindo o equivalente mecânico do calor. Após alguns exercícios de conversão entre unidades, propusemos uma atividade teórico-prática sobre essas unidades a partir de leitura de rótulos de embalagens de alimentos. Dividimos os alunos em grupos que organizaram um lanche coletivo e realizaram a atividade seguindo o seguinte roteiro:

1. Listar os alimentos trazidos pelo grupo com as respectivas quantidades e valores nutricionais por porção (Kcal e KJ).
2. Anotar as quantidades de alimentos, em Kcal, ingeridas por cada componente do grupo.
3. Somar as quantidades ingeridas por cada componente do grupo em Kcal e converter para KJ.
4. Totalizar as quantidades ingeridas pelo grupo em Kcal e KJ.

Figura 17 — Atividade de leitura de rótulos de alimentos



Fonte: Autoria própria (2019).

Na segunda aula, realizamos uma leitura coletiva de uma página do livro didático (figura 18) que tratava de calor de combustão e apresentava em uma mesma tabela os valores do calor de combustão de diversos alimentos e de vários combustíveis.

A seguir, propusemos a leitura de um texto sobre calor de combustão e alimentação (figura 19) e realizamos uma atividade sobre o assunto.

Figura 18 — Calor de combustão de alguns alimentos e combustíveis

Tabela 2.2 Calor de combustão de alguns alimentos e combustíveis

Alimento	Calor de combustão (cal/g)	Combustível	Calor de combustão (cal/g)
batata frita	2 740	gás natural	11 900
pão	2 690	gás hidrogênio	29 000
arroz cozido	1 670	gasolina	11 100
carne magra	1 460	óleo <i>diesel</i>	10 900
feijão cozido	670	álcool etílico	6 400
leite cru	630	lenha	2 800 a 4 400

Fonte: ESTUDO Nacional da Despesa Familiar (ENDEF), Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1997.

Fonte: GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, R.P.; CARRON, W. Física. V.02. 2017. P.44

Figura 19 — Texto sobre obtenção de energia pelo corpo humano a partir dos alimentos

Física explica  Veja comentários e respostas desta seção no Manual do Professor.

Alimentos e energia

A manutenção da vida, por incluir inúmeras atividades, consome muita energia, fornecida pelos alimentos. A quantidade de energia necessária varia de uma espécie animal para outra e conforme a atividade exercida. Diferentes atividades envolvem diferentes consumos de energia.

Um adulto de vida sedentária consome cerca de 2 200 kcal/dia, enquanto um trabalhador, em atividade física intensa, pode necessitar de 6 000 kcal/dia a 8 000 kcal/dia. Do total calórico da dieta humana, cerca de 50% provém dos carboidratos, 30% a 35% das gorduras e 15% a 20% das proteínas.

Caso a oferta calórica seja inferior à necessidade, o organismo utiliza as reservas de glicogênio e de gordura; se essas reservas chegarem próximo do final, as proteínas passam a ser usadas como fonte de energia, levando ao consumo da massa muscular e dos constituintes celulares. A desnutrição calórico-proteica em que predomina a deficiência calórica é conhecida como marasmo e pode levar à morte por inanição, isto é, por falência energética do organismo.

"Se a miséria de nossos pobres não é causada por leis da natureza, mas por nossas instituições, grande é a nossa culpa." (Charles Darwin).

BRITO, Elias Avancini de; FAVARETTO, José Arnaldo. *Biologia, uma abordagem evolutiva e ecológica*. São Paulo: Moderna, 1997. p. 218-219. v. 2.

Trabalho em equipe 

Façam um levantamento sobre as condições de alimentação da população da cidade onde vocês moram ou de um bairro dela, caso a cidade seja muito grande. Avaliem se o número de calorias ingeridas e a dieta estão dentro dos padrões mencionados na seção **Física explica**. Procurem se informar sobre o que o seu município tem feito para combater a desnutrição. Apresentem seu trabalho em sala de aula e discutam os resultados.

Fonte: Fonte: GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, R.P.; CARRON, W. Física. V.02. 2017. P. 45

A professora de Biologia realizou uma aula (terceira do bloco), no horário da sua disciplina, sobre calor de combustão e alimentação trazendo uma visão integrada do corpo humano a partir da interdependência do sistema digestório e

respiratório na obtenção de energia pelo organismo. Esse processo de queima de combustíveis orgânicos, como a glicose, ocorre por meio do processo de respiração celular na mitocôndria onde ocorre a extração de energia química por meio de reações metabólicas que liberam energia que é armazenada em moléculas especiais denominadas ATP (adenosina trifosfato). Nesse processo, a glicose (carboidrato) combina-se com o oxigênio do ar formando resíduos com menos quantidade de energia (gás carbônico e água). Ao longo dessas transformações é como se a glicose fosse “desmontada”. Esses resíduos são oxidados ou "queimados" liberando energia. A respiração celular pode ser representada pela equação seguinte: *Glicose + Oxigênio => Gás Carbônico + Água + Energia.*

Ao final da aula de Biologia foi solicitado que os alunos respondessem por escrito as seguintes questões:

- 1) Explique como ocorre o processo de obtenção de energia pelo corpo humano a partir do calor de combustão liberado no metabolismo dos alimentos que ingerimos. Evidencie a interdependência entre o aparelho respiratório e o digestório.
- 2) Por que durante nossa respiração inspiramos oxigênio (O₂) e expelimos gás carbônico (CO₂)?

Na aula seguinte, quarta aula do bloco, realizamos uma aula sobre “Máquinas térmicas” com slides retomando a discussão das teorias substancialista e mecânica do calor e a importância do experimento de Joule na compreensão do calor como energia, obtido a partir de outro tipo de energia, e a obtenção do equivalente mecânico do calor a partir desse experimento.

Ainda, pontuamos a utilização das máquinas térmicas na Primeira Revolução Industrial, no final do século XVIII, tanto nas indústrias têxteis, como nas minas de carvão para retirar água das minas, como nos transportes como a locomotiva e o navio a vapor. Nessa altura da apresentação, pontuamos como o modelo de desenvolvimento capitalista, instaurado nessa época, intensificou a expropriação dos recursos naturais, sobretudo o carvão utilizado como combustível nas máquinas térmicas e que a exploração não era apenas da natureza, mas do capitalista sobre a mão de obra dos trabalhadores das fábricas. Finalizamos a aula comparando o funcionamento da locomotiva a vapor e com o motor de

quatro tempos dos veículos automotores. Estabelecemos também uma analogia da máquina térmica (motor de combustão interna) com o corpo humano que obtém energia a partir da queima de combustíveis, como a glicose, liberando resíduos como a água e o dióxido de carbono que é eliminado na respiração.

III. Aplicação do conhecimento

Finalizamos o terceiro bloco de atividades aplicando os conhecimentos adquiridos no momento anterior, cujo objetivo foi proporcionar uma compreensão da produção de resíduos numa combustão, completa e incompleta, e a intensificação do efeito estufa. Para tanto, propusemos, de forma interdisciplinar com Química, uma atividade sobre os resíduos produzidos na combustão de combustíveis em veículos automotores, a poluição do ar a partir desses resíduos e o tratamento desses pelos catalisadores automotivos.

Após apresentarmos a proposta do projeto de Educação Ambiental à professora de Química em nosso planejamento de área, a mesma propôs abordarmos o uso de catalisadores nos veículos para atenuar a poluição do ar por monóxido de carbono (CO) que é prejudicial à saúde.

Como a professora estava em outro conteúdo e sem folga em seu planejamento para aplicar a atividade, a mesma foi proposta como uma pesquisa extraclasse e socializada na aula de Física. Seguem as questões da pesquisa:

Atividade Interdisciplinar com Química

- 1) Explique o que é combustão completa e incompleta.
- 2) Quais são os principais resíduos produzidos durante o processo de combustão em veículos automotores?
- 3) Quais são os principais gases do efeito estufa? Como são produzidos?
- 4) Como os catalisadores utilizados nos veículos automotores contribuem para a redução de gases nocivos à saúde e ao ambiente?

Por fim, na quinta aula da sequência, promovemos a socialização das respostas da pesquisa acima em sala de aula.

3.º Momento Pedagógico (OC)

O terceiro momento pedagógico da intervenção pedagógica teve como objetivo problematizar o efeito estufa e sua relação com o aquecimento global, bem como identificar os impactos ambientais decorrentes da intensificação desse efeito, contextualizando à realidade local dos educandos, a Grande Vitória. Foram utilizadas duas aulas nessa última etapa.

A fim de dar seguimento à pesquisa de algumas questões importantes que foram anteriormente levantadas, solicitamos aos educandos que realizassem a seguinte atividade extraclasse:

- 1) Explique o fenômeno do efeito estufa terrestre. Faça um mapa mental a partir de sua pesquisa sobre o assunto.
- 2) Que fatores têm influenciado o agravamento do efeito estufa terrestre? Cite pelo menos duas consequências para o ambiente desse agravamento.
- 3) Como o IPCC (Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas) de 2018 definiu “poluição do ar”? Quais são as relações entre mudança climática e poluição do ar?
- 4) Os grupos, no início do projeto, apontaram o pó preto como o principal agente poluidor do ar da Grande Vitória. Explique qual é a sua constituição, origem, concentração no ar permitida por Lei e como pode influenciar no clima da Grande Vitória.

Para aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo da intervenção e retomarmos questões levantadas na problematização inicial, realizamos ao final da intervenção uma roda de conversa sobre “Poluição do ar da Grande Vitória e Mudanças climáticas” a partir de três textos, cuja leitura foi proposta como atividade extraclasse. Os textos são:

COUZEMENCO, F. Precisamos reativar o Fórum Capixaba de Mudanças Climáticas com urgência. **Jornal Século Diário**. Vitória, 20 de mai. de 2019. Disponível em: <https://seculodiario.com.br/public/jornal/materia/precisamos-reativar-o-forum-capixaba-de-mudancas-climaticas-com-urgencia/>. Acesso em: 07 nov. 2019.

THOMPSON, P. Frota cresceu 4 vezes mais que a população. **Metro jornal**. Espírito Santo, 18 de mar. de 2019. Disponível em: www.metrojornal.com.br/. Acesso em: 07 nov. 2019.

COUZEMENCO, F. Reflorestamento e poços de petróleo são temas prioritários sobre clima no ES. **Jornal Século Diário**. Vitória, 12 de set. de 2019. Disponível em:

<https://seculodiario.com.br/public/jornal/materia/reflorestamento-e-pocos-de-petroleo-sao-temas-prioritarios-sobre-clima-no-es/>. Acesso em: 07 nov. 2019.

Na aula seguinte, propusemos uma atividade integradora com os educandos na qual, a partir das reportagens lidas, do debate realizado na aula anterior e a partir do esquema do Apêndice A, que interliga diversos conceitos ao tema do projeto, elaborassem uma redação de no máximo 30 linhas com o título “Poluição do ar da Grande Vitória e Mudanças Climáticas”. A professora de Português auxiliou os educandos na elaboração da redação em sua aula.

Solicitamos também que os alunos em duplas escrevessem uma carta à direção escolar explicando fisicamente os motivos pelos quais as salas do último andar do prédio da escola ficam tão quentes, principalmente no verão, propondo soluções para esta situação e solicitando providências. As cartas foram encaminhadas à direção escolar por meio do grêmio estudantil para as devidas providências.

REFERÊNCIAS

AIKENHEAD, G.S. **Educação científica para todos**. Portugal: Edições Pedagogo, 2009.

AIKENHEAD, G.S. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. (Orgs.) **STS education: international perspectives on reform**. New York: Teachers College Press, 1994.

AMARAL, I. A. Currículo de ciências: das tendências clássicas aos movimentos atuais de renovação. In: BARRETO, E. S. S. (Org.). **Os currículos do ensino fundamental para as escolas brasileiras**. Campinas: Autores Associados: São Paulo: Fundação Carlos Chagas, 1998.

BAZZO, W.A.; PALACIOS, E.M.G.; GALBARTE, J.C.G.; VON LINSINGEN, I.; CERESO, J.A.L.; LUJÁN, J.L.; GODILLO, M.M.; OSORIO, C.; PEREIRA, L.T.V.; VALDÉS, C. **Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Madri: OEI, 2003.

BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais - Educação Básica (2012). **Resolução CNE/CEB n.º 2, de 30 de janeiro de 2012**. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=9864-rceb002-12&category_slug=janeiro-2012-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 25 abr. 2019.

BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais – Ensino Fundamental (1998). **Resolução CNE/CEB n.º 2, de 7 de abril de 1998**. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rceb02_98.pdf. Acesso em: 25 abr. 2019.

BRASIL. Ministério de Educação e do Desporto, **Lei n.º 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, n.º 79, 28 abr. 1999.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB). **Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1996/lei-9394-20-dezembro-1996-362578-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 25 abr. 2019.

BYBEE, R. W. (1987). Science education and the science-technology-society (STS) theme. **Science Education**, v. 71, n. 5, p.667-683.

CARRANO, P. Identidades culturais juvenis e escolas: arenas de conflitos e possibilidades. **Revista Movimento**, Faculdade de Educação da UFF, n. 1, p. 11-27, 2000.

CARRANO, P. Juventudes: as identidades são múltiplas. **Revista Movimento**, Faculdade de Educação da UFF, n. 1, p. 11-27, 2000.

CARVALHO, A.M.P. Critérios estruturantes para o ensino das ciências. In: CARVALHO, A.M.P. (org). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

CARVALHO, J.M.; SILVA, S.K.; DELBONI, T.M.G.F. A Base Nacional Comum Curricular e a Produção Biopolítica da Educação como Formação de “Capital Humano”. **Revista e-curriculum**. São Paulo, V. 15, B.2 p. 481 – 503./ junho, 2017.

CARVALHO, S. H. M.; ZANETIC, J. Ciência e arte, razão e imaginação: complementos necessários à compreensão da física moderna. In: IX ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA –IX EPEF, **Anais, Jaboticatubas**. SP: SBF, 2004. 1 cd-rom.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Rev. Bras. Educ.** Rio de Janeiro, n.22, Jan./Abr. 2003

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2000.

DELIZOICOV, D.; MUENCHEN, C. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 4 ed. São Paulo: Cortês, 2011.

DELIZOICOV, D. Problemas e Problematizações. In: PIETRECOLA, M., (Org) **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora** (pp. 125-150). Florianópolis/SC: UFSC. 2001

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Física**. 2ed.rev. São Paulo: Cortês, 1992.

ESPÍRITO SANTO (Estado), Secretaria de Educação e Cultura. **Ensino médio: área de Ciências da Natureza**. Vitória: SEDU, 2009. (Currículo básico escola estadual; v.2)

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, P. **Pedagogia da esperança**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. 4 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983

GUIMARÃES, O., PIQUEIRA, R. P., CARRON, W. **Física**. Física térmica, Ondas e Óptica. Vol 2. 2 Ed. São Paulo: Ática, 2017.

KENSKI, V. M. Aprendizagem mediada pela tecnologia. **Revista Diálogo Educacional**, 4(10), 47-56, 2003. Disponível em: <http://www2.pucpr.br/reol/pb/index.php/dialogo?dd1=786&dd99=view&dd98=pb> Acesso em: 10 Jun. 2019

LANES, K. G.; LANES, D. V. C.; PESSANO, E. F.C.; FOLMER, V. O Ensino de Ciências e os temas transversais: sugestões de eixos temáticos para práticas pedagógicas no contexto escolar. **Revista Contexto& Educação**, Editora Unijuí, v. 29, n. 92, p. 21-51, 2014.

LEFÉBRVE, H. **Lógica formal e lógica dialética**. 3 ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1987.

LEITE, S. Q. M. et al. (org.). Práticas experimentais investigativas em ensino de ciências. **Caderno de experimentos de física, química e biologia – espaços de educação não formal – reflexões sobre o ensino de ciências**. Vitória: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo e Secretaria de Estado de Educação do Espírito Santo, 2012. Disponível em: https://educimat.ifes.edu.br/images/stories/Publica%C3%A7%C3%B5es/Livros/ifes_Livro-Praticas-Experimentais-_2012.pdf. Acesso em: 20 Jun. de 2019.

LÉVY, P. **Cibercultura**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1999.

LOBINO, M. G. F. **Ensinando Física na infância: o som nosso de cada dia. Uma experiência inovadora**. Vitória: Novas edições acadêmicas, 2015.

LOBINO, M. G. F. **Influência dos diferentes saberes e concepções na práxis ambiental docente: limites e possibilidades**. Vitória, 2002. 157 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Espírito Santo.

MENEGOTTO, J. C., & ROCHA FILHO, J. B. Atitudes de estudantes do ensino médio em relação à disciplina de Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, 7(2), 298–312, 2008.

MIGUEL, J. C. **Ressignificação curricular em um contexto de formação continuada: a interdisciplinaridade no ensino médio por meio da abordagem temática**. Orientadora: Maria Celina Recena. Campo Grande: 2016. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2016.

MUENCHEN, C., AULER, D., Configurações curriculares mediante o enfoque CTS: desafios a serem enfrentados na educação de jovens e adultos. **Ciênc. educ. (Bauru)** [online]. 2007, vol.13, n.3, pp. 421-434

PRENSKY, M. Digital Native immigrants. **On the horizon**, MCB University Press, Vol. 9, N.5, October, 2001. Disponível em:

<https://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>. Acesso em: 07 set. 2019.

QUADRADO, Susana Isabel Gonçalves. **Podcasting no Ensino da Física:** Estudo piloto (quase experimental) sobre reforço de aprendizagem de conteúdos. 2009. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências - Universidade do Porto, 2009.

SANTOS, W.L.P.S.; MORTIMER, E.F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência –Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**, Belo Horizonte, v.02, n. 02, p. 01-23, dez. 2002. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewFile/21/52>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

SANTOS, B. S. **Os processos da globalização**, in B. S. Santos (org.), *Globalização: Fatalidade ou utopia?* Porto: 2001.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**, v. 2, n. 2, p. 133-162, 2000.

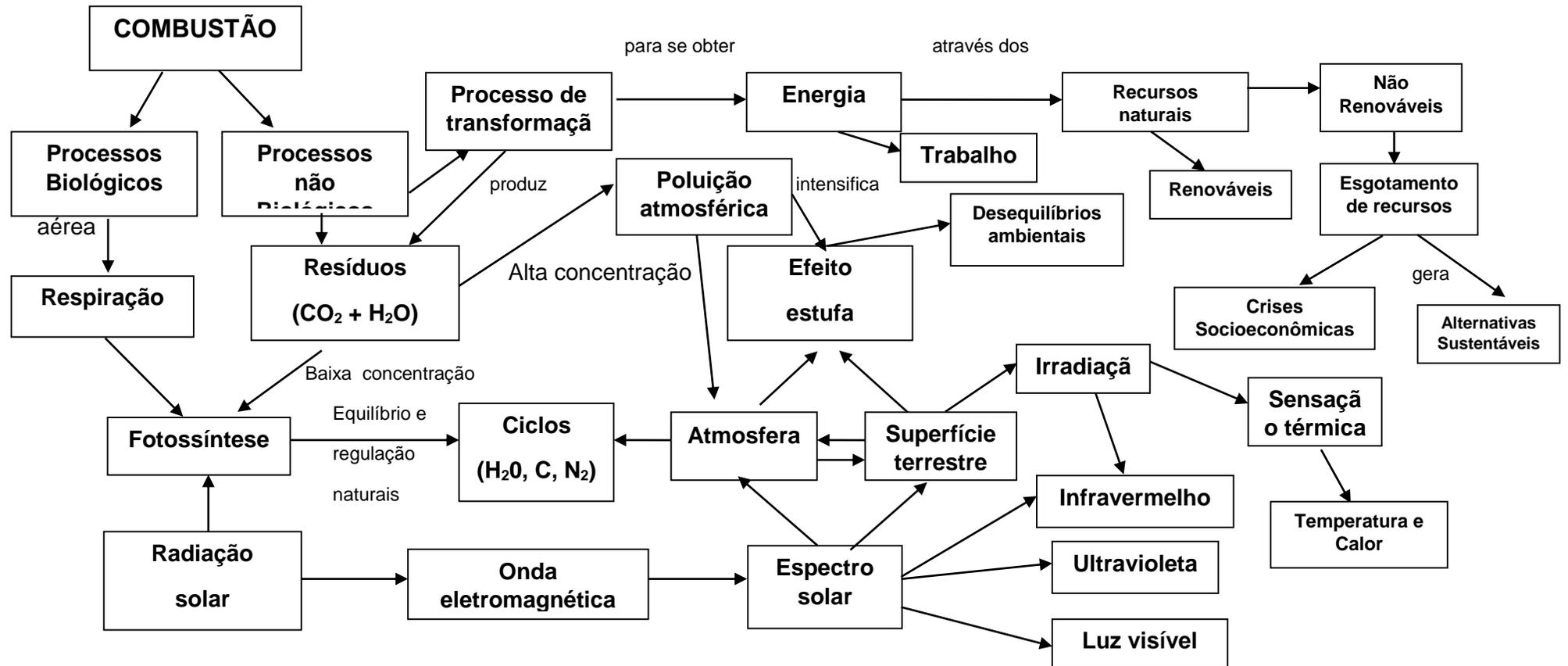
SASSERON, L. H. Alfabetização Científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino da Física. In: CARVALHO, A.M.P *et al.* **Ensino de Física. Coleção Ideias em ação**. São Paulo. Ed. Cengage learning, 2010.

SERWAY, R. A.; JEWETT JR, J. W. **Princípios de Física:** movimento ondulatório e Termodinâmica. Vol.2. 5ª Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

APÊNDICE A

Estrutura Conceitual da Intervenção Pedagógica

(Ampliado a partir do esquema de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), p.306-307)



APÊNDICE B

Questionário Inicial

Este questionário faz parte de uma pesquisa que está sendo realizada pela professora Evelyn de Oliveira Vieira, para buscar informações sobre as possibilidades de se trabalhar a temática ambiental o ensino de Física, visando analisar as contribuições que esta abordagem pode trazer ao processo educativo na aprendizagem de conteúdos relacionados à Física. Todas as respostas serão analisadas e utilizadas na elaboração de uma dissertação de Mestrado do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física do IFES, do qual a professora participa. Nenhuma pessoa que participar da pesquisa terá seu nome divulgado! Lembre-se que sua participação é muito importante! Favor não fazer consultas à Internet.

1. Como o calor pode ser obtido? O que você entende por calor?
2. Dê 03 (três) exemplos de situações que envolvam transmissão de calor (ou trocas de calor).
3. Na sua concepção, o que o Sol emite? Qual a importância do Sol para o planeta Terra?
4. Qual a importância do efeito estufa para o planeta Terra? Dê uma breve explicação de como ele ocorre.
5. Saberá dizer o que é uma estufa? Para que serve? Como funciona?
6. Que fatores têm influenciado o agravamento do efeito estufa terrestre?
7. Na questão 6, cite pelo menos 02 consequências para o ambiente do agravamento do efeito estufa terrestre.

APÊNDICE C

Figuras utilizadas na problematização inicial



...MAS A SENSAÇÃO É DE 51°C

A onda de calor não dá trégua aos moradores do estado. Especialistas ouvidos pelo Metro dão sugestões para encarar sensações térmicas que passam os 50°C

Sem trégua. Instituto de Meteorologia registrou 37,6°C, às 15h. Sensação térmica chegou a 51°C em Vitória

O calor não tem dado trégua. Pelo segundo dia consecutivo, a sensação térmica em Vitória atingiu a marca de 51°C, aquecendo as reclamações e os memes também nas redes sociais (confira ao lado).

Segundo o Inmet (Instituto Nacional de Meteorologia), Vitória registrou ontem, às 15h, 37,6°C. Foi o segundo dia mais quente de 2019. No último domingo, a máxima foi de 37,7°C, a mais alta desde dezembro de 2015, quando o Instituto marcou 38°C. Nas ruas, os termômetros marcaram 39°C à tarde.

Com tanto calor, especialistas alertam que é preci-

FONTE: Jornal Metro, 26 de Fevereiro de 2019



Nas redes sociais

MAIS UM DIA COM CLIMA DE MONTANHA

1

Montanha em erupção

Vulcão é usado para ironizar o calor da região de montanhas, que também está muito forte

2

Simpsons capixabas

Episódio dos Simpsons que retrata dia de muito calor ganhou as redes sociais dos capixabas.

3

Perto do sol

Meme mostra o Espírito Santo à frente da Terra, se aproximando do Sol



metrô

www.metrovitoria.com.br | better@metrovitoria.com.br | www.facebook.com/metrovitoria | @metrovitoria_VIX

GRANDE VITÓRIA

UM VEÍCULO PARA CADA TRÊS HABITANTES

Número de carros e motos cresceu 65% nos últimos 10 anos, enquanto a população aumentou 15% no mesmo período

FONTE: Jornal Metro, 19 de março de 2019



LOCALIZAÇÃO

Santa Luzia

seg, 18 de março 13:38

35°

35° / 26° | Sensação térmica 40°

Soalheiro

POR HORA

14:00	18:00	22:00	02:00	06:00	10:00
☁️	☁️	☁️	☁️	☁️	☁️
10%	40%	47%	20%	15%	5%
33°	29°	28°	27°	26°	32°

AccuWeather

Atual, 18/03 13:38

AccuWeather

APÊNDICE D

Questões do estudo dirigido sobre fontes de energia e impactos ambientais

- 5) Explique a importância da radiação solar para nosso planeta.
- 6) Cite os diversos usos da energia solar.
- 7) Explique o princípio de funcionamento: a) do aquecedor solar; b) das células fotovoltaicas
- 8) O que são combustíveis fósseis?
- 9) Dê a relação entre combustíveis fósseis e a emissão de dióxido de carbono.
- 10) O que são biocombustíveis? Dê exemplos.
- 11) Explique o que são fontes alternativas de energia. Dê exemplos.
- 12) Observe a figura da questão 1 (pg 103) e explique o que acontece com a radiação solar quando a mesma incide na atmosfera. (Balanço de radiação)
- 13) Diferencie efeito estufa de aquecimento global, explicitando os impactos ambientais decorrentes desse último.
- 14) Qual a importância da camada de ozônio para a Terra?
- 15) Escreva sobre os principais agentes poluidores do ambiente.
- 16) Quais são as vantagens e desvantagens dos usos dos biocombustíveis?
- 17) O que é sustentabilidade? Dê exemplos de atitudes pautadas na consciência ambiental.

APÊNDICE E

Textos de apoio para a realização da atividade sobre sensação térmica

Texto 1

Vitória tem os dias mais quentes desde 2016, diz Incaper.

Temperatura atingiu os 37,7 graus neste domingo (24) e segunda-feira (25), se igualando ao calor registrado há 3 anos. Meteorologista explicou o que causa o calor intenso.

Por G1 ES e TV Gazeta

25/02/2019

O calor que atingiu o Espírito Santo nos últimos dias fez com que Vitória registrasse os dias mais quentes desde 2016, segundo informações do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). Os termômetros na capital atingiram os 37,7°C, neste domingo (24) e nesta segunda-feira (25). A sensação térmica ficou em torno dos 42°C.

Em Cachoeiro de Itapemirim a temperatura nesta segunda chegou a 39,7 °C com sensação de 46 °C. Em Alegre, os termômetros marcaram 38,4 °C, e o índice de calor foi de 40°C.

Em fevereiro de 2016, o Espírito Santo registrou a mesma onda de calor. Na ocasião, a média das temperaturas máximas ao longo do mês foi de 34,3 °C. Este ano, até esta segunda-feira (25), a média das máximas em fevereiro de 2019 está em 34 °C.

Termômetros instalados em pontos da capital chegaram a marcar 40°C nesta segunda (25). Mas, segundo o Incaper, isso acontece por causa da localização do equipamento, que muitas vezes está próximo ao asfalto e cercado por construções de concreto. Já os números informados pelo Incaper correspondem a uma medição oficial, que segue critérios mundiais.

Alternativas

Para enfrentar o calorão, a aposentada Geni de Moraes usou o guarda-chuva como guarda-sol. "Está de torrar, né?", disse. Para encarar o dia de trabalho, um motorista de ônibus instalou um ventilador no coletivo. "Ajuda, minimiza um pouquinho a situação", explicou. Até dentro de casa está difícil de aguentar. A dona de casa Madalena Egídio conta que o ventilador tem trabalhado o dia todo. Para melhorar, ela tem usado uma técnica que aprendeu na televisão, que é colocar gelo próximo à fonte de ventilação. "Tivemos que colocar uma bacia com gelo para a gente suportar melhor o calor, porque está tenso", contou.

Por que tão quente?

De acordo com o meteorologista do Incaper, Hugo Ramos, o calor intenso é causado pela combinação de três fatores:

- Fevereiro já é climatologicamente considerado o mais quente do ano;

- O fenômeno El Niño contribuiu para que as temperaturas fiquem mais elevadas;

- A presença de um forte sistema de Alta Pressão tem impedido o avanço de sistemas que possam mudar as condições de tempo no estado, como também a formação de nuvens para a ocorrência de chuva. "A atuação de um sistema de pressão atmosférica inibe a formação de níveis de chuva e impede os avanços das frentes frias que estão vindo pelo Sul do Brasil não chegam ao Espírito Santo em razão desse bloqueio", disse Hugo Ramos.

A temperatura segue alta ao longo da semana, mas não são esperados novos recordes de temperatura no estado, de acordo com o Incaper.

Sensação térmica

A estimativa para medir a sensação térmica (ou estresse térmico) geralmente leva em conta a temperatura, a umidade do ar e a velocidade do vento, segundo o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-Inpe).

O Brasil não possui um índice oficial. Ao redor do mundo, há mais de 160 maneiras de cálculo. A sensação térmica também é subjetiva: cada pessoa tem uma percepção do calor ou do frio, sobretudo por causa do índice de gordura corporal.

"Além de a gente receber o calor direto do sol, toda a estrutura de prédios, asfalto, eles emitem esse calor e acabam contribuindo para esse calor além do que é medido pelo termômetro. Se tiver em um campo um pouco mais aberto, com vento, acaba atenuando um pouco a sensação do que é medido no termômetro. Por isso é que pode estar 39°C em toda a Grande Vitória, mas em cada ambiente a gente tem uma sensação de calor diferente", explicou o meteorologista.

Texto 2

Sensação térmica

Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre.

Sensação térmica ou **temperatura aparente** é a forma como os nossos sentidos percebem a temperatura do ar, e que pode diferir da temperatura real. Tal se deve a condicionantes climáticas que afetam a transferência de calor entre o corpo e o ar: como são a umidade, a densidade e a velocidade do vento. A pele, o nosso maior órgão, recebe as sensações que identificamos, como a dor, pressão, frio e calor (estas duas chamadas "sensações térmicas"), etc. Como exemplo, damos o vento de ar quente, que, ao bater-nos na pele parece-nos frio (devido à velocidade dele, e umidade do ar ou da pele); este ar aquecerá o espaço onde tenha entrado, contudo, enquanto é vento (enquanto tem movimento), poderá até parecer-nos frio aos sentidos - ao parar deixa-nos perceber com maior realismo a sua temperatura mais elevada.

Após um banho, é normal que se sinta um pouco de frio. A evaporação de um líquido faz baixar a

temperatura, por esse motivo é que há sensação de frio quando molhado. Tal fato ocorre porque a fina camada de água que adere à pele absorve uma quantidade significativa de calor, por isso ocorre a sensação de frio. Mais frio ainda é sentido quando está ventando, pois o vento intensifica a evaporação da água, que provoca o abaixamento da temperatura corporal.

Para quem vive num clima quente, ou onde há estações quentes, o conceito de sensação térmica associada ao vento pode parecer de pouca importância, embora também aí se saiba que a brisa e o vento dão a sensação térmica de refrescamento (como já foi dito). Porém, em países mais frios, ou épocas frias, o abaixamento de temperatura causado por ventos fortes pode ser mais evidente e provocar diversos problemas sérios a um corpo pouco protegido, como por exemplo a hipotermia.

O termo sensação térmica foi popularizado após a Segunda Guerra Mundial, quando as tropas alemãs fracassaram numa tentativa de invasão à Rússia durante o seu inverno rigoroso. Foi a partir daí que o exército americano criou um índice de avaliação da sensação térmica relacionado à velocidade do vento. Esse índice popularizou-se e passou a ser divulgado juntamente com as temperaturas.

Texto 3

Sensação de calor

Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre.

Sensação de calor refere-se às maneiras como o ser humano sente a temperatura ambiente elevada.

Entender a forma como o corpo humano perde calor é de fundamental importância para entender a sensação de calor.

Formas de perda de calor do corpo humano

Há três formas do corpo humano perder calor: por irradiação (ondas infravermelhas), por condução (pelo contato com substâncias mais frias, como o ar) e por evaporação (suor). Mas a perda de calor por irradiação e condução só é possível para o corpo humano quando a temperatura do ar está menor do que a temperatura da pele, que é metabolicamente regulada para em torno 33 °C^[1]. Portanto, acima de 33 °C de temperatura ambiente, a evaporação do suor é a única forma de perda de calor capaz de garantir a regulação em 33 °C da temperatura da pele que, por sua vez, permite a regulação da temperatura interna do corpo de cerca de 36 °C.

A evaporação do suor

A transpiração do suor é o principal mecanismo de perda de calor do corpo humano, sendo este o mecanismo primordial de regulação da temperatura do corpo quando a temperatura ambiente está maior do que a da pele (acima de 33 °C).

Caso a evaporação do suor seja impedida ou dificultada, quanto mais a temperatura ambiente se aproxima de 33 °C, maior o desconforto térmico. Se a temperatura ambiente supera 33° e a evaporação do suor for dificultada, não apenas o desconforto térmico se torna cada vez mais extremo como também pode levar à morte por hipertermia.

A evaporação do suor permite o resfriamento evaporativo do corpo, possibilitando que a superfície do corpo (e daí a temperatura interna) possa alcançar temperaturas menores do que a ambiente, dissipando o calor gerado pelo próprio metabolismo corporal e a garantindo manutenção da temperatura corporal interna em torno de 36 °C.

Veremos adiante os principais fatores que promovem ou dificultam a evaporação do suor, isto é, uma maior ou menor sensação de calor.

Papel primordial da ventilação e da umidade relativa do ar na taxa de evaporação do suor

Quanto maior a **taxa de evaporação do suor**, mais o corpo é resfriado. Dois fatores determinam a taxa de evaporação do suor: a **umidade relativa do ar** e a **ventilação**:

a) **Umidade relativa do ar**: Quanto menor a umidade relativa do ar, maior a taxa evaporativa do suor. Se a umidade relativa se aproximar de 100%, isto significa que a capacidade do ar de conter mais vapor do que já contém tende a ser nula, reduzindo ao mínimo a taxa de evaporação do suor e levando ao máximo o desconforto térmico no caso de a temperatura ambiente se aproximar ou superar a do corpo humano. Felizmente, na maioria dos climas da terra, a umidade relativa se aproxima de 100% apenas durante precipitações (chuva), fenômeno atmosférico que, por si mesmo, reduz significativamente a temperatura ambiente. Em geral, quanto maior a temperatura ambiente, menor é a umidade relativa do ar (inclusive em climas tropicais úmidos), visto que, quanto maior a temperatura, mais o ar se expande, aumentando sua capacidade de conter vapor (inversamente, quanto menor a temperatura, mais o ar se contrai, reduzindo sua capacidade de conter vapor).

b) **ventilação**: quanto maior a velocidade do ar que passa sobre a superfície do corpo humano, maior a taxa de evaporação do suor. Deve-se observar que a ventilação por si mesma não reduz a temperatura ambiente, ela apenas aumenta a taxa de evaporação do suor, isto é, promove o resfriamento evaporativo do corpo humano. Ademais, a ventilação dissipa a umidade que se acumularia no interior da construção, melhorando o conforto térmico.

Eficácia do resfriamento mediante a evaporação do suor

Pode-se verificar em nosso corpo a enorme eficácia do resfriamento evaporativo quando, num dia quente, permanecendo molhado após um banho, secamos nosso corpo em frente a um ventilador. Por exemplo, no dia 4 de fevereiro de 2010, no Rio de Janeiro, a temperatura do ar alcançou 40 °C, a máxima do ano, por volta de 4 horas da tarde (<http://www.wunderground.com/history/airport/SBAF/2010/2/4/DailyHistory.html>), mas a umidade relativa do ar estava em 27%, e a pressão atmosférica estava em 1009 hPa; conseqüentemente, a temperatura de bulbo úmido era de apenas 24,2 °C, sendo esta a temperatura alcançada por uma superfície molhada exposta ao ar, como por exemplo, a pele molhada, naquele dia mais quente do ano. Para calcular a temperatura de bulbo úmido (wet bulb temperature) a partir da temperatura do ar e da umidade relativa, há na internet calculadoras como esta.

