



NALTILENE TEIXEIRA COSTA SILVA

GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM
UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR USANDO TDIC COMO ESPECIALISTAS

Campo Grande/MS
2025



NALTILENE TEIXEIRA COSTA SILVA

GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM
UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR USANDO TDIC COMO ESPECIALISTAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, área de concentração Ensino de Ciências Naturais da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, como requisito para aprovação no exame de defesa para a obtenção do título de Doutora em Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Ricardo da Silva Rosa
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Nádia Cristina Guimarães Errobidart

Campo Grande/MS
2025



SILVA, N. T. C. Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica em uma abordagem interdisciplinar usando TDIC como especialistas. Relatório de pesquisa apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, área de concentração Ensino de Ciências Naturais da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, como requisito para a obtenção do título de Doutora em Ensino de Ciências.

BANCA EXAMINADORA

:

Prof. Dr. Paulo Ricardo da Silva Rosa

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof.^a Dr.^a Nádia Cristina Guimarães Errobidart

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. André Ary Leonel

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Dr.^a Keiciane Canabarro Drehmer Marques

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Dr.^a Daniele Correia

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. João José Caluzi

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Dedico este trabalho à minha mãe, Natália Teixeira da Silva.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir esse momento de reflexão e mudanças de paradigmas e, assim, ter a oportunidade de continuar a aprender e criar perspectivas tanto no universo acadêmico quanto no profissional.

A Nilton, meu querido esposo, pelo incentivo constante na caminhada a dois.

Às minhas filhas, Anne Julie e Anne Caroline, pelo apoio incondicional em todo esse processo. Já vamos poder voltar a assistir algumas coisas juntas e irmos mais vezes à praia.

À minha amada mãe Natália, pelo apoio constante e compreensão nas minhas sumidas de vez em quando.

Aos alunos que aceitaram participar desta pesquisa. Foram momentos de aprendizado mútuo, embora todas as dificuldades.

À equipe gestora e pedagógica da Escola de Referência em Ensino Médio Maria Gayão Pessoa Guerra, que me proporcionou o auxílio necessário para realizar minha investigação da melhor forma possível nas particularidades da escola.

À Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco, por me possibilitar esse momento ímpar para o meu desenvolvimento enquanto pesquisadora.

Aos professores membros da banca, por acolherem esse momento precioso e pelas relevantes contribuições. Seguramente, enriqueceram esta pesquisa e a minha caminhada enquanto pesquisadora.

Por fim, sou imensamente agradecida aos professores, Dr. Paulo Ricardo da Silva Rosa e Dr.^a Nádia Cristina Guimarães Errobidart, que acreditaram em mim desde o momento em que estavam na minha banca de entrevista para a seleção do doutorado.

Obrigada, pelos questionamentos e pelas cobranças que me levaram à reflexão e geraram aprendizagem durante todo o procedimento de desenvolvimento da pesquisa do curso de doutorado. Muito obrigada pela orientação diligente e segura que me proporcionaram desde o primeiro momento do desenvolvimento desta pesquisa.

RESUMO

Um dos problemas do processo de ensino é a fragmentação do conhecimento. Como consequência, os estudantes ficam sem ferramentas para resolver problemas advindos de um contexto que exigem a participação de mais de uma disciplina para serem resolvidos. O fato de a formação e o currículo serem disciplinares em todos os níveis, os professores acabam por não ter disponíveis metodologias adequadas para desenvolverem atividades interdisciplinares. Baseado no referencial metodológico para a construção de uma Ilha de Racionalidade Interdisciplinar (IRI) proposto por Gérard Fourez e colaboradores e tendo como referencial de aprendizagem a Teoria do Desenvolvimento como processo sócio-histórico na perspectiva de Vygotsky, foi desenvolvida, com estudantes do terceiro ano do Ensino Médio, uma Sequência de um Percurso Interdisciplinar (SPI) sobre o problema complexo “como se dá a geração, a transmissão e a distribuição de energia elétrica em residências”? A investigação relatada neste trabalho, de natureza empírica qualitativa com intervenção, teve como objetivo avaliar a efetividade dessa SPI em levar estudantes do Ensino Médio a construírem uma representação interdisciplinar de conceitos ligados ao problema complexo. Os encontros aconteceram de forma presencial e utilizaram tanto a sala de aula dos estudantes como o laboratório de informática da escola. Os instrumentos de coleta de registros e os materiais analisados nesta pesquisa foram as atividades e as sínteses produzidas pelos estudantes em sala de aula, bem como as transcrições das gravações em áudios dos encontros, os registros do diário de bordo da pesquisadora e uma entrevista semiestruturada que foi realizada no final da aplicação da SPI. Para analisar o grau de interdisciplinaridade presente nas representações dos estudantes foram desenvolvidas duas ferramentas: Mapas Topológicos e o Índice de Interdisciplinaridade. A partir da análise dos dados construídos foi possível observar a efetividade da SPI para que os estudantes construísem uma representação interdisciplinar do problema complexo, na forma de mapas mentais. Os Índices de Interdisciplinaridade, obtidos a partir dos mapas topológicos construídos, foram todos positivos, evidenciando o estabelecimento de relações entre distintas disciplinas.

PALAVRAS-CHAVES: Circuitos elétricos, Webquest, Mapas Mentais, Interdisciplinaridade, Tecnologias Digitais.

ABSTRACT

One of the problems of the teaching process is the fragmentation of knowledge. As a consequence, students are left without tools to solve problems arising from a context that require the participation of more than one discipline to be solved. The fact that training and curriculum are disciplinary at all levels, teachers end up not having adequate methodologies available to develop interdisciplinary activities. Based on the methodological framework for the construction of an Island of Interdisciplinary Rationality (IRI) proposed by Gérard Fourez and collaborators and having as a learning reference the Theory of Development as a socio-historical process from Vygotsky's perspective, was developed with students of the third year of High School a Sequence of an Interdisciplinary Path (SPI) on the complex problem "How does the generation, transmission and distribution of electricity in homes take place"? The investigation reported in this work, of a qualitative empirical nature with intervention, aimed to evaluate the effectiveness of this SPI in leading high school students to build an interdisciplinary representation of concepts related to the complex problem mentioned above. The meetings took place in person and used both the students' classroom and the school's computer lab. The instruments for collecting records and the materials analyzed in this research were the activities and syntheses produced by the students in the classroom, as well as the transcriptions of the audio recordings of the meetings, the records of the researcher's logbook and a semi-structured interview that was conducted at the end of the application of the SPI. To analyze the degree of interdisciplinarity present in the students' representations, two tools were developed: Topological Maps and the Interdisciplinarity Index. From the analysis of the data constructed, it was possible to observe the effectiveness of the SPI so that the students could build an interdisciplinary representation of the complex problem, in the form of mental maps. The Interdisciplinarity Indexes, obtained from the topological maps constructed, were all positive, evidencing the establishment of relationships between different disciplines.

KEYWORDS: Electrical circuits, Webquest, Mind Maps, Interdisciplinarity, Digital Technologies.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas da Revisão Integrativa.....	56
Quadro 2 - Trabalhos acadêmicos enfocando atividades fundamentadas na abordagem didática utilizando tecnologias digitais.....	58
Quadro 3 - Artigos selecionados que utilizam de eletricidade mediados por simulação digital no EM.....	59
Quadro 4 - Resultados da análise dos artigos que utilizaram simulações digitais como mediação no ensino de fenômenos de eletricidade no EM.	69
Quadro 5 - Periódicos pertencentes ao corpus com indicação da classificação no Qualis (2017-2020).....	70
Quadro 6 - Artigos selecionados que utilizaram o método de construção de uma IRI como modelo interdisciplinar.	71
Quadro 7 - Modelo interdisciplinar adotado pelos autores.	77
Quadro 8 - IDEB da escola referentes aos anos:2017, 2019, 2021 e 2023.	92
Quadro 9 - Normas para transcrição de entrevistas gravadas (Prete et al., 1999, p. 19-20).....	97
Quadro 10 - Grelha de Avaliação das competências interdisciplinares.....	99
Quadro 11 - Critérios de pontuação das Sínteses.....	100
Quadro 12 – Índice de Interdisciplinaridade da Síntese	105
Quadro 13 - Questões da grelha interdisciplinar de análise.	110
Quadro 14 - Resultado da pesquisa de campo.	119
Quadro 15 - Ideias expressas pelos estudantes quanto ao que seria uma Abordagem Interdisciplinar.	125
Quadro 16 - Objetos de conhecimento identificados no Currículo de PE - Síntese Final G3.....	134
Quadro 17 - Comparação entre SPI – Estudo Principal e SPI – estudo piloto.	136
Quadro 18 - Grelha Interdisciplinar de análise (Estudo Principal).	138
Quadro 19 - Conceitos cotidianos dos estudantes em relação a questão problematizadora.....	147
Quadro 20 - Objetos de conhecimento identificados no Referencial Curricular de PE.	162
Quadro 21 - Índice de Interdisciplinaridade da Síntese do G1	189
Quadro 22 - Índice de Interdisciplinaridade da Síntese do G2	194
Quadro 23 - Índice de Interdisciplinaridade da Síntese do G3	199
Quadro 24 - Índice de Interdisciplinaridade da Síntese do G4	204
Quadro 25 - Índice de Interdisciplinaridade das Sínteses.	206
Quadro 26 - Planejamento da Sequência de Percurso Interdisciplinar – Estudo Principal	248

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema das estratégias de construção de uma representação para um problema complexo ou uma situação particular.	29
Figura 2 - Esquema de Problemas complexos.	34
Figura 3 - Esquema da modelização do percurso de construção da IRI.	36
Figura 4 - Quadro comparativo entre atividade direta e mediada.	41
Figura 5 - Associação da Linguagem e do desenvolvimento do pensamento.	45
Figura 6 - Esquema da direção dos conceitos cotidianos e científicos (Vygotsky, 2010, p. 281).	48
Figura 7 - Delineamento da pesquisa.	90
Figura 8 - Localização da escola em Araçoiaba (PE).	91
Figura 9 - Mapa Topológico.	102
Figura 10 - Síntese final elaborada pelo G4 no estudo piloto.	103
Figura 11 - Asserções identificadas no mapa mental (a); Mapa Topológico do mapeamento disciplinar nas asserções identificadas (b).	104
Figura 12 - Charge utilizada na etapa Clichê.	108
Figura 13 - Tabela genérica para Leds	115
Figura 14 - Ilha Interdisciplinar de Racionalidade elaborada pelo G3.	133
Figura 15 - Mapa Mental do Panorama Espontâneo	161
Figura 16 - Mapa Mental construído pelo Grupo 1.	165
Figura 17 - Mapa Mental construído pelo Grupo 2.	168
Figura 18 - Mapa Mental construído pelo Grupo 3.	171
Figura 19 - Mapa Mental construído pelo Grupo 4.	174
Figura 20 - Simulação de circuito em série do G2.	179
Figura 21 - Simulação de circuito em série do G3.	180
Figura 22 - Simulação de Circuito em paralelo do G2.	182
Figura 23 - Simulação circuito em paralelo do G3.	183
Figura 24 - Síntese Final do Grupo 1.	187
Figura 25 - Mapa Topológico da Síntese final do Grupo 1.	188
Figura 26 - Síntese Final do Grupo 2.	192
Figura 27 - Mapa Topológico da Síntese final do Grupo 2.	193
Figura 28 - Síntese Final do Grupo 3.	197
Figura 29 - Mapa Topológico da Síntese Final do Grupo 3.	199
Figura 30 - Síntese Final do Grupo 4.	202
Figura 31 - Mapa Topológico da Síntese Final do Grupo 4.	204
Figura 32 - Mapeamento no Currículo de Pernambuco – Ensino Médio (Pernambuco, 2021) de objetos de conhecimento e habilidades relacionadas ao problema complexo.	208

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACT. Alfabetização Científica e Técnica
ATD. Análise Textual Discursiva
BNCC. Base Nacional Comum Curricular
CAPES. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CTS. Ciência, Tecnologia e Sociedade
DCNs. Diretrizes Curriculares Nacionais
EM. Ensino Médio
HOTVL. Higher Order Thinking Virtual Laboratory
IDEB. Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IndI. Índice de Interdisciplinaridade
IRI. Ilha de Racionalidade Interdisciplinar
LR. Laboratórios Remotos
LV. Laboratório Virtual
MEP. Programa de Educación Diversificada en Física
NBR. Norma Brasileira Regulamentadora
PhET. Physics Education Technology
PODS. Prever-Observar-Discutir-Sintetizar
RA. Realidade Aumentada
SPI. Sequência de um Percurso Interdisciplinar
TALE. Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TAS. Teoria da Aprendizagem Significativa
TCLE. Termos de Consentimento Livre e Esclarecido
TDIC. Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
UFMS. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
VISIR. Sistema de Instrumentos Virtuais em Realidade
ZDP. Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	14
INTRODUÇÃO	16
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
1.1 INTERDISCIPLINARIDADE COMO REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO.....	24
1.1.1 Interdisciplinaridade: Uma perspectiva histórica	25
1.1.2 Interdisciplinaridade na perspectiva de Fourez e colaboradores.....	28
1.1.3 Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT)	30
1.1.4 Um método para elaborar uma representação interdisciplinar	33
1.2 TEORIA DO DESENVOLVIMENTO COMO PROCESSO SOCIOCULTURAL NA PERSPECTIVA DE VYGOTSKY	38
1.2.1 Mediação, Instrumentos e Signos	40
1.2.2 A Linguagem na organização do pensamento humano	43
1.2.3 Conceitos Cotidianos e Conceitos Científicos	47
1.2.4 A Internalização na organização da definição verbal	49
CAPÍTULO 2. CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS E DA INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS	55
2.1 TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS EM NÍVEL MÉDIO	57
2.1.1 Referenciais teóricos de ensino utilizados.....	61
2.1.2 Tipo de Simulação.....	62
2.1.3 Impactos na aprendizagem	64
2.1.4 Sistematização dos Resultados	67
2.2 INTERDISCIPLINARIDADE EM PESQUISAS PUBLICADAS NA ÁREA DE ENSINO DE CIÊNCIAS.....	70
2.2.1 Qual nível de ensino os trabalhos que utilizaram o método para a construção das IRI foram desenvolvidos?	73
2.2.2 Referenciais teóricos de aprendizagem utilizados articulados com o método de construção de uma IRI	75

2.2.3 Modelo adotado para o desenvolvimento da IRI . Erro! Indicador não definido.	
2.2.4 A natureza do problema complexo objeto do desenvolvimento da IRI.....	79
2.2.5 Resultados obtidos na aprendizagem dos estudantes ao vivenciarem o modelo interdisciplinar proposto	81
CAPÍTULO 3. PROCEDIMENTO DE PESQUISA	86
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	86
3.2 O CONTEXTO DA INVESTIGAÇÃO	91
3.3 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS	93
3.3.1 Análise Microgenética	93
3.3.2 Transcrição das falas	96
3.3.3 Ferramentas para a análise das Sínteses.....	99
3.4 MÉTODO DA INTERVENÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DA IRI.....	105
3.4.1 Sequência de um Percurso Interdisciplinar (SPI) - Estudo Piloto.....	106
3.4.2 Validação das ferramentas e estratégias - Estudo Piloto	118
3.4.3 Sequência de um Percurso Interdisciplinar (SPI) - Estudo Principal	136
CAPÍTULO 4. ANÁLISE DOS DADOS.....	143
4.1 ETAPA CLICHÊ	143
4.1.1 Interação dos estudantes frente a charge	143
4.1.2 Conceitos iniciais sobre a questão problematizadora.....	145
4.2 ETAPA PANORAMA ESPONTÂNEO	151
4.2.1 Conceitos iniciais dos estudantes frente à Grelha Interdisciplinar.....	151
4.3 ETAPA ABERTURA DAS CAIXAS PRETAS	162
4.3.1 Caixa preta “Geração e transmissão de energia hidrelétrica”	163
4.3.2 Caixa preta - “Matriz energética e Elétrica”	167
4.3.3 Caixa Preta “Introdução da eletricidade na vida humana”.....	170
4.3.4 Caixa Preta “Normas Brasileiras Regulamentadoras”	173
4.3.5 Caixa Preta “Circuitos elétricos simples”	175

4.4 ETAPA SÍNTESE FINAL	184
4.4.1 <i>Análise das Sínteses Finais</i>	185
4.4.2 <i>Problema Complexo mapeado em Objetos de Conhecimentos pertencentes ao Currículo de Pernambuco para o Ensino Médio</i>	206
4.5 ENTREVISTA.....	209
ALGUMAS CONSIDERAÇÕES.....	216
REFERÊNCIAS.....	221
APÊNDICES	228
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	228
APÊNDICE B - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE) ..	232
APÊNDICE C – ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA	236
APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO DE CAMPO	239
APÊNDICE E – ORIENTAÇÃO DAS ABERTURAS DAS CAIXAS PRETAS	241
APÊNDICE F - PLANO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO – ESTUDO PRINCIPAL	246

APRESENTAÇÃO

Rever a trajetória de vida é sempre uma oportunidade interessante. É um momento em que paramos para refletir sobre o caminho que percorremos, trilhando na direção tanto da nossa realização profissional quanto da nossa contribuição, nesse campo, ao desenvolvimento das instituições e da sociedade.

Quando fui aprovada no vestibular e comecei o curso de Licenciatura em Matemática pela Universidade Federal do Pará (UFPA), polo Bragança-PA, estudava à noite e trabalhava pela manhã. No primeiro e segundo ano do curso, enfrentei muita dificuldade devido aos conhecimentos limitados em geometria, álgebra e trigonometria. No entanto, a persistência foi imprescindível para contribuir com a minha formação, tanto profissional quanto pessoal. Foi um tempo de muito aprendizado, quando eu percebi que podia aprender qualquer coisa, desde que eu me dispusesse a aprender.

Ao terminar a licenciatura, logo percebi que as experiências e o conhecimento adquirido não eram suficientes para lidar com o cotidiano da sala de aula. Assim, em 1998, ano seguinte da conclusão da licenciatura, ingressei num Curso de Extensão de Aperfeiçoamento no Ensino de Física para o EM no polo da UFPA de Bragança. Pela primeira vez tive contato com aulas experimentais de Física. Esse curso de Aperfeiçoamento foi essencial para que eu me identificasse com o ensino de Física.

Em 2000, por motivos pessoais, vim morar em Recife. No ano de 2003, fui aprovada no concurso para professor de Ensino Fundamental pela Prefeitura do Recife/PE, onde trabalhei por seis anos. Também, fiz concurso para professor de Matemática do Estado de Pernambuco, com o qual já tenho vínculo há mais de 18 anos. No entanto, pela necessidade de professores nas escolas e pela minha identificação pessoal com a disciplina de Física, atualmente estou voltada apenas ao ensino de Física no EM.

O momento como professora de ensino fundamental da Prefeitura do Recife foi de suma importância em minha vida, porque foi nas formações continuadas para professores, que comecei a vislumbrar a possibilidade de voltar a estudar e fazer pós-graduação. Nessas formações, que ocorreram no Departamento de Educação da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), tive a oportunidade de aprender com excelentes professores, que me fizeram reavaliar minhas percepções sobre o

ensino.

A prefeitura do Recife, em parceria com o Ministério da Educação (MEC) e UFPE, levaram para as escolas, na época, uma seleção/inscrição para professores da Prefeitura do Recife para fazer Especialização em Mídias na Educação. Nesse curso, fiz muitas descobertas sobre as novas tecnologias e fiquei entusiasmada com as possibilidades de um ensino que considere Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TDIC). As possibilidades de interação permitidas por essas tecnologias não só conectam pessoas como podem potencialmente, desde que articuladas a projetos adequados de ensino, modificar de uma forma profunda as possibilidades de uma vivência escolar mais significativa para os estudantes.

Em 2016, fiz a seleção para o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física no Polo da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Minha pesquisa de mestrado foi desenvolvida com meus próprios alunos e teve como objetivo principal integrar a robótica educacional no ensino de tópicos de Cinemática como: Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), Movimento Circular Uniforme (MCU) e Engrenagens utilizando kits Mindstorms NXT 9797 da LEGO.

A experiência de participar desse curso em nível de mestrado foi muito significativa e me trouxe motivação para continuar pesquisando sobre o uso das TDIC na sala de aula no EM sendo orientada por um referencial metodológico de abordagem interdisciplinar e referencial de aprendizagem. Essas inquietações basearam o meu projeto de pesquisa apresentado para o processo seletivo para o curso de Doutorado em Ensino de Ciências da UFMS, no qual ingressei em 2021 e no qual, investigou o problema complexo “Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica: uma abordagem interdisciplinar”.

O desenvolvimento de atividades utilizando uma abordagem interdisciplinar baseada no referencial metodológico para a construção de uma IRI proposta por Gérard Fourez e colaboradores e na Teoria do Desenvolvimento como processo sócio-histórico na perspectiva de Vygotsky na pesquisa de doutorado tem me proporcionado muitas aprendizagens, que hoje eu uso para fundamentar minha prática em sala de aula. Nesse aspecto, o curso de doutorado em Ensino de Ciências favorece tanto o meu desenvolvimento profissional quanto a articulação no meu cotidiano pedagógico da prática com a teoria.

INTRODUÇÃO

Os apelos para adotar uma percepção de totalidade e para a interconexão das contribuições dos elementos de distintas disciplinas em uma perspectiva interdisciplinar são, a cada momento, mais frequentes tanto no espaço escolar, quanto no mundo da investigação, bem como em inúmeros espaços da vida privada ou profissional, no exercício da cidadania e nas tomadas de decisões políticas (Maingain; Dufour, 2016).

No ambiente escolar, a orientação para ações interdisciplinares emerge em documentos oficiais que norteiam a prática pedagógica como na Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), no Currículo de Pernambuco¹ (Pernambuco, 2021) para o Ensino Médio e no decreto nº 48.477, de 26 de dezembro de 2019 que institui o Regimento Escolar Unificado Substitutivo das Unidades Escolares da Rede Estadual de Ensino do Estado de Pernambuco (Pernambuco, 2019).

Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o novo Ensino Médio, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, embora não haja nenhuma referência ao termo interdisciplinaridade e nem registros de ações interdisciplinares, os componentes curriculares são organizados por áreas de conhecimento (Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas), com a finalidade de que haja integração entre duas ou mais disciplinas do currículo, para um melhor entendimento e modificação de uma realidade complexa (Brasil, 2018).

Nesse contexto, o termo “integração” é utilizado no sentido de construir conhecimentos integrando objetos de conhecimento de disciplinas distintas, indicando “mais uma das barreiras que a interdisciplinaridade precisa transpor para, de fato, inserir-se no ambiente escolar de maneira a fazer a diferença no processo de ensino e aprendizagem” (Nascimento; Pereira; Shaw, 2020, p.149). Apesar de organizada por áreas, o currículo na BNCC é disciplinar, no qual cada disciplina tem suas respectivas competências e habilidades, sem conexão com outras disciplinas, seja da mesma área ou de outras áreas.

¹ O foco neste currículo é devido a presente pesquisa ser parte de um projeto de doutorado da Universidade do estado de Mato Grosso Sul, sendo desenvolvida em uma Escola Estadual de Pernambuco.

Diferentemente, no Currículo de Pernambuco (Pernambuco, 2021) o termo “interdisciplinaridade” aparece treze vezes no documento com o intuito de incorporar a interdisciplinaridade como prática pedagógica em sala de aula para “além do diálogo entre disciplinas, técnicas e métodos para melhor compreensão de um objeto a partir da contextualização” (Pernambuco, 2021, p. 66), mas, também, voltada para a emancipação dos sujeitos. Com isso, todas as áreas de conhecimento “estão integradas entre si, promovendo um movimento de interdisciplinaridade entre os componentes e, conseqüentemente, uma formação mais ampla para os estudantes” (Pernambuco, 2021, p. 61).

No decreto nº 48.477, de 26 de dezembro de 2019 que institui o Regimento Escolar Unificado Substitutivo das Unidades Escolares da Rede Estadual de Ensino do Estado de Pernambuco, para fundamentar as unidades escolares quanto suas “práticas nos princípios pedagógicos”, no capítulo II, Art. 7º, incisos VIII e IX, ressaltam respectivamente o “incentivo à pesquisa como princípio pedagógico” e à “interdisciplinaridade, como tratamento metodológico do processo de ensino aprendizagem” dentre os princípios destacados contidos nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) e nas normas estaduais emanadas do Conselho Estadual de Educação e da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco, por meio de suas Secretarias Executivas.

Observando o que esses documentos oficiais, que orientam quanto aos processos de ensino na escola, apresentam referente à “interdisciplinaridade” se evidencia a necessidade de romper com a fragmentação dos saberes no ambiente escolar por meio de abordagens de construção de conhecimento integrado. Entretanto, no contexto escolar a interdisciplinaridade ainda se apresenta como algo utópico e não é surpreendente que o desenvolvimento de práticas interdisciplinares ainda seja escasso.

Possivelmente, influencia o fato de que os docentes têm toda a sua formação inicial em cursos disciplinares (Fourez, 1997). Com isso, a conceituação de interdisciplinaridade e a preparação para desenvolvê-la na escola são ausentes desta formação. Outro ponto que também faz com que a interdisciplinaridade na escola pareça algo distante é o fato de que “a instituição escolar funciona segundo o modelo da compartimentação disciplinar” (Maingain; Dufour; Fourez, 2008, p. 24). A rotina nas escolas também não favorece o aparecimento de iniciativas pautadas pela

interdisciplinaridade. Por fim, a falta de estratégias didáticas que promovam a interdisciplinaridade, consolidadas e validadas no ambiente escolar, também contribui para a ausência de abordagens interdisciplinares na escola que forneçam elementos para elaborar uma representação de situações complexas que solicitam ultrapassar as fronteiras disciplinares (Maingain; Dufour; Fourez, 2008).

Outra orientação ligada às práticas pedagógicas que ressalta a BNCC, na Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, está na competência específica três em que os estudantes precisam “investigar situações-problema [...] e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC)” (Brasil, 2018, p. 539).

Essa orientação pedagógica descrita na BNCC pode favorecer a construção de conhecimentos dentro de um ambiente escolar, desde que articulada em função de uma intenção (construir um saber, realizar um projeto) e de um contexto que estimule para a investigação, levando os estudantes a uma atitude mais ativa na construção do seu conhecimento, na prática, tal orientação também está distante das atividades desenvolvidas no dia a dia da escola.

Apesar disso, surgem propostas para o trabalho pedagógico no ambiente escolar, buscando promover um diálogo entre os conteúdos escolares e as situações cotidianas vivenciadas, a partir da interdisciplinaridade associada a distintos instrumentos, entre os quais, as tecnologias digitais de informação e comunicação, que podem vir a cooperar para a formação autônoma e crítica dos estudantes.

Dentre os diferentes conceitos de interdisciplinaridade, foi adotado para esta pesquisa um que está vinculado à Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) como o apresentado por Maingain, Dufour e Fourez (2008). Esses autores falam de interdisciplinaridade quando é necessário integrar a contribuição de diversas disciplinas, com vista a construir uma representação ou modelização de um conceito, situação, problema complexo, acontecimento, a fim de se dotar de uma ferramenta de análise, de comunicação e ou de ação. A essa representação ele denomina de Ilha de Racionalidade Interdisciplinar (IRI). Na perspectiva do autor, essa proposta favorece o processo que ele denomina de “Alfabetização Científica e Tecnológica”.

Outra possibilidade de trabalho pedagógico, presente nas orientações da

BNCC é o uso de TDIC. Araújo *et al.* (2016) apontaram que é relevante e inevitável a utilização de tecnologias da informação e comunicação no ambiente escolar, visto que o estudante está inserido na sociedade que é influenciada por inúmeros avanços tecnológicos em todos os campos da ciência, em particular as tecnologias digitais. Os atributos das tecnologias digitais impactam o comportamento do ser humano, permitindo não apenas que as pessoas se conectem, mas, também, gerando mudanças nas formas de comunicação e a intensificação da troca de informações.

Embora seja perceptível na sociedade como um todo as mudanças devidas à presença das tecnologias digitais, não é possível observar a mesma amplitude e efeito no ambiente escolar. Visto que, na escola ainda se encontra enraizado o modelo de ensino tradicional, no qual as atividades curriculares privilegiam aulas expositivas, limitadas ao uso apenas de tecnologias tais como: giz, lousa, lápis e papel.

Sapriadil *et al.* (2019), indicaram que essa condição é preocupante visto que estamos no século XXI enquanto as práticas de ensino escolares não desenvolvem as habilidades que os estudantes necessitam para lidar com os desafios atuais.

A escola, como uma organização também precisa desfrutar deste contexto de mudança devido à presença de tecnologias no dia a dia dos estudantes e professores. Cabe às escolas e aos professores, transformar essas tecnologias digitais em ferramentas que facilitam estudantes construir conhecimentos.

No ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, em particular, é possível perceber diversas dificuldades na construção conceitual por parte dos estudantes ao se utilizar exclusivamente métodos de ensino tradicionais, baseados na transmissão - recepção e memorização.

De forma geral, esse cenário, baseado no uso exclusivo da oralidade e da escrita e, além disso, descontextualizado, normalmente não promove a motivação e o despertar da curiosidade e, principalmente, o protagonismo dos estudantes. Por exemplo, Santos e Dickman (2019) ressaltaram que esses fatores colaboram para que o aprendizado de Física seja desanimador e sem sentido para os estudantes, tanto no ensino médio como no ensino superior.

Entre os problemas encontrados no ensino de Física em nível médio, está a dificuldade de os estudantes construírem conceitos ligados aos Circuitos Elétricos

Simples. Feitosa e Lavor (2020) destacaram que, muitas vezes, a dificuldade de compreensão é a razão da desmotivação e, possivelmente, da perda de interesse dos estudantes por determinadas áreas de conhecimento. Percebe-se que os estudantes, na grande maioria, não conseguem aprender os conceitos e muito menos fazer conexão entre o que é ensinado na escola e o seu cotidiano.

Uma das formas de alterar esse quadro é o uso de estratégias que permitam aos estudantes serem mais ativos ao longo do processo de ensino. Entre as possibilidades que se apresentam está o uso de instrumentos computacionais que permitam a modelagem das situações físicas discutidas.

A modelagem computacional tem potencial para ter um papel importante na didática e na construção de representações de mundo pelos estudantes. Em geral, por oferecer a oportunidade ao estudante de ter contato com formas alternativas de recepção e de percepção dos fenômenos físicos e químicos. Segundo Silva, Nunes e Mercado (2016, p. 1138) o modelo explorado simula a realidade e possibilita que os envolvidos possam compreender “fenômenos naturais a partir de construções aceitas até aquele momento pela comunidade científica”.

Uma das possibilidades para a introdução de modelagem computacional no ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias é a utilização de simulações disponíveis na Internet. A plataforma de Arduíno *online* 3D *Tinkercad* é uma dessas páginas de simulações, que permite a criação e a modelagem de circuitos eletrônicos digitais, podendo ser utilizada como base para o desenvolvimento de estratégias mediadoras no processo da construção de conceitos ligados aos Circuitos Elétricos Simples por estudantes do Ensino Médio.

Com apenas um navegador e uma conexão estável, os estudantes podem acessar a plataforma de forma gratuita de qualquer dispositivo conectado à Internet. De modo que, os estudantes podem trabalhar de qualquer lugar, em qualquer hora e dia da semana, criar seus próprios projetos de circuito eletrônico (alterando as condições iniciais e analisando as respostas, ajustando as grandezas e outros parâmetros) de forma individual ou coletiva, sem a necessária supervisão direta do professor, além de compartilhar uns com os outros e com o professor de forma *online* e totalmente isentos de riscos a integridade do corpo.

A tese que defenderemos ao longo do presente texto é que se o processo de ensino incorporar uma abordagem interdisciplinar que utiliza de forma integrada,

metodologias ativas e tecnologias digitais será possível sobrepor a fragmentação do ensino tradicional, promovendo a internalização e a aplicação de conceitos de diferentes disciplinas envolvidos na geração, na transmissão e na distribuição da energia elétrica.

Para testarmos essa tese a submetemos às condições de uma escola pública do Estado de Pernambuco por meio da implementação de uma Sequência de Percurso Interdisciplinar (SPI) baseada nos pressupostos de Gérard Fourez e colaboradores (Fourez; Mathy; Englebert-Lecomte, 1993; Maingain; Dufour; Fourez, 2008; Fourez, 1997) e nos princípios da concepção do desenvolvimento cognitivo como processo sócio-histórico proposto por Lev S. Vygotsky (2007a, 2007b) para embasamento da abordagem dos conhecimentos relacionados ao problema complexo.

O objetivo da pesquisa aqui relatada² foi avaliar a efetividade dessa SPI em levar estudantes do Ensino Médio a construírem uma representação interdisciplinar referente ao problema complexo “como se dá a geração, a transmissão e a distribuição de energia elétrica”?

Foram adotados como objetivos específicos: construir uma sequência de percurso interdisciplinar baseada no referencial metodológico para a construção de uma IRI proposta por Gérard Fourez e colaboradores; implementar e averiguar a aplicabilidade do método para a construção da Ilha de Racionalidade Interdisciplinar (IRI) desenvolvido no ambiente escolar; identificar quais contribuições disciplinares contribuintes para a representação construída; analisar o uso de *Webquest* e do simulador *online Tinkercad* como especialistas.

Tais objetivos foram traçados, de forma que fosse possível responder a questão de pesquisa: Qual o efeito da implementação de uma sequência com abordagem interdisciplinar que utiliza IRI sobre o desenvolvimento de conceitos ligados aos processos envolvidos na geração, na transmissão e na distribuição de energia elétrica por estudantes do terceiro ano do Ensino Médio em uma escola pública?

Com base nos objetivos e na questão de pesquisa, o texto da tese foi

² Aprovada pelo parecer CAAE: 63723522.8.0000.0021 do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFMS.

organizado em cinco partes.

No capítulo 1, Fundamentação Teórica, é evidenciado no primeiro tópico a Interdisciplinaridade como referencial teórico-metodológico. Para tanto, tais subtópicos foram desenvolvidos: a) Interdisciplinaridade: uma perspectiva histórica; b) Interdisciplinaridade na perspectiva Fourez e colaboradores; c) Alfabetização Científica e Tecnológica; e d) Um método para elaborar uma representação interdisciplinar. No segundo tópico, é apresentado alguns alicerces da Teoria do Desenvolvimento como processo Sócio-histórico na perspectiva de Vygotsky. Para tal, foi organizado os seguintes subtópicos: a) Mediação, Instrumentos e Signos; b) A linguagem na organização do pensamento humano; c) Conceitos Cotidianos e Científicos; e, d) A Internalização na organização da definição verbal.

No capítulo 2, *Considerações sobre o uso de Tecnologias Digitais e da Interdisciplinaridade no ensino de Ciências* é apresentado uma revisão integrativa. Para tanto, o capítulo foi organizado em dois tópicos; o primeiro, Tecnologias Digitais no ensino de Ciências em nível médio foi desenvolvido por meio dos subtópicos: a) Referenciais teóricos de ensino utilizados; b) Tipo de simulação; c) Impactos na aprendizagem e, d) Sistematização dos resultados. O segundo, Interdisciplinaridade em pesquisas publicadas na área de ensino de Ciências, foi organizado nos seguintes subtópicos: a) Qual nível de ensino os trabalhos que utilizaram o método para a construção de uma IRI foram desenvolvidos; b) Referenciais teóricos de aprendizagem utilizados articulados ao método para a construção de uma IRI; c) Modelo adotado como percurso para o desenvolvimento da IRI; d) A natureza do problema complexo objeto do desenvolvimento da IRI e, e) Resultados obtidos na aprendizagem dos estudantes ao vivenciarem o modelo interdisciplinar proposto.

No capítulo 3, é explicitado os Procedimentos de Pesquisa, descrita como de natureza Empírica com Intervenção e Qualitativa, foram organizados os seguintes subtópicos: a) Delineamento da Pesquisa; b) O contexto da investigação; c) Procedimentos para análise dos dados obtidos; e d) Método da intervenção para a construção da IRI.

No capítulo 4, Análise dos Dados, são apresentados os resultados da análise realizada nos dados construídos por meio da mobilização das discussões, das produções dos estudantes, diário de bordo da pesquisadora no decorrer do processo de construção da IRI referente ao problema complexo proposto para essa pesquisa.

Finalizando o capítulo, é apresentada uma análise de dados construídos a partir de uma entrevista realizada após a finalização da SPI.

Por fim, são apontadas algumas considerações a que chegamos com a aplicação do percurso interdisciplinar proposto por Fourez e colaboradores, bem como sugestões para trabalhos futuros que considerem a IRI como referencial metodológico.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta pesquisa, os conceitos relacionados aos processos da geração, da transmissão e da distribuição para consumo de eletricidade em residências foram abordados a partir da teoria do desenvolvimento como processo sociocultural proposta por Lev S. Vygotsky (2001, 2007a) e do referencial teórico-metodológico desenvolvido por Maingain, Dufour e Fourez (2008).

Fourez é conhecido por suas contribuições em epistemologia, ciência e tecnologia, especialmente na área de filosofia da física e das ciências da computação. Em sua perspectiva, a prática pedagógica precisa ser orientada por projetos, na qual o contexto é considerado, de forma a estar atenta às situações-problema vivenciadas pelos estudantes em termos de sua contribuição para o processo de Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) deles. Esse método desenvolvido e denominado por Fourez e colaboradores (2008) de “Ilha de Racionalidade Interdisciplinar” (IRI) remete à introdução e ao direcionamento de atividades interdisciplinares no espaço escolar e em formação de professores de modo a produzir conhecimento interdisciplinar a partir do diálogo entre as disciplinas, da articulação dos saberes da vida cotidiana, da comunicação, da tomada de decisão e da autonomia na construção dos conhecimentos. Apesar da IRI possibilitar a ACT, neste trabalho não foi abordado o enfoque ACT e Ilhas de Racionalidade Interdisciplinar.

O pensador russo Lev Vygotsky foi desbravador ao propor uma abordagem interacionista para a construção do conhecimento, enfatizando a importância da interação social para o desenvolvimento humano. Vygotsky é considerado um dos mais influentes teóricos da educação e, segundo ele, o conhecimento não é algo que é transmitido de uma pessoa para outra, mas sim algo que é construído a partir da interação com o meio ambiente e com as pessoas. Nesta investigação, é utilizada frequentemente a grafia “Vygotsky”, exceto nas citações e nas referências, que são consideradas a grafia idêntica ao texto de origem.

1.1 INTERDISCIPLINARIDADE COMO REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

Neste tópico será apresentado inicialmente uma perspectiva histórica do conceito da interdisciplinaridade. Na continuidade será abordado a interdisciplinaridade na perspectiva de Fourez e colaboradores, para posteriormente descrever um método para construir uma representação interdisciplinar.

1.1.1 Interdisciplinaridade: Uma perspectiva histórica

Maingain, Dufour e Fourez (2008) indicam que foi a partir do início do século XX, que a interdisciplinaridade emergiu mais abertamente. Contudo, o conceito foi construído sucessivamente, no século XVII, com o estabelecimento da ciência como estilo de interpretar as relações humanas com a natureza e, a seguir, das relações sociais (Lenoir; Sauvé, 1998).

Para Fazenda (2008), se levarmos em conta a história, foi nesse período que a ciência começou a adquirir progressivamente esquemas e configurações distintas de interpretação da natureza e do mundo em suas analogias socioculturais. Para a autora, “não se pode de forma alguma negar a evolução do conhecimento ignorando sua história” (Fazenda, 2008, p. 21).

Lenoir e Sauvé (1998) ressaltam que o termo interdisciplinaridade é próprio do século XX, como decorrência do progresso da pesquisa científica. Fazenda (2008) destaca que o conceito de interdisciplinaridade, encontra-se absolutamente unido ao conceito de disciplina no qual a interpenetração acontece sem a destruição fundamental às ciências confiadas.

Esta perspectiva é coerente com Lenoir e Sauvé (1998) que também trazem esse enfoque quando observam que a perspectiva interdisciplinar não é adversa à perspectiva disciplinar. Mas, é exatamente o oposto, sua existência se deve a ela e, mais ainda, se nutre dela.

As disciplinas³, todavia, nem sempre são suficientemente adaptadas às necessidades específicas de uma circunstância, pois, elas não são estruturadas em torno de problemas concretos reais, mas sim, em torno de princípios, “de uma certa

³ Maingain; Dufour; Fourez (2008, p. 42) definem a disciplina como um “conjunto de conhecimentos e de competências construídos e standardizados por um grupo de pessoas com interesses/objetivos comuns, em função de um paradigma, para responder questionamentos”.

forma de estruturar dados, métodos ou conhecimentos (...) que se revelem relativamente eficazes para a apreensão de <<fragmentos do real>>” (Maingain; Dufour; Fourez, 1998, p. 40).

Para Lenoir e Sauvé (1998), os debates que movimentam as pesquisas e as inquietações interdisciplinares estão alicerçadas em dois eixos principais:

O primeiro, ocorre no universo científico, com a necessidade de interrogar epistemologicamente as fronteiras das disciplinas científicas e as zonas intermediárias entre elas, na inquietação de impedir sua fragmentação.

Quanto ao segundo eixo, surge como necessidade de respostas empíricas e operacionais reais a questões complexas das atividades profissionais de nossas sociedades capitalistas para as quais as disciplinas científicas não se encontram satisfatoriamente preparadas.

Para Fazenda (2008) a inquietação dos pesquisadores que se dedicam à interdisciplinaridade dirige-se para o início da década de 1960. A utilização do termo interdisciplinaridade em educação, acontece no decorrer dos anos setenta quando ela se dissolve nas correntes das pedagogias ativas consideradas por alguns de progressistas, de abertas, ou de não diretivas (Lenoir; Sauvé, 1998).

Maingain, Dufour e Fourez (2008) indicam que ao longo dos anos sessenta assistiu-se ao surgimento de ciências polidisciplinares, surgidas ou restauradas a partir de diferentes disciplinas. Os autores ainda retratam que foi constatado no meio da escola secundária, a partir do final dos anos sessenta, tanto uma disposição para a especialização quanto uma procura de elos entre as disciplinas.

No entanto, apesar desse duplo movimento, Maingain, Dufour e Fourez (2008) apontam que no ensino secundário, a manifestação das didáticas particulares das diferentes disciplinas contribuiu para conservar, ou até robustecer, a especialização disciplinar. Assim, no decorrer dos anos setenta, de forma branda, mas constante e progressivamente, impôs-se na escola uma corrente de especialização disciplinar.

Felizmente, em contraponto, em alguns países, despontou uma reflexão sobre a colocação das disciplinas em rede, repetidamente sob o título da interdisciplinaridade. Lenoir e Sauvé (1998) consideram o desenvolvimento da corrente interdisciplinar em alguns dos países como: França, Grã-Bretanha e Canadá (região de Quebec).

Segundo Maingain, Dufour e Fourez (2008) foi a partir dos anos 1968 que em reação à compartimentação das disciplinas, os relatores das Atas do Colóquio em Amiens (França) convidam para que sejam encontrados elos entre as disciplinas escolares, segundo o modo da transferência (transdisciplinaridade).

Na Grã-Bretanha, a interdisciplinaridade, nos anos setenta, tornou-se uma problemática das mais relevantes para a teoria social do currículo que organizava a Nova Sociologia da Educação. Contudo, os debates sobre a interdisciplinaridade, não consideraram a natureza das disciplinas (Lenoir; Sauvé, 1998).

Lenoir e Sauvé (1998), discutem que no Québec, a interdisciplinaridade foi debatida sob a perspectiva da integração de disciplinas e que os programas de estudos que foram implantados no início dos anos oitenta, além de terem um caráter interdisciplinar, expressavam direções interdisciplinares.

No Brasil, por exemplo, Nascimento, Pereira e Shaw (2020) apontam que o termo interdisciplinaridade foi introduzido no fim da década de 1960, tendo como antecessores Ivani Fazenda e Hilton Japiassu (primeiro brasileiro que publicou um livro sobre interdisciplinaridade).

Em uma tentativa de organização teórica, Fazenda (1994) ressalta que o movimento da interdisciplinaridade poderia ser subdividido em três décadas: 1970, 1980 e 1990. Na década de 1970, o movimento buscou uma definição para o termo interdisciplinaridade. Em 1980, esse mesmo movimento tentou explicitar uma metodologia para a interdisciplinaridade e em 1990, partiram para a construção de uma teoria da interdisciplinaridade (Fazenda, 1994).

Uma verificação mais aprofundada provavelmente permitirá encontrar em outros países orientações análogas a essas nas reestruturações curriculares como resposta a uma necessidade de perspectivas interdisciplinares.

Considerando o fomento à interdisciplinaridade, Fazenda (1994, p. 22), aponta que “no contexto da internacionalização caracterizada por intensa troca entre os homens” a interdisciplinaridade tem conquistado espaço e ampliado possibilidades no desenvolvimento de pesquisas e trabalhos interdisciplinares no contexto educacional. “Além do desenvolvimento de novos saberes, a Interdisciplinaridade na educação favorece novas formas de aproximação da realidade social e novas leituras das dimensões socioculturais das comunidades humanas” (Fazenda, 1994, p. 22-23).

1.1.2 Interdisciplinaridade na perspectiva de Fourez e colaboradores

Os convites para a adoção de um pensamento sistêmico e para a conjugação das contribuições ou pontos de vista de diferentes disciplinas, em uma perspectiva interdisciplinar, são cada vez mais frequentes no campo escolar, bem como no mundo da investigação, em vários campos da vida profissional ou privada, na tomada de decisões políticas e no exercício da cidadania (Maingain, 2020).

Entretanto, em todo o processo de ensino no ambiente escolar durante a educação básica e, principalmente, em uma alegação histórica dos profissionais da Educação, o trabalho interdisciplinar segue ainda tendo muitos desafios na prática pedagógica.

Na prática, a organização da formação, em todos os níveis, promove a hiperespecialização e compartimentação do conhecimento. Dessa forma, a compartimentação dos saberes induz a uma visão redutora da complexidade e uma perda de senso do todo (Maingain; Dufour; Fourez, 2008).

Com isso, Maingain, Dufour e Fourez (2008, p.18) apontam que a compartimentação do conhecimento evidenciada com as disciplinas é consequência de um processo histórico em prol da “tendência a dividir para melhor dominar”. Para Maingain (2020), a disciplinarização tem efeitos negativos para professores e alunos: isolamento para alguns, descontextualização da aprendizagem para outros e, pior ainda, perda de sentido para a escola. No final, os estudantes, pesquisadores, tomadores de decisão, cidadãos etc., provam ser incapazes de apreender os problemas fundamentais e os problemas globais (Maingain; Dufour, 2016).

Neste aspecto, Maingain (2020) considera que os professores devem ser dotados de uma formação profissional adequada que faça da interdisciplinaridade um objeto de aprendizagem, a partir de abordagens passíveis de modelagem e transferência. É imprescindível que a interdisciplinaridade, seja sucessivamente embutida no curso dos programas de formação dos professores. Pois, a prática interdisciplinar é valiosa e incentiva a cooperação e o diálogo entre as disciplinas.

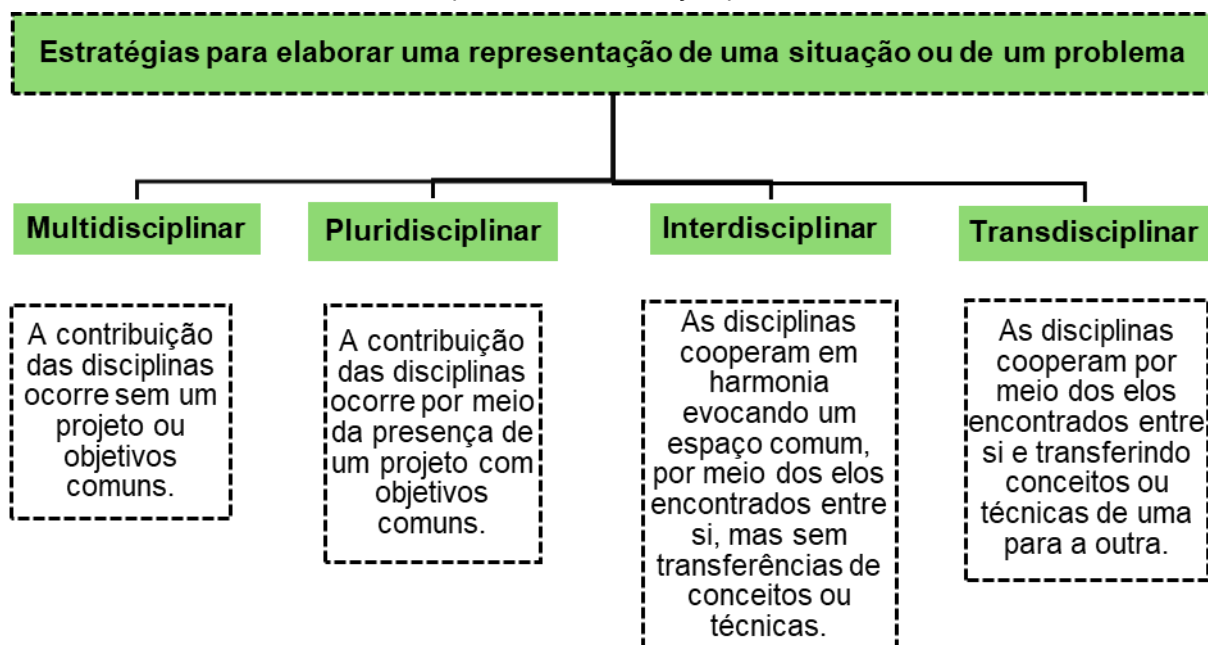
Para Maingain, Dufour e Fourez (2008) é relevante que os adolescentes também percebam que para abordar problemas complexos, não se pode limitar aos saberes de uma única disciplina. Ainda mais que a complexidade das interações e instituições políticas, econômicas, sociais, culturais etc., desenvolvidas pela

humanidade ao longo de sua história, requerem a adoção de um modo de pensar, decidir e agir adequado a uma realidade multidimensional e capaz de enfrentar os desafios de um mundo globalizado (Maingain; Dufour, 2016).

Nesse aspecto, tanto professores quanto alunos devem adquirir as habilidades que estimulem as transferências adequadas de noções, conceitos, teorias, procedimentos (...) de uma disciplina para outra (transdisciplinaridade) e as habilidades para elaborar uma representação de um problema complexo integrando a contribuições de várias disciplinas (interdisciplinaridade) (Maingain; Dufour, 2016).

Assim, em níveis das transposições das fronteiras disciplinares e da representação elaborada com vistas a construir uma ação com racionalidade, Fourez e colaboradores diferenciam não somente a interdisciplinaridade da transdisciplinaridade, como a pluridisciplinaridade da multidisciplinaridade (Figura 1).

Figura 1 - Esquema das estratégias de construção de uma representação para um problema complexo ou uma situação particular.



Fonte: Elaborado pela autora baseado em Maingain, Dufour e Fourez (2008, p.61 – 79).

Dessa forma, quando a representação é resultante da justaposição de distintas disciplinas, temos a multidisciplinaridade ou a pluridisciplinaridade (Maingain; Dufour; Fourez, 2008). No entanto, esses dois processos de justaposição de disciplinas podem ser diferenciados “em função da presença ou ausência de um projeto explícito” (Maingain; Dufour; Fourez, 2008, p. 63).

Nessa direção, na multidisciplinaridade a justaposição ocorre sem um projeto, ou seja, sem objetivos comuns. Na pluridisciplinaridade, a justaposição das distintas disciplinas é estabelecida com a presença de um projeto e as contribuições de diversas disciplinas consiste em função de um objetivo comum.

Estabelecidas essas distinções entre esses termos bastantes utilizados nos meios pedagógicos, ressalta-se que uma representação interdisciplinar sempre visa a integração metódica das contribuições disciplinares para representar uma situação particular do mundo natural, cultural, social (...) (Maingain, 2020).

Para evocar esse espaço comum a partir de pontos de vista diferentes que o termo interdisciplinaridade implica, parte-se do entendimento que:

os objetos sobre os quais incidem práticas disciplinares são noções, situações, problemáticas, cuja representação excede o campo de uma disciplina particular e requer a convocação de contribuições de diferentes disciplinas (Maingain; Dufour; Fourez, 2008, p. 54).

Nessa direção, cada um concorda em realizar um esforço fora da sua competência de atuação e da sua linguagem técnica própria, para se arriscar na construção de “uma representação teórica apropriada em uma situação precisa e em função de um projeto determinado” (Fourez; Mathy; Englebert-Lecomte, 1993, p. 46).

Sendo assim, essas habilidades que propiciam elaborar uma representação interdisciplinar de uma situação, integrando competências e conhecimentos distintos, precisam ser ensinadas tanto em formação inicial quanto continuada de professores em uma perspectiva da interdisciplinaridade pela interdisciplinaridade para interdisciplinaridade (Maingain; Dufour, 2016).

1.1.3 Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT)

Na perspectiva de Fourez (1997) as Ciências podem ser consideradas como tecnologias intelectuais desenvolvidas pelos humanos voltadas para “fornecer interpretações do mundo e que é determinada por uma organização mental integrada por diversos paradigmas e as decorrentes rupturas epistemológicas” (Rosa; Demarco; Darroz, 2020, p. 3).

Conforme essa interpretação, as Ciências não evocam um fim em si mesmas, “mas um corpo de conhecimento destinado a responder demandas de projetos

humanos e que integram a vida em sociedade que, por sua vez, está permeada pela tecnologia, intrinsicamente ligada à Ciência” (Rosa; Demarco; Darroz, 2020, p. 4).

Nesse entendimento, Fourez (1997), aponta que a ACT é o objetivo central do ensino de Ciências na escola, uma vez que consiste em promover nos estudantes uma série de competências, “no sentido de promover a compreensão e domínio da Ciência e da Tecnologia, articuladas a aspectos históricos, epistemológicos, políticos, econômicos, ambientais e éticos” (Milaré, 2020, p. 222), favorecendo uma atuação crítica acerca da natureza e o papel da ciência na sociedade.

Fourez (1997) estabelece que esse processo denominado por ele de “Alfabetização Científica e Tecnológica” deve ser favorecido no contexto escolar e articulado a três objetivos operacionais, tais como: a autonomia do indivíduo (componente pessoal - no sentido do sujeito ser capaz de por conta própria buscar conhecimento e obter domínio dos conhecimentos necessários para entender uma determinada situação); a comunicação (componente cultural, social, ético e teórico - no sentido de munir-se com palavras, conceitos e estruturas adequadas de representação que favoreça comunicar aos demais o que se vivencia) e um certo domínio (componente econômico – no sentido de um saber-fazer e um poder fazer, ou seja, de ser sujeitos são capazes de intervir nos processos econômicos, sociais e mesmo culturais que são mediados pela Ciência e pela tecnologia que dela deriva).

[...] eu consideraria alguém alfabetizado científica e tecnologicamente quando seus conhecimentos lhe proporcionam uma certa autonomia (possibilidade de negociar suas decisões diante das pressões naturais ou sociais), uma certa capacidade de comunicação (encontrar as formas de “dizer”), e um certo domínio e responsabilidade, diante de situações específicas (como contágio, congelamento, computador, um fax, motor a diesel etc.) (Fourez, 1997, p. 62).

Assim, para favorecer um ensino cientificamente e tecnologicamente no contexto escolar deve ser desenvolvido “situações vivenciais por meio de projetos que envolvem a tomada de decisão, a autonomia, o diálogo entre as disciplinas, a comunicação e a apropriação dos saberes” (Rosa; Demarco; Darroz, 2020, p. 2-3).

Fourez (1997), ainda relaciona esses objetivos operacionais simultaneamente às competências que a ACT deve promover, tais como: fazer bom uso dos especialistas; saber quando e como é interessante ou não abrir uma caixa preta (ou seja, aprofundar certas noções em devidos contextos e projetos); saber construir

uma representação simples, mas pertinente a um determinado contexto; fazer bom uso de modelos interdisciplinares como as ilhas de racionalidade; fazer bom uso de metáforas, de comparações, de imagens, das linguagens e de saberes standardizados; saber traduzir um problema de um contexto para um outro; articular os saberes estabelecidos com decisões a serem tomadas; não confundir debates técnicos, éticos e políticos.

Traçando um paralelo com essas ideias de Fourez, Milaré (2020, p. 223) evoca a importância de refletir “sobre o papel da escola e suas relações com a sociedade contemporânea” em qualquer atividade desenvolvida no âmbito escolar, apontando “a necessidade de se reconhecer como o sistema escolar deve estar inserido no contexto social, compreendendo seu funcionamento, finalidade e representação, assim como seu próprio papel dentro da sala de aula” (Milaré, 2020, p. 223).

Rosa, Demarco e Darroz (2020, p. 4) apontam que no contexto escolar, a ACT é uma estratégia para trabalhar a construção do conhecimento dos estudantes, “pois é por meio dela que o conhecimento científico que deve ser aprendido na escola se relaciona com a interpretação do mundo do qual fazemos parte”. Isso implica em que as políticas educacionais devem se alinhar a esta perspectiva para oferecer condições para que os estudantes sejam alfabetizados científica e tecnicamente.

Para representar esse tipo de processo que parece útil para a ACT, Fourez (1997, p. 69) propôs um conceito, o de Ilhas de Racionalidade Interdisciplinar “que designa uma representação teórica apropriada a um contexto e a um projeto que se tem em perspectiva e permite comunicar e agir com referência ao mesmo”. Fourez ainda o distingue de outras noções importantes na pedagogia das ciências, em níveis de representação ou de integração. Pois, para ele, “esses conceitos se referem ao sistema científico representado por uma disciplina e refletem as escolhas implícitas ligadas ao seu paradigma (ou matriz disciplinar)” (Fourez, 1997, p. 69).

Assim, a noção de Ilha de Racionalidade Interdisciplinar, ao contrário, refere-se “a um contexto e a um projeto específico, diante do qual se acha pertinente construir uma representação” (Fourez, 1997, p. 69). Nesse contexto, a IRI se apresenta como uma ferramenta metodológica para promover o desenvolvimento das competências “da Alfabetização Científica e Tecnológica, da interdisciplinaridade

e da contextualização no Ensino de Ciências” (Milaré, 2020, p. 221).

1.1.4 Um método para elaborar uma representação interdisciplinar

Quando uma representação mobiliza a contribuição de distintas disciplinas resultando em uma resposta interdisciplinar, Maingain, Dufour e Fourez (2008) utilizam a metáfora da Ilha de Racionalidade Interdisciplinar (IRI). De forma prática, a construção de uma IRI implica cruzar “conhecimentos provenientes de múltiplas disciplinas e do conhecimento da vida cotidiana para estruturar um modelo (ou uma representação, ou uma teorização) interessante, dentro do contexto preciso” (Fourez, 1997, p. 70).

Na perspectiva deles, o método de construção de uma IRI é o conceito chave para o desenvolvimento de ações interdisciplinares no ambiente escolar. A IRI é descrita por Maingain, Dufour e Fourez (2008) como uma representação mental das ideias exploradas pela convocação de diversas disciplinas e das soluções encontradas para um problema complexo.

Nesse contexto, a IRI é importante porque permite que os problemas complexos sejam contemplados de diferentes ângulos e integre esses olhares em uma totalidade de forma que encontrem soluções mais eficazes. Ela também ajuda a evitar erros de julgamento e a melhorar a compreensão mútua entre pessoas com perspectivas diferentes.

Dameão, Rosa e Errobidart (2017) ressaltam que construir uma IRI consiste em uma representação de um problema que permita que algum processo de tomada de decisão aconteça. Ainda, para os autores, a diferença entre uma Ilha de Racionalidade qualquer e uma IRI é que no percurso de elaboração dessa última, as disciplinas são utilizadas de forma consciente.

Maingain, Dufour e Fourez (2008, p. 69) indicam que a interdisciplinaridade estabelece “uma prática integradora” entre duas ou mais disciplinas para a solução de um determinado problema complexo (Figura 2). Na perspectiva do autor, o termo interdisciplinaridade arroga um espaço comum, uma harmonia entre saberes distintos.

Nesse caso, o problema complexo me diz o que eu preciso saber das disciplinas para compreendê-lo e para elaborar essa representação mental

interdisciplinar adequada, pois, nos problemas complexos, não existem soluções em apenas uma disciplina e para serem compreendidos na sua totalidade exigem o compartilhar de conhecimentos e perspectivas oriundas de distintas disciplinas.

Figura 2 - Esquema de Problemas complexos.

Problemas complexos		
Não possuem respostas em apenas uma disciplina.	A solução é sempre INTERDISCIPLINAR	Exigem abordagens provenientes de diversas disciplinas

Fonte: Elaborada pela autora.

Fourez, Mathy e Englebert-Lecomte (1993) ressaltam que a interdisciplinaridade é uma prática essencialmente política, ou seja, é necessária uma negociação entre pontos de vista distintos de saberes disciplinares, para, finalmente, se resolver por uma representação considerada adequada, em vista de uma ação.

Assim, para Fourez (1997) a IRI sempre é interdisciplinar, o que implica em ultrapassar a abordagem sistêmica de apenas uma disciplina. Nesse aspecto, “cruzar saberes provenientes de distintas disciplinas e dos conhecimentos da vida cotidiana para estruturar uma representação interessante que contribua para a solução de um problema preciso” (Fourez, 1997, p. 70). Com isso, entendemos que a interdisciplinaridade é a mobilização de distintos conhecimentos com vistas a elaborar uma representação como resposta de um problema complexo.

No ambiente escolar, Maingain, Dufour e Fourez (2008, p. 83) indicam que a construção de uma representação interdisciplinar se insere em um duplo contexto:

o das aprendizagens que são visadas em função de objetivos culturais, cognitivos, éticos ... (contexto pedagógico) e o da situação problemática para a qual se pretende construir uma representação (contexto epistemológico). No plano pedagógico, trata-se de determinar [...] quais as competências e as contribuições disciplinares que se pretende mobilizar, desenvolver e integrar efetivamente nos alunos [...]. No contexto epistemológico, trata-se de especificar o que gera a produção interdisciplinar, enquanto tal. Esta é a função da natureza da situação ou questão estudada, da finalidade definida (analisar, discernir, decidir, comunicar, agir...) da forma de representação visada e dos destinatários [...] que saberes se vão construir, para que situação particular? (Maingain; Dufour; Fourez, 2008, p. 83).

Dessa forma, esse percurso que utiliza uma análise sistematizada de

problemas complexos em procedimentos pedagógicos possibilita um referencial que leva a duas questões em toda e qualquer circunstância: Do que se trata? Como agiremos?

A primeira questão explicitada, proporciona a construção de uma representação mental interdisciplinar. Na investida de trazer respostas a um problema complexo, nos faz mobilizar distintos campos do conhecimento, incorporando um duplo contexto: o pedagógico (em função de quais objetivos de aprendizagens são almejados) e o epistemológico (em função de quais conhecimentos serão construídos sobre o problema complexo).

A segunda questão aponta e conduz ao desenvolvimento de uma ação, ou seja, leva a uma aplicação da representação interdisciplinar que foi construída. No entanto, Maingain, Dufour e Fourez (2008) destacam que no campo escolar, nem sempre a representação construída culmina em uma ação.

Nesse aspecto, a IRI deve ser planejada tendo em vista quais serão os objetivos pretendidos com o desenvolvimento da proposta (do que se trata?), quem serão os seus destinatários e qual o contexto da prática da representação interdisciplinar a ser construída, assim como, o tipo de produto que será desenvolvido ao término do percurso interdisciplinar.

➤ **Percurso de construção da IRI em ambiente escolar**

Para guiar a construção da IRI, Maingain, Dufour e Fourez (2008) sugerem a realização de um percurso composto por um conjunto de cinco etapas, sequenciais e podendo haver *loops*, conforme apontado no esquema da Figura 3.

Ao ser definido o problema complexo é dado início a **negociação do processo** de construção interdisciplinar por meio do enquadramento do problema, da decisão da equipe de professores por uma abordagem interdisciplinar tendo em perspectiva uma situação problema complexa.

Nessa etapa de negociação do processo, Maingain, Dufour e Fourez (2008) destacam que a abordagem interdisciplinar que permite construir com os estudantes uma IRI deve considerar quatro elementos: um *projeto* (a ser desenvolvido), os *produtores* (sujeitos que produzem a IRI), os *destinatários* (sujeitos destinatários da IRI, que podem, inclusive, serem os mesmos que produziram a IRI), e, por fim, um

contexto no qual a IRI é construída e no qual o projeto será desenvolvido.

Figura 3 - Esquema da modelização do percurso de construção da IRI.



Fonte: Elaborado baseado em Maingain, Dufour e Fourez (2008, p. 82 - 103).

Segundo Maingain, Dufour e Fourez (2008), entre os elementos do contexto da pesquisa, o tempo disponível é um componente que deve ser levado em consideração para medir a pertinência da integração de diferentes pontos de vista, em função do prazo de conclusão do trabalho.

A etapa clichê é o segundo momento de construção da IRI e se constitui em realizar um **levantamento das concepções cotidianas** e dos saberes disponíveis dos estudantes sobre a situação problema que se pretende considerar. Esses são os conceitos cotidianos pertencentes, como veremos adiante, às suas zonas de desenvolvimento real ou proximal (Vygotsky, 2007b).

Para Maingain, Dufour e Fourez (2008) as representações iniciais constituem o princípio ou bloqueio do processo de aprendizagem. Segundo os autores, as representações iniciais dos estudantes devem ser diagnosticadas por meio de uma situação problemática.

A emersão do clichê, nesse caso, é o primeiro contato dos estudantes com o problema complexo sugerido pelo professor ou equipe de professores. Para Maingain, Dufour e Fourez (2008), essa etapa explicita o ponto de partida, tanto na perspectiva dos estudantes, como na dos professores. Ainda, segundo os autores, é relevante colocar em “evidência a resposta espontânea que se têm (clichê)”, bem

como, identificar os lugares comuns ou conceitos estereotipados.

Assim, é essencial que as representações iniciais dos estudantes possam emergir, para, posteriormente, no decorrer do percurso interdisciplinar, com as interpretações e as propostas de investigações dos outros alunos e/ou professores serem moduladas e, conseqüentemente, substituídas por novas representações produzidas, modelos construídos de forma racional e lógica com base disciplinar (Maingain; Dufour; Fourez, 2008). Essa fase, para os autores, pode ser ancorada por meio do uso de dinâmicas, como a tempestade de ideias (*Brainstorming*) fixando-a em razão de temas determinados de forma antecipada.

No panorama espontâneo, espera-se a **ampliação do clichê**. Assim, elementos negligenciados na realização da etapa anterior serão listados e levados em consideração sobre a problemática. Fourez, Mathy e Englebert-Lecomte (1993) indicam que esta etapa ainda é bastante espontânea, pois ainda não se busca os especialistas, utilizando-se apenas os recursos pertinentes à própria equipe.

Assim, por meio de uma grelha interdisciplinar de análise, os estudantes relacionam o que sabem com certeza e o que ainda precisam saber sobre a situação complexa. Segundo Maingain (2020), essa grelha elenca um certo número de questões que serão debatidas e resolvidas pelos estudantes, com o propósito de construir um “panorama” em torno do problema complexa.

Maingain, Dufour e Fourez (2008) indicam que ainda nessa etapa é elaborada uma lista das Caixas Pretas que serão abertas, assim como a lista das disciplinas que convém mobilizar, bem como a lista dos especialistas envolvidos na temática e capazes de abrir determinadas Caixas Pretas. Esse especialista pode ser uma pessoa, um artigo, um livro etc. Também será esclarecido que é preciso listar possíveis fontes de informação.

Maingain (2020) aponta baseado nessas listas que é essencial determinar prioridades ao nível das investigações e, principalmente, encerrar a mesma em função dos objetivos educacionais ou outros, que se propõem. Nessa direção, ressalta-se o papel do professor como o mais capaz e condutor do processo de ensino.

Para Maingain, Dufour e Fourez (2008, p. 98), o **abrir das caixas pretas** são “aprofundamentos que são considerados necessários ou suficientemente importantes(...) ao confronto das representações existentes com os saberes

estabelecidos pelas disciplinas(...)”.

Maingain (2020) aponta que é o momento de ir além das representações iniciais, com recurso às disciplinas e aos especialistas. Dessa forma, os estudantes por meio da investigação podem aprofundar conceitos e conhecimentos dos quais seus conhecimentos são superficiais. Nem todas as Caixas Pretas serão abertas de forma aprofundada, pois a abertura de uma ou outra caixa dependerá do tempo e dos recursos disponíveis.

Maingain, Dufour e Fourez (2008) destacam que nessa fase o professor pode intervir enquanto especialista de uma ou várias disciplinas. Todavia, seu papel mais específico consiste em guiar o estudante na mobilização de conhecimentos e de competências disciplinares, com vista a realizar o projeto.

A produção de uma **síntese** segundo Maingain, Dufour e Fourez (2008) pode ser materializada em distintas formas (texto, vídeo etc.). Essa Síntese, refere-se a uma representação mental interdisciplinar do problema complexo que se pretendia esclarecer inicialmente. Maingain (2020) esclarece que essa representação estruturada e refinada em razão da contribuição de distintas disciplinas é chamada de Ilha de Racionalidade Interdisciplinar.

Dameão (2018, p. 32) destaca que a construção de uma IRI “proporciona um método que se revela promissor e certamente eficaz em quadros de processos pedagógicos que fazem uso de uma análise sistemática de problemas complexos”.

1.2 TEORIA DO DESENVOLVIMENTO COMO PROCESSO SOCIOCULTURAL NA PERSPECTIVA DE VYGOTSKY

Lev Semenovitch Vygotsky (sobrenome também traduzido como Vigotsky, Vigotski, Vygotski, Vygotskii) foi um importante psicólogo e teórico do desenvolvimento humano. Vygotsky ⁴ viveu durante um período de intensas transformações históricas, em que o mundo passava por profundas mudanças sociais, políticas e culturais. Ele cresceu em uma família judia em uma época em que a Bielo-Rússia fazia parte do Império Russo, sob o regime czarista (monarquia).

⁴ Nesta pesquisa, foi adotado a escrita “Vygotsky”, exceto em citações e referências, nas quais são escritas idêntico ao texto original.

Além da sua localização espaço-temporal, Vygotsky viveu tanto a Revolução Russa de 1917 quanto o momento de consolidação que ocorreu dos primeiros anos da revolução dos bolcheviques. Desse modo, sua formação intelectual, foi intensamente influenciada pelas percepções do materialismo histórico-dialético, de forma que essas inclinações se revelam nas investigações realizadas (Santa; Baroni, 2014).

Nessa direção, tanto a formação de Vygotsky quanto o seu trabalho são influenciados pelo estudo das obras de Karl Marx (1818 - 1883) e Friedrich Engels (1820-1895). É possível “identificar os pressupostos filosóficos, epistemológicos e metodológicos de sua obra na teoria dialético-materialista” (Rego, 1995, p. 32).

Vygotsky (2007b, p. 62), ao analisar as visões correntes da sua época em relação às tendências de pesquisa na Psicologia sobre o desenvolvimento dos processos psicológicos, argumentou que “uma estrutura estímulo-resposta para a construção de observações experimentais não pode servir como base para o estudo adequado das formas superiores, especificamente humanas, de comportamento”.

Assim, o percurso acadêmico de Vygotsky foi marcado pela interdisciplinaridade, transitando pela Literatura, Psicologia, Antropologia, Artes, Linguística, Filosofia, Medicina. Contudo, uma das suas principais contribuições para a Psicologia é a sua Teoria Sócio-histórica do desenvolvimento humano.

Um dos pontos centrais de sua teoria é que as funções psicológicas superiores são de origem sociocultural e emergem de processos psicológicos elementares, de origem biológica (estruturas orgânicas). Ou seja, segundo ele, a complexidade da estrutura humana deriva do processo de desenvolvimento profundamente enraizado nas relações entre história individual e social (Rego, 1995, p.26).

Para Vygotsky as chamadas funções psicológicas superiores, que versam no jeito de “funcionamento psicológico tipicamente humano, tais como a capacidade de planejamento, memória voluntária, imaginação etc. Estes processos mentais são considerados sofisticados e “superiores”” (Rego, 1995, p.39).

Vygotsky dedicou-se, principalmente, ao estudo daquilo que chamamos de funções psicológicas superiores ou processos mentais superiores. Isto é, interessou-se por compreender os mecanismos psicológicos mais sofisticados, mais complexos, que são típicos do ser humano e que envolvem o controle consciente do comportamento, a ação intencional e a liberdade do indivíduo em relação às características do momento e do espaço presentes (Oliveira, 1993, p. 26).

Seguindo os princípios do método dialético, Vygotsky buscou construir uma nova abordagem na Psicologia visando integrar, "numa mesma perspectiva, o homem enquanto corpo e mente, enquanto ser biológico e social, enquanto membro da espécie humana e participante de um processo histórico" (Oliveira, 1993, p. 23).

Nesse aspecto, "o desenvolvimento psicológico dos homens é parte do desenvolvimento histórico geral de nossa espécie e assim deve ser entendido" (Vygotsky, 2007b, p.62). Para Vygotsky (2007b, p. 62), o requisito básico do método dialético é que "estudar alguma coisa historicamente significa estudá-la no processo de mudança". Nesse processo, essa perspectiva que estabelece o desenvolvimento do ser humano como um processo social e cultural, que ocorre por meio da interação entre o indivíduo e o meio ambiente representa um fator decisivo até na concepção da sua teoria sobre o papel da linguagem e da cultura na formação da consciência. Essas ideias influenciaram profundamente a psicologia e a educação, e continuam a ser objeto de estudo e debate até hoje.

Dessa forma, o legado que Vygotsky deixou para a comunidade científica e educacional continua a inspirar e contribuir com muitos pesquisadores até hoje para compreender os níveis de desenvolvimento real dos estudantes que surgem durante a análise dos dados. Todavia, neste texto será discutido apenas alguns conceitos desta teoria que são importantes tanto para o planejamento da sequência de um percurso interdisciplinar bem como para os procedimentos de pesquisa.

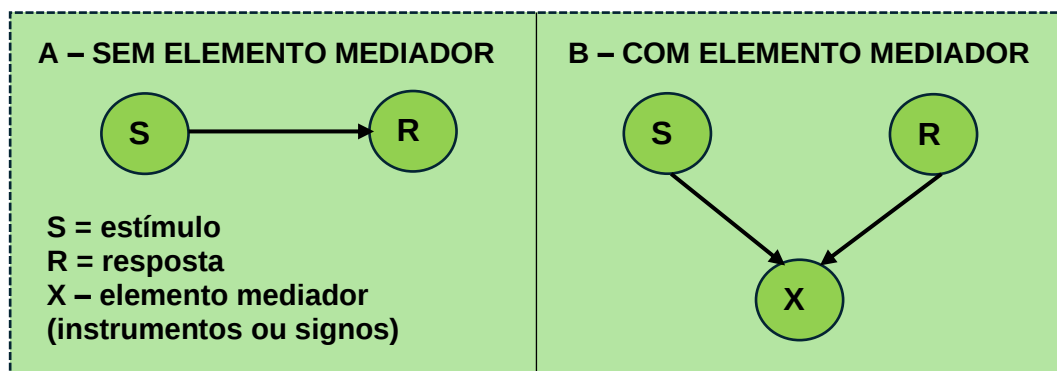
1.2.1 Mediação, Instrumentos e Signos

Vygotsky (2007b) discordava da teoria do aprendizado por meio de estímulo-resposta, "e não era sua intenção que sua ideia de comportamento mediado fosse interpretada neste contexto". Nesse aspecto, Rego (1995, p. 39) discorre que as funções dos "processos psicológicos elementares (presentes na criança pequena e nos animais), tais como, ações reflexas e associações simples, reações automáticas, são de origem biológica". Na perspectiva de Vygotsky (2007b), essas funções presumem uma reação espontaneamente estabelecida pelo estímulo ambiental ($S \rightarrow R$).

Para Vygotsky (2007b, p. 33), na mediação "o processo simples estímulo-resposta é substituído por um ato complexo, mediado" conforme representado no

esquema da Figura 4. Dessa forma, a “mediação, em termos genéricos, é o processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação; a relação deixa, então, de ser direta e passa a ser mediada por esse elemento” (Oliveira, 1993, p. 26).

Figura 4 - Quadro comparativo entre atividade direta e mediada.



Fonte: Elaborado pela autora.

Oliveira (1993, p. 26) ressalta que a relação entre os indivíduos e entre os indivíduos e a natureza deixa “de ser direta e passa a ser mediada por esse elemento”. Ainda nessa direção, a autora argumenta que “as funções psicológicas superiores apresentam uma estrutura tal que entre o homem e o mundo real existem mediadores, ferramentas auxiliares da atividade humana” (Oliveira, 1993, p. 26). Para Vygotsky, (2007b, p. 33), esses mediadores são “um estímulo de segunda ordem (signo) colocado no interior da operação, em que preenche uma função especial: ele cria uma nova relação entre S e R”.

Nesse aspecto, as funções psicológicas superiores não são processos inatos e são configuradas, conforme Vygotsky (2007b), pela incorporação de um elo intermediário entre o estímulo e a resposta, que é o signo. “No caso das funções superiores, a característica essencial é a estimulação autogerada, isto é, a criação e o uso de estímulos artificiais que se tornam a causa imediata do comportamento” (Vygotsky, 2007b, p. 33).

Os signos possuem uma característica importante de ação reversa, ou seja, agem sobre o indivíduo e não sobre o ambiente, consequentemente, nesse novo procedimento “o impulso direto para reagir é inibido, e é incorporado um estímulo auxiliar que facilita a complementação da operação por meios indiretos” (Vygotsky, 2007, p. 34).

Indo nessa direção, Rego (1995, p. 50) ressalta que é de total relevância entender a ideia da “*mediação* que caracteriza a relação do homem com a natureza e com os outros “homens,” (...) justamente porque é através deste processo que as funções psicológicas superiores, especificamente humanas, se desenvolvem”. Além do que, no percurso de “desenvolvimento do indivíduo, as ações mediadas se sobressaem sobre as diretas” (Oliveira, 1993, p. 27).

Vygotsky (2007b) “estendeu esse conceito de mediação na interação entre homem-ambiente pelo uso de instrumentos ao uso de signos”. Conforme Oliveira (1993), Vygotsky apontou que na interação dos seres humanos com outros e com a natureza há dois elementos que fazem ocorrer a mediação: o instrumento e o signo.

Para Vygotsky, embora haja tentativas de igualar o significado das expressões instrumento e signos, é necessário entender as distinções implícitas em relação a esses dois termos para que não “se percam características de cada tipo de atividade, deixando-nos com uma única forma de determinação psicológica geral” (Vygotsky, 2007b, p. 52).

O instrumento é o elemento que intermedia a interação do trabalhador com o objeto do seu trabalho. Nesse caso, “tem a função de regular as ações sobre os objetos” (Rego, 1995, p. 50), expandindo as probabilidades de mudança na natureza. Sendo assim, o instrumento é feito ou buscado especialmente para um certo objetivo. Ele carrega consigo, portanto, a função para a qual foi criado e o modo de utilização desenvolvido durante a história do trabalho coletivo. É, pois, um objeto social e mediador da relação entre o indivíduo e o mundo (Oliveira, 1993).

Em relação ao signo, Vygotsky (2007b, p. 52) ressalta que ele “age como um instrumento da atividade psicológica de maneira análoga ao papel de um instrumento no trabalho”. Nesse aspecto, a concepção e a utilização do signo que tem a função de auxiliar o indivíduo “para solucionar um dado problema psicológico (lembrar, comparar coisas, relatar, escolher etc.) é análoga à invenção e o uso de instrumentos, só que agora no campo psicológico” (Vygotsky, 2007b, p. 52).

Dessa forma, como analisado a semelhança principal entre instrumento e signo “repousa na função mediadora que os caracteriza. (...), eles podem, a partir da perspectiva psicológica, ser incluídos na mesma categoria” (Vygotsky, 2007b, p. 53-54). Já a divergência mais relevante consiste nas distintas formas que eles orientam o comportamento do indivíduo.

Os signos têm a função de orientar o indivíduo nas suas atividades psíquicas. Portanto, “constitui um meio da atividade interna dirigido para o controle do próprio indivíduo; o signo é orientado internamente” (Vygotsky, 2007b, p. 55). Já os instrumentos que produzem transformações nos objetos são elementos orientados externamente ao indivíduo. Para Vygotsky (2007b, p. 55), “constitui um meio pelo qual a atividade humana externa é dirigida para o controle e domínio da natureza”.

Vygotsky (2007b) ainda ressalta que os sistemas de signos, assim como o sistema de instrumentos, são produzidos culturalmente ao longo do curso da história humana e provocam transformações sociais e culturais.

1.2.2 A Linguagem na organização do pensamento humano

Vygotsky (2007a) ressalta que a linguagem é uma forma de interação social, que tem como primeira e principal função a comunicação, permitindo que as pessoas compartilhem ideias e conhecimentos uns com os outros. Além de permitir a compreensão e ajustar o papel da interação social e a função do pensamento. Luria (2010, p. 26) argumenta que Vygotsky deu destaque ao “papel da linguagem na organização e desenvolvimento dos processos de pensamento”.

Para Vygotsky (2007a) é impossível a interação social sem a mediação dos signos (a linguagem, a escrita e o sistema de números). Nessa perspectiva, ele ressalta o papel da linguagem no desenvolvimento do pensamento humano como sistema simbólico mediador da maior relevância. Toda essa interação social por meio da linguagem viabiliza a generalização e o desenvolvimento do sentido verbal. Para Rego (1995), Vygotsky:

... dedica particular atenção a questão da linguagem, entendida como um sistema simbólico fundamental em todos os grupos humanos. elaborado no curso da história social, que organiza os signos em estruturas complexas e desempenha um papel imprescindível na formação das características psicológicas humanas. Através da linguagem é possível designar os objetos do mundo exterior (como, por exemplo, a palavra faca que designa um utensílio usado na alimentação), ações (como cortar, andar, ferver), qualidades dos objetos (como flexível, áspero) e as que se referem às relações entre os objetos (tais como: abaixo, acima, próximo) (Rego, 1995, p. 53).

Entretanto, Vygotsky (2007a) destaca que a discussão em torno da correlação entre pensamento e linguagem ocorre devido ao fato de os estudiosos, sobretudo da

Psicologia, oscilarem entre duas posições extremas: entre uma fusão plena do pensamento com a palavra (pensamento e linguagem são uma só e a mesma coisa) e entre uma plena dissociação entre ambos os termos (são totalmente independentes).

Uma das contribuições de Vigotski (2001) nessa discussão foi a consideração de que a relação entre pensamento e linguagem deveria fazer uso de uma forma distinta de análise dos métodos que até então eram utilizados. Para tanto, a proposta do autor é que a análise ocorra na “unidade que possui as características inerentes ao fenômeno completo do pensamento verbal e que não pode ser objeto de decomposição” (Vygotsky, 2007a, p. 42).

Para o autor, essa unidade pode ser encontrada no aspecto interior da palavra, no seu significado. Pois, segundo o autor, é no significado da palavra que se encontra “essa unidade que reflete da forma mais simples a unidade do pensamento e da linguagem” (Vigotski, 2001, p. 398).

Com essa nova proposta de investigação e utilizando as experiências de Köhler na sua investigação do intelecto do chimpanzé, Vygotsky concluiu que “o pensamento e a linguagem têm raízes genéticas inteiramente diversas” (Vigotski, 2001, p. 112).

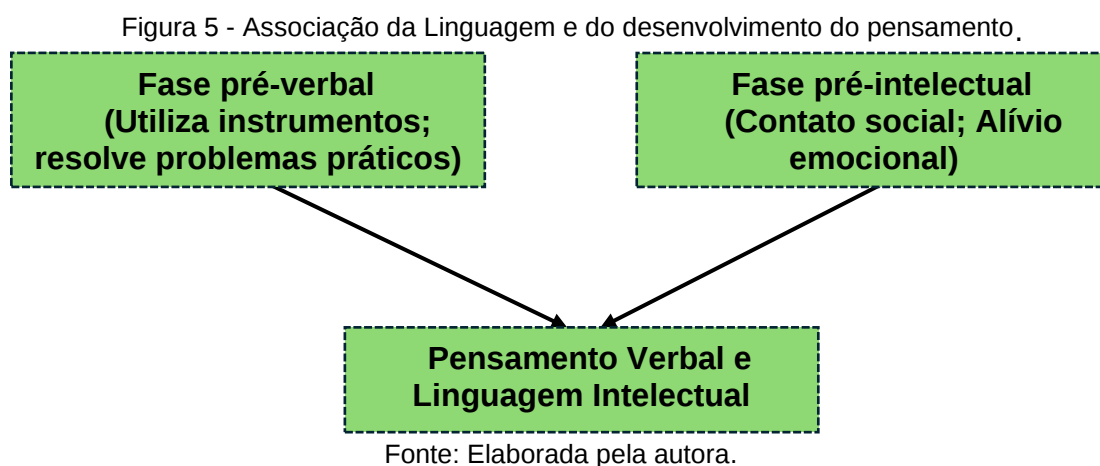
Assim, para Vygotsky (2007a), nos primeiros estágios da infância, a linguagem e o desenvolvimento do pensamento seguem linhas distintas e independentes. Ainda para o autor, antes de o pensamento e a linguagem se associarem, foi possível identificar uma fase pré-verbal no desenvolvimento do pensamento da criança pequena e uma fase pré-intelectual no desenvolvimento da linguagem.

Conforme Oliveira (1993), a criança demonstra, antes de dominar a linguagem, a capacidade, por exemplo, de utilizar instrumentos, de resolver problemas práticos. Ainda nessa direção, a autora argumenta que na fase pré-verbal, a criança exibe uma espécie de inteligência prática, que possibilita ação no ambiente mesmo sem a linguagem como mediador e sistema simbólico. Para a autora, a criança utiliza manifestações verbais. “O choro, o riso e o balbucio da criança pequena têm clara função de alívio emocional, mas também servem como meio de contato social (...) com outras pessoas” (Oliveira, 1993, p. 46).

Entretanto, Vygotsky (2007a), ressalta que a partir de certo momento do

desenvolvimento da criança, a linha do pensamento se cruza com a da linguagem, iniciando um novo percurso no funcionamento psicológico no qual o pensamento torna-se verbal, mediado pelos significados que a linguagem proporciona, e a linguagem torna-se intelectual, com papel simbólico (Figura 5).

Esse acontecimento que é dito por Vygotsky como o mais relevante no desenvolvimento do pensamento e da linguagem da criança ocorre aproximadamente por volta dos dois anos de idade. Segundo Vygotsky (2007a), é neste período que as linhas que retratam o desenvolvimento do pensamento e da linguagem, que até então se desenvolviam de forma independente, passam a cruzar-se e a coincidir.



Para Vygotsky (2007b), o momento de maior significado no curso do desenvolvimento intelectual, que dá origem às formas puramente humanas de inteligência prática e abstrata, acontece quando a fala e a atividade prática, então duas linhas completamente independentes de desenvolvimento convergem.

Os “signos que os configuram fornecem uma base fiável para o juízo que determina o momento em que ocorre o ponto de viragem em causa no desenvolvimento da linguagem” (Vygotsky, 2007a, p. 131). O autor argumenta que este momento decisivo em que o pensamento se torna verbal e a linguagem intelectual é caracterizado por dois sintomas práticos que permitem a visualização desse momento de transformação e de suma importância no desenvolvimento da linguagem.

Vygotsky aponta que o primeiro sintoma na criança que alcançou este nível crítico do desenvolvimento é a expansão ativa do seu vocabulário, indagando o

nome de cada nova coisa com que se encontra. No segundo, consequência do primeiro, há uma ampliação bem acentuada do vocabulário da criança (Vygotsky, 2007a).

Embora pensamento e linguagem surjam com raízes genéticas totalmente distintas, Vygotsky evidenciou em seus estudos que ambos estão relacionados no decorrer do processo do desenvolvimento do ser humano. Como já visto, para o autor, não se pode “falar de significado da palavra tomado separadamente. (...) Ele é ao mesmo tempo linguagem e pensamento porque é uma unidade do pensamento verbalizado” (Vigotski, 2001, p. 10).

Vygotsky (2007b, p. 45) aponta que assim como é impossível haver interação social sem signos, “é também impossível a falta de sentido. Para comunicar uma experiência ou qualquer outro conteúdo de consciência a outra pessoa, os signos têm de se associar a uma classe ou grupo de fenômenos”, ou seja, a generalização é essencial.

Desse modo, conforme argumenta Vygotsky (2007a,) cada palavra como signo mediador da interação entre o indivíduo e o meio ambiente é uma generalização. Pois, “a palavra nunca se refere a um objeto isolado, mas a todo um grupo ou classe de objetos” (Vigotski, 2001, p. 9).

A esse respeito, Rosa (2010) ressalta que o significado convém como unidade para o estudo da fala, instrumento de interação social, na função de instrumento mediador, bem como para o estudo do pensamento generalizante.

Nesse contexto, a fala é essencialmente relevante no desenvolvimento da linguagem, pois, por meio dela, é possível organizar as atividades práticas e as funções psicológicas. A fala é uma capacidade exclusiva da humanidade e Vygotsky (2007b) confere a ela um papel de destaque na organização das funções psicológicas superiores.

Oliveira (1993) destaca que a questão do significado ocupa um lugar de destaque no estudo que Vygotsky faz das relações entre pensamento e linguagem. Ainda a esse respeito a autora argumenta que “o significado é um componente essencial da palavra e é, ao mesmo tempo, um ato de pensamento, pois o significado de uma palavra já é, em si, uma generalização” (Oliveira, 1993, p. 48).

Essa é uma outra mudança que ocorre com o surgimento da linguagem, além da interação social, a generalização que a linguagem proporciona ao processo de

abstração, isto é, por meio “da linguagem é possível analisar, abstrair e generalizar as características” (Rego, 1995, p. 53). A esse respeito, Luria (2010, p. 26) afirma que: “a linguagem carrega consigo os conceitos generalizados, que são a fonte do conhecimento humano”.

Para Vygotsky (2007a) está implícita essa ligação entre as duas funções fundamentais da linguagem: a interação social e a generalização. A interação social implica a generalização e o desenvolvimento do sentido verbal. A generalização só se torna possível por meio do desenvolvimento da interação social.

Oliveira (1993) argumenta que é no significado da palavra que a fala e o pensamento se unem ao pensamento verbal. Ainda para a autora, é no significado que se encontra a unidade das duas funções básicas da linguagem. Assim, as crianças que ainda não desenvolveram apropriadamente essa competência “de generalização são em muitos casos incapazes de comunicar a sua experiência. O problema não é que eles faltem as palavras ou sons apropriados, mas reside na ausência do conceito de generalização apropriado” (Vygotsky, 2007a, p. 45).

Vale ressaltar que Vygotsky (2001) relaciona à generalização tanto com a ideia de conceito quanto com o significado da palavra. Para o autor, do ponto de vista psicológico, o significado da palavra é uma generalização ou conceito. “Toda generalização, toda formação de conceitos é o ato mais específico, mais autêntico e mais indiscutível de pensamento” (Vygotsky, 2001, p. 399).

1.2.3 Conceitos Cotidianos e Conceitos Científicos

Vygotsky (2001, 2007a) distinguiu duas modalidades de conceitos: os *cotidianos* (desenvolvidos ao longo de toda a vida diária e prática do indivíduo, à medida que ele interage com o ambiente e com outras pessoas) e os *científicos*, desenvolvidos quando começa a definição verbal e emitidos em espaços de ensino formal geralmente auxiliado por um adulto.

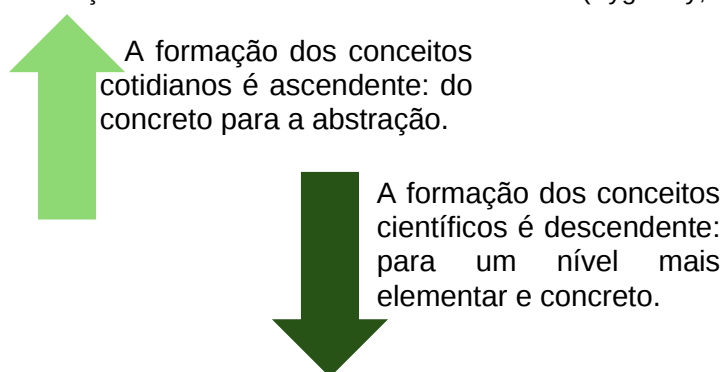
Nessa direção, Oliveira (1992, p. 32) argumenta que os chamados conceitos científicos envolvem desde o começo, “uma atitude mediada em relação a seu objeto”. São alcançados por meio do ensino, como parte de um sistema sistematizado de conhecimentos, “particularmente relevantes nas sociedades letradas, onde as crianças são submetidas a processos deliberados de instrução

escolar” (Oliveira, 1992, p. 31). Nesse aspecto, Vygotsky (2007a) ressalta que:

O desenvolvimento dos conceitos científicos (...) como parte de um sistema organizado, esta definição verbal desce no sentido do concreto. (...) Por contraste, o conceito comum tende a desenvolver-se fora de qualquer sistema definido – tende a mover-se ascensionalmente, no sentido da abstracção e da generalização (Vygotsky, 2007a, p. 210).

Desse modo, Vygotsky ilustra que a formação de ambos os conceitos percorre vias de desenvolvimento em sentidos opostos e podem ser representadas esquematicamente como duas linhas com sentidos distintos (Figura 6).

Figura 6 - Esquema da direção dos conceitos cotidianos e científicos (Vygotsky, 2010, p. 281).



Fonte: Elaborado pela autora.

Nesse processo, o desenvolvimento dos conceitos cotidianos da criança ocorre de baixo para cima, “das características mais elementares e inferiores em direção das superiores, enquanto os conceitos científicos se desenvolvem de cima para baixo, das características mais complexas e superiores em direção às mais elementares” (Vygotsky, 2007a, p. 281).

Vygotsky argumenta que os conceitos científicos se relacionam de forma distinta no que se refere à experiência individual da criança da relação que ela tem dos conceitos cotidianos. Para o autor, os conceitos científicos nascem e se estabelecem relacionados no processo das interações escolares por via absolutamente distinta que no processo da experiência individual da criança (Vygotsky, 2007a).

Oliveira (1992) nos remete ao papel da escola no que se refere a transmissão de conhecimentos como de natureza diferente daqueles aprendidos na vida cotidiana. Nesse caso, as razões internas que conduzem a criança na formação dos

conceitos científicos são absolutamente distintas das que impelem o pensamento da criança na formação dos conceitos cotidianos.

Entretanto, embora os experimentos de Vygotsky tenham evidenciado que a constituição e o desenvolvimento dos conceitos cotidianos ocorrem de forma distinta dos conceitos científicos, o autor argumenta que ambos “são processos intimamente interligados, que exercem influências um sobre o outro” (Vygotsky, 2001, p. 261). Além do mais, o autor destaca que somente após os conceitos cotidianos da criança alcançarem um certo nível de desenvolvimento, os conceitos científicos se tornam possíveis de serem absorvidos.

Nesse caso, o autor ainda argumentou que independente de qual conceito, estamos diante do “desenvolvimento de um processo único de formação de conceitos, que se realiza sob diferentes condições internas e externas, mas continua indiviso por sua natureza” (Vygotsky, 2001, p. 261). Nessa direção, Rosa (2010) ressaltou que os conceitos cotidianos são empregados pelo indivíduo e em seguida são generalizados, enquanto os conceitos científicos já se originam como generalizações (abstrações), isto é, são generalizações de generalizações da realidade.

1.2.4 A Internalização na organização da definição verbal

No resultado do trabalho experimental de Vygotsky (2007a), a direção do movimento do processo de desenvolvimento do pensamento da criança se realiza do social para o individual. Essa construção ocorre por meio da interação social do indivíduo com o seu grupo cultural no qual vive e, nesse processo se desenvolve como ser humano e internaliza as estruturas organizacionais culturalmente dadas.

Vygotsky (2007b, p. 56) chama de internalização “a reconstrução interna de uma operação externa”. Indo nessa direção, Rego (1995, p.109) argumenta que, a internalização “implica na transformação dos processos externos (concretizado nas atividades entre as pessoas) em um processo intrapsicológico (onde a atividade é reconstruída internamente)”.

As manifestações das funções interpsicológicas são partilhadas entre as pessoas e nesse estágio, conforme afirma Luria (2010, p. 27), “os adultos (...) são agentes externos servindo de mediadores do contato da criança com o mundo”.

Entretanto, ainda em relação a esse aspecto, o autor argumenta que, à medida que as crianças crescem, esses processos inicialmente partilhados com os adultos aperfeiçoam-se e passam a ser executados dentro das próprias crianças.

Assim, há uma passagem das funções interpsicológicas para as funções as intrapsicológicas. Isto é, “das formas de atividade social coletiva da criança para as funções individuais” (Vigotski, 2001, p.429). Nesse aspecto, é por meio “desta interiorização dos meios de operação das informações, meios estes historicamente determinados e culturalmente organizados, que a natureza social das pessoas tornou-se igualmente sua natureza psicológica” (Luria, 2010, p. 27).

Assim sendo, é relevante persistir na natureza da formação dos conceitos como construções culturais e históricas “que foram internalizadas pelo indivíduo no decorrer do seu processo de desenvolvimento” (Oliveira, 1992, p. 28). Luria (2010, p. 27) ressalta que as crianças estão em interação com os adultos desde o nascimento, “que ativamente procuram incorporá-las à sua cultura e à reserva de significados e de modos de fazer as coisas que se acumulam historicamente”.

Assim sendo, “a cultura torna-se parte da natureza humana num processo histórico que, ao longo do desenvolvimento da espécie e do indivíduo, molda o funcionamento psicológico do homem” (Oliveira, 1992, p. 24).

Diante do exposto, Vygotsky (2007b), ressalta que a internalização dos sistemas de signos provoca transformações comportamentais e constitui uma ligação entre as formas iniciais e tardias do desenvolvimento individual. De modo que o aprendizado é imprescindível para o desenvolvimento das estruturas intelectuais da criança, não ficando subordinado inteiramente ao desenvolvimento, mas um se nutre do outro, provocando saltos de nível de conhecimento.

1.2.4.1 Aprendizado e desenvolvimento na perspectiva de Vygotsky

Vygotsky (2007b) argumenta que as discussões sobre todas as percepções correntes da relação entre aprendizado e desenvolvimento ocupavam três posições teóricas entre os psicólogos.

A primeira, postula que o aprendizado não está envolvido ativamente nos processos de desenvolvimento da criança e que ocorre de forma totalmente independente e externa. Essa perspectiva “exclui a noção de que o aprendizado

pode ter um papel no curso do desenvolvimento ou maturação daquelas funções ativadas durante o desenvolvimento durante o próprio processo do aprendizado” (Vygotsky, 2007b, p. 89). Assim, assume como premissa que o aprendizado acompanha a trilha do desenvolvimento, que está sempre à frente do aprendizado.

A segunda, segundo Vygotsky (2007b, p. 89), centra-se no pressuposto de que “o processo de aprendizado está completa e inseparavelmente misturado com o processo de desenvolvimento”. Nesse aspecto, o desenvolvimento é compreendido como o domínio dos reflexos dependentes e não importa se o que se considera é o escrever, o ler ou aritmética.

A terceira abordagem teórica buscando extrapolar os extremos das outras duas abordagens, meramente junta as duas posições. Essa posição postula que uma criança que “tenha aprendido a realizar uma operação, ela passa a assimilar algum princípio estrutural cuja esfera de aplicação é outra que não unicamente a das operações do tipo daquela usada como base para a assimilação do princípio” (Vygotsky, 2007b, p. 94). Como consequência, quando a criança dá um passo no aprendizado ela dá dois no desenvolvimento, isto é, o aprendizado e o desenvolvimento não coincidem.

Ao basear-se no materialismo histórico e postular o papel do ambiente social e cultural como fundamentais para a compreensão do comportamento humano, Vygotsky (2007b) discorda dessas três abordagens e deixa sobressaltar que o desenvolvimento do ser humano é moldado pelas interações sociais, por meio das trocas constituídas com outros indivíduos no meio cultural no qual está inserido.

Podem-se distinguir, dentro de um processo geral de desenvolvimento, duas linhas qualitativamente diferentes de desenvolvimento, diferindo quanto à sua origem: de um lado, os processos elementares, que são de origem biológica; de outro, as funções psicológicas superiores, e origem sociocultural. A história do comportamento da criança nasce do entrelaçamento dessas duas linhas. A história do desenvolvimento das funções psicológicas superiores seria impossível sem um estudo da sua pré-história, de suas raízes biológicas e de seu arranjo orgânico. As raízes do desenvolvimento de duas formas fundamentais, culturais, de comportamento, surgem durante a infância: o uso de instrumentos e a fala humana. Isso, por si só coloca a infância no centro da pré-história e do desenvolvimento cultural. (Vygotsky, 2007b, p. 42).

A Teoria Sócio-histórica de Vygotsky não ignora as definições biológicas humanas, contudo, evoca o papel da experiência social que proporciona “instrumentos e símbolos (...) que medeiam a relação do indivíduo com o mundo, e

que acabam por fornecer, também, seus mecanismos psicológicos e formas de agir nesse mundo” (Rego, 1995, p. 70). Para Vygotsky (2007b), esse desenvolvimento ocorre numa analogia lógica entre o sujeito e a sociedade - ou seja, o ser humano transforma o ambiente e o ambiente transforma o ser humano.

Esse aporte teórico ressalta que o desenvolvimento da inteligência, da personalidade, das emoções, da consciência e do relacionamento da criança, do adolescente ou do adulto com outras pessoas – o desenvolvimento de capacidades especificamente humanas – acontece no processo da vida social do sujeito, por meio da atividade, a partir das condições de vida e em processos de educação e comunicação (Fonseca-Janes; Lima, 2013, p. 231- 232).

Sendo assim, o aprendizado não ocorre de forma isolada e, conforme argumenta Vygotsky (2007b), é um processo que se inicia muito antes que as crianças frequentem a escola. Esse contato “entre a criança e o mundo adulto que a rodeia estabelece-se desde muito cedo” (Vygotsky, 2007a, p. 152). Nesse direcionamento, Rego (1995, p. 71) argumenta que “o aprendizado é considerado, assim, um aspecto necessário e fundamental no processo de desenvolvimento das funções psicológicas superiores”.

Para Vygotsky (2007b, p. 95) “aprendizado e desenvolvimento estão inter-relacionados desde o primeiro dia de vida da criança”, quando o indivíduo começa a se relacionar com o ambiente e a adquirir conhecimento sobre o mundo ao seu redor. Na perspectiva do autor, todo aprendizado é essencialmente mediado e para tanto, o primeiro contato da criança com novas atividades, habilidades ou informações deve ter a mediação de um adulto.

As funções psíquicas humanas estão intensamente vinculadas ao aprendizado, à apropriação (por intermédio da linguagem) do legado cultural de seu grupo. Nessa direção, Rego (1995, p. 109) evoca que “para que a criança possa dominar esses conhecimentos é fundamental a mediação de indivíduos, sobretudo dos mais experientes de seu grupo cultural”.

Segundo Vygotsky (2007b, p. 102), a “aquisição da linguagem pode ser um paradigma para o problema da relação entre aprendizado e desenvolvimento”. Inicialmente, a linguagem emerge como um meio de comunicação entre a criança e as pessoas com as quais convive. Apenas após a “conversão em fala interior, ela vem a organizar o pensamento da criança, ou seja, torna-se uma função mental

interna” (Vygotsky, 2007b, p. 102).

Um aspecto essencial da hipótese de Vygotsky (2007b, p. 103) é a ideia de que, apesar de o aprendizado estar intensamente conexo ao desenvolvimento da criança, “os processos de desenvolvimento não coincidem com os processos de aprendizado”. Isso significa que o desenvolvimento das crianças não acontece de forma igual ou em paralelo aos processos de aprendizagem. Portanto, “o processo de desenvolvimento progride de forma mais lenta e atrás do processo de aprendizado; desta sequenciação resultam, então, as zonas de desenvolvimento proximal” (Vygotsky, 2007b, p. 103).

1.2.4.2 Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)

Vygotsky (2007b, p. 95) ressalta que “o aprendizado deve ser combinado de alguma maneira com o nível de desenvolvimento da criança” e que pelo menos dois níveis de desenvolvimento devem ser estabelecidos. O primeiro pode ser chamado nível de desenvolvimento real e é determinado usualmente por meio da solução independente de problemas. Corresponde ao nível de desenvolvimento das funções mentais que o sujeito já possui, ou seja, as funções que já amadureceram.

Uma das contribuições de Vygotsky (2007b) para a Psicologia do desenvolvimento foi o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que ele a define como: a distância entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial.

A ZDP define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário. (...) Assim, ela permite delinear o futuro imediato da criança e seu estado dinâmico de desenvolvimento, propiciando o acesso não somente ao que já foi atingido através do desenvolvimento, como também àquilo que está em processo de maturação (Vygotsky, 2007b, p. 98).

Para Vygotsky (2007b), o nível de desenvolvimento potencial é determinado por meio da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais preparados e pode ser entendida como o nível de desenvolvimento que o sujeito pode alcançar.

Para o autor, “o estado de desenvolvimento mental de uma criança só pode

ser determinado se forem revelados os seus dois níveis: o nível de desenvolvimento real e a zona de desenvolvimento proximal” (Vygotsky, 2007b, p. 98). Dentro desse contexto, Vygotsky (2007b, p. 98) afirma que o que hoje é considerado zona de desenvolvimento proximal “será o nível de desenvolvimento real amanhã – ou seja, aquilo que uma criança pode fazer com assistência hoje, ela será capaz de fazer sozinha amanhã”.

Assim, no espaço escolar, o professor precisa identificar esses níveis de desenvolvimento de cada estudante e “orientar o seu trabalho não segundo o desenvolvimento de ontem da criança” (Vygotsky, 2007a, p. 270), mas de forma a promover o desenvolvimento de amanhã no percurso de aprendizagem de cada estudante. Nesse caso, o professor torna-se mediador da aprendizagem empregando táticas que tornem o estudante independente e estimule o conhecimento potencial, de modo a criar uma ZDP a todo momento.

Dessa forma, a noção de Zona de Desenvolvimento Proximal nos leva a perceber que o ensino deve se antecipar ao que o estudante ainda não sabe e não consegue aprender sozinho. Ou seja, “o “bom aprendizado” é somente aquele que se adianta ao desenvolvimento” (Vygotsky, 2007b, p. 102).

Vygotsky (2007b, p. 99) argumenta que um entendimento pleno do conceito de ZPD deve levar à reavaliação do papel da imitação no aprendizado, visto que, um dos princípios da Psicologia é o de que “somente a atividade independente da criança, e não a sua atividade imitativa, é indicativa de seu nível de desenvolvimento mental”. Contudo, Vygotsky (2007b) argumenta que:

[...] um aspecto essencial do aprendizado é o fato de ele criar a zona de desenvolvimento proximal; ou seja, o aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e quando em cooperação com seus companheiros. Uma vez internalizados, esses processos tornam-se das aquisições do desenvolvimento independente da criança (Vygotsky, 2007b, p. 103).

Assim, para que ocorra o aprendizado, a interação social deve ser desenvolvida dentro da ZDP. O aprendizado de novos conceitos requer uma série de etapas, que envolvem a percepção, a identificação e a compreensão dos elementos do ambiente, a associação de ideias e conceitos, e a generalização do conhecimento adquirido.

CAPÍTULO 2. CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS E DA INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS

As investigações científicas relacionando a construção do conhecimento em Ciências mediada por TDIC tem se ampliado gradativamente ao longo dos anos. Os pesquisadores empregam diferentes tecnologias digitais em todos os níveis de ensino, de forma particular para favorecer a aprendizagem de conceitos relacionados à eletricidade na abordagem disciplinar de Física.

Nessa mesma direção, tendo também em vista os benefícios da interdisciplinaridade explicitados em documentos oficiais da educação brasileira e estadual foi realizada uma revisão de literatura para obter conhecimento a respeito da literatura disponível tanto na área sobre o uso de TDIC, quanto da interdisciplinaridade no processo de aprendizagem de Ciências da Natureza em nível médio.

De acordo com Botelho, Cunha e Macêdo (2011) existem dois tipos de artigos de revisão de literatura: as revisões narrativas e as revisões sistemáticas. A primeira apresenta uma descrição de objetivos e resultados obtidos nos trabalhos, construindo crônicas do material selecionado para compor o corpus da pesquisa bibliográfica e é o procedimento mais tradicional. A segunda pode ser dividida em quatro métodos: meta-análise, revisão sistemática, revisão qualitativa e revisão integrativa.

Para esta análise e síntese do conhecimento, optou-se por uma revisão integrativa consistente com as definições e orientações metodológicas propostas por Botelho, Cunha e Macêdo (2011). Na perspectiva desses autores, ela “objetiva traçar uma análise sobre o conhecimento já construído em pesquisas anteriores sobre um determinado tema” (Botelho; Cunha; Macêdo, 2011, p. 127), possibilitando estabelecer conexões entre os pontos de vistas apresentados pelos autores.

Esse procedimento de investigação bibliográfica permitiu a análise e a síntese do conhecimento de pesquisa na utilização de tecnologias digitais em experimentos de fenômenos físicos no ensino da temática de eletricidade/circuitos elétricos em nível médio e investigar a interdisciplinaridade em sua relação no processo de aprendizagem de Ciências da Natureza no Ensino Médio.

Para os autores, o processo de revisão integrativa deve seguir uma sucessão de etapas bem definidas: (1) identificação do tema e seleção da questão de

pesquisa; (2) estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão; (3) identificação dos estudos pré-selecionados e selecionados; (4) categorização dos estudos selecionados; (5) análise e interpretação dos resultados; e (6) apresentação da revisão/ síntese do conhecimento. No Quadro 1 é possível ver os detalhes de cada uma dessas etapas.

Quadro 1 - Etapas da Revisão Integrativa.

REVISÃO INTEGRATIVA		
1ª Etapa	Identificar o tema e selecionar a questão de pesquisa	Definir: *Um problema de pesquisa; *Uma pergunta de pesquisa; *Palavras-chave; *Estratégias de busca; *Bancos de dados a serem utilizados.
2ª Etapa	Estabelecer os critérios de inclusão e exclusão	*Definir critérios de seleção e os bancos de dados a serem utilizados; *Utilizar as bases de dados; *Buscar os textos nas bases de dados utilizando critérios de inclusão e exclusão pré-definidos.
3ª Etapa	Identificar os textos pré-selecionados e selecionados	*Leitura criteriosa dos títulos, resumos e palavras-chave; *Organizar por meio de uma tabela os estudos pré-selecionados; *Identificar os estudos selecionados.
4ª Etapa	Categorização dos estudos selecionados	Elaborar uma matriz de síntese para: *Sumarizar e documentar as informações extraídas dos artigos como: tamanho da amostra; quantidade dos sujeitos; metodologia; mensuração de variáveis; métodos de análise; teoria ou conceitos basilares utilizados. * Categorizar e analisar as informações; *Formar uma biblioteca individual; *Análise crítica dos estudos selecionados.
5ª Etapa	Análise e interpretação dos resultados	*Discussão sobre os textos analisados na revisão integrativa; *Interpretação dos dados; *Levantar as lacunas de conhecimento existentes; *Sugerir pautas para futuras pesquisas.
6ª Etapa	Apresentação da revisão/ síntese do conhecimento	*Elaborar um documento que deve contemplar: a descrição de todas as fases percorridas pelo pesquisador; os principais resultados obtidos; proposta para estudos futuros.

Fonte: Elaborado pela autora.

Dessa forma, no primeiro tópico deste capítulo são apresentadas considerações do resultado da revisão de literatura no que se refere ao emprego de tecnologias digitais no ensino de eletricidade/circuitos elétricos em nível médio. Os

trabalhos selecionados foram analisados com a perspectiva das contribuições do uso das TDIC no que se refere aos referenciais utilizados, os tipos de simulações e o impacto do uso dessas simulações no processo de aprendizagem de Ciências. Por fim, no segundo tópico, a importância da aplicabilidade de estratégias como a interdisciplinaridade no ensino de Ciências em pesquisas acadêmicas.

2.1 TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS EM NÍVEL MÉDIO⁵

De forma específica, para esta investigação bibliográfica sobre o uso de TDIC no ensino de Ciências em nível médio foram realizadas pesquisas nas bases de dados *online* em busca de trabalhos relacionados ao objeto de investigação (Portal de Periódicos Capes, *Scopus*, *Scielo* e *Web of Science*). A análise dos dados, foi organizada a partir das seguintes questões de pesquisa:

- Quais os referenciais teóricos de ensino são utilizados no ensino de circuitos elétricos mediado por tecnologias digitais?
- Qual tipo de simulação (estática ou dinâmica) foi utilizado no processo de ensino?
- Como é o impacto dessas simulações na aprendizagem dos estudantes?

Os dados foram identificados utilizando-se uma combinação com os seguintes termos indexadores: ("Ensino de Física" OR "enseñanza de la física" OR "physics teaching") AND ("circuitos elétricos" OR "circuito eléctrico" OR "electric circuit" OR "eletricidade" OR "electricidad" OR "electricity" OR "modelagem computacional" OR "computational modeling" OR "modelado computacional" OR "simulações" OR "simulação" OR "simulación" OR "simuladores" OR "simulation" OR "simulations" OR "simulators" OR "simulação virtual").

Os critérios de seleção dos trabalhos foram: (1) período: 2017 a 2022; (2) documentos que continham pelo menos uma das palavras-chaves no título e/ou no resumo (abstract) e entre as palavras-chave; (3) trabalhos com acesso completo e aderência ao escopo da investigação (no caso, aplicação de simulação digital e/ou modelagem de experimentos de fenômenos físicos na temática eletricidade ou

⁵ Os resultados apresentados neste tópico foram publicados na Revista Temas em Educação. Link do artigo: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/rteo/article/view/66234>

circuitos elétricos em nível médio); (4) artigos em português, inglês e espanhol.

Ao realizar a busca dos trabalhos nas bases de dados acadêmicas, foram identificados (I) 367 artigos que abordavam o uso de experimentos de fenômenos físicos por meio de tecnologias digitais. Em seguida, foi realizada uma leitura dos títulos, palavras-chaves e resumo dos trabalhos para localização dos trabalhos duplicados (TD) e dos textos que eram de revisão bibliográfica (RB). Assim, foram eliminados 155 estudos por estarem duplicados, devido apresentarem mais de uma palavra-chave no corpo do texto ou mesmo estarem na web em outra língua, e 55 trabalhos devido serem de revisão bibliográfica, restando assim 157 artigos.

Na continuidade, o quantitativo restante dos textos foi submetido a uma leitura prévia para, inicialmente, identificar em qual nível de ensino foram aplicadas as tecnologias digitais e, posteriormente identificar quais trabalhos no nível do Ensino Médio (EM) eram voltados para o ensino da temática eletricidade e/ou circuitos elétricos. A partir dessa etapa, foram eliminados 150 artigos, restando, portanto, sete trabalhos, os quais constituem o objeto da nossa análise, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Trabalhos acadêmicos enfocando atividades fundamentadas na abordagem didática utilizando tecnologias digitais.

Bases da pesquisa	I	TD	RB	Nível de Ensino			Selecionados
				EF	ES	EMTD	EMEC
Scopus	53	16	15	1	13	6	2
Scielo	69	40	6	-	21	-	2
Portal Capes	210	91	26	2	58	31	2
Web of Science	35	8	8	1	11	6	1
Total	367	155	55	4	103	43	7

Fonte: Quadro elaborado pela autora (2023). EF – Ensino Fundamental; ES – Ensino Superior; EMTD – Ensino Médio – temas distintos do tema da pesquisa; EMEC – Ensino Médio - Eletricidade e Circuitos Elétricos.

Neste quadro, cabe ressaltar o número de trabalhos usando simulação digital no ensino de Física no Ensino Superior. Ao contrário do Ensino Superior, foram encontrados poucos trabalhos na abordagem disciplinar de Física no EM que analisam a mobilização de atividades fundamentadas na abordagem didática utilizando tecnologias digitais no ensino do conhecimento disciplinar escolar de eletricidade e/ou circuitos elétricos.

O uso de tecnologias digitais como ferramenta para favorecer a aprendizagem

de estudantes no ensino de Física em nível médio se mostrou uma aplicação promissora. Entretanto, a maioria dos trabalhos trouxe colaborações sobre o uso das TDIC em temas distintos ao foco da pesquisa. De qualquer forma, ao analisar as publicações sobre o ensino de Física foi possível perceber a importância que o uso das TDIC adquiriu nos últimos tempos.

No Quadro 3 é possível obter informações sobre os sete trabalhos na área de Física no EM que analisaram a mobilização de atividades fundamentadas na abordagem didática utilizando tecnologias digitais no ensino da temática eletricidade e/ou circuitos elétricos, que foram objetos da nossa análise.

Quadro 3 - Artigos selecionados que utilizam de eletricidade mediados por simulação digital no EM.

Autores/ ano	Título do Trabalho	Bases de Indexação	Síntese dos dados
Ülen et al. (2017)	Evaluating the Effectiveness of Physlet-Based Materials in Supporting Conceptual Learning About Electricity.	Scopus	Utilizaram pequenas simulações denominadas <i>Physlet</i> para apoiar o aprendizado conceitual sobre eletricidade.
Permana et al. (2019)	The development of an electricity book based on augmented reality Technologies.	Web of Science	Apresentaram uma pesquisa que produziu um livro com tecnologia de realidade aumentada (RA) sobre eletricidade.
Santos e Dickman (2019)	Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio.	Scielo	Utilizaram LR (Laboratório Real) e LV (Laboratório Virtual) para aplicar roteiros de atividades que contemplaram quatro estratégias no ensino de eletricidade.
Sapriadi et al. (2019)	Effect of Higher Order Thinking Virtual Laboratory (HOTVL) in Electric Circuit on Students' Creative Thinking Skills.	Scopus	Compararam a melhoria das habilidades de pensamento criativo entre estudantes que experimentaram o modelo HOTVL (Laboratório Virtual de Pensamento de Ordem Superior) e um laboratório virtual de verificação (grupo de controle e experimental).
Mora, Moreira e Meneses-Villagrà (2021)	Aprendizaje Activo de la Física y análisis de Rasch para circuitos eléctricos mediante physlets.	Periódicos Capes	Aplicaram a metodologia da Aprendizagem Ativa mediada por <i>physlets</i> no ensino de circuitos eléctricos e utilizaram o modelo de Rasch para visualizar os resultados,
Arias (2021)	Una propuesta didáctica experimental aplicada a la unidad Electricidad en un colegio científico de Costa Rica.	Scielo	Apresentou os resultados obtidos ao aplicar uma proposta didática experimental, utilizando LV e LR (Laboratórios Remotos), para facilitar o aprendizado teórico à unidade de eletricidade.
Ortiz e Denardin (2021)	O estudo de instalações elétricas: uma análise à luz das inteligências múltiplas de Gardner.	Periódicos Capes	Apresentaram um relato de atividades com experiências práticas no ensino de circuitos elétricos. Dentre as diversas metodologias exploradas, utilizaram simulações no PhET (Physics Education Technology) para facilitar a compreensão de uma instalação elétrica residencial.

Fonte: Elaborado pela autora.

As pesquisas de Santos e Dickman (2019), Sapriadil *et al.* (2019), Ortiz e Denardin (2021) utilizaram simuladores digitais do projeto *PhET* como ferramenta de mediação no ensino de Física.

Santos e Dickman (2019) indicaram o uso de LV como o *PhET* na abordagem dos conceitos de corrente elétrica, resistência elétrica e Lei de *Ohm*. Eles ressaltaram que o simulador contribuiu para uma aprendizagem eficiente, ao tornar possível a manipulação de experimentos simples, permitindo a visualização clara das ligações, evitando um primeiro contato com o emaranhado de cabos de ligação, o que poderia desmotivar os estudantes. Os autores ainda sugeriram que uma abordagem que poderia ser mais eficiente no ensino de circuitos elétricos e Lei de Ohm seria misturar atividades experimentais reais com simulações computacionais.

Sapriadil *et al.* (2019) analisaram o efeito do método Laboratório Virtual no pensamento de ordem superior (HOTVL), sobre a temática circuito elétrico para facilitar as habilidades de pensamento criativo dos estudantes. Segundo os autores a sintaxe do projeto do *HOT Lab* desenvolvido por Malik *et al.* (2017) consiste em 11 etapas: problemas do mundo real; determinar e avaliar ideias; questão experimental; materiais e equipamento; predição; questão do método; exploração; medição; análise; conclusão e apresentações.

Assim, esses autores consideraram que envolver estudantes em atividades de aprendizagem de ciências desenvolvendo a sintaxe do HOTLV na abordagem dos conceitos relacionados aos circuitos elétricos contribui não só para a construção do conhecimento conceitual, mas também para o desenvolvimento da forma científica de pensar. Os autores ressaltaram que o pensamento criativo é uma habilidade muito necessária no século XXI e que uma das maneiras de facilitar o desenvolvimento dessa habilidade podem ser as atividades experimentais por meio de simulações em plataforma *online*.

O trabalho de Permana *et al.* (2019) desenvolveu e utilizou um livro de realidade aumentada (RA) baseado no modelo de pesquisa e desenvolvimento 4D (RND). Segundo os autores, o modelo consiste nas etapas: definir, projetar, desenvolver e divulgar. Assim, os autores descreveram em que consiste cada etapa na produção de um livro com tecnologia de realidade aumentada sobre eletricidade e estática e materiais elétricos dinâmicos.

Os trabalhos de Ülen *et al.* (2017) e Mora, Moreira e Meneses-Villagrà (2021)

fizeram uso das simulações denominadas *Physlet*, enquanto Arias (2021) analisou uma proposta didática experimental, em uma unidade de eletricidade, usando laboratórios virtuais e remotos.

Mora, Moreira e Meneses-Villagrà (2021) utilizaram na aplicação da sua atividade uma metodologia didática denominada pelos autores como Aprendizagem Ativa da Física, mediante o ciclo PODS que consta das fases Prever-Observar-Discutir-Sintetizar. Essas etapas são relatadas na aplicação da proposta de ensino.

Arias (2021) ressaltou que projetou a proposta didática usando estratégia de aprendizagem por investigação em coerência com as disposições do Programa de Educación Diversificada en Física (MEP) em Costa Rica. Desta forma, o autor relatou que aplicou a estratégia contemplando três momentos: (1) fase diagnóstica (estudantes respondiam algumas questões), (2) aplicação experimental (Laboratório Virtual - LV) – *PhET* e Laboratório Remoto (LR) usando o Sistema de Instrumentos em Realidade Virtuais (VISIR); (3) estudantes refletem sobre sua própria aprendizagem.

Os exemplos desses trabalhos mostram que a utilização de tecnologias digitais disponíveis na *Web* no ambiente escolar poderia ser, desde que inseridas como uma ferramenta para favorecer a aprendizagem, uma das possibilidades de transformar o ensino de Física em algo significativo para os estudantes.

Nesse sentido, a inclusão das tecnologias digitais no espaço escolar não serão o salva-vidas dos desajustes referentes ao ensino e a aprendizagem, pois, elas revestem-se de importância relativa apenas como ferramenta que pode contribuir desde que o objetivo da sua utilização seja beneficiar o processo de aprendizagem dos estudantes (Silva, 2019).

Novas leituras dos trabalhos foram realizadas com o objetivo de identificar informações que ajudassem na construção de respostas para as questões elaboradas para nortear o estudo. A análise das informações, relacionadas com cada questão, é apresentada nos tópicos seguintes.

2.1.1 Referenciais teóricos de ensino utilizados

Quanto aos referenciais teóricos de ensino acerca do tema investigado, Ülen, Gerlic e Slavinec (2017) deixaram a entender que estão se pautando na

Aprendizagem Conceitual (Cheng, 1999) como sua abordagem de ensino. Os autores apresentaram aplicações de materiais baseados em um tipo de simulações (denominadas pelos autores de *physlets*) disponíveis no *PhET* para apoiar no ensino de eletricidade em uma escola secundária eslovena. Ülen, Gerlic e Slavinec (2017) avaliaram as habilidades de pensamento dos estudantes antes e após participar em um ambiente de aprendizagem, de forma específica, baseado em *Physlet* e a Teoria da Aprendizagem Conceitual versus instrução expositiva.

Ortiz e Denardin (2021) apresentaram de forma explícita os referenciais teóricos que utilizaram em sua abordagem, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) (Rosa, 2010; Moreira, 2017) e a Teoria das Inteligências Múltiplas de Gardner (Gardner, 2001). Utilizaram materiais baseados em *Physlet* no ensino de circuitos elétricos para estudantes do EM de uma escola pública de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. Os autores destacaram que o desenvolvimento das atividades foi em grupos com o objetivo de uma participação ativa dos estudantes e para que aprendam a manipular os objetos que estão presentes no seu dia a dia.

Santos e Dickman (2019) não indicaram explicitamente qual referencial teórico estava orientando suas abordagens dos conceitos de corrente elétrica para estudantes do EM, em uma escola estadual de São Paulo. Entretanto, relataram que inicialmente foi necessário determinar qual o nível de conhecimento prévio dos estudantes sobre o assunto, o que pode indicar o uso da TAS (Rosa, 2010; Moreira, 2017). Mas em nenhum momento, se referiram explicitamente a Teoria da Aprendizagem Significativa.

Os demais trabalhos (Sapriadi et al., 2019; Permana et al., 2019; Arias, 2021; Mora; Moreira; Meneses-Villagrà, 2021) não apresentaram explicitamente um referencial teórico de ensino e não apresentaram indícios que possibilitassem sugerir o emprego de um referencial.

Portanto, é possível concluir, nos trabalhos analisados, quando se trata da temática ensino de eletricidade e/ou circuitos elétricos em nível médio, que a introdução das ferramentas de simulação no ensino é feita, em geral, sem a explicitação de um suporte de um referencial teórico de ensino.

2.1.2 Tipo de Simulação

Em relação ao tipo de simulação aplicada pelos autores dos trabalhos analisados, foram analisadas conforme caracterizou Rosa (1995). O autor destacou que há dois tipos de simulação: estática e dinâmica. Na simulação estática, cabe aos estudantes apenas a manipulação de parâmetros e a observação do que ocorre no modelo do fenômeno. Na simulação dinâmica, o estudante elabora, por meio de programação, tanto o modelo do fenômeno quanto a sua implementação.

Ülen, Gerlic e Slavinec (2017) e Mora, Moreira e Meneses-Villagrà (2021) utilizaram simulações estáticas, nas quais o estudante não elabora o modelo utilizando programação, para apoiar o aprendizado conceitual de circuitos elétricos.

Ülen Gerlic e Slavinec (2017), indicaram que os estudantes podem alterar, nas simulações, os parâmetros ao observar diferentes fenômenos físicos e ver os efeitos em tempo real.

Mora, Moreira e Meneses-Villagrà (2021) ao aplicar o ciclo PODS relataram que, inicialmente, apresentaram o início de uma simulação disponível no *PhET* e solicitaram aos estudantes para exporem suas previsões do que iria acontecer. A sequência discursiva dos autores sinalizou que os estudantes realizaram uma discussão e a registraram. Em seguida, observaram novamente a simulação só que agora até o fim e então foram expostos a uma nova discussão para adequar suas previsões ao que realmente foi observado e em seguida registraram suas conclusões.

Nos trabalhos de Santos e Dickman (2019), Ortiz e Denardin (2021) e Sapriadil *et al.* (2019) também foram utilizadas simulações estáticas do *PhET* na compreensão conceitual de estudantes do EM. Os autores ressaltaram que o *PhET* permite ao aluno montar o experimento, variando alguns parâmetros, como se estivesse em um laboratório real.

Ortiz e Denardin (2021) exploraram o uso de simulações do *PhET* apenas como base para introduzir aspectos importantes dos circuitos elétricos e facilitar a compreensão do funcionamento de uma instalação elétrica residencial. Os estudantes interagiram com um simulador computacional na tentativa de reproduzir um circuito construído com as pilhas e leds anteriormente.

Sapriadil *et al.* (2019), destacaram que utilizaram o laboratório virtual *PhET* apenas nas etapas de exploração e medição, das 11 etapas da proposta HOTVL (Higher Order Thinking Virtual Laboratory). Os estudantes manipularam apenas

parâmetros e observaram o que ocorria no modelo do fenômeno em pauta.

Permana *et al.* (2019) apresentaram uma pesquisa que teve por objetivo produzir um livro com tecnologia de realidade aumentada (RA) sobre eletricidade e estática e materiais elétricos dinâmicos. Contudo, os autores utilizaram somente na etapa desenvolver a aplicação do livro com tecnologia RA com um grupo de dez estudantes.

Os estudantes tiveram acesso ao livro e aos aplicativos RA fora da sala de aula por um dia. No entanto, apenas para alteração de parâmetros e observação do que ocorre no modelo do fenômeno em estudo. Conforme os autores, o livro pode oferecer suporte a atividades de observação, experimentação e estimulação porque a tecnologia RA pode exibir animação, som e vídeo.

Arias (2021) indicou que o LV utilizado atendeu adequadamente aos testes de medição, cálculo e análise estabelecidos para as práticas da lei de Coulomb e da lei de Ohm. Entretanto, para as práticas de circuitos como série e paralelo, bem como as leis de Kirchhoff, foi considerado um LR que faz uso do Sistema de Instrumentos Virtuais em Realidade (VISIR).

Dos trabalhos analisados é possível indicar uma tendência de introduzir somente simulações estáticas, nas quais os estudantes não têm a possibilidade de intervir no modelo físico das simulações, mas, apenas na alteração de parâmetros e a observação do que acontece no modelo do fenômeno físico estudado.

2.1.3 Impactos na aprendizagem

Para avaliar os impactos da utilização de simulação de experimentos de Física no EM, de forma particular na aprendizagem de conceitos relacionados à eletricidade como um dos conteúdos disciplinares, os pesquisadores utilizam diferentes estratégias.

Ülen Gerlic e Slavinec (2017) projetaram materiais baseados em *physlet* para ensinar sobre eletricidade seguindo o quadro teórico da Aprendizagem Conceitual e, em segundo lugar, avaliar o sucesso desses materiais no suporte conceitual para aprender sobre eletricidade em Física do EM. Os autores indicaram que duas categorias de *physlets* (*ilustrações* e *explorações*) apoiam os dois primeiros processos de aprendizagem conceitual (observação e modelagem); a terceira

categoria (*problemas*) pode apoiar os dois últimos processos (aquisição e integração) de um novo conceito em uma rede de conceitos existentes.

A fim de testar se o ambiente de aprendizagem baseado em *physlet* tem efeitos positivos no crescimento das habilidades de pensamento dos estudantes em "condições reais", os autores realizaram o experimento como parte de um curso regular de física em uma escola secundária eslovena. Para tanto, projetaram testes para contemplar o currículo esloveno de Física para o EM. Dessa forma, eles utilizaram pré-pós-teste tanto com o grupo experimental quanto com o grupo controle.

A confiabilidade dos testes foi testada pelo coeficiente de Cronbach (α) e do índice de dificuldade. Os resultados dos testes evidenciaram a eficácia do aprendizado conceitual sobre eletricidade mediado por *physlet*, por meio das pontuações do teste, que foram significativamente mais altas no grupo experimental. Assim, os autores concluíram que *physlets* permitem projetar materiais de aprendizagem que atendam os critérios de um referencial teórico de aprendizagem conceitual.

Santos e Dickman (2019) utilizaram quatro estratégias de abordagens no ensino de Eletricidade. Em uma das estratégias, os autores iniciaram com uma abordagem teórica, apoiada na aula tradicional seguida da abordagem experimental real. Outra estratégia foi uma abordagem teórica seguida da abordagem experimental virtual. A próxima estratégia utilizada foi uma abordagem experimental com experimento real em sala de aula. Por fim, a última estratégia fez uso de uma abordagem experimental utilizando simulação computacional. Pelo exposto, é possível notar que apenas duas das abordagens utilizaram simulação.

Conforme relataram os autores, os próprios estudantes destacaram algumas vantagens e desvantagens de uma abordagem em relação à outra. Ressaltando que, na experimentação real há o contato do aluno com o cotidiano, examinando como as coisas acontecem, manuseando os dispositivos e os equipamentos e na abordagem virtual o estudante pode verificar aspectos microscópicos comentados pelo professor e não visualizados no mundo real.

Para identificar se os estudantes tinham algum conhecimento prévio sobre o assunto e como foi o progresso desses alunos após as aulas, após a participação em cada abordagem, os autores elaboraram uma avaliação aplicando-a como pré-

pós-teste. Realizaram um pós-teste após a exposição teórica (PÓS-T) e outro após a exposição experimental real e virtual (PÓS-E). As questões do pré-pós-testes foram retiradas respectivamente de Máximo e Alvarenga (2011) e de concursos vestibulares. Em uma escala de 0 a 100, os resultados do PÓS-T indicaram que já foi possível observar uma diminuição significativa no número de estudantes com notas abaixo de 20, em comparação ao pré-teste. Entretanto, após as aulas experimentais, pode-se observar que todas as turmas atingiram notas acima de 50 pontos. Os resultados indicaram que a experimentação, seja ela real ou virtual, é bastante efetiva no aumento da compreensão conceitual dos alunos.

Permana *et al.* (2019) apresentaram os resultados do desenvolvimento do livro com tecnologia de RA sobre eletricidade e estática e materiais elétricos dinâmicos. O material foi validado por especialistas em mídia, testes de legibilidade de professores e por testes limitados de dez estudantes do EM de uma escola do SMAN 105, em Jakarta, capital da Indonésia. Segundo os autores, os resultados de viabilidade de mídia obtiveram 92,49% e qualificado como viável, a viabilidade do material obteve 80,44% e foi considerado como viável. Os estudantes realizaram pré-pós-teste por meio de questionário. Também utilizaram um teste de ganho normalizado (N-gain test). Os resultados do teste com os estudantes apresentaram um valor de desempenho de 82,48% com valor de 0,68 no teste de ganho normalizado, interpretado na categoria média, evidenciando melhora no aprendizado utilizando o livro equipado com RA. Baseados nos resultados, os autores concluíram que houve uma melhora bastante razoável no aprendizado dos estudantes após a utilização do livro de Física baseado na tecnologia de realidade aumentada.

Sapriadi *et al.* (2019) utilizaram um método de quase-experimento com design de pré-teste-pós-teste de grupo de controle. Os autores abordaram na discussão a comparação da melhoria das habilidades de pensamento criativo entre os alunos que experimentaram usando o modelo HOTVL e o de laboratório de verificação (grupo de controle e experimental). Com base no resultado do teste de ganho normalizado, a pontuação média da habilidade de pensamento criativo dos alunos no grupo experimental tem valor de ganho de 0,61, incluindo a categoria média. Esse valor que é superior ao do grupo controle de 0,37, incluindo também a categoria média, explicita a melhoria das habilidades de pensamento criativo dos estudantes que utilizaram o modelo HOTVL no conceito de circuito elétrico.

Arias (2021) utilizou o modelo de ganho conceitual (método estatístico de Hake), o fator de concentração de *Bao* e *Redish* e um teste de hipóteses usando o *t-student*, para mostrar que houve ganho conceitual pelos estudantes que utilizaram o LV e LR para simular conceitos de eletricidade. Tanto o fator de *Hake* padrão quanto o normalizado apresentaram um ganho médio com valores estimados de 0,6%, próximos do valor limite de ganho alto. O autor ressaltou que ao utilizar o laboratório virtual e remoto para simular conceitos da unidade de eletricidade foi possível tirar a maioria dos alunos de uma área sem modelo, ou seja, com um padrão de respostas aleatórias para uma zona de implicação de um modelo de resposta correta que é proposto pela teoria da Física.

Ortiz e Denardin (2021) optaram pela Análise Textual Discursiva (ATD) como método de análise dos dados obtidos por meio de observações, registros fotográficos e em áudio. Pelo tipo de atividade proposta sobre a diversidade metodológica e inteligências múltiplas no ensino de circuitos elétricos, os autores acreditam que foi possível identificar manifestações das inteligências espacial (nos desenhos e mapeamentos mentais), corporal-cinestésica (na manipulação de objetos e construção de algo) e interpessoal (na colaboração e tutoria entre pares). Assim, eles ressaltaram que viabilizar a participação de forma ativa do estudante na aula possibilita o desenvolvimento de conhecimento e habilidades que outras formas de abordagens não podem propiciar.

Mora, Moreira e Meneses-Villagrà (2021) aplicaram o modelo de *Rasch*, utilizando “Curvas características de Itens” (CCI) para mostrar a eficácia do modelo da Aprendizagem Ativa de Física que utiliza o ciclo PODS em aulas demonstrativas. A vantagem das aulas utilizando simulações denominadas pelos autores de *physlets* se evidenciou nos gráficos das curvas de resposta dos itens para os itens dos respectivos testes aplicados tanto com o grupo teste quanto o grupo de controle. Segundo os autores a experiência realizada utilizando simulações foi animadora devido aos bons resultados obtidos.

Esses resultados indicam que o emprego de simulações digitais como ferramenta pode favorecer a aprendizagem de conceitos em circuitos elétricos.

2.1.4 Sistematização dos Resultados

Quanto ao referencial teórico de ensino utilizado, dois artigos apresentaram claramente qual referencial teórico estão se pautando (Aprendizagem Conceitual (Cheng, 1999), Teoria da Aprendizagem Significativa (Rosa, 2010; Moreira, 2017) e a Teoria das Inteligências Múltiplas de Gardner (Gardner, 2001)).

Um dos trabalhos não indicou explicitamente, mas sugeriram se pautar na Teoria da Aprendizagem Significativa (Rosa, 2010; Moreira, 2017). Os demais trabalhos não. Dessa forma, foi possível concluir que ter um referencial teórico de ensino não é uma característica comum dos trabalhos que abordam simuladores digitais.

Nossa investigação mostrou que, apesar de os pesquisadores utilizarem diferentes TDIC, os trabalhos analisados utilizaram apenas simulação estática.

Os artigos analisados trouxeram evidências sobre os impactos do uso das tecnologias digitais na aprendizagem dos estudantes (ATD, testes de ganho, uso do coeficiente α de *Cronbach* e cálculo do índice de dificuldade) e apontaram que o emprego de tecnologias digitais pode possibilitar a aprendizagem de conceitos em circuitos elétricos.

No Quadro 4, as considerações são sistematizadas de forma a auxiliar na visualização dos resultados e análises realizadas.

A análise das questões nos trabalhos selecionados nos possibilitou visualizar que a discussão de circuitos elétricos usando tecnologias digitais como forma de contribuir com a resolução de situações-problema do cotidiano não é uma reflexão que fez parte da maioria das pesquisas aqui especificadas. Nesse aspecto, somente dois trabalhos (Ortiz; Denardin, 2021; Permana *et al.*, 2019) enfatizaram em suas investigações o papel da escola de possibilitar atividades nas quais sejam desdobradas para situações do cotidiano dos estudantes.

Neste aspecto, os resultados dessa investigação contribuem para pensar a mobilização de atividades empregando tecnologias digitais, de forma específica a temática Circuitos Elétricos Simples, inseridas a partir de um Referencial Teórico sólido em um contexto que favoreça a interdisciplinaridade e a contextualização do conhecimento construído. Por exemplo, simulações podem ser ferramentas mediadoras para a aprendizagem de conceitos relacionados a esses conhecimentos disciplinares, se pensarmos a partir da Teoria do Desenvolvimento como processo Sócio-histórico na perspectiva de Vygotsky (2007a).

Quadro 4 - Resultados da análise dos artigos que utilizaram simulações digitais como mediação no ensino de fenômenos de eletricidade no EM.

Autores	Referencial Teórico	Impactos na Aprendizagem
Ülen, S., Gerlic, I., & Slavinec, M.	Teoria da Aprendizagem Conceitual.	Evidenciaram eficácia no aprendizado conceitual sobre eletricidade mediado por <i>physlet</i> .
Permana, A. H., Mulyati, D., Bakri, F., P., D. B., & Ambarwulan, D.	—	Destacaram uma melhora bastante razoável no resultado do aprendizado do estudante após a utilização do livro de Física baseado na tecnologia AR.
Santos, J. C., & Dickman, A. G.	Não indicam explicitamente, mas sugerem conceitos ausubelianos.	Indicaram que a experimentação, seja ela real ou virtual, é bastante efetiva no aumento da compreensão conceitual dos alunos.
Sapriadil, S., Setiawan, A., Suhand, A., Malik, A., Safitri, D., & Lisdiani, S. A.	—	Explicitaram melhoria das habilidades de pensamento criativo dos estudantes que utilizaram o modelo HOTVL no conceito de circuito elétrico.
Mora, C., Moreira, M. A., & Meneses-Villagrà, J. Á.	—	Devido aos bons resultados obtidos, os autores indicaram que a experiência realizada utilizando simulações tem sido animadora.
Arias, E.	—	Evidenciaram que ao utilizar o LV e LR para simular conceitos de eletricidade foi possível tirar a maioria dos alunos de um padrão de respostas aleatórias para uma zona de um modelo de resposta correta.
Ortiz, G. S., & Denardin, L.	Teoria das Inteligências Múltiplas de Gardner	Identificaram manifestações das inteligências espacial, corporal-cinestésica e interpessoal.

Fonte: Elaborado pela autora.

A investigação nestes trabalhos aponta a necessidade de investigar como utilizar as tecnologias digitais em situações problemas no ensino de circuitos elétricos simples a nível de Ensino Médio de modo a que esta temática seja contextualizada. Por exemplo, para que o estudante compreenda a geração, a distribuição e o funcionamento de uma instalação elétrica residencial e seus componentes, de forma que se aproprie desse conhecimento para fazer uso de maneira segura, seja trocando uma lâmpada, uma tomada ou até mesmo um resistor de chuveiro.

2.2 INTERDISCIPLINARIDADE EM PESQUISAS PUBLICADAS NA ÁREA DE ENSINO DE CIÊNCIAS

Para a realização da seleção do corpus desta investigação, foram selecionados artigos publicados em revistas classificadas na Plataforma Sucupira pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Nessa seleção, optou-se por incluir artigos publicados nas revistas nacionais na área de avaliação ensino, com escopo no Ensino de Ciências e, particularmente, no ensino de Física com versão não impressa, de estrato A1 e A2, considerando a avaliação do quadriênio 2017 - 2020.

O Quadro 5 apresenta o título das revistas, como resultado dessa primeira seleção, bem como, o quantitativo de artigos identificados e os selecionados para análise, após a leitura do título, resumo e palavras-chaves.

Quadro 5 - Periódicos pertencentes ao corpus com indicação da classificação no Qualis (2017-2020).

Estrato	Periódicos que atendiam os critérios de inclusão (classificação no novo Qualis 2017-2020)	Artigos Identificados	Artigos Selecionados
A1	Areté; Caderno Brasileiro de Ensino de Física; Ciência & Educação; Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências; Investigações em ensino de Ciências (IENCI); Pró – Posições; Revista Brasileira de Ensino de Física; Revista Brasileira de pesquisa em educação em Ciências.	89	2
A2	Acta Scientiae; Alexandria (UFSC); Amazônia - Revista de educação em Ciências e Matemáticas (online); Anais da Academia Brasileira de Ciências (online); Rencima; Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (RBECT); Revista Cocar; Vidya.	102	7

Nota: Quadro elaborado pela autora.

A coleta de dados nos 16 periódicos selecionados foi realizada mediante a inserção dos termos indexadores “interdisciplinaridade OR interdisciplinar OR interdisciplinares”, na base de busca de cada revista, disponível no próprio site ou na base Scielo. Os primeiros critérios de seleção dos trabalhos foram: (1) período: 2018 a 2023; e (2) documentos que contivessem pelo menos uma das palavras-chaves no título e/ou no resumo e entre as palavras-chave. Assim, foram identificados 191 artigos.

Em seguida, foi realizada a primeira leitura desses artigos para identificar quais abordavam o conceito de interdisciplinaridade a partir do referencial teórico

metodológico proposto por Gérard Fourez, destacando o método de construção de uma IRI como modelo interdisciplinar. Dessa forma, foram selecionados artigos que tratassem do emprego da proposta de Fourez em situações didáticas. Artigos de natureza teórica ou que não descrevessem atividades em espaço didático foram excluídos. O Quadro 6 apresenta informações sobre os 9 (nove) artigos que contemplaram os critérios de pesquisa.

Quadro 6 - Artigos selecionados que utilizaram o método de construção de uma IRI como modelo interdisciplinar.

Título do Trabalho	Nível de Ensino	Periódico	Autor (es)/ano
Geollhas: o desenvolvimento de um modelo de MOOC voltado para a formação continuada de professores de ciências na educação básica.	Formação de professores	RBECT	WERLANG, R. B.; DEL PINO, J. C. (2018)
Interdisciplinaridade na formação docente: a cultura de soja como temática contextualizadora.	Formação de professores	VIDYA	NICOLETTI, E. R.; VESTENA, R. F.; SEPEL, L. M. N. (2018)
Ilha Interdisciplinar de Racionalidade em torno da gravura “ <i>Mad dog</i> ” de Thomas Lord Busby: um estudo sobre a raiva.	Ensino Fundamenta I	RBECT	Liz, A. M. J.; MACHADO, C. J.; CASTILHO, R. M. (2019)
Elaboração de uma representação interdisciplinar da história da termodinâmica	Ensino Médio	ARETÉ	SILVA, G. R.; ERROBIDART, N. C. G. (2019)
As contribuições das ilhas interdisciplinares de racionalidade na relação museu-escola.	Ensino Fundamenta I	RBECT	CARNEIRO, G. A.; CAVASSAN, O. (2020)
Ensino de ciências: O enfoque CTS e a Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IIR).	Pesquisa Teórica	RBECT	SOUZA, N. S. B.; ALMEIDA, A. C. P. C. (2020)
Aspectos da formação de professores no desenvolvimento de uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade sobre uso de misturas caseiras na limpeza.	Ensino Superior	IENCI	MILARÉ, T. (2020)
Ilha Interdisciplinar de Racionalidade: intervenção didática focada no desenvolvimento de atributos associados à alfabetização científica e técnica.	Ensino Médio	COCAR	ROSA, C. T. W.; DEMARCO, D.; DARROZ, L. M. (2020)
O conceito de interdisciplinaridade e de abordagem interdisciplinar para professores de ciências em processo de formação continuada.	Pós - Graduação	VIDYA	DAMEÃO, A. P.; PEREIRA, P. S.; ROSA, P. R. S.; ERROBIDART, N. C. G. (2021)

Nota: Elaborado pela autora.

Nossos resultados mostram que a teoria ainda é pouco divulgada entre nós, já que um percentual muito pequeno dos artigos tratando de interdisciplinaridade a uso. Nossa hipótese para explicar esse fato é a barreira linguística, já que há poucos trabalhos em língua portuguesa de Fourez. O trabalho mais citado nos artigos é o

texto de Fourez sobre a ACT, publicado em língua espanhola. Isso aponta para a necessidade de termos mais textos descrevendo a metodologia de Fourez em nossa língua.

Apesar de a teoria ser pouco utilizada ainda, os trabalhos selecionados cobrem do ensino fundamental à pós-graduação. Isso mostra que o método proposto por Fourez tem grande abrangência.

Posteriormente, foi realizada uma leitura aprofundada nos textos selecionados com o objetivo de obter informações que permitissem elaborar respostas para as seguintes questões que foram organizadas para nortear a análise.

- Qual nível de ensino os trabalhos que utilizaram o método para a construção da IRI foram desenvolvidos?
- Quais os referenciais teóricos de aprendizagem orientaram os trabalhos que utilizaram o método para a construção da IRI?
- Qual o modelo adotado pelos autores para o desenvolvimento da IRI?
- Qual a natureza do problema complexo objeto do desenvolvimento da IRI?
- Quais os resultados obtidos na aprendizagem dos estudantes ao vivenciarem o modelo interdisciplinar proposto?

Antes de analisarmos cada item, destacamos uma tendência dos autores em utilizar para a representação interdisciplinar, no âmbito do Ensino de Ciências, tanto a expressão “Ilha de Racionalidade Interdisciplinar (IRI)” como “Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IIR)”. Somente Nicoletti, Vestena e Sepel (2018) utilizou Ilhas de Racionalidade (IR). Silva e Errobidart (2019) e Dameão *et al.* (2021) utilizaram Ilhas de Racionalidade Interdisciplinar. Os demais (Werlang e Pino (2018); Liz, Machado e Silveira (2019); Carneiro e Cavassan (2020); Milaré (2020); Souza e Almeida (2020); Rosa, Demarco e Darroz (2020)) Ilha Interdisciplinar de Racionalidade.

O próprio Fourez, em diferentes trabalhos, usa dois nomes para a representação: Ilha de Racionalidade Interdisciplinar, termo utilizado neste trabalho, ou Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (Ilha de Racionalidade Interdisciplinar). Por exemplo, em Fourez, Mathy e Englebert-Lecombe (1993) se encontra “Esta representação foi chamada uma “Ilha interdisciplinar de racionalidade” (p. 121)⁶. Já

⁶ “Cette représentation a été appelée un “îlot interdisciplinaire de rationalité”.

em Fourez (1997b), o próprio título do trabalho aponta para “Ilhas de Racionalidade Interdisciplinares”.

Como prática, Fourez *et al.*, (1997, p.70) ressaltam que a elaboração de uma Ilha de Racionalidade Interdisciplinar implica em colocar em relação saberes provenientes de distintas disciplinas e conhecimentos da vida cotidiana para estruturar um modelo/uma representação orgânica em um contexto particular.

2.2.1 Qual nível de ensino os trabalhos que utilizaram o método para a construção das IRI foram desenvolvidos?

Souza e Almeida (2020, p.156), sem especificar o nível de ensino, apresentaram uma pesquisa de natureza teórica, realizada por meio de um estudo bibliográfico, com o objetivo de mostrar que o método de construção de uma IRI é “uma estratégia condizente com os objetivos do enfoque CTS⁷” favorecendo que sujeitos sejam alfabetizados científica e tecnologicamente. O enfoque CTS demanda uma estratégia de ensino e, segundo os autores, o método proposto por Fourez, cuja origem é a perspectiva da Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) que objetiva a formação para a cidadania, é convergente com os objetivos da CTS. Na perspectiva “CTS, o sujeito, além de compreender a sua função enquanto cidadão e as implicações do desenvolvimento científico, tecnológico e social, tende a assumir essa função e toma pra si a responsabilidade de intervir nas questões sobre CT” (Souza; Almeida, 2020, p. 154). Dessa forma, ao seguir as etapas para construção de uma IRI em uma proposta didática a Alfabetização Científica e Tecnológica dos estudantes é favorecida.

Foram identificados dois trabalhos (Liz; Machado; Silveira, 2019; Carneiro; Cavassan, 2020) que operacionalizaram uma IRI com estudantes do Ensino Fundamental.

Liz, Machado e Silveira (2019) construíram conhecimentos científicos relacionados à raiva por meio da elaboração de uma IRI em torno da gravura Mad dog ou Cachorro raivoso (1826) de Thomas Lord Busby. Para isso, desenvolveram a IRI ao longo de todo o ano letivo de 2018 em uma escola do campo da rede pública

⁷ Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)

do município de Castro - Paraná. Os autores indicaram que 22 estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental participaram da pesquisa.

Carneiro e Cavassan (2020, p.113) discutiram contribuições do referencial teórico-metodológico das IRI para a relação museu-escola, ressaltando ser uma proposta de ensino pautada na mediação por situações-problema, essencialmente “contextualizados ao ambiente escolar, social e cotidiano, que se propõe em desafiar os estudantes a questionar e teorizar, motivando-os a buscar respostas e novos conhecimentos”. Diante disso, desenvolveram uma IRI como modelo metodológico para mobilizar atividades e ações educativas baseadas no tema alimentação, durante todo um ano letivo, em uma escola pública de ensino fundamental e em um museu de ciências localizado em uma área rural, que repensou e norteou suas atividades pelo referencial.

No trabalho de Rosa, Demarco e Darroz (2020) a proposta didática seguiu as etapas de desenvolvimento de construção da IRI com estudantes do EM. Assim, ao operacionalizarem uma IRI procuraram contemplar na avaliação as competências (Autonomia, Domínio e Comunicação) discutidas por Fourez *et al.* (1997) como favorecedoras da ACT e assim, colaborar para o desenvolvimento dos estudantes.

Silva e Errobidart (2019) descrevem a construção de uma representação interdisciplinar por um estudante de doutorado, cujo objetivo é a produção de um material instrucional a ser aplicado a estudantes do EM. Segundo os autores, essa representação interdisciplinar contempla as vertentes internalista e externalista da História da Ciência, promovendo assim, uma “uma visão mais ampla da História da Termodinâmica se comparada com o que é apresentado numa abordagem disciplinar” (Silva; Errobidart, 2019, p. 68).

Milaré (2020) analisou aspectos da formação de professores no desenvolvimento de uma IRI com uma turma de 20 graduandos de em um curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública, no desenvolvimento da disciplina de Metodologia do Ensino de Química. Para a autora a IRI “é uma proposta metodológica que contribui com o processo de Alfabetização Científica e Tecnológica dos participantes e se desenvolve a partir de uma situação problema” (Milaré, 2020, p. 221). No caso, foi considerado como situação problema a potencialidade do uso de misturas caseiras para limpeza doméstica para o Ensino de Química.

Dameão *et al.* (2021) apresentaram os resultados iniciais de uma pesquisa que teve como público-alvo acadêmicos do curso de Doutorado em Ensino de Ciências da UFMS. Neste trabalho, eles apresentaram os resultados obtidos na etapa clichê do método de construção de uma IRI em um curso de formação continuada e, para tal, partiram do pressuposto que “preparar professores para o fazer interdisciplinar somente é possível pelo uso da própria interdisciplinaridade, rompendo com a fragmentação curricular” (Dameão *et al.*, 2021, p. 284).

Os demais trabalhos foram desenvolvidos em contextos ligados à formação de professores. Werlang e Pino (2018) descreveram a elaboração de um protótipo de curso *on-line*, abertos e massivos, cujo acrônimo em inglês é MOOC (*Massive Online Open Course*), denominado Geollhas que oferece a possibilidade de uma formação continuada de professores da Educação Básica, em conceitos fundamentais das Ciências da Terra com o processo de ensino-aprendizagem pautado na pesquisa, na complexidade e na interdisciplinaridade. Os autores ressaltaram que a denominação Geollhas se refere à proposta do curso de envolver os conceitos básicos das Geociências (Geo) e por elencar o método de construção da IRI.

Nicoletti, Vestena e Sepel (2018) socializaram os resultados de uma oficina realizada durante uma capacitação para 20 docentes provenientes das quatro áreas do conhecimento (Linguagens, Matemática, Ciências Humanas e Ciências da Natureza) e gestores da rede pública e privada no município de Tupanciretã, RS. Os autores abordaram a Alfabetização Científica a partir da perspectiva do método de construção de uma IRI como forma de incluir propostas interdisciplinares na Educação Básica. Segundo os autores o uso do método proporcionou “um importante exercício para o professor refletir e incluir a interdisciplinaridade e, nesse viés, estimular a alfabetização científica, nos sujeitos, bem como nas suas práticas em sala de aula” (Nicoletti; Vestena; Sepel, 2018, p. 37).

2.2.2 Referenciais teóricos de aprendizagem utilizados articulados com o método de construção de uma IRI

Quanto aos referenciais teóricos de aprendizagem, Werlang e Pino (2018) se referiram ao Conectivismo como uma teoria que delineia os princípios e

procedimentos de aprendizagem e que conjectura os ambientes sociais subjacentes. Sendo assim, se constituindo em uma base teórica que está em conformidade com os cursos no formato MOOC, visto ser “um processo de construção de redes de informação, contatos e recursos, que são aplicados aos problemas reais, sendo a terceira geração de pedagogia de EaD” (Werlang; Pino, 2018, p. 60).

Silva e Errobidart (2019) mobilizaram a História das Ciências no ensino de Ciências, como estratégia de ensino. Nessa direção, partiram da necessidade das discussões historiográficas para inserir, na sala de aula, um diálogo pertinente ao desenvolvimento científico da Termodinâmica no contexto da Revolução Industrial. Para tanto, realizaram uma construção historiográfica direcionada a partir da construção de uma IRI (Maingain; Dufour; Fourez, 2008).

Liz, Machado e Silveira (2019) desenvolveram a investigação seguindo as etapas propostas por Fourez (2005) para a IRI, contudo articuladas com os três momentos pedagógicos (Problematização inicial, Organização do conhecimento e Aplicação do conhecimento) do Delizoicov (2005).

Nos demais trabalhos (Nicoletti; Vestena; Sepel, 2018; Milaré, 2020; Carneiro; Cavassan, 2020; Rosa; Demarco; Darroz, 2020; Souza; Almeida, 2020; Dameão *et al.*, 2021) não foi identificado explicitamente um referencial teórico de ensino, nem houve indicativos que permitissem indicar tal utilização.

Portanto, é possível concluir, que nos trabalhos analisados, quando se refere ao método de construção de uma IRI como parâmetro para a inclusão de propostas interdisciplinares no Ensino de Ciências, que a introdução desse modelo interdisciplinar ocorre sem o suporte de um referencial teórico de aprendizagem.

A necessidade de apresentar uma representação interdisciplinar pressupõe uma seleção, síntese e negociação das etapas desenvolvidas e a participação de cada um dos especialistas envolvidos no percurso (Maingain; Dufour; Fourez, 2008). A organização e a síntese resultante da investigação possibilitam um momento oportuno para promoção da Alfabetização Científica e Tecnológica (Fourez, 1997b), devendo ser pautada pelos seus objetivos socioeconômicos e humanistas e, a partir daí, articulada à construção de conhecimentos.

Segundo Fourez (1997), para o ensino básico, o mais importante é que os estudantes saibam fazer bom uso dos conhecimentos especializados e dialogar com especialistas no seu cotidiano. Contudo, Fourez e colaboradores, ao longo dos anos,

introduziram alterações na natureza e na quantidade das etapas (Fourez,1997; Fourez, 1997b; Fourez, 1998; Fourez, 2002; Fourez, 2005; Maingain; Dufour; Fourez, 2008). Por exemplo, ao consultar Fourez *et al.* (1997) há oito etapas propostas, no entanto, Fourez *et al.* (2008) são propostas somente cinco etapas.

Como consequência, nos trabalhos analisados foi possível verificar que os autores percorreram etapas distintas para introduzir e desenvolver o método de construção da IRI. O Quadro 7 apresenta as etapas seguidas por cada um dos autores e o referencial de Fourez adotado para o modelo.

Quadro 7 - Modelo interdisciplinar adotado pelos autores.

Autores	Referencial Adotado	Etapas da IRI								
		Etapa Preliminar	Clichê	Panorama espontâneo	Síntese Parcial	Consulta aos especialistas e as especialidades	Ida a prática	Abrir algumas caixas pretas/ descoberta de princípios disciplinares	Esquema global da situação estudada	Abrir algumas caixas pretas sem a ajuda de especialistas
Carneiro; Cassavan (2020)	Fourez (1997)	x	x	x		x		x	x	x
Rosa; Demarco; Darroz (2020); Souza; Almeida (2020)	Fourez (1997)	x	x	x		x	x	x	x	x
Nicoletti; Vestena; Sepel (2018)	Fourez (1997b)	x	x					x		x
Silva; Errobidart (2019)	Fourez (1998)	x	x	x		x	x	x	x	x
Werlang; Pino (2018)	Fourez et al. (2002)	x	x	x	x					x
Liz; Machado; Silveira, 2019; Milaré (2020)	Fourez (2005)	x	x	x		x	x	x	x	x
Dameão <i>et al.</i> (2021)	Fourez (2008)	x	x	x				x		x

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Dentre as etapas iniciais é possível inferir que todos os percursos incluíram uma etapa Preliminar para negociação e enquadramento prévio da situação-problema/problema complexo a ser tratado.

Nicoletti, Vestena e Sepel (2018, p. 40), ressaltaram a importância da definição do problema complexo para “problematizá-lo com a participação ativa da turma, a fim de levantar os interesses reais em torno da questão escolhida”. Esses levantamentos de interesses são efetivados tanto na etapa Clichê/retrato como no Panorama Espontâneo (ampliação do clichê). Essas etapas contribuem para a “identificação dos conhecimentos e representações prévias ou espontâneas a respeito de determinado problema escolhido” (Carneiro; Cavassan, 2020, p.103).

A Síntese Parcial, só destacada no trabalho de Werlang e Pino (2018), aparece implícita nos demais trabalhos, não como uma etapa específica, mas como fechamento da etapa Panorama Espontâneo. Por exemplo, na definição pelas caixas pretas a serem abertas e nos especialistas e especialidades a serem consultados.

Tanto a Consulta aos Especialistas e às Especialidades, como a Ida à Prática não aparecem explícitas como uma etapa de construção da IRI nos trabalhos de Nicoletti, Vestena e Sepel (2018), Werlang e Pino (2018) e Dameão *et al.* (2021). Implicitamente, nesses trabalhos, a abertura aprofundada de algumas caixas pretas (com/sem especialistas) faz parte do Ir ao Campo e a Consulta aos Especialistas e às Especialidades.

Nicoletti, Vestena e Sepel (2018, p. 40) apontam que as tarefas associadas à abertura de caixas pretas “contribuem para o desenvolvimento de autonomia, criticidade, capacidade argumentativa e de comunicação”. Eles evocaram que os recursos para alcançar as respostas são distintos como por meio da “colaboração de um professor de outra disciplina, da pesquisa a livros ou *sites* confiáveis, ou mesmo da realização de entrevistas com pessoas da comunidade” (Nicoletti; Vestena; Sepel, 2018, p. 40).

Nessa direção, Carneiro e Cavassan (2020, p.103) explicitam que as IRI implicam no diálogo entre especialistas e não especialistas, “de modo que as representações sejam enriquecidas por aportes de saberes disciplinares e por conhecimentos ligados ao cotidiano”. Para os autores, este procedimento possibilita a “abertura das caixas-pretas e a construção de representações mais complexas e abertas a respeito do que foi tratado” (Carneiro; Cavassan, 2020, p. 103).

Por fim, todos os modelos adotados nos trabalhos analisados culminaram em uma Síntese (IRI) que teve como objetivo central a construção de uma representação interdisciplinar referente a situação problema considerada. Souza e Almeida (2020, p. 161) enunciaram que “a síntese é o produto final da pesquisa que foi desenvolvida, reflete o que os alunos conseguiram aprender e de que forma são capazes de expressar esse aprendizado”. Nesse sentido, os autores consideram que “a síntese deve fazer parte do processo avaliativo como um dos instrumentos para coleta de dados” (Souza; Almeida, 2020, p. 161).

2.2.3 A natureza do problema complexo objeto do desenvolvimento da IRI

Entre os trabalhos selecionados, somente Souza e Almeida (2020) não explicitaram a natureza do problema complexo na proposta de construção da IRI, pois o trabalho desses autores se desenvolveu em uma perspectiva teórica. Os demais autores desenvolveram suas investigações a partir de uma situação problema que priorizou a relação entre os conteúdos disciplinares e o cotidiano dos estudantes.

Sobre a natureza da Situação Problema, Carneiro e Cavassan (2020, p.113), ressaltaram que o método de construção de uma IRI se desenvolve a partir de uma situação problema, “preferencialmente contextualizados ao ambiente escolar, social e, que se propõe em desafiar os estudantes a questionar e teorizar, motivando-os a buscar respostas e novos conhecimentos”. O que remete a necessidade de “(re)significar as práticas educativas de modo que caminhem na direção de dar significado ao objeto de ensino” (Rosa; Demarco; Darroz, 2020, p. 2).

Isso não significa descuidar da importância dos conhecimentos disciplinares, mas, que ao apresentar o conteúdo, o ensino deve proporcionar elementos para que “os estudantes sejam capazes de discutir e aplicar os assuntos científicos em seu próprio entendimento de mundo” (Carneiro; Cavassan, 2020, p. 113). Nesse caso, além de “apresentar o conteúdo, é necessário dizer-lhes onde se aplica e os motivos de estudá-lo. Somente assim, haverá maior chance de que o estudante se engaje no processo” (Rosa; Demarco; Darroz, 2020, p. 1).

Liz, Machado e Silveira (2019, p. 411) justificaram a escolha da situação problema “Raiva” considerando que um dos “problemas que ocorrem no ensino de

Ciências é fazer com que os alunos tomem como seu um problema formulado na escola, pois este geralmente não lhes são familiares e não lhes despertam interesse”. Para os autores, a ausência de afinidades com o cotidiano dos estudantes não possibilita fazer com que vejam significado em tais conhecimentos. Desse modo, são enfáticos afirmando que “atividades a respeito dos conteúdos científicos são expostas pelos livros didáticos e pelos professores como problemas científicos, mas não são verdadeiros problemas, tanto para os alunos como para os cientistas” (Liz; Machado; Silveira, 2019, p. 411).

Carneiro e Cavassan (2020) exploraram a situação problema “Alimentação”. Segundo os autores, na ocasião, os gestores haviam estabelecido uma regra interna na escola, pela qual só era permitido aos estudantes levarem somente frutas para o lanche do intervalo. A norma, apesar de ter como objetivo mobilizar uma alimentação mais saudável, provocava discussões e descontentamentos entre os estudantes, de modo que pareceu aos autores uma situação problema pertinente para ser discutida com maior atenção e profundidade.

Rosa, Demarco e Darroz (2020) operacionalizaram a IRI partindo de uma situação problema vivenciada pelos estudantes relacionada ao funcionamento dos condicionadores de ar que foram instalados na escola, contudo, foram impedidos de serem ligados. A partir disso, os estudantes tiveram interesse em buscar esclarecimentos e os contingentes referentes ao funcionamento destes aparelhos.

Silva e Errobidart (2019) relatam o processo de construção de uma IRI relacionada a situação problema Termodinâmica, conforme apresentado no Referencial Curricular do Estado de Mato Grosso do Sul, e a ilha construída na forma de um material instrucional disponibilizado *online* cujos consumidores seriam estudantes em nível médio.

Werlang e Pino (2018) destacaram que ao ser delineado o perfil profissional dos docentes da rede de ensino da Educação Básica do município de Caçapava do Sul foi diagnosticado que a maior parte tinha pouco conhecimento sobre conceitos das Ciências da Terra, além das dificuldades do grupo em relação à aplicação da proposta metodológica da politecnia no EM. Considerando-se essas particularidades do público-alvo, além da necessidade de se alcançar a formação de um número elevado de docentes, o formato MOOC para o curso, foi planejado para que estivesse em conformidade com a proposta pedagógica do EM, que evocava a

politecnia como princípio organizador e implementada pelo governo do Estado do Rio Grande do Sul no ano de 2011 e extinta em 2016.

Milaré (2020) explorou como situação problema a potencialidade do uso de misturas caseiras para limpeza doméstica. A situação foi acessada pelos licenciandos em Química por meio de uma postagem de rede social feita por uma personagem fictícia. Para a autora, “qualquer trabalho desenvolvido no âmbito escolar requer reflexão sobre o papel da escola e suas relações com a sociedade contemporânea” (Milaré, 2020, p. 223). Nesse contexto, a autora evoca tratar-se do imperativo de se reconhecer que o sistema escolar deve estar mais comprometido com a formação cidadã. Para tanto, deve ser “inserido no contexto social, compreendendo seu funcionamento, finalidade e representação, assim como seu próprio papel dentro da sala de aula” (Milaré, 2020, p. 223).

Nicoletti, Vestena e Sepel (2018) selecionaram a cultura da soja como situação problema de uma das oficinas da Jornada Pedagógica de julho de 2016 ao considerarem que a região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul é a pioneira da cultura de soja do país e o município de Tupanciretã o maior produtor do estado e precursor dos movimentos pró-transgênicos nos anos 2000. Para os autores, o fator determinante para essa escolha foi a sua potencialidade em desencadear discussões sobre aspectos de CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), “considerando que envolve diferentes interpretações e opiniões referentes às aplicações de conhecimentos de ciência, de tecnologia, com consequências sobre o funcionamento da sociedade” (Nicoletti; Vestena; Sepel, 2018, p. 41).

Dameão *et al.*, (2021) realizaram uma pesquisa para desvendar o que professores que ensinam ciências e em formação continuada cursando um curso de doutorado pensam sobre o conceito de interdisciplinaridade e sobre o fazer interdisciplinar na escola.

2.2.4 Resultados obtidos na aprendizagem dos estudantes ao vivenciarem o modelo interdisciplinar proposto

Quanto às aprendizagens, os trabalhos de Souza e Almeida (2020), visto ser de natureza teórica, e Dameão *et al.* (2021), que só apresenta os resultados da etapa clichê, não apresentam esse tipo de enfoque,.

Liz, Machado e Silveira (2019) ressaltaram que ao repetir o questionamento inicial (Nos dias de hoje há alguma maneira de nos prevenirmos da raiva?) na finalização do desenvolvimento da IRI, os estudantes apresentaram a vacinação como forma de prevenção da raiva, bem como, noções das medidas de prevenção indispensáveis para impedir a contaminação de humanos e do gado. Segundo os autores, vários estudantes evocaram que não tinham conhecimento que os morcegos hematófagos também são transmissores da raiva, possivelmente por se basearem na transmissão da doença exclusivamente com cachorros. Nesse contexto, foi averiguado também que os estudantes ponderaram vantajosas as consultas aos especialistas, visto que a maioria citou as palestras e a saída de campo ao CTP (Centro de Treinamento de Pecuaristas Castro) como as atividades que mais lhes chamaram a atenção no desenvolvimento da IRI. Sem desconsiderar aqueles que indicaram a preferência pela atividade confecção de cartazes (atividade em grupo).

Carneiro e Cavassan (2020, p.109) destacaram que a atividade-síntese, as observações do pesquisador e os questionários aplicados aos estudantes antes e após o processo de construção da IRI, “indicaram um movimento convergente de mudança comportamental e de hábito dos estudantes no mesmo sentido das observações dos pais”. Dessa forma, houve concordância quanto às transformações nos “hábitos alimentares dos jovens estudantes e também foram identificadas repercussões nas suas atitudes envolvendo a preocupação com a alimentação saudável e com o meio ambiente” (Carneiro; Cavassan, 2020, p.109).

Silva e Errobidart (2019) ressaltaram que a elaboração de uma representação interdisciplinar permitiu a construção de um material instrucional com um espectro mais amplo da História da Termodinâmica quando comparado a uma abordagem disciplinar. Segundo os autores, a representação interdisciplinar valorizou distintos “aspectos sociais, tais como a exploração da mão de obra infantil nas fábricas para aumentar os lucros que geralmente não são explorados em abordagens disciplinares como a de Física e Química” (Silva; Errobidart, 2019, p. 68).

Rosa, Demarco e Darroz (2020, p. 11) observaram que os estudantes evidenciaram “autonomia na busca por informações sobre a situação-problema, especialmente a partir da terceira etapa, acentuando-se nas etapas finais”. Na categoria domínio, foi observado que a IRI desenvolvida oportunizou momento de

operacionalização mais efetiva em relação à habilidade do saber fazer. Nesse aspecto, alguns estudantes e grupos apresentaram essa habilidade mais desenvolvida. Outra observação resultante desta habilidade foi o uso, pelos estudantes, dos termos científicos voltagem, amperagem correlacionando a forma como a Física se referência a essas grandezas. Referente a comunicação, os registros indicaram que os estudantes, “nas etapas iniciais da atividade, recorreram à argumentação como forma de fazer suas inferências sobre o tema e os clichês envolvendo seus conhecimentos prévios sobre a situação-problema apresentada” (Rosa, Demarco e Darroz, 2020, p. 22). Um outro destaque apresentado, foi que no momento da síntese da IRI “os argumentos se revelaram presentes e os alunos tiveram oportunidade de expor suas ideias e discorrer sobre as justificativas de suas escolhas” (Rosa; Demarco; Darroz, 2020, p. 22).

Segundo Werlang e Pino (2018) os docentes apontaram, como uma característica do tipo de formação ofertada por meio do MOOC, a possibilidade de acessar o curso em qualquer momento e lugar, desde que se tenha uma conexão à internet. Também foi apontado por alguns dos participantes (professores em uma escola de formação técnica agrícola) do curso de formação, que a discussão de uma IRI, “será útil no desenvolvimento de processos interdisciplinares, com a inclusão nas suas práticas escolares de conceitos que consideram de difícil abordagem na forma tradicional de ensino” (Werlang; Pino, 2018, p. 73). No caso, citaram como exemplos de conceitos de abordagem complexa: os sistemas de medição, localizações, sistemas de produção associado à geografia, condições climáticas, nutrição e saúde. Também houve casos isolados de professores que desenvolveram a elaboração de uma IRI em sala de aula. Contudo, relataram dificuldades dos estudantes de educação básica com a metodologia, associando-as com a falta de autonomia.

Nicoletti, Vestena e Sepel (2018) ressaltaram que os agrotóxicos foram citados, sendo destacados seus impactos no ambiente físico (no solo, nas águas, no ar); na biodiversidade (animal e vegetal) e na saúde. A respeito disso, sugeriram analisar os efeitos no organismo humano e nas cadeias alimentares. Os transgênicos também foram mencionados, sugerindo-se associá-los aos conteúdos de genética, conceituação dos organismos geneticamente modificados e os efeitos na saúde humana. Questões relacionadas à produção e seus impactos foram

ressaltadas, bem como a importância de discussões acerca das formas de obtenção de novas áreas de plantio - as queimadas, desmatamentos, escavações de cerros e aterramentos de banhados - e os problemas trazidos aos ecossistemas. Os alimentos produzidos a partir da soja foram mencionados, ressaltando-se a importância da industrialização para produção de óleo vegetal. Ainda, foi citado que seria possível explorar ‘a riqueza dos nutrientes dos grãos’.

Ao submeter a uma Análise Textual Discursiva o produto final e a produção textual dos licenciandos, Milaré (2020) verificou que aspectos relacionados à epistemologia, História da Ciência e ao modo de pensar tecnológico deveriam ter sido mais aprofundados durante o desenvolvimento da IRI. Por outro lado, a experiência possibilitou aos licenciandos “reflexões sobre a construção do conhecimento e as possibilidades do uso da metodologia em sala de aula no sentido de promover um Ensino de Química mais comprometido com a formação cidadã” (Milaré, 2020, p. 221).

Dameão *et al.* (2021) observaram pela análise da atividade escrita, que todos os participantes apresentaram os conceitos iniciais referentes à interdisciplinaridade e que conseguiram realizar discussões sobre o conceito de interdisciplinaridade e da abordagem interdisciplinar proposta. Diante dessa constatação, os autores acreditam que foram sensibilizados acerca do fazer interdisciplinar, pois, dois dos professores “apresentaram na atividade escrita reflexões de experiências anteriores em comparação com o método da Ilha de Racionalidade Interdisciplinar” (Dameão *et al.*, 2021, p. 297). Nessa direção, Dameão *et al.* (2021, p. 298) ressaltaram que o “processo de internalização, do interpessoal para o intrapessoal, de conceitos de qualquer natureza não se faz com rapidez”, desta forma entendem que em relação à interdisciplinaridade e o fazer interdisciplinar, não será diferente.

De modo geral, nossos achados nessa revisão indicam que a teoria de Fourez ainda não é muito conhecida entre nós, visto que uma fração muito reduzida dos documentos aborda adequadamente o uso da interdisciplinaridade. A suposição para justificar essa situação é a dificuldade com o idioma, pois existe poucos estudos em português referentes a Fourez. O artigo mais referenciado nas publicações é o de Fourez sobre a ACT, que foi publicado em espanhol. Isso revela a necessidade de termos mais materiais que apresentem o método de Fourez em português.

Embora a teoria ainda não seja amplamente aplicada, os estudos selecionados abrangem do ensino básico à pós-graduação. Isso indica que a abordagem sugerida por Fourez possui um amplo alcance. No entanto, é importante salientar a ausência de teorias de desenvolvimento conexas ao método, pois ele não esclarece como os indivíduos organizam seu conhecimento. Além disso, relacionada a essa abrangência é notório que os autores não se preocupam em associar os objetos de conhecimento e as competências adquiridas com o currículo escolar.

Os dados estabelecidos a partir da análise desses trabalhos mostraram que a utilização do método proposto por Fourez e colaboradores tem a potencialidade de superar a disciplinarização do conteúdo escolar, permitindo a elaboração de representações interdisciplinares em projetos voltados à solução de problemas complexos vivenciados por estudantes nos processos de ensino de Ciências. Bem como, desenvolver nos estudantes as competências referidas por Fourez (1997) como complementares da Alfabetização Científica e Técnica: Comunicação, Autonomia e Domínio da situação complexa (saber o que fazer e poder fazer).

Entretanto, conforme mencionado antes, há poucos estudos que investigam os resultados da aprendizagem dos objetos de conhecimento das distintas disciplinas, um aspecto crucial para a competência “domínio” sugerida pela ACT.

A partir da revisão apresentada, é possível afirmar que ainda há necessidade de mais investigações sobre a eficácia do método sugerido por Fourez para a construção de objetos de conhecimento, essencial para o desenvolvimento da competência “domínio”, além de avaliar como as atividades interdisciplinares se encaixam no currículo escolar.

CAPÍTULO 3. PROCEDIMENTO DE PESQUISA

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Esta pesquisa pode ser caracterizada como de natureza Empírica com Intervenção Qualitativa (Rosa, 2013). Na perspectiva do autor, “uma pesquisa é dita empírica, quando busca na realidade observável os registros sobre os quais tecerá a sua análise” (Rosa, 2013, p. 39).

A pesquisa é dita de caráter empírica com intervenção, quando ela se caracteriza como uma abordagem em que há intervenção de qualquer natureza na realidade visível que será investigada e da finalidade do pesquisador de alterar de maneira controlada determinadas condições e avaliar a extensão das possíveis alterações provocadas pela intervenção (Rosa, 2013, p. 39).

A natureza do processo de análise dos dados da pesquisa é de ordem qualitativa. Em investigações na qual a prioridade são as relações de ensino e aprendizagem, a abordagem qualitativa “contribui para a integração do sujeito com seu meio natural, o que viabiliza interpretações diante de toda sua complexidade” (Costa; Cordovil, 2020, p. 8).

Conforme argumenta Rosa (2013, p. 40), a pesquisa empírica experimental qualitativa se distingue como uma intervenção no meio e cuja avaliação utiliza “instrumentos de coleta que fazem a recolha dos registros do tipo que se presta mais a uma análise de natureza qualitativa”. Nesse aspecto, a abordagem qualitativa:

“permite uma visão contextualizada do problema da pesquisa e nas lacunas presentes no caminho interpretativo do estudo, em particular do cotidiano escolar, uma vez que o ambiente da pesquisa é natural, possibilitando enxergar a realidade nas diversas nuances que se apresenta e não de forma isolada” (Costa; Cordovil, 2020, p. 7).

Além do mais, conforme destaca Rosa (2013, p. 41), na abordagem qualitativa o pesquisador tem interesse em compreender quais são as prováveis razões que estabelecem as ações dos sujeitos em observação no evento considerado. Para o autor, “ela tem um caráter exploratório, no sentido de que fazemos um mapeamento do terreno estudado, visando a sua descrição detalhada” (Rosa, 2013, p. 41).

Em relação aos aspectos metodológicos, a pesquisa qualitativa utiliza ferramentas que favorecem as peculiaridades da observação e a análise subjetiva do pesquisador. Dessa forma, geralmente, apenas poucos casos são estudados de forma mais aprofundada, buscando identificar as semelhanças nesses casos.

É de delineamento com Intervenção Pedagógica, devido ao pesquisador intervir no ambiente investigado de alguma forma e analisar o efeito desta transformação (Rosa, 2013, p. 43). Damiani *et al.* (2013), define pesquisas do tipo intervenção pedagógica como investigações que requerem o planejamento e o estabelecimento de interferências (inovações, transformações) – determinadas a gerarem progressos, melhoramentos, nos processos de aprendizagem dos sujeitos que delas participam – e a posterior avaliação dos efeitos dessas interferências.

Nas pesquisas do tipo intervenção pedagógica, conforme Damiani *et al.* (2013), a intenção é especificar de forma detalhada os procedimentos praticados, analisando-os e proporcionando explicações razoáveis, sobre suas repercussões, fundamentadas tanto nos dados quanto em teorias pertinentes. Nesse sentido, Santos (2021, p. 106) ressalta que a investigação na modalidade de intervenção pedagógica deve incluir duas componentes metodológicas: o método de intervenção e o método de avaliação da intervenção.

O método de intervenção corresponde à metodologia de ensino aplicada, que deve ser descrita em detalhes, explicitando-se o embasamento teórico. Já o método de avaliação da intervenção está relacionado à descrição dos instrumentos de coleta e dos procedimentos de análise de dados utilizados para avaliar os efeitos da intervenção (Santos, 2021, p. 106).

Nesta investigação, o método da intervenção pedagógica correspondeu a aplicação da Sequência de um Percurso Interdisciplinar, tal como estabelecido por Maingain, Dufour e Fourez (2008, p. 102). Com o objetivo de promover interação, as atividades no decorrer do desenvolvimento da SPI foram realizadas em encontros presenciais realizados durante o horário das aulas e os estudantes foram organizados em grupos, a partir da Teoria Sócio-histórico de Vygotsky.

Já o método de avaliação da intervenção consistiu na Análise Microgenética, utilizada para flagrar as interações entre os participantes no desenvolvimento das atividades em grupos, por meio das transcrições dos registros (gravação de áudios e vídeos utilizando celular) dos encontros. Além da Grelha de Avaliação e de um

Índice de interdisciplinaridade, utilizado como ferramenta para avaliar as Sínteses Finais elaboradas pelos estudantes.

Esta pesquisa não fez uso de qualquer tipo de avaliação (antes ou depois da sequência) produzida pela pesquisadora.

Dessa forma, o delineamento desta pesquisa foi composto por 5 fases:

- ❖ Fase 1 - Aproximação e obtenção de autorizações institucionais. Esta fase compreendeu:
 - ✓ Obtenção das aprovações internas à UFMS (Colegiado de Curso, Direção do Instituto de Física da UFMS e do Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos);
 - ✓ Obtenção das aprovações de instituições e indivíduos externos à UFMS (direção da escola envolvida, dos pais dos estudantes – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A) e dos estudantes – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE B).
- ❖ Fase 2 - Produção de materiais e procedimentos de ensino.
 - ✓ A sequência de ensino (materiais didáticos e procedimentos) foi estruturada.
- ❖ Fase 3 - Desenvolvimento de um estudo piloto, utilizando os materiais e procedimentos desenvolvidos na Fase 2, com um grupo de estudantes com as mesmas características do grupo a ser estudado.
 - ✓ Os estudantes foram conduzidos por meio da aplicação da proposta interdisciplinar à construção de uma Ilha de Racionalidade Interdisciplinar sobre a temática proposta seguindo as seguintes etapas propostas por Fourez (2008): Fase Preliminar, Emersão do Clichê, Panorama Espontâneo, Abertura das Caixas Pretas e Síntese.
 - ✓ Ao longo das atividades, foram coletados os dados necessários à pesquisa. Esses dados foram coletados a partir de um diário de bordo da pesquisadora e das produções dos estudantes nos seguintes momentos:
 1. Ao final da Fase Clichê: produção dos estudantes contendo suas representações iniciais;
 2. Ao final da Fase Panorama Espontâneo: O Panorama Espontâneo Consolidado do grupo; As Caixas Pretas listadas e os especialistas selecionados;

3. Ao final da Fase Abertura das Caixas Pretas: as sínteses produzidas pelos grupos sobre as temáticas pesquisadas;
4. Ao final da Fase Síntese: a Síntese Produzida;
5. Ao longo de toda a atividade: gravações em áudio e vídeo do desenvolvimento das atividades em grande grupo.

Ao término da aplicação da Sequência de um Percurso Interdisciplinar - estudo piloto foi realizada uma entrevista semiestruturada (APÊNDICE C) com dois estudantes de cada grupo participantes da pesquisa. Os estudantes foram escolhidos de forma aleatória em cada grupo.

Esta entrevista semiestruturada consistiu em três momentos. O primeiro momento foi a Aclimação. Neste momento, a pesquisadora recebeu o estudante e explicou o objetivo da entrevista. A pesquisadora também perguntou se a entrevista poderia ser gravada. Como todos os estudantes responderam que sim, a pesquisadora ligou o gravador. Caso algum estudante tivesse respondido que não, teria sido tomado notas das respostas. No segundo momento ocorreu de fato a entrevista com algumas perguntas já preparadas pela pesquisadora. E o terceiro momento foi o fechamento. Assim, a pesquisadora agradeceu a participação do estudante, informando - o de que sua entrevista somente seria analisada pela pesquisadora e que ele não será identificado.

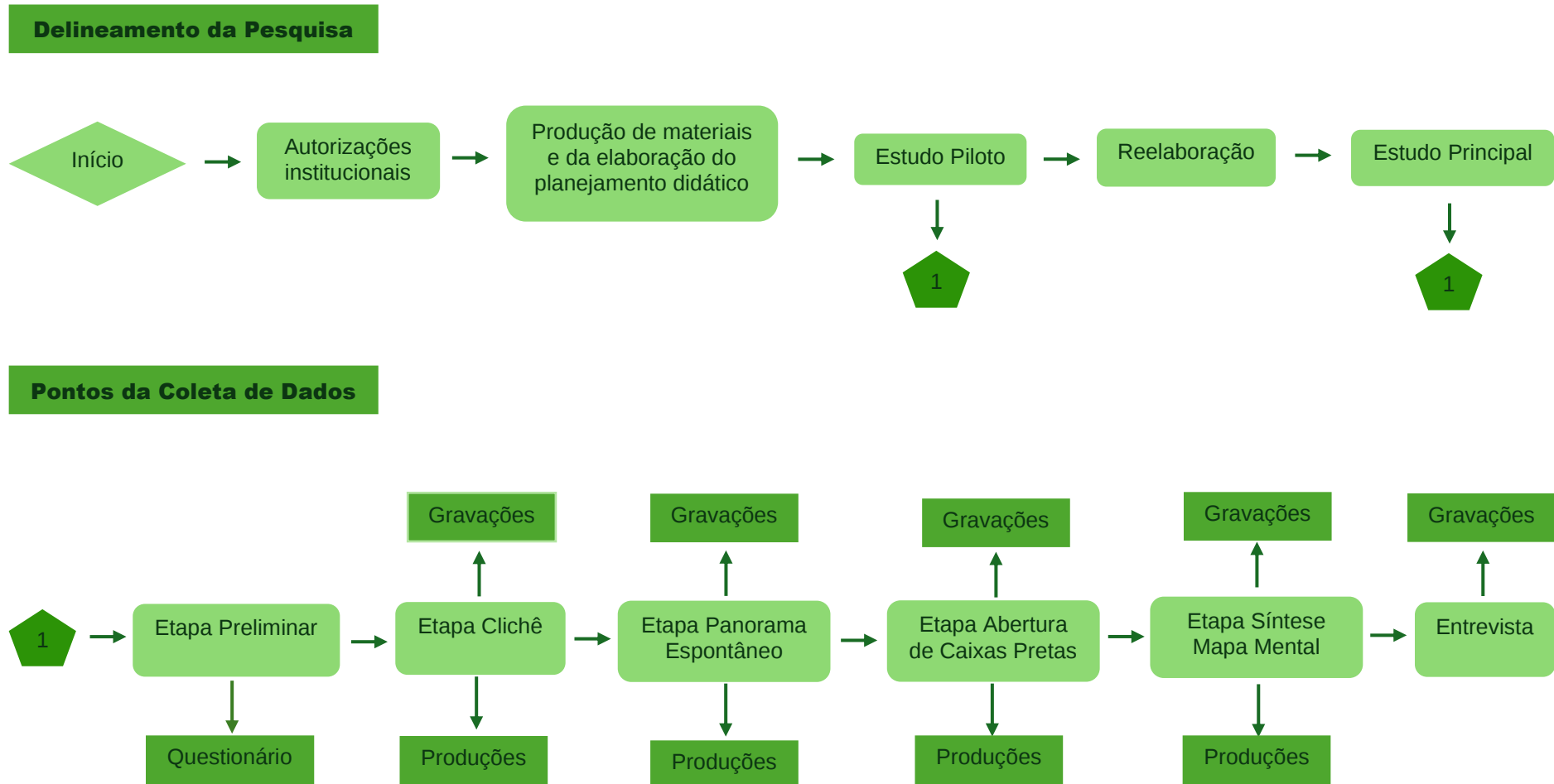
Ao final desta fase, a pesquisadora avaliou a pertinência da atividade proposta quanto a: exequibilidade, adequação do tempo de desenvolvimento da proposta, as limitações do laboratório, o tipo de Síntese produzida, a natureza das interações entre os estudantes.

Como foi detectado pela pesquisadora que era necessária uma adequação do tempo de desenvolvimento da atividade proposta, o desenvolvimento da proposta de ensino interdisciplinar foi modificado. O tipo de análise e procedimentos de coleta de dados permaneceram os mesmos.

- ❖ Fase 4 - Desenvolvimento do estudo principal;
- ❖ Fase 5 - Análise dos dados obtidos.

Para facilitar a compreensão dos momentos em que foram coletados os registros, a Figura 7 proporciona um diagrama que inclui tanto o delineamento da pesquisa como os momentos dessa coleta dos dados.

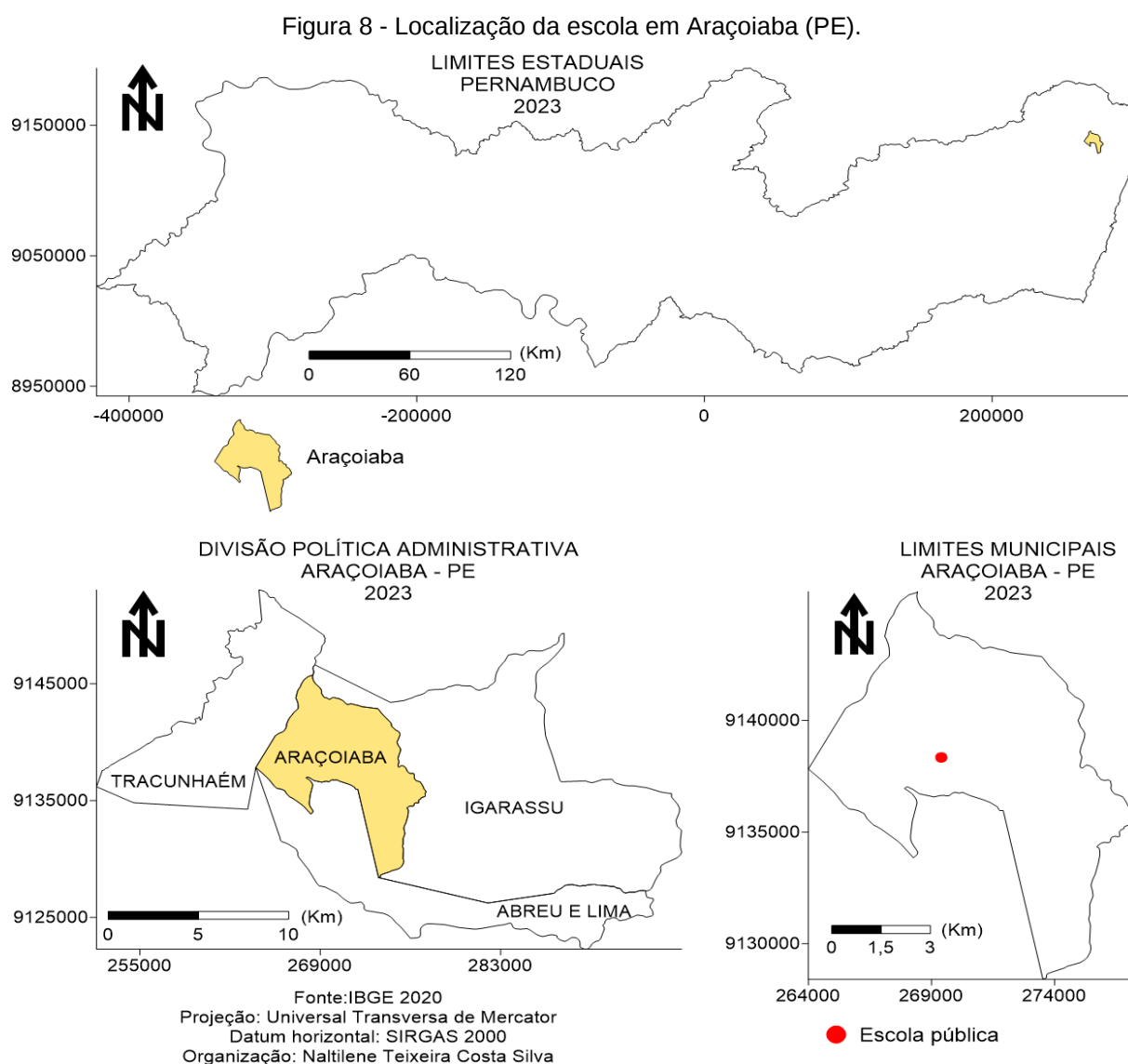
Figura 7 - Delineamento da pesquisa.



Fonte: Elaborado pela autora.

3.2 O CONTEXTO DA INVESTIGAÇÃO

Para atender aos objetivos da pesquisa, foi desenvolvida uma Sequência de um Percorso Interdisciplinar com uma turma de 3º ano do Ensino Médio, em uma escola pública localizada no centro de Araçoiaba, em Pernambuco (PE), cidade da Região Metropolitana do Recife (RMR) e distante 57,5 km da capital Recife. A Figura 8 apresenta a localização da escola na cidade de Araçoiaba-PE.



A escola atende aos alunos que residem tanto na zona urbana quanto na zona rural e foi escolhida para o desenvolvimento da pesquisa devido possuir um laboratório de informática com acesso à Internet, além de, naturalmente, da

concordância da gestão da escola e do professor de Física da turma.

O ensino na escola contempla turmas do 1º ano ao 3º ano do Ensino Médio, funcionando em dois turnos: o primeiro inicia às 7h e os estudantes permanecem na escola até às 14h30 e o segundo inicia às 14h40 e finaliza às 21h30.

Além de estudarem as disciplinas comuns ao currículo do EM, são desenvolvidas atividades esportivas (futebol, dança, xadrez, entre outras); atividades artísticas e culturais (música, teatro, cultura popular, entre outras) e projetos, como: Nosso Jornal e Estrogênias, Meninas na Ciência; além das eletivas constituídas por: estudo de Libras; Introdução a Robótica e Arduíno; Música na escola e na vida; Empreendedorismo; Preconceito, Discriminação e Racismo; Educação para a Cidadania na escola; Projetando minha vida para o sucesso; Fotografia: arte e história; Tecnologias Digitais, Diversidade Cultural, Saúde e Bem estar, Iniciação Científica: estudo de óptica; Reciclagem; Origami: arte em papel; Química na Vida.

No Quadro 8 é possível visualizar o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) da instituição, respectivamente, nota 3,7 (IDEB, 2017) e 4,2 (IDEB, 2019; IDEB, 2021; IDEB, 2023). No ano de 2019 a média foi acima da média nacional do IDEB para as escolas públicas que acolhem o Ensino Médio no país e acima da própria projeção estabelecida⁸ para a escola. No ano de 2021 a escola atingiu a projeção de nota e não conseguiu atingir a nota projetada no ano de 2023.

Quadro 8 - IDEB da escola referentes aos anos:2017, 2019, 2021 e 2023.

ANOS	NOTA NO IDEB	PROJEÇÃO DE NOTA PARA A ESCOLA
2017	3,7	-
2019	4,2	4,0
2021	4,2	4,2
2023	4,2	4,6

Nota: Elaborado pela autora.

Esses resultados do IDEB apresentaram uma evolução entre os anos de 2017 e 2019, contudo, mantiveram-se estáveis, entre 2019 e 2023, provavelmente devido ao período de pandemia.

⁸ Fonte: <<http://ideb.inep.gov.br/>>. Acesso em 12 nov. 2024.

3.3 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

A seguir, serão apresentados os procedimentos adotados para a avaliação da construção pelos estudantes dos conceitos científicos nos subtópicos: Análise Microgenética e Procedimentos para a análise das Sínteses finais.

3.3.1 Análise Microgenética

Com o objetivo de analisar, em um pequeno período, os processos de transformações envolvidas que determinado estilo de ensino possibilita na aprendizagem dos estudantes, em vez de focalizar nos produtos que tais transformações viabilizam, foi adotada nesta pesquisa, para a análise dos dados das transcrições dos áudios e vídeos dos encontros, as pressuposições da Análise Microgenética.

Esse método de análise é consistente com a teoria sociocultural de Vygotsky, “segundo a qual os processos humanos têm gênese nas relações com o outro e com a cultura, e são essas relações que devem ser investigadas ao se examinar o curso de ação do sujeito” (Góes, 2000, p. 11).

Assim, partindo da aceitação dessa proposição alternativa de ver o ser humano, Vygotsky (2007, p. 62) compreende que é necessário obter um novo método para a experimentação psicológica que considere essa posição como “elemento-chave da abordagem do estudo e interpretação” no desenvolvimento dos processos psicológicos do homem.

Dessa forma, Vygotsky apresenta uma abordagem alternativa, para recolher dados, interpretar e estudar as funções psicológicas, baseada “em processos dialéticos e históricos, dada as condições materiais [interações sociais de produção]” (Tomio Schroeder; Adriano, 2017, p. 32).

Sendo assim, seguindo na mesma linha de argumentação de Barbosa e Vaz (2019, p. 459), concordamos que a organização metodológica fundamentada na Análise Microgenética é especialmente indicada, “na investigação de processos de aprendizagem conceitual, principalmente em contextos que favoreçam a intersubjetividade como aqueles promovidos por atividades colaborativas”.

Barbosa e Vaz (2019, p. 459) argumentam que este modelo de abordagem

“promete um maior detalhamento dos processos que desencadeiam mudanças, tanto no sentido de rupturas quanto da consolidação de certas estruturas comportamentais”.

O próprio nome sugere os pré-requisitos e procedimentos que devem ser seguidos pelo pesquisador ao utilizar este método. Barbosa e Vaz (2019, p. 460), argumentam que, “o termo microgenético, nas Ciências Humanas, diz respeito a pequenas variações ou mudanças, ou ainda novas formações (gêneses), observadas em todo tipo de processo de desenvolvimento”.

Goés (2009, p. 11) argumenta que essa perspectiva genética é proposta por Vygotsky no que se refere ao funcionamento humano, e, dentre os procedimentos metodológicos investigados por ele, incluía “a análise minuciosa de um processo, de modo a configurar sua gênese social e as transformações do curso de eventos”.

Nessa perspectiva, Vygotsky baseia-se na abordagem materialista dialética, que “admitindo a influência da natureza sobre o homem, afirma que o homem, por sua vez, age sobre a natureza e cria, através das mudanças nela provocadas, novas condições naturais para sua existência” (Vygotsky, 2007b, p. 62).

Segundo Rosa (2013, p. 136), “o termo genético indica a busca por indícios de processos de desenvolvimento nos sujeitos”. Para Goés (2000, p. 15) a análise é “genética no sentido de ser histórica, por focalizar o movimento durante processos e relacionar condições passadas e presentes, tentando explorar aquilo que, no presente, está impregnado de projeção futura”.

O prefixo micro não “atende ao significado conceitual relativo a pequeno, mas a um determinado tempo destacado e minuciosamente observado, analisado e transcrito” (Tomio; Schroeder; Adriano, 2017, p. 41). Nesse aspecto, Goés (2000, p.15) argumenta que a análise não será micro “porque se refere à curta duração dos eventos, mas sim por ser orientada para minúcias indiciais”, ou seja, para a valorização de elementos singulares do cotidiano que possibilitam ao pesquisador reconstruir o processo de desenvolvimento dos sujeitos envolvidos.

A determinação de restringir um período curto para análise “parece decorrer da necessidade de recortes que permitam examinar as minúcias” (Goés, 2000, p. 15). Rosa (2013, p. 136) destaca que curto aqui evidencia o fato de que o pesquisador investiga nos processos de desenvolvimento e aprendizagem dos estudantes “episódios que sejam tratáveis do ponto de vista dos recursos à sua

disposição, uma vez que a técnica gera uma quantidade muito grande de dados a serem analisados”. Assim, para Goés (2000) a análise Microgenética:

[...] trata-se de uma forma de construção de dados que requer a atenção a detalhes e o recorte de episódios interativos, sendo o exame orientado para o funcionamento dos sujeitos focais, as relações intersubjetivas e as condições sociais da situação, resultando num relato minucioso dos acontecimentos. (...) essa análise é associada ao uso de videogravação, envolvendo o domínio de estratégias para a filmagem e a trabalhosa atividade de transcrição (Góes, 2000, p. 9-10).

Na mesma direção, Barbosa e Vaz (2019, p. 461) argumentam que na análise Microgenética o olhar do pesquisador deve estar direcionado “para as minúcias, para os detalhes das ações e interações das pessoas, e os efeitos que elas promovem na rede de significações e na própria pessoa”. Ao encontro disso, Tomio, Schroeder e Adriano (2017), afirmam que a análise Microgenética:

[...] consiste na observação criteriosa das relações que ocorrem entre os envolvidos na revelação dos processos psíquicos superiores que se evidenciam na ação e reação, e no uso da linguagem; enfim, na observação e análise de todo o processo que constitui o momento analisado (Tomio; Schroeder; Adriano, 2017, p. 41).

Desse modo, ao utilizar a análise Microgenética o pesquisador ou o professor deve saber que os processos de desenvolvimento e aprendizagem que os estudantes constroem acontecem internamente e que, assim sendo, apenas “investiga detalhes, minúcias que podem dar indícios sobre o processo de aprendizagem e desenvolvimento” (Santos, 2021, p. 122).

Esses indícios podem se manifestar por meio do registro das filmagens das interações entre os estudantes, tanto nas investigações da linguagem verbal (fala, enunciados, entonações) quanto na não verbal (comportamentos, gestos). Rosa (2013, p. 136) argumenta que os principais mecanismos para o professor ter acesso será a fala destes estudantes e a aptidão de solucionarem problemas de forma independente.

Nessa direção, é por meio do uso da linguagem que “negociamos significados com os outros seres humanos, o que permite a construção de uma base conceitual comum a partir da qual construímos nossa visão de mundo” (Rosa, 2013, p. 136).

Santos (2021, p. 130) enfatiza que é na “análise da linguagem utilizada pelos/entre os alunos e destes com o professor que podemos encontrar indícios de

aprendizagem e desenvolvimento”. Visto que, na análise Microgenética o pesquisador está interessado mais no processo, ou seja, no como acontece as transições genéticas.

Nesta pesquisa, os detalhamentos das ações envolvidas nas interações entre os estudantes foram filmados para captar tanto a linguagem verbal quanto não verbal dos estudantes, como para identificar a “transformação nas ações dos sujeitos e a passagem do funcionamento intersubjetivo para o intra-subjetivo” (Góes, 2000, p. 15). Nesse exercício, foi realizada a observação de todo o processo e a transcrição, considerando que:

[...] a atenção não está exclusivamente no conteúdo das falas que se inter-relacionam no processo de diálogo, mas no movimento dos participantes, na expressão que transparecem, na forma como evidenciam o pensamento, considerando os aspectos de desenvolvimento referentes à idade do grupo. (Tomio; Schroeder; Adriano, 2017, p. 40).

Desse modo, a análise dos dados foi realizada de forma diligentemente, “acompanhando a evolução do trabalho para permitir uma reconstrução das interpretações sempre que for necessário” (Barbosa; Vaz, 2019, p. 462).

3.3.2 Transcrição das falas

Para a análise dos dados desta pesquisa, todas as gravações das falas dos áudios e vídeos foram transcritas tal como pronunciadas e analisadas apenas pela pesquisadora e somente ela teve acesso a elas. Assim, a análise das transcrições das gravações dos áudios das falas dos estudantes foi realizada com foco nas interações entre os estudantes participantes da pesquisa. Os indicadores estabelecidos pelos referenciais teóricos da pesquisa foram considerados como subsídios. Nas transcrições, os estudantes não foram identificados, sendo usados avatares para a pesquisadora referir-se a eles.

As gravações dos áudios e das filmagens referentes às falas dos estudantes foram transcritas utilizando as normas de transcrição definidas por Preti *et al.* (1999, p. 19-20) mostradas no Quadro 9. Segundo o autor, os exemplos utilizados foram retirados dos inquéritos NURC/SP n. 338 EF e 331 D2.

Quadro 9 - Normas para transcrição de entrevistas gravadas (Preti et al., 1999, p. 19-20).

Ocorrências	Sinais	Exemplificação
Incompreensão de palavras ou segmentos	()	Dos níveis de renda () nível de renda nominal
Hipótese do que se ouviu	(hipótese)	(estou) meio preocupado (com o gravador)
Truncamento (havendo homografia, usa-se acento indicativo da tônica e/ou timbre)	/	E comé/e reinicia
Entonação enfática	Maiúscula	Porque as pessoas reTÊM moeda
Prolongamento de vogal e consoante (como s, r)	:: podendo aumentar para :::: ou mais	Ao emprestarmos éh::: ... dinheiro
Silabação	-	Por motivo tran-sa-ção
Interrogação	?	E o Banco... Central... certo?
Qualquer pausa	...	São três motivos... ou três razões ... que fazem com que se retenha moeda ... existe uma ... retenção
Comentários descritivos do Transcritor	((minúscula))	((tossiu))
Comentários que quebram a sequência temática da exposição: desvio temático	- - - -	... a demanda de moeda - - vamos dar casa essa notação - - demanda de moeda por motivo ...
Superposição, simultaneidade de vozes	Ligando as linhas	a. na casa de sua irmã b. [sexta-feira? a. fazem LÁ b. [cozinham lá
Indicação de que a fala foi tomada ou interrompida em determinado ponto. Não no seu início, por exemplo.	(...)	(...) nós vimos que existem...

Citações literais de textos, durante a gravação	“entre aspas”	Pedro Lima ... ah escreve na ocasião. “O cinema falado em língua estrangeira não precisa de nenhuma barreira entre nós” ...
Observações 1. Iniciais maiúsculas: só para nomes próprios ou para siglas (USP etc.); 2. Fáticos: ah, éh, eh, ahn, ehn, uhn, ta (não por está: tá? você está brava?); 3. Nomes de obras ou nomes comuns estrangeiros são grifados; 4. Números: por extenso; 5. Não se indica o ponto de exclamação (frase exclamativa); 6. Não se anota o cadenciamento da frase; 7. Podem-se combinar sinais. Por exemplo: oh:::.... (alongamento e pausa). 8. Não se utilizam sinais de pausa, típicos da língua escrita, como ponto-e-vírgula, ponto final, dois pontos, vírgula. As reticências marcam qualquer tipo de pausa.		

3.3.3 Ferramentas para a análise das Sínteses

3.3.3.1 Grelha de Avaliação das competências interdisciplinares

Para a Síntese final elaborada pelos construtores e consumidores desta pesquisa e orientada pela pesquisadora, foi utilizado como critérios de referência para análise os indicadores (Quadro 10) propostos por Maingain, Dufour e Fourez (2008).

Quadro 10 - Grelha de Avaliação das competências interdisciplinares.

Critérios	Indicadores
Formular e contextualizar a problemática	O grupo foi capaz de formular com suas palavras a situação de partida colocando as questões do que se trata? e o que vai ser considerado? “
Produzir uma síntese apropriada	O grupo foi capaz de apresentar, por escrito ou oralmente, uma síntese da pesquisa conduzida; O grupo foi capaz de estabelecer correlações entre diferentes pontos de vista disciplinares e/ou dimensões da problemática.
Utilizar as disciplinas	O grupo foi capaz de utilizar disciplinas com conhecimento de causa, tendo em conta a linguagem e vocabulário adequados. O grupo compreendeu e foi capaz de explicar os conceitos, leis, modelos e saberes particulares das disciplinas envolvidas. O grupo foi capaz de colocar em correlação as caixas pretas abertas de forma a evidenciar as interações, tensões e divergências do ponto de vista.
Consultar fontes e especialistas	O grupo foi capaz de reformular as informações recolhidas e um texto coerente, em função do projeto. O grupo foi capaz de fazer uma recolha de fontes em relação com a problemática e de operar uma classificação racional dessas fontes. Teve o cuidado de confrontar diversas fontes ou pontos de vista, sem esquecer os <<utilizadores >> da situação.

Fonte: Adaptado de Maingain, Dufour e Fourez (2008, p. 184 – 185).

É importante destacar que esses critérios estão associados ao domínio, à comunicação e à autonomia, atributos apresentados por Fourez (1997) para favorecer a ACT e dessa forma contribuir para a formação dos estudantes.

Por exemplo, no indicador de ser capaz de produzir uma síntese e apresentar são mobilizados aspectos do atributo comunicação, no qual a comunicação pode ser identificada considerando a participação do estudante no seu grupo de trabalho. Se serão capazes de “expressar suas opiniões; manter diálogo não só com a equipe, mas também com especialistas; ser capaz de elaborar modelos teóricos e ser hábil ao argumentar” (Rosa; Demarco; Darroz, 2020, p. 5)

3.3.3.2 Índice de Interdisciplinaridade

A exemplo dos Mapas Conceituais (Gobara, 1984; Rosa, 2010), dos quais se diferenciam por não apresentarem uma estrutura hierárquica, os Mapas Mentais são sempre um “instantâneo” de como os conceitos estão estruturados nas ZDP e ZDR dos estudantes. Deste modo, não há um mapa mental certo ou errado. Eles apenas mostram o estado das relações entre os conceitos nas mentes dos estudantes, em um dado momento.

Nessa pesquisa, os mapas mentais, sendo sínteses produzidas coletivamente pelos grupos, trazem componentes das ZDP e ZDR dos diferentes estudantes e são resultado do processo de negociação no espaço intersubjetivo do grupo.

Para analisá-los, além dos critérios citados no Quadro 10, foi construída uma ferramenta para análise de integração interdisciplinar a qual foi denominada “Índice de Interdisciplinaridade” (IndI). Essa ferramenta procura refletir o nível de integração e interdisciplinaridade dos mapas mentais construídos pelos estudantes, mas consideramos que pode ser utilizada para avaliação de outras formas de representações interdisciplinares.

Os fatores que contribuem para este índice são mostrados no Quadro 11. O IndI será nulo quando: a) O fator 1 for menor que 2; b) Os fatores 2 e 3 forem ambos nulos.

Quadro 11 - Critérios de pontuação das Sínteses

Item	Denominação do Fator	Descrição	Pontuação
1	Contribuição Disciplinar (D)	Disciplinas que contribuíram para o mapa mental.	1,0 ponto por disciplina
2	Conexões Disciplinares (CD)	Conexões entre contribuições de uma mesma disciplina.	0,5 pontos por conexão
3	Conexões interdisciplinares mesma grande área (CMA)	Conexões entre contribuições de disciplinas de uma mesma grande área ⁹ .	1,0 ponto por conexão
4	Conexões interdisciplinares diferentes grandes áreas (CDA)	Conexões entre contribuições de disciplinas de diferentes grandes áreas.	1,5 ponto por conexão

Fonte: autora.

Deste modo, o Índice de Interdisciplinaridade (Quadro 11) permitirá comparar

⁹ Foi considerado aqui a definição de grande área tal como na BNCC – Ensino Médio (BRASIL/MEC/CNE, 2018).

os diferentes Mapas Mentais e avaliar o grau de interdisciplinaridade presente em determinado mapa em relação aos outros.

Este índice difere de outros identificados na literatura, como o apresentado por Martins e Brando (2024), no trabalho em que elencam um conjunto de indicadores para avaliar uma atividade interdisciplinar enquanto ela está acontecendo.

O índice construído nesta pesquisa de doutorado, o IndI, tem por objetivo analisar o grau de interdisciplinaridade presente no produto final de um processo interdisciplinar como o vivenciado em uma Sequência de Percurso Interdisciplinar, que resulta em uma Síntese. Nesse trabalho, a síntese final do processo interdisciplinar assumiu a forma de um Mapa Mental.

3.3.3.3 Mapas Topológicos

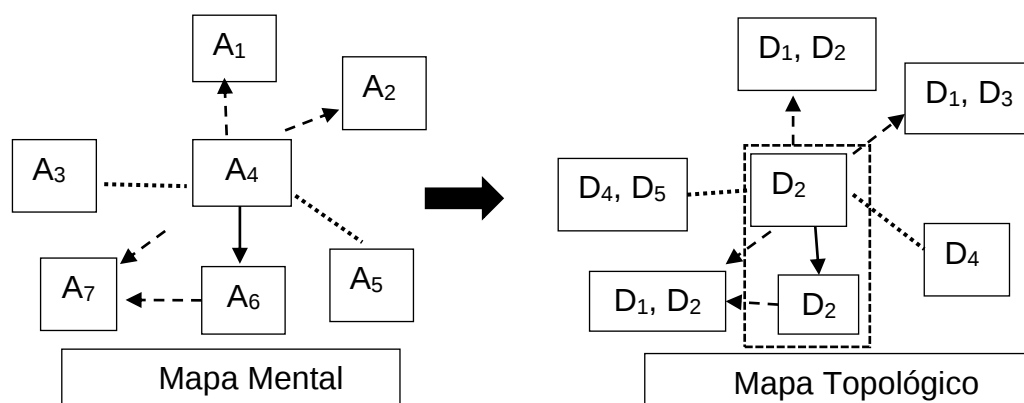
Para a aplicação do IndI, os mapas mentais produzidos pelos estudantes foram traduzidos em Mapas Topológicos, os quais indicam a origem disciplinar de cada elemento presente no mapa mental. O mapeamento da origem disciplinar e das relações estabelecidas entre elas considerou a forma como foram apresentadas no Currículo de Referência de Pernambuco (2021), mas pode ser empregado outro documento curricular.

Na Figura 9 é apresentado um modelo desse tipo de mapeamento que foi construído nesta pesquisa. O objetivo desse mapeamento foi explicitar as fontes disciplinares e as relações entre as disciplinas que contribuíram para o mapa mental, evidenciando as relações percebidas pelos estudantes entre as disciplinas e expressas pelos elementos gráficos no Mapa Topológico (linhas e setas de conexão).

Nesse caso, as asserções explicitadas nos mapas mentais foram identificadas por A_i . Simultaneamente, cada asserção foi associada as disciplinas (D_i) correspondentes.

Também foi convencionado que quando dois ou mais elementos do Mapa Mental forem conectados por uma definição estes serão considerados como uma única entidade. Isso será assinalado por um retângulo tracejado contornando esses elementos no Mapa Topológico.

Figura 9 - Mapa Topológico



Fonte: Elaborado pela autora (A_i: Asserções, D_i: Disciplinas; Setas com linhas contínuas - conexões disciplinares; Setas com linhas tracejadas – conexões entre disciplinas de uma mesma grande área; Linhas pontilhadas - conexões entre disciplinas de diferentes grandes áreas).

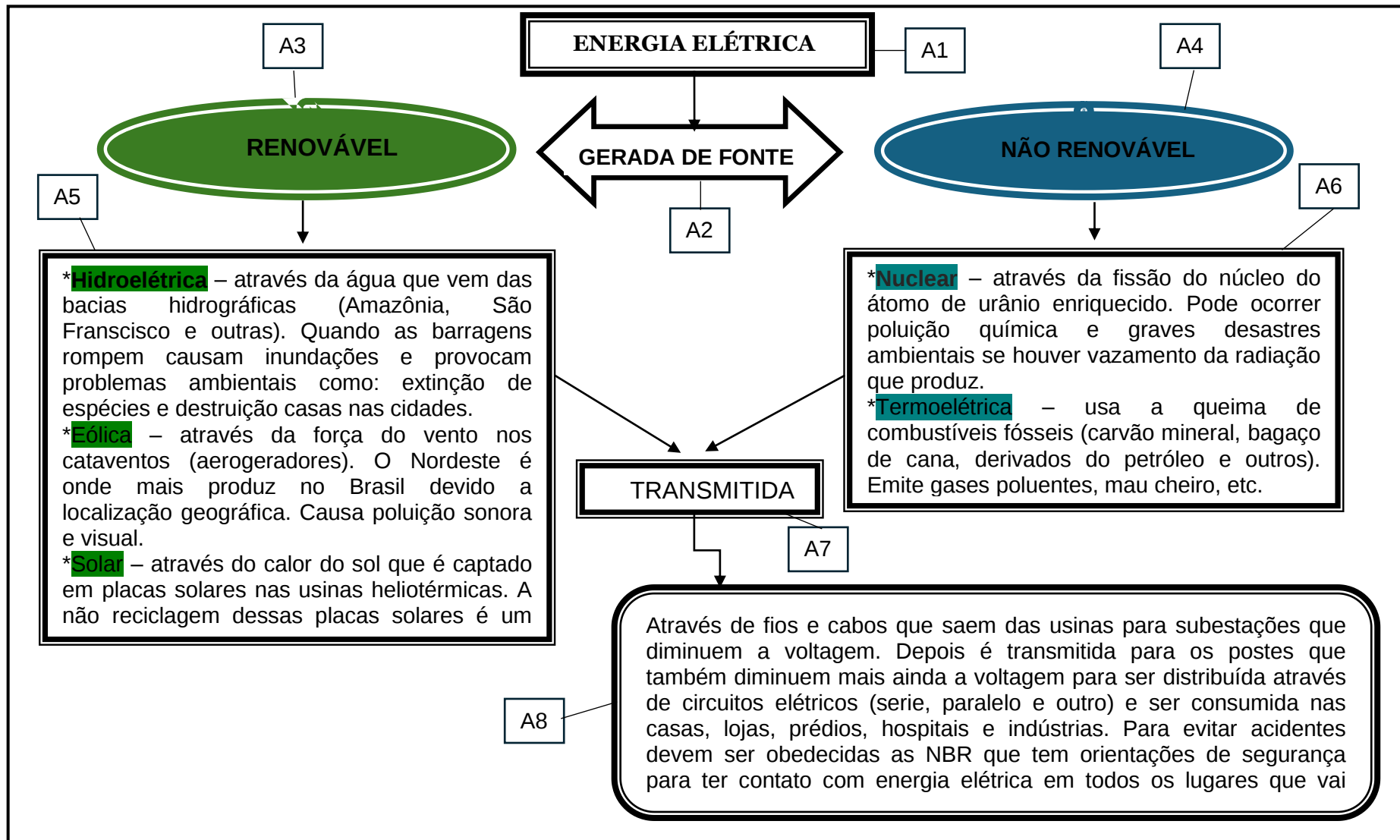
A Figura 10 apresenta um exemplo de mapa mental¹⁰ que foi traduzido em Mapa Topológico, uma das Sínteses elaborada pelos estudantes que participaram do estudo Piloto.

Nesse mapa mental, as asserções explicitadas foram identificadas por A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 e A8. Posteriormente, foi observado em cada asserção a quais disciplinas eram referentes os conhecimentos abordados, bem como, as relações percebidas pelos estudantes entre as disciplinas que contribuíram para o mapa mental. Nenhuma das asserções indicaram elementos conectados por uma definição.

A asserção indicada como A1, “Energia Elétrica”, representa o título que os estudantes deram ao Mapa mental, é identificada no Currículo de Pernambuco como objeto de conhecimento da componente curricular de Física “Circuito Elétrico (rendimento, comparação entre tensão elétrica contínua e alternada, comparação entre redes de 110V e 220V, cálculo de consumo de energia elétrica e custo), avaliando as contribuições Tesla para as novas tecnologias e transformação de outras modalidades de energia em energia elétrica” e objeto de conhecimento da química “Química das fontes não renováveis e renováveis de energia elétrica”, além de mencionada em habilidades específicas do componente como (EM13CNT107FIS05PE), (EM13CNT106FIS04PE), (EM13CNT106QUI08PE).

¹⁰ O estudo Piloto é relatado de forma detalhada no tópico a seguir: Método da Intervenção para a construção da IRI.

Figura 10 – Síntese final elaborada pelo G4 no estudo piloto.

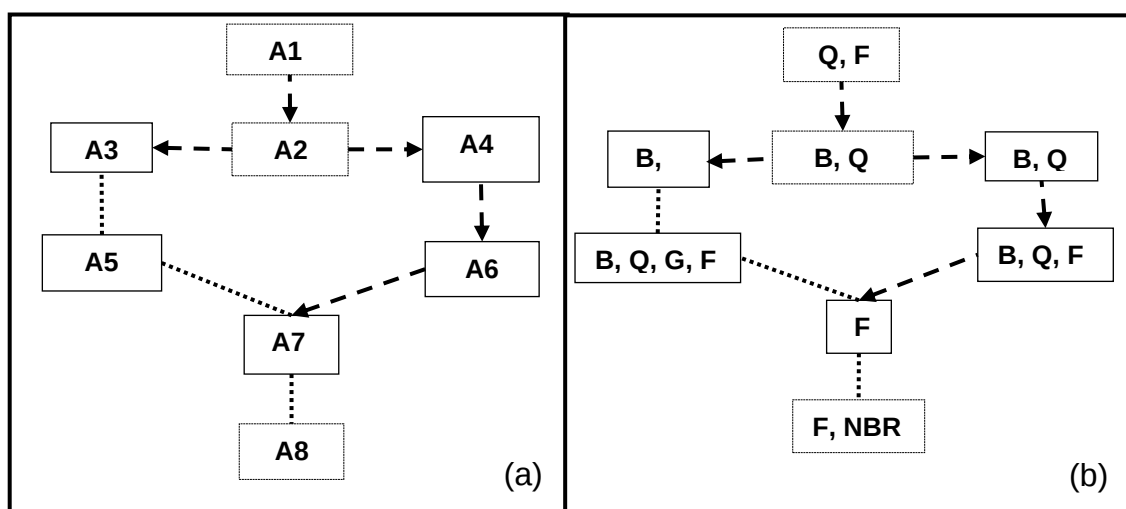


Fonte: Dados da pesquisa.

No mapa mental a asserção A1 se associa a asserção A2 (Biologia, Química) que está associada simultaneamente às asserções A3 (Biologia, Química) e A4 (Biologia, Química). Dessa forma, sucessivamente cada asserção (Figura 11 (a)), foi associada a disciplina correspondente e o mapa mental (Figura 10), foi traduzido no Mapa Topológico representado pela Figura 11 (b) explicitando as fontes disciplinares identificadas em cada uma das asserções apontadas no mapa mental bem como as conexões entre essas disciplinas identificadas.

Não houve conexões entre contribuições de uma mesma disciplina. As conexões entre disciplinas de uma mesma grande área foram identificadas por setas de linhas tracejadas. As conexões entre disciplinas de diferentes grandes áreas: linhas pontilhadas.

Figura 11 – Asserções identificadas no mapa mental (a); Mapa Topológico do mapeamento disciplinar nas asserções identificadas (b).



Fonte: Elaborado pela autora. No mapa topológico: Q (Química); F (Física); B (Biologia); G (Geografia); NBR (Normas Brasileiras Regulamentadoras). Setas com linhas tracejadas – conexões entre disciplinas de uma mesma grande área (1,0 ponto); Linhas pontilhadas - conexões entre disciplinas de diferentes grandes áreas (1,5 ponto).

Diante desse Mapa Topológico (Figura 11(b)) é possível perceber que as setas empregadas mostram as conexões percebidas pelos estudantes entre os conhecimentos oriundos das áreas do conhecimento que foram discutidas na etapa Abertura de Caixas Pretas e mapeadas no Currículo de Pernambuco.

Também é evidenciado que conhecimentos de quatro disciplinas colaboraram na elaboração dessa síntese final, além de conhecimentos da respectiva Norma Brasileira Regulamentadora que orienta quanto ao manuseio da eletricidade em residências. Totalizando cinco pontos de contribuição disciplinar para o Índice de

Interdisciplinaridade (Quadro 12).

O fator denominado Conexões Interdisciplinares mesma grande área foi contemplado, pois foi possível notar cinco conexões com disciplinas (Química, Física e Biologia) de mesma grande área do conhecimento - Ciências da Natureza (linhas tracejadas). Inteirando cinco pontos de contribuições de disciplinas de uma mesma grande área disciplinar para o Índice de Interdisciplinaridade (Quadro 12).

As linhas pontilhadas evidenciam que o fator Conexões interdisciplinares diferentes grandes áreas contemplam as outras três conexões presentes nesse mapa, associando duas diferentes grandes áreas do conhecimento: Ciências da Natureza e Ciências Humanas.

Quadro 12 – Índice de Interdisciplinaridade da Síntese

Item	Denominação do Fator	Descrição	Pontuação
1	Contribuição Disciplinar (D)	Biologia, Física, Química, Geografia e as NBR (1,0 ponto por disciplina).	5,0
2	Conexões Disciplinares (CD)	Sem conexões entre contribuições de uma mesma disciplina.	0
3	Conexões interdisciplinares mesma grande área (CMA)	Seis conexões entre contribuições de disciplinas de uma mesma grande área (1,0 ponto por conexão).	5,0
4	Conexões interdisciplinares diferentes grandes áreas (CDA)	Duas conexões entre contribuições de disciplinas de diferentes grandes áreas (1,5 ponto por conexão).	4,5
Índice de Interdisciplinaridade			14,5

Fonte: autora.

A pontuação adquirida para o Índice de Interdisciplinaridade evidencia que o grupo produziu um mapa mental interdisciplinar (IndI diferente de zero). Nesse mapa produzido, o número de conexões estritamente disciplinares foi nulo.

3.4 MÉTODO DA INTERVENÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DA IRI

Neste tópico, é apresentada, inicialmente, a Sequência de um Percurso Interdisciplinar utilizada como piloto para a construção de uma IRI. A função de um estudo piloto é a de testar, do ponto de vista operacional e da adequação aos sujeitos participantes da pesquisa, as ferramentas e as estratégias propostas. A partir dos dados fornecidos pelo piloto, a aplicação principal da SPI foi reelaborada. Deve ser ressaltado que os dados do estudo piloto não foram utilizados para avaliar

a efetividade da SPI proposta quanto ao desenvolvimento de uma IRI sobre a temática proposta. Essa análise foi realizada a partir dos dados do estudo principal e será mostrada no Capítulo 4.

De modo a validar as ferramentas propostas tanto para o desenvolvimento da SPI como das ferramentas de coleta de dados, na continuidade, é apresentada a análise detalhada das atividades planejadas e executadas na etapa preliminar do estudo piloto.

Prosseguindo, as ferramentas utilizadas nas demais etapas para a construção de uma IRI são analisadas do ponto de vista operacional. Nessa validação operacional, as ferramentas são analisadas tendo em vista os seguintes parâmetros: o tempo de aplicação da SPI; a adequação das ferramentas utilizadas; a natureza das interações entre os estudantes e a Infraestrutura necessária.

Por fim, a partir da validação das ferramentas e estratégias obtidas com o estudo piloto, é descrito o planejamento que foi proposto para cada encontro, almejando a construção da IRI, respectivamente a proposta principal. Para o planejamento desta sequência, seguiu-se todas as etapas necessárias para construir uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IRI) segundo proposta por Fourez: Etapa Preliminar; Emersão do Clichê; Panorama Espontâneo, Abertura das Caixas Pretas e a Síntese Final, a qual expressa a IRI construída.

3.4.1 Sequência de um Percurso Interdisciplinar (SPI) - Estudo Piloto

A intervenção ocorreu no segundo semestre do ano de 2022, durante o horário das aulas. No entanto, os encontros não ocorreram no intervalo temporal do calendário escolar previsto e se estenderam para além das seis semanas consecutivas. A razão para isso é que no segundo semestre do calendário escolar da rede estadual de Pernambuco, os estudantes do terceiro ano participam de distintas atividades visando incentivá-los e prepará-los para a realização do ENEM (por exemplo: “aulões”, aulas motivacionais, feira das profissões). Assim, alguns dos encontros precisaram ocorrer em dias diferentes dos que estavam planejados.

No ano de 2022, a escola possuía quatro turmas de terceiros anos, sendo que o estudo piloto foi desenvolvido em apenas uma dessas turmas. A turma foi sugerida pela gestão da escola e pelo professor de Física. A turma em questão era formada

por 36 alunos, 17 meninos e 19 meninas, com idades entre 16 e 19 anos.

Oito dos doze encontros ocorreram no laboratório de informática, pois a maioria das atividades propostas para o desenvolvimento desta pesquisa foram planejadas utilizando recursos encontrados na *Web*. No laboratório de informática não há uma pessoa responsável pelo suporte às atividades e o(a) professor(a) que leva a turma fica responsável naquela aula pelo laboratório e pelas atividades que serão desenvolvidas pelos estudantes. Os estudantes foram acompanhados pela pesquisadora, a qual foi a responsável tanto pelo laboratório de informática quanto por todas as atividades desenvolvidas durante os encontros.

Etapas Preliminares (50 minutos)

Encontro 0 - Apresentação

Este foi o primeiro contato realizado com os estudantes. A pesquisadora foi apresentada aos estudantes e partilhou com eles a proposta da pesquisa. Dando prosseguimento, foram compartilhados por meio multimídia os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE). Foi destacado a relevância da assinatura para a participação na pesquisa.

Todos os estudantes maiores de 18 anos receberam uma cópia do TCLE e os demais que eram menores de idade, receberam uma cópia tanto do TALE quanto do TCLE para levarem para casa e assim, terem sua disponibilidade em participar da pesquisa autorizada pelos responsáveis por meio da assinatura deles no termo.

Para finalizar esse encontro, foi realizado um questionário de campo¹¹ com os estudantes visando diagnosticar quais as representações iniciais dos estudantes referente ao uso de tecnologias digitais em sala de aula e sobre abordagem interdisciplinar. Cada estudante recebeu uma folha de papel para responder o questionário que foi projetado por meio multimídia. Os estudantes, não precisaram se identificar na folha, apenas iam colocando as respostas, sinalizando qual era a pergunta respondida.

¹¹ A descrição detalhada deste questionário de campo está disponível no Apêndice D desta pesquisa.

Etapa Clichê (50 minutos)

Encontro 1 – Construção do clichê

Para iniciar a sequência de um percurso interdisciplinar foi utilizada uma charge (Figura 12) para contextualizar o problema complexo, objeto desta investigação.

Figura 12 - Charge utilizada na etapa Clichê.



Fonte: <https://binario10.wordpress.com/2008/12/17/tirinha-27/>

Para guiar a discussão das questões a seguir foi utilizada a dinâmica de Tempestade Cerebral (*Brainstorming*).

- i. Qual a mensagem que a charge quer transmitir?
- ii. Onde se encontra o Hackles e o que está fazendo quando falta energia elétrica?
- iii. O que o Hackles está usando pode caracterizar que ele está no ambiente de trabalho?
- iv. Como o Hackles aproveita um dia de folga sem energia elétrica?
- v. O que seria da vida moderna sem a energia elétrica?

Em seguida, para o levantamento das representações iniciais dos estudantes foi compartilhada a questão problematizadora. Utilizando a mesma dinâmica, nesse momento, a participação dos estudantes ocorreu de forma oral.

A partir das falas dos estudantes, foi iniciada a construção da síntese da Etapa Emersão do Clichê, direcionada pela pesquisadora, utilizando como suporte um mapa mental a fim de eliminar superposições e complementar o que não foi

considerado individualmente e que pudesse ser relevante. Essa síntese foi aprimorada na etapa Panorama Espontâneo.

Como forma de fazer fluir os conceitos cotidianos dos estudantes, outras questões foram utilizadas para refinar a questão problematizadora e orientar a discussão e construção da síntese:

- i - Como é produzida a energia elétrica consumida nas residências?
- ii - Como a energia elétrica chega nas residências?
- iii - Como é distribuída a energia elétrica quando chega nas residências?
- iv – O que é um circuito elétrico?

Na continuidade, a questão problematizadora foi novamente projetada com o objetivo de levar os estudantes a produzirem um texto que expressasse seus conceitos cotidianos sobre a geração, distribuição e consumo de energia elétrica. Os estudantes tiveram oito minutos para realizarem esta atividade e entregarem para a pesquisadora a produção textual.

Esses textos foram utilizados para a formação dos grupos de trabalho com os estudantes no estudo piloto. O critério de agrupamento utilizado foi: estudantes que apresentaram maior aderência aos conceitos científicos quanto ao problema complexo com estudantes cujos conceitos apresentarem menor aderência, de forma que, em todos os quatro grupos, houve estudantes em dois diferentes níveis de compreensão em relação ao problema complexo: os que apresentaram maior aproximação aos conceitos cientificamente aceitos (conceitos já desenvolvidos no nível de desenvolvimento real), e os que apresentaram menor aproximação (conceitos em fase embrionária na ZDP).

Esse critério de formação dos grupos é coerente com o referencial teórico da aprendizagem proposto por Vygotsky, que indica que os grupos devem ser formados por sujeitos que apresentem maior propriedade conceitual e sujeitos com menor propriedade.

Etapa Panorama Espontâneo (100 minutos)

Encontro 2 – Grelha Interdisciplinar de Análise (50 minutos)

Nesse encontro, os estudantes foram organizados em seus respectivos grupos conforme critério descrito na etapa anterior. Em seguida, tiveram acesso à

grelha interdisciplinar, conforme o

Quadro 13. Essa grelha foi discutida e respondida pelos estudantes como forma de ampliar a discussão da etapa anterior.

Quadro 13 - Questões da grelha interdisciplinar de análise.

Questões definidas para a grelha de análise nesta sequência de ensino:
- i - O que caracteriza a geração e o transporte de energia elétrica? - ii - Quais formas de geração de energia elétrica e o que caracteriza essas formas de produção? - iii - Quais caminhos a energia elétrica percorreu até chegar em nossos dias? - iv - Quais normas de segurança exigidas pela legislação “brasileira” para uma residência (disjuntores, fiação, posicionamento e tipo de tomadas etc.)? - v - Como é distribuída a energia elétrica quando chega nas residências? - vi - É possível trabalhar no ensino médio a problemática geração, transmissão e distribuição para consumo de energia elétrica somente a partir do ponto de vista da Física? - vii - Quais seriam as pessoas, fontes de informação ou disciplinas que poderiam ser consultadas sobre geração, transporte, distribuição e consumo de energia elétrica em residências? - viii - Que conhecimentos disciplinares devemos aprofundar sobre a problemática geração, transporte, distribuição e consumo de energia elétrica que no momento são conhecimentos globais? Circuitos elétricos?

Fonte: Elaborada pela autora.

Para finalizar, os estudantes receberam uma lista com possíveis especialistas (links como fontes de informação) a serem consultados em casa, fazendo uma busca na internet. Os estudantes foram orientados que também poderiam buscar e apresentar outras possíveis fontes de informação, assim como, a elaborarem uma síntese parcial dos conceitos espontâneos em relação às respostas das questões da grelha de análise para apresentação aos demais grupos no próximo encontro.

Encontro 3 – Construção da Síntese Parcial coletiva do Panorama Espontâneo (50 minutos)

Cada grupo apresentou (usando material multimídia) a sua síntese parcial dos conceitos espontâneos em relação às questões da grelha de análise.

Na continuidade, os estudantes foram conduzidos a um refinamento das respostas, de forma que foi elaborada uma síntese parcial coletiva como resposta da turma à grelha interdisciplinar de análise que contemplou os seguintes tópicos:

Lista dos sujeitos envolvidos – O que caracteriza a geração e o transporte de energia elétrica? Quais formas de geração de energia elétrica e o que caracteriza essas formas de produção? Como é distribuída a energia elétrica quando chega nas residências?

Lista de normas e condições para serem obedecidas - Quais cuidados de

segurança ao manipular a construção de um circuito elétrico em uma residência? Quais as normas de segurança exigidas pela legislação brasileira para uma residência (disjuntores, fiação, posicionamento e tipo de tomadas etc.)?

Lista dos interesses e tensões - Quais caminhos a energia elétrica percorreu até chegar em nossos dias? Quais formas de geração de energia elétrica e o que caracteriza essas formas de produção? Disputa entre as formas de produção de energia elétrica hidrelétrica e eólica. Por que o Nordeste é potencialmente o lugar para produzir energia eólica? Qual o impacto ambiental?

Lista de “caixas pretas” – Relacionar quais conhecimentos devem ser aprofundados sobre os processos envolvidos na geração, na transmissão, na distribuição de energia elétrica para o consumo de energia em residências para que os questionamentos definidos como mais relevantes sejam respondidos.

Lista de especialistas e especialidades - Quais saberes disciplinares são necessários para melhor aprofundamento da situação problemática? Quais saberes disciplinares são necessários para abrir as caixas pretas listadas?

Etapas Abertura de Caixas Pretas (350 minutos)

Encontros 4 e 5 - Abertura de Caixas Pretas (100 minutos)

Após a organização da turma no laboratório de informática, foi dado início a abertura de quatro das cinco caixas pretas decididas que seriam abertas no encontro anterior, que foram as Caixas Pretas 1, 2, 3 e 4. Para a abertura dessas quatro Caixas Pretas, cada grupo de estudantes foi conduzido a ficar responsável por buscar os conhecimentos necessários para abertura de apenas uma dessas Caixas Pretas (APÊNDICE E).

Cada grupo recebeu orientação da pesquisadora de forma a acessarem e explorarem o material selecionado e consultarem aos especialistas e às especialidades que foram definidas na fase do panorama espontâneo. A Caixa Preta 5, “Circuitos elétricos simples”, foi aberta por todos os estudantes juntamente com a pesquisadora e ocorreu somente a partir do 7º encontro.

Grupo 1 - Abertura caixa preta 1: “Produção e transporte de energia elétrica”;

Grupo 2 - Abertura caixa preta 2: “Características das formas e impactos da geração de energia elétrica”;

Grupo 3 - Abertura caixa preta 3: “História da eletricidade e impactos no modo de vida”;

Grupo 4 - Abertura caixa preta 4: “Normas de segurança exigidas pela legislação brasileira(leis)”;

Grupos 1, 2, 3 e 4 - Abertura caixa preta 5: “Circuitos elétricos simples”.

Assim, esses dois encontros foram utilizados por cada grupo de estudantes para explorar o material anteriormente selecionado no documento coletivo construído na etapa anterior. Inicialmente, os estudantes identificaram se o material coletado na fase do Panorama Espontâneo continha a informação necessária para a construção dos conhecimentos diagnosticados ainda sem propriedade em relação ao problema complexo.

Cada grupo também pôde consultar na própria escola os professores especialistas que podiam ajudar na construção do conhecimento necessário para a solução do problema complexo. Cada uma destas caixas necessitou dos saberes disciplinares de: Química, Geografia, História, Biologia e Física e da Legislação Brasileira que regulamenta o uso de energia elétrica.

Os estudantes usaram um arquivo na pasta compartilhada no *Drive* (*Apresentações Google*) para registrarem as informações que avaliaram relevantes, de modo que organizaram sua argumentação e construíram uma apresentação multimídia para socialização dos conhecimentos com os demais grupos.

Após essa exploração do material, no final do encontro 5 os estudantes foram orientados a continuarem, em casa, essa organização do material coletado. Cada grupo foi orientado a construir um mapa mental para organização do conhecimento adquirido. Esses mapas mentais foram socializados com os demais grupos no próximo encontro.

Encontro 6 - Socialização das Caixas Pretas abertas (50 minutos)

Neste encontro, usando material multimídia, cada grupo apresentou aos demais grupos os conhecimentos construídos pelo grupo referente a investigação da sua respectiva Caixa Preta aberta.

Encontro 7 - Abertura da Caixa Preta 5 (50 minutos)

Neste encontro ocorreu o início da abertura da caixa preta 5. Para tanto, a pesquisadora, por meio de aula expositiva dialogada, projetou um material disponível na plataforma “*e-learning Triplex*”¹². Esse material¹³ foi utilizado como suporte para a discussão e a abordagem teórica dos seguintes conceitos: corrente elétrica, condutores e isolantes elétricos, circuitos elétricos simples. A sistematização desses conceitos físicos foi necessária para a abertura da caixa.

A pesquisadora realizou alguns questionamentos para dar início a abordagem dos conceitos referentes a temática Circuitos Elétricos Simples. Algumas das questões norteadoras para essa abordagem foram: O que é corrente elétrica? O que são condutores e isolantes elétricos? Na sala de aula é possível identificar algum material que seja condutor ou isolante?

A pesquisadora buscou valorizar o conhecimento dos estudantes buscando interagir no nível de desenvolvimento real deles durante a exposição e discussão que versou sobre os conceitos físicos.

Para tanto, a apresentação do material continuou de forma a ficar esclarecido o que é corrente elétrica, condutores e isolantes. Ainda nesse momento de sistematização de conceitos foi abordado a definição de circuito elétrico simples, bem como, os elementos que fazem parte de um circuito simples (fios, lâmpadas, resistores, baterias etc.), assim como a representação simbólica deles.

Para finalizar a sistematização de conceitos, foi discutido com os estudantes sobre o que entendem por fonte de energia elétrica. A discussão foi conduzida de modo que fosse identificado que o funcionamento de um aparelho elétrico depende de uma fonte de energia (dispositivos que fornecem energia e que apresentam diferença de potencial elétrico – ddp – entre seus terminais), fios e o interruptor que libera ou interrompe a corrente elétrica no aparelho (dispositivos que dependem de eletricidade para funcionar).

Na continuidade, para a abertura desta Caixa Preta foi utilizado como um dos especialistas a plataforma *online* para Arduíno Autodesk *Tinkercad*¹⁴. A plataforma incorpora a possibilidade de criação e simulação de circuitos eletrônicos digitais e o

¹² Link para acesso à plataforma *e-learning Triplex* explicações: <https://e-triplex.pt/>

¹³ Link para acesso ao material que será utilizado da plataforma *e-learning Triplex* explicações <https://e-triplex.pt/M%C3%B3dulo/resumo-no1-eletricidade-no-dia-a-dia/>

¹⁴ Link para acesso a plataforma *Tinkercad*: <https://www.tinkercad.com/>

acesso é gratuito.

Dessa forma, a pesquisadora utilizou projetor multimídia para apresentar aos estudantes os componentes eletrônicos presentes na plataforma para Arduino. Para contato com a plataforma, os estudantes foram orientados a construir um circuito elétrico simples com *leds*, utilizando os recursos básicos da plataforma.

Encontro 8 - Abertura da Caixa Preta 5 (continuação - 50 minutos)

Os estudantes foram orientados a se organizarem em seus grupos e a acessarem a plataforma. A construção do circuito simples construído no encontro anterior foi ampliada para fazer os estudantes perceberem a importância dos resistores para proteção dos consumidores de energia elétrica em um circuito elétrico simples. O objetivo foi analisar a corrente elétrica por meio da observação da intensidade do *led* em função da mudança de resistores no circuito elétrico simples, pois quanto maior o valor da resistência no circuito elétrico, maior a redução da corrente. Consequentemente, isso afeta o brilho de um *led* que é proporcional à intensidade da corrente elétrica que passa por ele, sendo que quanto maior a corrente elétrica mais intenso é o brilho.

Prosseguindo, os estudantes foram orientados para calcular o resistor adequado para um circuito elétrico simples com *led*. Para tanto, foi necessário saberem: a tensão da fonte de alimentação, ou seja, quantos volts estão sendo usados para alimentar o *led*; a tensão suportada pelo *led* em volts e a corrente suportada pelo *led* em amperes. Para essas informações sobre o *led*, a tabela da Figura 13 foi disponibilizada aos estudantes e a pesquisadora mostrou no quadro como se calcula utilizando a Equação 1 (1ª lei de Ohm).

$$R = \frac{(V_{\text{alimentação}} - V_{\text{led}})}{I} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

R é a resistência em ohms do resistor adequado para o *led*.

V_{alimentação} é a tensão em volts da fonte de alimentação.

V_{led} é a tensão em volts do *led*.

I é a corrente do *led* em amperes.

Figura 13 - Tabela genérica para Leds

LEDs		
Cor do LED	Tensão em Volts (V)	Corrente em Miliampères (mA)
Vermelho	1,8V – 2,0V	20 mA
Amarelo	1,8V – 2,0V	20 mA
Laranja	1,8V – 2,0V	20 mA
Verde	2,0V – 2,5V	20 mA
Azul	2,5V – 3,0V	20 mA
Branco	2,5V – 3,0V	20 mA

Fonte: Disponível em: <http://www.comofazerascosas.com.br/como-calculiar-o-resistor-adequado-para-um-led.html>

Para a situação desenvolvida na simulação foi necessário acender um *led* de tensão igual a 2V e corrente igual a 20 mA em uma alimentação de 3V, usando 2 baterias. Logo, aplicando os valores na equação ficou assim:

Convertendo os 20mA (miliampères) do LED para amperes encontra-se 0,02 A (amperes). Então:

$$R = (3 - 2) / 0,02$$

$$R = 50\Omega$$

Assim, os estudantes foram orientados a colocarem no circuito elétrico o resistor com valor adequado para essa simulação que foi de 50Ω. Em seguida foram solicitados a manterem fixos a quantidade de *led*, o valor da resistência e da tensão da fonte mas inverterem a polaridade do *led* no circuito e observarem se o *led* brilha mais no circuito anterior ou se no atual.

Foi explorado o princípio de conservação da carga elétrica que flui pelo circuito elétrico em contraste com a percepção de que a corrente elétrica ao passar por um dispositivo é consumida. Foi solicitado o desenho esquemático desse circuito elétrico simples com resistor.

Também foi discutido os exemplos de fontes, resistores, e interruptores no cotidiano de uma residência. Fazendo um paralelo com a residência, foi perguntado aos estudantes quem é o equivalente da bateria numa casa? Esperou-se que com os conhecimentos adquiridos nas aberturas das caixas anteriores os estudantes identificassem que é a usina hidroelétrica.

Na continuidade, os estudantes foram orientados a fecharem um circuito elétrico simples utilizando dois *leds* associados em série e depois com três *leds* também associados em série. Foi perguntado aos estudantes: qual o resistor adequado para cada um desses circuitos? Os estudantes foram solicitados a

buscarem essa resposta. Foi enfatizado que todas as lâmpadas são iguais e a corrente elétrica percorrida em todos os *leds* é a mesma e que possuem o mesmo brilho. Foi solicitado a utilização de um multímetro no circuito para a verificação do valor da corrente elétrica em cada *led*.

Esperava-se que os estudantes entendessem que, no circuito elétrico simples em série, o funcionamento de um *led* depende do funcionamento do outro. Foi colocado o seguinte questionamento para os estudantes: Qual um exemplo de circuito elétrico em série que é usado em nosso dia a dia? Esperava-se que fosse feito um paralelo com a situação de alguns dos piscas-piscas, quando uma lâmpada queima ou quebra o funcionamento do pisca-pisca fica comprometido.

Foi discutido com os estudantes exemplos práticos do uso e não uso em residência desse tipo de associação. Os estudantes foram questionados também sobre qual a vantagem e desvantagem de usar esse tipo de associação. Também foi solicitado aos estudantes o desenho esquemático dos circuitos elétricos em série, simulado na plataforma *Tinkercad*.

Encontro 9 - Etapa Abertura de Caixas Pretas (continuação - 50 minutos)

Os estudantes se organizaram em seus grupos e acessaram a plataforma. Em seguida, foram orientados para simularem um circuito utilizando três *leds* associados em paralelo. Cada *led* com tensão de 2V e corrente de 20 mA; uma fonte de alimentação que foi uma pilha de 9V e o interruptor que permitisse aos *leds* serem acesos ou desligados simultaneamente. Uma associação em paralelo significa que as resistências estão conectadas entre si nas duas extremidades. Implica, que todas estão sujeitas à mesma ddp aplicada pela fonte de energia, contudo a corrente elétrica é dividida entre os componentes.

Dando prosseguimento a interação, foi perguntado aos estudantes qual resistor era adequado para esse circuito. Dessa forma, eles foram orientados que para a ligação de *leds* em paralelo é recomendado usar um resistor para cada *led*. Como utilizaram três *leds* da mesma cor, o valor da resistência encontrado para um *led* foi o mesmo valor para os demais.

Nesse contexto, os estudantes foram questionados: como é possível saber se em uma casa é usado circuito em série e em paralelo? Como é possível perceber de

forma prática? Quais as vantagens e desvantagens de usar esse tipo de associação? Assim, foram discutidos exemplos práticos do uso e não uso em residência desse tipo de associação, como por exemplo, o fato de acender e apagar a luz da sala e a televisão continuar ligada, ligar o liquidificador e a geladeira continuar funcionando.

Foi enfatizado para os estudantes que é possível ligar ao mesmo tempo *leds* tanto em série quanto em paralelo. Assim, foram solicitados a montarem um circuito com dois *leds* iguais e em série e um *led* ligado em paralelo. Ambos os circuitos deveriam ser alimentados por uma única fonte de energia. Nessa situação, os *leds* ligados em série deveriam ser considerados como se fossem um único *led*.

Para finalizar esse encontro, a pesquisadora falou aos estudantes que é possível ligar ao mesmo tempo *leds* tanto em série quanto em paralelo. Dessa forma, solicitou aos estudantes a montarem um circuito com dois *leds* iguais e em série e um *led* ligado em paralelo e alimentados por uma fonte de energia de 9v.

Nessa situação os *leds* ligados em série devem ser considerados como se fossem um único *led*. Ou seja, suas tensões devem ser somadas para calcular o resistor. No caso, para os *leds* ligados em série os estudantes deverão encontrar um mesmo valor para o resistor adequado. Foi solicitado o desenho esquemático dos circuitos elétricos paralelo e misto simulado na plataforma *Tinkercad*.

Encontro 10 - Etapa Abertura de Caixas Pretas (continuação - 50 min)

Neste encontro os estudantes foram instigados a elaborarem na plataforma um circuito elétrico que pudesse ser utilizado em uma residência.

Etapa Síntese (100 minutos)

Encontro 11 – Síntese Parcial Coletiva (50 minutos)

Neste encontro, a pesquisadora resgatou por meio de projeção multimídia as sínteses que os grupos elaboraram e apresentaram no Encontro 6. Na continuidade, foi elaborada uma síntese parcial coletiva, orientada pela pesquisadora, referente às cinco Caixas Pretas abertas. Para essa construção foi utilizado um editor de texto.

A pesquisadora compartilhou com cada grupo essa síntese parcial coletiva

com as informações referentes à cinco Caixa Preta aberta. Assim como, as sínteses de todos os grupos. Ou seja, todos os grupos tiveram acesso a todas as sínteses elaboradas e a síntese parcial coletiva.

Para finalizar esse encontro, os estudantes foram orientados pela pesquisadora para, a partir do material recebido referente a abertura de todas as caixas construir um mapa mental e compartilharem por meio de e-mail com a pesquisadora. Esse mapa foi validado por um especialista em Física.

Nesse aspecto, o especialista realizou a análise do material sob o ponto de vista da correção conceitual. No próximo encontro os grupos observaram essa análise e realizaram os ajustes pedidos.

Encontro 12 - Síntese Final (50 minutos)

Neste encontro foi construído pelos grupos a síntese final. Essa síntese teve a forma de um mapa mental¹⁵. Para isso, os estudantes receberam da pesquisadora as sínteses já validadas e realizaram as alterações sugeridas.

3.4.2 Validação das ferramentas e estratégias - Estudo Piloto

3.4.2.1 Etapa Preliminar

Pesquisa de Campo

Responderam ao questionário aplicado 33 estudantes. No Quadro 14, é possível observar que todos os estudantes que indicaram possuir computador também possuíam aparelhos celulares. Dezoito estudantes indicaram possuir apenas celular. O único estudante que apontou que não possuía celular, também não possuía computador em casa.

Referente ao local de uso do computador e sobre o uso que faziam da internet, os estudantes tinham mais de uma opção para marcar e podiam marcar mais de uma resposta. Por exemplo, os estudantes que possuíam computador, também podiam indicar se faziam uso em um outro espaço.

¹⁵ Marques (2008, p. 36) define um mapa mental como uma ferramenta que possibilita organizar de “forma não linear, ou seja, em forma de teia ou rede. (...) os tópicos de um assunto, ao mesmo tempo que sintetiza, fornecendo a visão global, mostra os detalhes e as interligações do assunto e, com a utilização (opcional) de imagens e cores”.

Quadro 14 - Resultado da pesquisa de campo.

Estudantes	Possui computador	Uso do Computador			Possui celular	Acesso à Internet em casa	Uso da internet				Experiência com TDIC
		Escola	Casa de parentes	Sem acesso			Diversão	Comunicação	Uso social	Trabalhos escolares e pesquisa	
E1	x				x	x	x	x	x	x	x
E2	x				x	x	x	x			x
E3				x	x	x	x	x	x	x	x
E4	x				x	x	x	x	x	x	x
E 5	x				x	x	x	x	x	x	x
E6				x	x	x	x				x
E 7		x			x	x	x				Não respondeu
E 8	x				x	x	x	x	x	x	x
E 9		x			x	x	x	x	x	x	x
E 10		x			x	x		x			x
E 11			x		x	x	x				
E 12				x	x	x	x	x	x	x	x
E 13	x				x	x	x	x		x	x
E 14	x				x	x	x			x	x
E 15				x	x	x	x	x	x		
E 16				x	x	x	x	x	x	x	x
E 17	x				x	x	x	x	x	x	x
E 18	x				x	x	x	x	x	x	x
E 19	x				x	x	x	x	x	x	Não respondeu
E 20			x		x	x	x	x	x	x	
E 21				x	x	x	x	x			x
E 22				x	x	x	x				x
E 23	x				x	x	x				
E 24		x				x				x	x

E 25				x	x	x		x			x
E 26			x		x	x	x	x	x	x	x
E 27	x		x		x	x				x	x
E 28	x	x			x	x	x	x	x	x	x
E 29				x	x	x		x			
E 30				x	X	x	x	x	x	x	x
E 31			x		X	x	x	x	x	x	x
E 32	x				X	x	x	x	x	x	x
E 33				x	X	x	x	x	x	x	x
Total	14	5	5	11	32	33	28	25	19	22	26

Fonte: Elaborado pela autora.

Nesse aspecto, dois dos estudantes que indicaram possuir computador em casa, um indicou que também tinha acesso na escola e o outro na casa de parentes. Portanto, há uma superposição em relação as respostas dadas pelos estudantes tanto quanto ao uso do computador quanto ao uso da internet.

Assim, em relação ao acesso a computador onze estudantes apontaram não possuir acesso de forma alguma, embora, vinte e seis declararem já terem tido alguma experiência com o emprego de TDIC em ambiente escolar. Como não foi objeto da nossa pesquisa, não foi possível saber qual foi a TDIC utilizada.

Dessa forma, foi constatado que para a maior parte dos estudantes (19) o acesso a computador é limitado, pois eles não têm computador em casa. Mesmo, os que indicaram possuir computador em casa, não foi possível saber se é de uso individual ou de uso da família, pois, esse fato não foi objeto da nossa pesquisa. Foi percebido também que poucos tem acesso regularmente a computador em outros ambientes como a escola (4 estudantes) e na casa de parentes (4 estudantes). Outras formas de acesso não foram citadas pelos estudantes.

Quanto ao uso que faziam da internet, dezoito estudantes indicaram que a usavam para todas as opções colocadas no questionário. Cinco estudantes não a usavam para diversão e onze não a usavam para trabalhos escolares e pesquisa. Três estudantes indicaram que a usavam somente para se comunicar com outras pessoas. Dois estudantes usavam somente para trabalhos escolares e pesquisa.

Neste aspecto, um desses dois estudantes foi o mesmo que indicou não possuir nem computador e nem celular. Este estudante, foi um dos que indicou que tinha acesso a computador somente na escola. Ou seja, provavelmente o acesso dele à internet é por meio do celular de terceiros como os pais por exemplo, ou quando realiza pesquisas relacionadas a atividades escolares na escola.

Ressalta-se aqui o quantitativo de 22 estudantes que a utilizam para fazer trabalhos escolares e pesquisa. Esse quantitativo é exatamente os estudantes que relataram possuir acesso à computador em casa, na escola e na casa de parentes. Isso possibilita sugerir que a maioria dos estudantes dessa turma já tiveram experiências anteriores com uso de internet para fins escolares.

Sendo assim, esses estudantes já têm experiência para uso da internet para fins escolares, seja via computador ou celular. Isso indica que eles já possuem na sua zona de desenvolvimento real habilidades e conhecimentos básicos para

trabalhar com a internet.

Os dados mostram que o acesso dos estudantes à internet ocorre principalmente via celular. No entanto, eles não utilizam o celular para realização das pesquisas escolares, apesar de a maioria desses estudantes possui celular. Foi observado também, que três dos estudantes indicaram ter acesso apenas pela internet para a realização de atividades escolares.

Conceitos cotidianos referentes ao emprego das TDIC

Ao serem questionados sobre o uso de ferramentas tecnológicas digitais na sala de aula, todos apresentaram posicionamento referente ao uso de TDIC no ambiente escolar. Dessa forma, indicaram interesse em manifestar seus conceitos cotidianos, e apresentaram percepções sobre o emprego de TDIC.

Vinte e nove dos estudantes acreditam que a utilização das tecnologias digitais em ambiente de sala de aula é oportuno e pode ser proveitoso para o processo de construção conceitual. De uma forma geral, foi percebido que as declarações dos estudantes apontaram para duas dimensões: uma cognitiva e a outra motivacional.

Nesse aspecto, nove deles não definiram claramente se consideram sua contribuição em relação à dimensão cognitiva, indicando benefícios aos processos de ensino e aprendizado. Apesar de genéricas, as respostas destes estudantes sinalizaram aspectos da dimensão motivacional, tais como: “Acho uma ótima ideia” (E2); “Sim, ótimo” (E15); “Eu acho bastante interessante” (E22).

Há dois tipos de motivações. Segundo Oliveira (2021, p. 41) a motivação intrínseca é:

definida por comportamentos espontâneos, ou seja, são aqueles realizados sem serem guiados por um interesse externo cuja principal recompensa desse tipo de motivação são os sentimentos espontâneos de realização e prazer e que estão sustentados pela satisfação na própria atividade.

O segundo tipo de motivação é a extrínseca “que é um tipo de motivação que pode ter variados tipos de comportamento, que vão desde o mais controlado até o mais autônomo” (Oliveira, 2021, p. 42).

Dentre essas asserções, não foi possível classificar se essa motivação seria intrínseca ou extrínseca, pois eles não apontam se o uso das TDIC seria importante

para contribuir em gerar mais interesse no desenvolvimento das atividades e consequentemente, na sua aprendizagem. De forma a promover, por exemplo, curiosidade natural para aprender mais sobre algo, o que poderia ser caracterizado como uma motivação intrínseca ou se, o emprego das TDIC os levaria a participar das aulas apenas para obter algo em troca, o que pode gerar uma atitude não voltada para a aprendizagem, mas, para a recompensa que pode ser obtida, o que poderia ser caracterizado como motivação extrínseca (Vasconcelos *et al.*, 2019).

Em dez respostas foi identificado indícios de que os estudantes consideram explicitamente a relação das TDIC com a dimensão cognitiva, sinalizando sua contribuição para com o aprendizado. Algumas das justificativas foram: “Uma ferramenta de estudo muito boa e fundamental para aprendizado do aluno” (E7); “Benefício para os alunos e professores na transmissão e aprendizado dos assuntos” (E11); “Ajuda no melhoramento das aulas, tornando o ensino mais amplo e mais objetivo” (E14); “Acredito que o uso de ferramentas tecnológicas trará benefícios para o entendimento de matérias” (E19).

Em três respostas foram identificados indícios de que a aplicação das TDIC contribui para construção de conhecimentos úteis não apenas no contexto educacional. Nelas foi possível verificar indicativos da dimensão motivacional intrínseca, tais como: “Muito importante para pesquisas etc. E alguns momentos pra diversão” (E13); “Acho importante para sabermos usar para coisas úteis” (E18); “Eu acho bom porque facilita muita coisa” (E26).

A utilização das tecnologias digitais em sala de aula é indicada por E24 como necessária, indicando preocupação de construir conhecimentos para o uso de TDIC, uma vez que a maioria tem acesso a elas: “acho necessário hoje em dia principalmente onde a maior parte tem acesso”.

Na resposta de E23 foi possível perceber que o emprego de tecnologias digitais no espaço escolar seria também uma forma de desenvolvimento não apenas intelectual, mas também tecnológico, ou seja, de inclusão desses estudantes ao universo tecnológico: “acho que é imprescindível para o desenvolvimento intelectual e tecnológico do aluno”.

Foi verificado apenas na resposta do E20 uma preocupação sobre a falta de conhecimentos para possibilitar o emprego das TDIC, seja na escola ou contexto social. Segundo o estudante é “necessária, porém muitos não sabem usar”.

Especificamente referente a dimensão motivacional, as representações iniciais de dois dos estudantes indicaram que o emprego das TDIC é algo que pode trazer melhoramento na dinâmica das aulas, promovendo praticidade e tornando-os mais motivados para compreenderem os conteúdos disciplinares: “Eu acho bom pois as vezes é bom ter aula diferente” (E25); “Acho legal, torna as aulas mais divertidas” (E28).

Outros dois destacaram implicitamente os aspectos motivacionais intrínsecos ao sugerir que ajudam na execução de atividades, deixando-as mais fáceis: “acho normal, porque as vezes ajuda demais nas dúvidas” (E8); “fica mais prático e mais fácil” (E10).

Entretanto, com dois outros estudantes foi identificado que eles acreditam que o uso de tecnologias digitais no ambiente escolar não é algo tão bom, embora não tenham apresentado explicações sobre a razão de não achar algo que seja bom ou que tem o lado ruim: “Tem seu lado bom e seu lado ruim” (E1); “Nem sempre acho bom, porém em determinadas ocasiões acho necessário” (E5).

Ainda outros dois estudantes (E21 e E27) ressaltaram que o emprego das tecnologias digitais “está sendo bom”. As percepções manifestadas por esses estudantes provavelmente apresentaram subsídios baseados ao emprego de TDIC em experiências anteriores deles em espaço escolar. Pois, foi identificado que a maioria dos estudantes já tinham tido contato com alguma tecnologia digital em sala de aula. É provável que a discussão proposta neste tópico da pesquisa de campo tenha despertado suas memórias que estabeleceram suas vivências utilizando TDIC no cotidiano da sala de aula.

Conceitos cotidianos referentes a Abordagem Interdisciplinar

Os estudantes também foram questionados sobre o que compreendiam ser uma abordagem interdisciplinar. O Quadro 15 resume as ideias expressas pelos estudantes quanto aos seus conceitos cotidianos referentes ao que significava uma abordagem interdisciplinar.

Quinze estudantes não sabem ou não enunciaram ou definiram de forma diferente daquela adotada pelo nosso referencial teórico sobre o que é uma abordagem interdisciplinar. Algumas das justificativas foram: “Eu não sei” (E4 e E8); “Não faço ideia do que seja” (E9); “Nada a declarar” (E23); “Eu não sei bem o que

significa interdisciplinar então não tem como comentar sobre” (E26). Isso pode ser um reflexo do que já foi apresentado anteriormente neste relato sobre a formação disciplinar dos professores e do currículo escolar no EM ser disciplinar.

Quadro 15 - Ideias expressas pelos estudantes quanto ao que seria uma Abordagem Interdisciplinar.

Ideias expressas	Número de estudantes
Não apresentaram	8
Não sabiam o que significava	6
Relação com aprendizagem	1
Algo bom	3
Relação com o uso de tecnologia	1
Atividade que extrapola o ambiente escolar	1
Diálogo entre sujeitos	1
Algo além da disciplina (transdisciplinaridade)	1
Relação entre duas ou mais disciplinas (multidisciplinaridade)	5
Área do conhecimento	1
A mesma de disciplina	1
Aspectos inovadores na didática das disciplinas escolares.	3
Sem classificação	1

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O estudante E20 fez uma relação da abordagem interdisciplinar com algo oportuno para construir aprendizado no contexto escolar: “oportunidade de aprendizagem”.

Três estudantes apresentaram juízos de valor, afirmando que uma abordagem interdisciplinar é algo bom (boa, ótima), sem indicar a razão disso.

O estudante E1 relacionou uma abordagem interdisciplinar ao “uso de tecnologia”. O conceito cotidiano desse estudante não se aproximou do conceito que foi utilizado aqui nesta pesquisa.

Outro estudante (E14) associou a abordagem interdisciplinar a um diálogo que ocorre entre estudantes e professores dentro do ambiente de sala de aula (relações entre sujeitos e não entre as disciplinas), apontando para o domínio de classe e das relações sócios-afetivas: “Significa o diálogo entre aluno e professor não apenas dentro do ambiente escolar, conseguindo assim atingir amplamente todo contexto escolar”. Rosa (2010, p.18) discute que o domínio de classe “diz respeito ao conjunto de ações relativas ao controle e à gerência das relações interpessoais

dentro da sala de aula”.

Entretanto, apesar de o currículo escolar ser disciplinar e de 27 estudantes não conseguirem expressar uma ideia correta sobre o que seria uma abordagem interdisciplinar, foi percebido que cinco estudantes a enunciaram como sendo uma relação entre duas ou mais disciplinas: “Uma relação entre duas ou mais disciplinas” (E6); “Relação entre duas ou mais disciplinas” (E10); “Várias matérias em uma explicação” (E17); “Significa matérias que se interligam” (E19); “Uma relação com as disciplinas” (E21). Nesse aspecto, as respostas desses estudantes se aproximaram do conceito de multidisciplinaridade já apresentado anteriormente.

Foi observado, ainda, que o E2 a definiu como algo além da disciplina (“Significa algo além da disciplina”), o que se aproxima do que foi definido nesta pesquisa como transdisciplinaridade.

Apesar de o currículo escolar ser compartimentalizado, ainda foi possível encontrar seis estudantes que conseguiram apresentar ideias sobre o que seria uma abordagem interdisciplinar, mas que, em realidade, se aproximaram do conceito de multidisciplinaridade já discutido.

Para explicar essas respostas, uma hipótese pode ser a discussão gerada nas escolas nos últimos três anos sobre o novo Ensino Médio. Outra hipótese possível é a estrutura dos livros utilizados pelos estudantes nos dois últimos anos, organizados por áreas de conhecimento. Entretanto, como isso não foi objeto desta pesquisa, nossos dados não permitem confirmar essas hipóteses.

Ainda, outro estudante (E13) associou a abordagem interdisciplinar a uma disciplina: “para mim acho que a interdisciplinar é a disciplina do conhecimento”.

Outros três estudantes (A22, A24 e A31) associaram interdisciplinaridade com aspectos inovadores na didática das disciplinas escolares. Por exemplo: “eu acho que seria uma abordagem dentro dos assuntos ensinados na escola” (E22).

O estudante E30 poderia ser enquadrado nesse grupo, mas sua resposta (“um bom movimento de ensino”) não fornece elementos para isso e, portanto, ele foi considerado sem classificação.

3.4.2.2 Validação das ferramentas e estratégias utilizadas nas etapas: Clichê, Panorama Espontâneo, Abertura de caixas pretas e Síntese Final

Foi constatado no decorrer do desenvolvimento das etapas da SPI que apenas os estudantes que tinham computador em casa realizavam as atividades do grupo no qual estavam inseridos. Também foi observado que os estudantes não usavam o celular para realizar as atividades. O diário de bordo registra que quando perguntados pela pesquisadora sobre esse fato, “os estudantes relataram que era muito ruim utilizar o celular para realizar pesquisa e as atividades escolares, usando como argumento que a tela é pequena”. No estudo principal, as atividades que seriam realizadas em casa foram readaptadas para serem desenvolvidas na escola.

Em relação à infraestrutura necessária, foram percebidas limitações no laboratório da escola. Os 32 estudantes foram distribuídos em grupos de até quatro estudantes considerando os nove computadores que a escola possuía. Na nossa análise, essa disposição dos estudantes, devido ao tamanho da sala, projetada para receber 20 estudantes, dificultava a circulação da pesquisadora e provocava tumulto. Desse modo, no estudo principal optou-se por dividir a turma em dois grandes grupos para utilizar o laboratório alternadamente.

Também ocorreu um pequeno curto-circuito no laboratório em um outro momento diferente dos encontros e ficou inviável para o uso por quase três semanas, esperando que um técnico enviado pela Secretaria de Educação - PE viesse realizar os reparos necessários.

Tendo em vista esses fatores relacionados à infraestrutura, foram realizados tanto ajustes na quantidade de aulas no planejamento como de algumas das atividades propostas para o estudo principal, visando adequação ao calendário escolar. Também reduzimos as atividades que necessitavam utilizar o laboratório de informática devido à dificuldade para levar a turma toda de uma única vez. Contudo, o tipo de análise e procedimentos de coleta de dados permaneceram os mesmos.

Assim, a partir dessa intervenção foi decidido que algumas ferramentas não seriam mais utilizadas, enquanto outras seriam reorganizadas na sua forma de aplicação no estudo principal como será explicitada a seguir.

Charge e a dinâmica do brainstorming

A charge teve a função de sensibilizar os estudantes em relação ao problema complexo a ser investigado na SPI. A maioria (23) dos estudantes interagiram apresentando pelo menos um argumento, indicando que estavam atentos tanto

durante a leitura quanto na análise da charge.

Também houve enunciações não verbais por meio de expressões faciais, como por exemplo, abrir a boca, sorrir e arregalar os olhos, que indicam sentimentos como de alegria e sobressalto. Tais manifestações foram evidentes nas gravações durante toda a análise da charge.

Quando o foco da discussão foi direcionado para que os estudantes enunciassem suas percepções referentes à mensagem que a charge queria transmitir, emergiram respostas como: “Que a gente não consegue ficar sem eletricidade, sem energia, sem internet” (E1); “Antigamente, nem tinha internet e ninguém ligava para isso. Mas agora, com a internet quando falta energia, o pessoal fica praticamente doido” (E15); “Sim, moço, eu sei, que ele precisa da eletricidade para trabalhar, por conta da energia ele não tem internet, mas num dia de folga, ele deveria aproveitar pra fazer alguma coisa. Vamos dizer, ele só fica no computador e por conta que faltou energia, ele não ia mais trabalhar e nem relaxar né?” (E26).

Quando questionados sobre como o Hackles poderia aproveitar um dia de folga, foi verificadas indicações do que fazer: dormindo (E5, E17); indo caminhar (E26); indo para a praia (E31); podia conversar com alguém (E24); atualizar as fofocas na frente de casa (E6).

Por esses exemplos, é possível constatar a efetividade da junção da charge e da dinâmica do Brainstorming para promover a interação entre os estudantes na contextualização do problema complexo. Assim, essas ferramentas foram utilizadas no estudo principal com o mesmo formato, sendo realizadas alterações nas questões da contextualização do problema complexo.

Questão problematizadora

Dezesseis estudantes participaram desse momento expressando oralmente suas concepções cotidianas sobre os processos de geração, de transmissão e de distribuição de eletricidade para o consumo em residências. Os demais não se manifestaram, embora os vídeos mostrem indícios de que eles concordassem com as afirmações dos colegas.

Podemos categorizar as falas dos estudantes quanto:

Ao processo de geração de energia elétrica: “Tem várias formas de gerar energia. A mais comum no Brasil é a hidroelétrica” (E17); “Eólica com a força dos

ventos” (E7); “Tem a Nuclear” (E4); “Solar” (E9).

Às relações entre a matéria prima e os processos da geração da energia hidroelétrica e eólica: “A água movimenta as turbinas com a sua força e gira o gerador” (E18); “O vento gira a turbina (se referindo a energia eólica)” (E13).

À transmissão de energia elétrica: “Pelos fios” (E14); “Através de Cabos” (E10); “Tem a transmissão por uma torre” (E1).

À distribuição da energia dentro das residências: “Circuito em paralelo” (E30); “Ou em serie também” (E15).

Ao conceito de circuitos elétricos: “Por onde a energia passa. É o caminho da energia” (E15); “É um círculo” (E30).

Portanto, por ter se mostrado efetiva, a questão problematizadora foi reutilizada no estudo principal, sem alteração no seu formato de aplicação.

Texto escrito sobre o problema complexo

Trinta dos trinta e três estudantes entregaram essa atividade. Os textos produzidos permitiram à pesquisadora identificar os diferentes níveis de compreensão que os estudantes possuíam em relação ao problema complexo, desde os que apresentaram maior aproximação aos conceitos cientificamente aceitos (conceitos já desenvolvidos no seu nível de desenvolvimento real) quanto os que apresentaram menor aproximação (conceitos em fase embrionária na zona de desenvolvimento proximal).

Isso permitiu as divisões dos grupos para a realização das atividades seguintes, de forma que em todos os grupos houvesse estudantes com distintos níveis de conhecimentos. Assim sendo, essa ferramenta foi utilizada no estudo principal.

Grelha Interdisciplinar de Análise

Por meio dos vídeos e áudios, foi possível perceber que, mesmo havendo interação entre os estudantes nos grupos no momento de discussão da grelha interdisciplinar de avaliação, alguns acabavam se dispersando. Somente dois grupos conseguiram discutir todas as questões no tempo proposto.

Esse fato, foi confirmado por meio da transcrição dos áudios enviados pelos grupos, assim como, pela gravação do vídeo e dos áudios gravados entregues a

pesquisadora. No outro grupo (G3) houve mais envolvimento de todos os estudantes no momento da discussão.

No diário de bordo a pesquisadora registrou:

eu percebi que pelo menos em dois grupos, alguns estudantes ficaram mais calados e dois ou três apenas ficavam falando e respondendo. Nos outros dois grupos eu percebi mais envolvimento de mais estudantes. Teve um desses grupos que não gravou o áudio e me entregou escrito as respostas do grupo sobre a grelha. Os demais me entregaram áudio e um outro também me entregou uma parte escrita. Esse momento de discussão deve ter durado uns 30 minutos e eu achei que foi pouco para uma discussão mais proveitosa. Contudo, foi interessante, os alunos participaram, estavam debatendo.

Três grupos gravaram os áudios (G1, G2 e G3), porém o G4 se recusou a gravar, justificando que ficaram “envergonhados”. Dois grupos entregaram as respostas escritas (G3 e G4).

Analisando os áudios e lendo as respostas escritas foi possível perceber que os grupos G1 e G2 discutiram somente as três primeiras questões da grelha, enquanto o G3 e G4 discutiram todas as oito questões. Porém, por meio da análise dos mapas mentais e pelas verbalizações nas apresentações dos grupos é possível sugerir como hipótese que todos os grupos a discutiram novamente em um momento diferente da discussão da sala de aula e/ou realizaram pesquisas extraclasse para algumas questões da grelha.

Entretanto, esse momento de diálogo ativo entre os estudantes não deixou de ser importante, pois, por meio dessa ferramenta foram obtidos os conceitos cotidianos dos estudantes, de forma que foi possível construir um panorama espontâneo da turma, das ideias discutidas em sala de aula entre eles nos seus respectivos grupos sobre o problema complexo.

Contudo, para o estudo principal, na etapa do Panorama Espontâneo, foi alterado o formato de aplicação dessa ferramenta. Assim, a aplicação foi direcionada pela pesquisadora utilizando a mesma dinâmica da etapa clichê. Esta alteração visou tanto reduzir o tempo, quanto envolver todos os estudantes no debate, de forma a contemplar na discussão todas as questões da grelha interdisciplinar de avaliação. Esse formato de aplicação também visou não constranger a nenhum dos estudantes com a gravação de áudios.

Roteiro para a abertura das caixas pretas 1, 2, 3 e 4

Todos os grupos participaram ativamente na exploração dos roteiros impressos fornecidos para a abertura das quatro caixas pretas, investigadas pelos estudantes em seus respectivos grupos. Para tanto, os grupos dividiram entre os estudantes dos subgrupos as tarefas e os materiais sugeridos como especialistas a serem consultados como ida ao campo, parte desta etapa de aberturas de caixas pretas.

Assim, todos os subgrupos acessaram o documento compartilhado no *drive.google* e alguns estudantes ficaram admirados com o fato de que o que um subgrupo acrescentava ao documento surgia no computador do outro.

Foi observado que nem todos os grupos utilizaram os links indicados como especialistas. Dessa forma, eles fizeram uso de pesquisas aleatórias, sem referenciar os textos e as imagens selecionadas para a construção da síntese.

Ainda nesse aspecto, ao comparar as informações apresentadas nos slides de cada grupo com as transcrições da discussão orientada pelo emprego da grelha interdisciplinar de análise na etapa do panorama espontâneo, não foi possível afirmar que os grupos aprofundaram de fato seus conhecimentos disciplinares sobre a temática investigada por eles, pois, a maior parte dos textos utilizados por eles foram apenas copiados integralmente das fontes de pesquisa (indicadas e/ou aleatórias). Isto pode ser resultado da divisão de tarefas entre os subgrupos.

Entretanto, vale ressaltar que mesmo sem reformular as informações recolhidas, todos os grupos conseguiram elaborar uma síntese mantendo uma coerência em função do problema complexo. Assim sendo, essa atividade foi reutilizada no estudo principal. Porém, estruturada a partir de conteúdo digital produzido pela pesquisadora, similares a *Webquest* (Souza, 2014) integrando elementos gráficos para melhor direcionar os estudantes no sentido de seguirem os especialistas indicados e de reformular as informações investigadas.

Plataforma online Tinkercad

Considerando o aspecto inédito do uso de uma plataforma *online* como especialista, será analisada a efetividade dessa ferramenta para instruir os estudantes em elaborar e simular o funcionamento de circuitos elétricos simples.

Todos os grupos construíram as simulações propostas de circuitos elétricos

simples na plataforma *online* para Arduíno Tinkercad. Para tanto, os estudantes utilizaram componentes fornecidos na plataforma (lâmpadas ou *leds*, bateria, interruptor, fios jumpers para as conexões e a protoboard) no desenvolvimento da abertura da caixa preta Circuitos Elétricos Simples. Todos os grupos entregaram o desenho do esquema de todos os circuitos elétricos simples simulados na plataforma.

Essa ferramenta foi reutilizada com alterações visando tanto a diminuição do tempo de desenvolvimento quanto a oferecer aos estudantes uma estrutura melhor no acesso a plataforma no laboratório de informática.

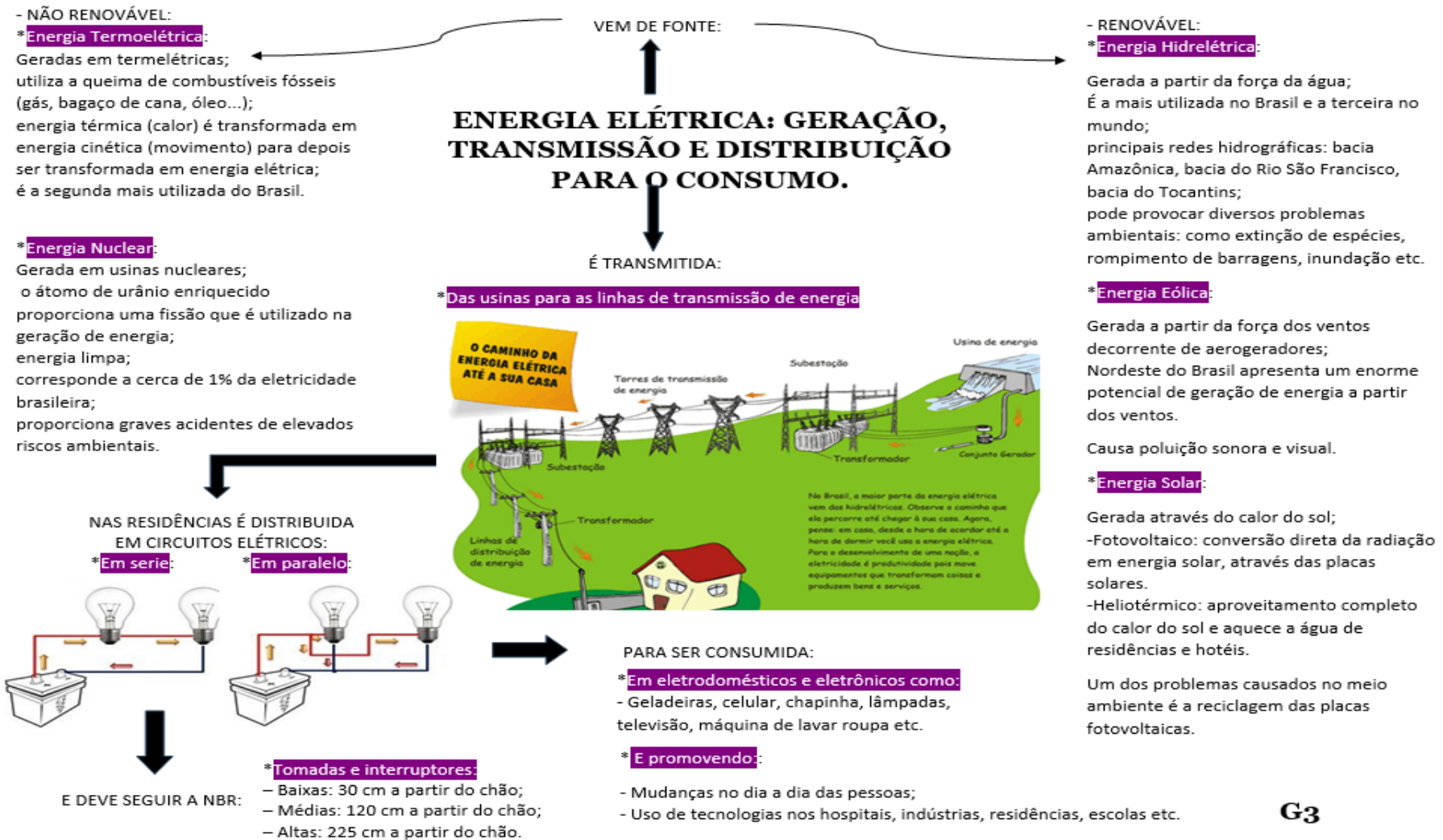
Inicialmente, a apresentação da plataforma *online* para Arduíno Autodesk Tinkercad¹⁶ ocorreu somente por meio de projeção multimídia em sala de aula. Nos dois próximos encontros propostos para o uso dessa ferramenta, a turma foi dividida em dois grupos para a ida ao laboratório de informática para acesso a plataforma Tinkercad. Assim, em cada um desses dois encontros metade da turma foi com a pesquisadora e os demais estudantes, ficaram em sala de aula com o professor de Física da turma realizando atividades referentes à disciplina.

Mapas Mentais

Os grupos elaboraram todos os mapas mentais solicitados. Na Figura 14 é apresentada a síntese final do G3 como exemplo de efetividade dessa ferramenta tanto nas construções coletivas orientadas pela pesquisadora, quanto nas construções desses mapas mentais pelos grupos de estudantes.

¹⁶ Link para acesso a plataforma Tinkercad: <https://www.tinkercad.com/>

Figura 14 - Ilha Interdisciplinar de Racionalidade elaborada pelo G3.



Fonte: Dados da pesquisa.

Grelha de Avaliação da Síntese final

De forma a validar a efetividade dessa ferramenta, será apresentada somente a análise da síntese final (Figura 14) do G3.

Avaliando o critério “contextualizar a problemática”, o G3 conseguiu formular com suas palavras o problema complexo, utilizando setas para interligar os dois subtemas à situação de partida que se apresenta como resposta, frente a uma situação concreta.

No critério “produzir uma síntese apropriada”, o G3 utilizou informações em linguagem escrita (oito blocos) e visual (três imagens - sem indicar as referências) na representação interdisciplinar sobre os processos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica para o consumo em residências. Nelas foi identificado conhecimentos correspondentes às cinco caixas pretas abertas pelos construtores e consumidores da representação interdisciplinar.

Com relação ao critério “utilizar as disciplinas”, foi identificado componentes disciplinares e normas (NBR) que regulamentam serviços de eletricidade nas instalações residenciais. Nesse aspecto, os construtores da representação interdisciplinar exploraram informações referentes a objetos do conhecimento identificados no Currículo da Rede Estadual de Pernambuco (Quadro 16).

Quadro 16 - Objetos de conhecimento identificados no Currículo de PE - Síntese Final G3.

COMPONENTES DISCIPLINARES	OBJETOS DE CONHECIMENTOS IDENTIFICADOS
Biologia	Recursos Naturais.
	Novas Tecnologias energéticas e as consequências ambientais.
Química	Fontes abundantes e disponíveis no Brasil e no mundo.
	Matriz energética nacional mais limpa e viável do ponto de vista tecnológico e econômico, considerando os impactos socioambientais.
	Energia solar. Energia eólica. Energia Elétrica. Matrizes energéticas exploradas no Nordeste brasileiro.
	Fatores favoráveis e desfavoráveis do uso de fontes alternativas de energia.
Física	Circuito Elétrico (componentes do circuito elétrico básico).
	Dispositivos de segurança (chave e/ou interruptor, fusível e disjuntor). Resistores, Lei de Ohm e associações (série, paralelo e mistas).
	Matrizes energéticas aplicada à geradores (usinas termoeletricas, usina hidroelétrica, células fotovoltaicas, coletores eólicos, usinas nucleares).
Geografia	O planeta Terra: Bacias hidrográficas
	Economia Global: Características das Fontes de energia.
	Os avanços tecnológicos e a economia mundial:
História	Revolução técnico-científica (avanços na genética, robótica, informática, telecomunicação entre outros).

Fonte: Elaborado pela autora.

Analisando o quarto critério, “consultar fontes e especialistas”, foi possível constatar que para produzir a síntese final o grupo reformulou as informações recolhidas em linguagem escrita, mantendo uma coerência com o problema complexo. As informações em linguagem visual, também foram inseridas dentro de um contexto que demonstra que o grupo compreendeu a necessidade de integrar os conceitos mobilizados na representação interdisciplinar. Assim, o grupo utilizou uma imagem¹⁷ relacionada aos processos que ocorrem na transmissão da energia elétrica desde as usinas até as residências dos consumidores. Nesse direcionamento, é possível visualizar manifestados aspectos da forma como é distribuída em residências (circuitos elétricos¹⁸) para ser consumida por eletrodomésticos e outros aparelhos eletrônicos.

Dessa forma, a partir desses quatro critérios dessa grelha de avaliação, foi possível analisar todas as Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade elaboradas pelos grupos e inferir que os estudantes agregaram no seu nível de desenvolvimento real conhecimentos relacionados ao problema complexo dessa SPI – estudo piloto. Assim sendo, essa ferramenta foi utilizada no estudo principal para avaliação da representação interdisciplinar (síntese final).

Entrevista¹⁹

A entrevista foi utilizada como uma ferramenta de coleta de dados para avaliar a partir das falas dos estudantes a SPI e o uso da plataforma *Tinkercad* na construção de conceitos referentes aos circuitos elétricos simples. O tempo médio de cada entrevista foi de sete minutos e as respostas dos estudantes não foram monossilábicas. Nenhum dos entrevistados apresentou crítica ou sugestão relacionada sobre a SPI.

Assim, por meio dessa ferramenta, as respostas dos entrevistados foram analisadas e explicitaram que as perguntas foram formuladas de forma que os entrevistados entenderam o que estava perguntado.

Por exemplo, no que se refere ao uso da plataforma do Arduíno Virtual todos

¹⁷ https://www.copel.com/site/wp-content/uploads/2022/03/caminho_energia.gif

¹⁸ <https://www.mundodaeletrica.com.br/y/154/serie-paralelo.jpg>

¹⁹ Para diferenciar os estudantes na entrevista, será utilizado a sigla EN como símbolo para entrevistado. Dessa forma: Entrevistado 1, será representado por EN1 e assim sucessivamente.

os sete estudantes entrevistados apresentaram asserções coerentes que destacaram que não apenas facilitou a sua aprendizagem sobre circuitos elétricos como justificaram apresentando asserções que indicam que a plataforma os ajudou a compreender distintos aspectos de um circuito elétrico: “Na minha opinião ele facilitou, por causa dos desenhos, que ficou mais claro pra gente a função da bateria no circuito. Em questão também de diferenciar os fios vermelho e preto, essas coisas foram facilitadas” (EN1); “Ajudou muito, porque a gente via os circuitos funcionando e na hora dos desenhos dos circuitos, na hora de diferenciar as cores dos fios. ficaram mais fáceis, mais explícitas para a gente” (EN3).

A partir do exposto, é notado que a utilização dessa ferramenta foi efetiva. Os entrevistados responderam às perguntas realizadas. Nas respostas, eles sempre apresentaram elementos que indicaram que ficaram à vontade na entrevista. Pois, as respostas não foram apenas “sim” ou “não”. Dessa forma, essa ferramenta foi reutilizada.

3.4.3 Sequência de um Percurso Interdisciplinar (SPI) - Estudo Principal

A intervenção pedagógica foi realizada por meio de uma Sequência de um Percurso Interdisciplinar ²⁰ desenvolvida na forma de encontros presenciais realizados durante o horário das aulas em dois encontros semanais de 50 minutos cada no primeiro semestre do ano de 2024. Apenas o primeiro encontro não ocorreu no laboratório de informática e sim, na biblioteca da escola.

O Quadro 17 apresenta todos os encontros realizados, associando-os ao estudo piloto e as justificativas de alteração.

Quadro 17 - Comparação entre SPI – Estudo Principal e SPI – estudo piloto.

Estudo Piloto	Estudo Principal	Justificativa da alteração
Encontro 0 – Etapa Preliminar.	Este encontro sofreu alteração por não reaplicar o questionário de campo.	Contexto social dos estudantes é semelhante e não encontraríamos dados muito distintos.
Encontro 1 – Etapa Clichê	Estes encontros sofreram alterações e equivalem ao encontro 1 do estudo principal.	Para uma maior participação dos estudantes e um melhor aproveitamento do tempo de discussão coletiva foi feita uma fusão das atividades do encontro 1, 2 e 3
Encontro 2 – Etapa Panorama Espontâneo.		
Encontro 3 – Continuação da Etapa Panorama		

²⁰ A descrição detalhada dessa sequência está disponível no Apêndice F desta pesquisa.

Espontâneo.		da proposta piloto.
Encontro 4 – Etapa Abertura de Caixas Pretas	Estes encontros sofreram alterações e equivalem ao encontro 2 do estudo principal.	Para uma melhor adequação ao tempo escolar.
Encontro 5 – Continuação da Abertura de Caixas Pretas.		
Encontro 6 – Continuação da Abertura de Caixas Pretas	Este encontro não sofreu alterações e equivale ao encontro 3 do estudo principal.	Devido a infraestrutura do laboratório de informática e para potencializar o uso do especialista Tinkercad.
Encontro 7 – Continuação da Abertura de Caixas Pretas	Estes encontros sofreram alterações e equivale ao encontro 4 do estudo principal.	Foi feita uma fusão nas atividades dos encontros 7 e 8 devido a infraestrutura do laboratório de informática.
Encontro 8 – Continuação da Abertura de Caixas Pretas		
Encontro 9 – Continuação da Abertura de Caixas Pretas	Este encontro sofreu alteração e equivale aos encontros 5 e 6 do estudo principal.	Para potencializar o uso do especialista Tinkercad.
Encontro 10 – Continuação da Abertura de Caixas Pretas	Este encontro sofreu alteração e foi suprimido no planejamento original.	Por ser necessário um tempo maior do que o disponível para o cotidiano da escola.
Encontro 11 – Continuação da Abertura de Caixas Pretas	Este encontro não sofreu alteração, equivalendo ao encontro 7 do estudo principal.	
Encontro 12 – Continuação da Abertura de Caixas Pretas	Este encontro não sofreu alteração, equivalendo ao encontro 8 do estudo principal.	

Fonte: Autora.

Os últimos dois encontros não sofreram nenhuma alteração quanto ao estudo piloto. O encontro 10 foi suprimido do estudo principal. Os demais sofreram alterações visando uma adequação ao tempo escolar

Etapa Preliminar (50 minutos)

Encontro 0 - Apresentação

Este encontro ocorreu em sala da biblioteca e foi semelhante ao Encontro 0 da proposta piloto, exceto, o questionário de campo que não foi aplicado.

Etapas: Clichê e Panorama Espontâneo (50 minutos)

Encontro 1

Para a realização desse encontro foi realizada uma fusão das atividades do encontro 1, 2 e 3 da proposta piloto e o encontro foi mobilizado por três momentos, conforme descrito a seguir. O encontro se realizou na sala da biblioteca da escola.

Momento 1: Construção do clichê

Para contextualização do problema complexo, foi utilizada a mesma charge do Encontro 1 (Figura 12) da proposta piloto e a mesma dinâmica de Tempestade Cerebral (*Brainstorming*). No entanto, para orientar a discussão na contextualização do problema complexo algumas das questões utilizadas na proposta piloto para essa contextualização foram adaptadas ou alteradas. A seguir as questões que foram utilizadas para essa contextualização

- i. Qual a mensagem que a charge quer transmitir?
- ii. O que o Hackles está usando pode caracterizar que ele está no ambiente de trabalho?
- iii. Como o Hackles aproveita um dia de folga sem energia elétrica?
- iv. O que é possível fazer em casa quando falta energia elétrica?
- v. O que seria da vida moderna sem a energia elétrica?

Dando continuidade com a dinâmica da tempestade cerebral, a pesquisadora compartilhou com os estudantes a mesma questão problematizadora: *O que eu sei sobre a geração, a transmissão e a distribuição da energia elétrica para o consumo em uma residência?*

A participação dos estudantes neste momento ocorreu somente de forma escrita e a avaliação nessa etapa do Clichê foi realizada a partir dos textos elaborados pelos estudantes em descrever oralmente suas representações iniciais.

Momento 2: Início da Etapa Panorama Espontâneo

Grelha Interdisciplinar de Análise

Nessa etapa, além da adaptação das questões da grelha interdisciplinar (Quadro 18), a discussão foi direcionada pela pesquisadora e respondida coletivamente pelos estudantes como forma de fazer fluir os conceitos espontâneos dos estudantes e construir um panorama espontâneo que considerasse todas as questões em torno do problema complexo.

Quadro 18 - Grelha Interdisciplinar de análise (Estudo Principal).

Questões definidas para a grelha interdisciplinar de análise
i - Como é produzida a energia elétrica consumida nas casas? ii - O que caracteriza as formas de geração de energia elétrica? iii - Como ocorre a transmissão da energia elétrica que chega na nossa casa? iv- Como é distribuída a energia elétrica quando chega nas residências?

- v – O que é circuito elétrico?
- vi - Quais normas de segurança exigidas pela legislação “brasileira” para uma residência (disjuntores, fiação, posicionamento e tipo de tomadas etc.)?
- vii - É possível trabalhar no ensino médio a problemática geração, transporte e consumo de energia elétrica somente a partir do ponto de vista da Física?
- viii - Quais seriam as pessoas, fontes de informação ou disciplinas que poderiam ser consultadas sobre geração, transporte, distribuição e consumo de energia elétrica em residências?
- ix - Que conhecimentos disciplinares devemos aprofundar sobre a problemática geração, transporte, distribuição e consumo de energia elétrica que no momento são conhecimentos globais? Circuitos elétricos?

Nota: Elaborada pela autora.

Momento 3 – Construção da síntese do Panorama Espontâneo

Este momento de construção da síntese foi semelhante ao proposto na proposta piloto no Encontro 3.

A avaliação nessa etapa do panorama espontâneo foi realizada a partir da participação dos estudantes na construção da síntese parcial coletiva em conformidade com as respostas à grelha de análise. Quanto aos critérios de avaliação, foram os mesmos utilizados para a etapa do panorama espontâneo na proposta piloto.

Os registros produzidos para essa etapa foram a gravação do momento de discussão da grelha de análise e a síntese parcial dos conceitos espontâneos em relação às respostas dadas pelos estudantes para as questões.

Etapa Abertura de Caixas Pretas (250 minutos)

Nessa etapa, ocorreu a investigação dos conhecimentos relacionados às cinco Caixas Pretas que foram propostas na etapa anterior quando da construção da Síntese. A partir dessa etapa os estudantes foram organizados em grupo pelo mesmo critério utilizado no estudo piloto.

Foi realizada uma fusão das atividades dos encontros de 4 a 9 da proposta piloto, conforme descrito a seguir. O encontro 10 foi suprimido nesta sequência final. Dessa forma, foram realizadas adaptações no formato das atividades e em relação ao tempo de execução.

Cada grupo de estudantes foi conduzido a ficar responsável por buscar os conhecimentos necessários para abertura de apenas uma dessas Caixas Pretas.

Para tanto, cada grupo recebeu um roteiro disponibilizado na Internet, no formato de *Webquest* ²¹ com orientações de como proceder uma busca (Souza, 2014). Diferentemente de uma busca espontânea, na *Webquest* essa busca é dirigida em função dos objetivos didáticos procurados. Como tarefa, cada grupo elaborou um esquema por meio de um mapa mental que expressasse uma síntese dos conhecimentos investigados.

Para apresentar seus respectivos mapas mentais aos demais grupos de estudantes, contendo a síntese dos conhecimentos considerados importantes na abertura da sua caixa preta, cada grupo elegeu um quantitativo de um ou dois estudantes para efetuar a comunicação.

Encontro 2 - Abertura de Caixas Pretas (50 minutos)

Nesse encontro, se deu início a abertura de quatro Caixas Pretas exploradas nos encontros 4 e 5 da proposta piloto. Para tanto, cada grupo recebeu um roteiro²², construído pela pesquisadora e partir daí, foi explorado o material referente aos conhecimentos diagnosticados ainda sem propriedade em relação ao problema complexo. A Caixa Preta 5²³, “Circuitos elétricos simples”, foi aberta por todos os estudantes juntamente com a pesquisadora e ocorreu somente a partir do 4º encontro.

Grupo 1 - Caixa preta 1: “Geração e transmissão de energia hidrelétrica”;

Grupo 2 - Abertura caixa preta 2: “Matriz energética e Elétrica”;

²¹ Uma *Webquest* é composta por cinco seções. A primeira é a Introdução. Nela as informações necessárias e a contextualização do problema são apresentadas. A seguir, vem a Tarefa, é o que se espera ser realizado pelos estudantes. O processo é a terceira etapa. No processo, o professor fornece aos alunos as indicações de materiais que devem ser consultados para que a Tarefa seja completada, assim como orientações de como utilizá-los. A Avaliação de como o estudante vai ser avaliado é fornecida também. Na Conclusão, um resumo do que foi solicitado é apresentada e, por fim, nos Créditos, agradecimentos e referências são disponibilizados. Embora listados na sequência considerada ideal, o estudante é livre para acessar uma ou outra seção da forma que desejar.

²²Roteiro digital elaborado para a abertura da caixa do Grupo 1: <https://sites.google.com/view/gerao-e-transmisso-de-energia-/gera%C3%A7%C3%A3o-e-transmiss%C3%A3o>

Roteiro digital elaborado para a abertura da caixa do Grupo 2: <https://sites.google.com/view/caracteristicasmatrizenergetic/formas-de-gera%C3%A7%C3%A3o>

Roteiro digital elaborado para a abertura da caixa do Grupo 3: <https://sites.google.com/view/historiaeletricidade-impactos/hist%C3%B3ria-da-eletricidade>

Roteiro digital elaborado para a abertura da caixa do Grupo 4: <https://sites.google.com/view/nbr-energia-eltrica/normas-regulamentadoras>

²³ Roteiro digital elaborado para a abertura coletiva da caixa preta 5: <https://sites.google.com/view/circuito-eltrico/circuito-el%C3%A9trico-simples>

Grupo 3 - Abertura caixa preta 3: “Introdução da eletricidade na vida humana”;
Grupo 4 - Abertura caixa preta 4: “Normas Brasileiras Regulamentadoras” (NBR);

Grupos 1, 2, 3 e 4 - Abertura caixa preta 5: “Circuitos elétricos simples”.

No final deste encontro os estudantes foram orientados que podiam continuar essa exploração, em casa, e a continuarem o registro das informações consideradas relevantes. De modo a construir uma síntese dos conhecimentos embasada nos saberes disciplinares cientificamente aceitos.

Encontro 3 - Socialização das Caixas Pretas abertas (50 minutos)

Neste encontro, cada grupo teve a oportunidade de compartilhar por meio de um mapa mental o que havia considerado relevante no processo de investigação. Contudo, considerando a redução no número de encontros no estudo principal o mapa mental coletivo das quatro caixas pretas abertas não foi mais elaborado.

Encontro 4 - Abertura da Caixa Preta 5 (50 minutos)

Este encontro foi uma fusão do encontro 7 com o primeiro momento do encontro 8 da proposta piloto. A apresentação da plataforma *online* para Arduino *Autodesk Tinkercad*²⁴, inicialmente, foi apenas por meio de projeção multimídia. Posteriormente, os estudantes foram orientados para acessar a plataforma.

Encontros 5 e 6 - Abertura da Caixa Preta 5 (Continuação - 50 minutos)

Nesses dois encontros, a turma foi organizada em dois grupos e os estudantes foram levados para o laboratório e orientados em seus grupos a acessarem novamente a plataforma Tinkercad. A outra metade da turma, ficou em sala com o professor de Física da turma realizando atividades referentes à disciplina. Então, no encontro cinco foi a primeira metade da turma e no encontro seis a segunda metade que ficou anteriormente em sala de aula.

²⁴ Link para acesso a plataforma *Tinkercad*: <https://www.tinkercad.com/>

Na continuidade, os estudantes foram orientados conforme as atividades propostas para o segundo momento do encontro 8 e as atividades do encontro 9.

Etapas Síntese (100 minutos)

Encontro 7 – Síntese Parcial (50 minutos)

No primeiro momento deste encontro, a pesquisadora resgatou por meio de projeção multimídia as sínteses que os grupos construíram e apresentaram no encontro 3. Na continuidade, os estudantes foram conduzidos para elaborar uma síntese parcial por meio de um mapa mental referente às cinco Caixas Pretas abertas e ao finalizar, foram orientados a compartilhar por meio de e-mail com a pesquisadora. Para essa construção foi utilizado o Canvas, que é uma ferramenta gratuita de design gráfico *online*. Esse mapa foi validado por um especialista em Física. No próximo encontro os estudantes tiveram a oportunidade de observar a análise e realizaram os ajustes necessários. O especialista realizou a análise do material sob o ponto de vista da correção conceitual.

Encontro 8 - Síntese Final (continuação - 50 minutos)

Neste encontro, a partir dos mapas mentais já validados pelo especialista consultado foi elaborado por cada grupo de estudantes a síntese final. Os estudantes foram orientados a observar o resultado da consulta ao especialista e realizarem as alterações sugeridas no mapa de ideias validado.

CAPÍTULO 4. ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo será apresentada a análise dos dados construídos no estudo principal. A intervenção foi realizada no final do primeiro semestre do ano de 2024 por meio de uma SPI desenvolvida na forma de oito encontros presenciais, de 50 minutos cada, realizados durante o horário das aulas, ao longo de cinco semanas não consecutivas. Sete dos oito encontros ocorreram no laboratório de informática. Em todos esses encontros os estudantes foram acompanhados pela pesquisadora

No ano de 2024, a escola possuía quatro turmas de terceiros anos, contudo o estudo principal foi desenvolvido em apenas uma delas, sugerida pela gestão da escola com a concordância do professor de Física. A turma em questão era formada por 43 alunos, 17 meninos e 19 meninas, com idades entre 16 e 19 anos.

. A investigação, como um todo, foi conduzida de modo a fomentar um ambiente favorável à interação entre os estudantes envolvidos visando a troca de experiências e, conseqüentemente, a construção do conhecimento.

4.1 ETAPA CLICHÊ

4.1.1 Interação dos estudantes frente a charge

No decorrer da contextualização houve dois tipos de participação dos estudantes. A primeira foi caracterizada por ser uma verbalização das ideias dos estudantes de forma individualizada (treze estudantes), ou seja, ideias expressas enquanto os demais estudantes ouviam. A segunda forma se deu no coletivo, quando os estudantes expressaram suas ideias em paralelo a outras manifestações dos colegas como: falas e expressões faciais (sorrir e arregalar os olhos).

Quanto à reação do personagem da charge, Hackles, quando falta energia elétrica e ele percebe que vai ter um dia de folga, os estudantes manifestaram enunciações verbais como: “Ele fica bem alegre” (E1); “Ele está feliz que vai ter um dia de folga” (E12); “Ele até balança o rabinho de felicidade ((risos))” (E7); “Mostra também o pensamento dele de felicidade porque vai ter um dia de folga” (E14).

Questionados sobre a mensagem que a charge queria transmitir, os estudantes interagiram na discussão e apresentaram asserções que mostram que

eles tiveram oportunidades de mobilizar suas experiências cotidianas para indicar a dependência humana da energia elétrica: “Que sem energia a vida é chata ((se referindo a energia elétrica)). A vida fica sem graça” (E3); “A gente depende da energia elétrica (E14); “É que hoje em dia a eletricidade é um negócio que a gente tem necessidade praticamente para tudo. Sem a eletricidade praticamente tudo para” (E20); “As pessoas ficaram muito acostumadas com a eletricidade e não tem assim hábitos de fazer coisas sem a eletricidade. Tipo, fazer as mesmas coisas de antes ((se referindo ao tempo que não tinha energia elétrica)) e não tem um hobby diferente e fica só no celular” (E1).

Dentre as asserções, as dos estudantes E20 e E1 apontam questões relacionadas a uma dificuldade de pessoas, como eles, na contemporaneidade, construírem hábitos que não dependam da eletricidade e da internet. Nesse processo, mobilizaram o pensamento e a linguagem (ao refletir sobre hábitos cotidianos deles a partir do uso ou não da eletricidade), a memória e a percepção (ao apontar situações cotidianas para defender suas posições).

Referente ao local que o Hackles estava ao faltar a energia elétrica os estudantes identificaram que ele estava em seu ambiente de trabalho. Para justificar essa percepção, os estudantes destacaram o pensamento do próprio personagem ressaltando que teria um dia de folga, além disso, apontaram o fato de o personagem estar de gravata e usando um computador como caracterizadores: “No trabalho” (estudantes); “Ele está no trabalho porque ele disse que é um dia de folga” (E20); “Tem uma planta (E8); “Também tem o homem que está dizendo que ele pode ir para casa” (E3); “O outro cachorro (risos) (demais estudantes); “É (risos), tem alguém dizendo que não vai consertar a energia” (E3); “A gravata” (estudantes); “Ele também está no notebook” (E5); “Isso” (alguns estudantes).

Ao serem questionados sobre como o Hackles aproveita um dia de folga sem energia elétrica, os estudantes indicaram que o personagem fica sem saber o que fazer diante do inusitado: “Ele se encontra em um lugar vazio” (E7); “A ficha dele só caio depois quando ele está em casa que é um dia de folga, mas sem energia elétrica” (E8); “Ele fica parado sem a eletricidade” (E1); “Ele não aproveita (E25); “Ele não faz nada. Ele só fica sentado” (E14); “é:.....” (alguns estudantes).

Sobre o que é possível fazer quando falta energia elétrica, as enunciações verbais dos estudantes não indicaram possibilidades de atividades sem uso de

energia elétrica, apontando uma dependência da internet de alguns dos estudantes para a comunicação pessoal e a dificuldade de conversar olho no olho: “nada ((risos))” (Estudantes); “É que quando você está sem internet é um desânimo. Você não tem alegria para fazer nada sem internet ((tom de voz e expressões faciais indicando frustração)). Porque, se tivesse energia, aí tinha pelo menos uma televisão ligada em casa ((risos dos demais estudantes)). Eu tenho certeza” (E7); “É verdade” (E36); “Por exemplo, eu estou aqui na sala com ela ((se referindo a colega que estava sentada ao lado)), mas, muitas vezes a gente fica conversando pelo WhatsApp e não tem aquela chance de conversar pessoalmente, até porque quando a gente conversa pessoalmente não tem muito assunto (E14); “É mesmo” (alguns estudantes).

As enunciações verbais dos estudantes ressaltaram que a nossa vida moderna sem energia elétrica seria bastante limitada a hábitos do passado, como voltar a utilizar candeeiro para iluminação nas residências: “Basicamente nada. Nada teria de moderna ((risos))” (E14); “A gente voltaria para os tempos passados” (E8); “A vida seria embaçada, na vela” (E20); “No querosene ((risos))” (E36); “Tinha candeeiro também” (E9).

No prosseguimento desse momento de interação entre os estudantes, as enunciações verbalizadas por E36 e E14 esboçaram a necessidade de desenvolver hábitos saudáveis na vida, em detrimento do uso excessivo da eletricidade e da internet: “Eu sei que a gente tem que desenvolver uma vida saudável também, porque a gente deixa de viver uma vida saudável porque a gente se entrega só para a eletricidade e a gente acaba não vivendo” (E36); “É mesmo, a gente deixa de viver para viver para eletricidade e pela internet no celular, no tablet, na televisão” (E14).

Entretanto, nas asserções deles não foi possível apontar exemplos de forma prática de quais seriam esses hábitos saudáveis na vida. Nas falas, eles deixam implícito que seus únicos hábitos cotidianos relacionados ao uso da energia elétrica são os recursos utilizados para a comunicação, como, por exemplo, o celular.

4.1.2 Conceitos iniciais sobre a questão problematizadora

Trinta e seis estudantes entregaram a atividade escrita expressando seus conceitos cotidianos em relação a questão problematizadora: O que eu sei sobre os

processos de geração, de transmissão, de distribuição para o consumo em residência de energia elétrica? A análise dos textos (Quadro 19) mostrou que 14 estudantes não sinalizaram nenhuma forma de geração de energia elétrica. Somente os estudantes não presentes no encontro não entregaram o texto.

Na análise desses textos, foi constatado os diferentes níveis de compreensão que os estudantes possuíam em relação ao problema complexo, desde os que apresentaram maior aproximação (E1, E2, E4, E7, E8, E9, E16, E18, E21, E23, E26, E33, E35 e E36) aos conceitos cientificamente aceitos quanto os que apresentaram (E3, E5, E6, E11, E12 e E20) menor aproximação.

Dois estudantes (E10 e E32) responderam de forma evasiva a questão problematizadora. Por exemplo, embora o E32 atribua a relevância da energia elétrica para as atividades cotidianas e que o seu consumo promove grandes impactos naturais, não especificando quais as formas de geração causam impactos e, mesmo, quais seriam esses impactos.

Foi possível constatar que a maioria (21) dos estudantes sinalizaram a geração de energia elétrica por meio das hidrelétricas. O estudante E8 apresentou somente a forma solar de gerar energia elétrica. Quatorze estudantes (E5, E6, E9, E10, E12, E13, E14, E20, E24, E25, E29, E30, E32 e E34) não se referiram a nenhuma das formas de geração de energia elétrica, embora três (E9, E13 e E34) desses tenham citado usinas elétricas como espaço de geração de energia elétrica.

As formas eólica e solar para a geração de energia elétrica foram citadas pelos estudantes E1, E3, E11, E16, E18, E19, E22, E23, E26, E27, E31, E33, E35 e E36. As demais formas como por exemplo: a energia nuclear, a termelétrica e o gás natural, não foram citadas por nenhum dos estudantes.

Ainda no que se refere a geração de energia elétrica, E25 abordou aspectos do percurso histórico da inserção da eletricidade da vida humana, afirmando que nos tempos antigos a geração de energia elétrica ocorria por “moinhos de vento”. Outro estudante (E3) afirmou que a inserção da energia elétrica começou com a invenção da lâmpada por “Issac Newton”. Diante disso, é possível inferir que esse estudante apesar de fazer conexões do percurso histórico da inserção da eletricidade no cotidiano humano ocorrer após a invenção da lâmpada, está equivocado a respeito do seu inventor.

Quadro 19 - Conceitos cotidianos dos estudantes em relação a questão problematizadora.

Estudantes	Resposta dos estudantes à questão problematizadora
E1	Eu acho que a energia elétrica vem de fontes de energia como a eólica, hidrelétrica e solar que são transmitidas para a cidade por geradores que passam por fiações de rede chegando na nossa casa e depois acabam passando por disjuntores, resistores e tomadas para o consumo nos eletrodomésticos.
E2	A energia elétrica é produzida nas usinas. Por exemplo tem a hidrelétrica que utiliza as águas represadas como principal matéria prima. A transmissão da energia elétrica das usinas até chegar nas casas acontece utilizando torres, postes e fios. Nas casas, ela é consumida ao se usar os aparelhos eletrônicos e eletrodomésticos.
E3	A energia elétrica hoje em dia se tornou algo essencial em nossas vidas. Ela começou através de Isaac Newton com a invenção da lâmpada e de lá para cá se transformou em várias fontes de energia como a hidrelétrica, solar e eólica. Ela chega em nossas casas através dos postes, geradores, fiações etc.
E4	A energia elétrica é algo bem interessante e a forma mais conhecida é a hidrelétrica que usa a água para transformar em eletricidade e ser transmitida para as torres, os postes e as fiações até chegar em nossas casas e ser distribuída no disjuntor, interruptores e tomadas para ser usada nas lâmpadas, tv, celular, geladeira etc.
E5	A distribuição é através de fios e cabos interligados pelos postes.
E6	Venhe através de postes, fios...para o consumo de tv, celular, geladeira...
E7	O caminho da energia começa nas usinas hidrelétricas usando a força da água dos rios, depois essa energia é transmitida até as cidades usando fios, transformadores, postes e torres. Essa energia é consumida nas casas nos eletrodomésticos
E8	Os meios de geração de energia elétrica são altamente variáveis, um deles é a energia solar, que muitas vezes pode ser gerada no terreno de casa conduzida através das fiações internas da casa e pode ser utilizada em diversos aparelhos como geladeira fogão TV e etc
E9	A energia elétrica vem das usinas de eletricidade e passa por transformadores, postes e chega até as residências para o consumo em todos os eletrodomésticos.
E10	Geração é mudada com o tempo, transmitindo conhecimento e distribuindo aprendizados, nas gerações passadas não tinha tantos aparelhos nem funcionamentos de internet e energia. Com o tempo o aprendizado foi aumentando, até que chega aos dias de hoje, onde utilizamos e aprendemos muito com a energia elétrica. Nas novas gerações futuras terão mais conhecimentos e aprendizados sobre a energia, suas utilidades e funções.
E11	Sei que a energia elétrica que chega em nossas casas não é gerada ali mesmo. Ela vem de usinas como: hidrelétricas, eólicas, solares e outras fontes. Já como ela é transmitida e distribuída eu não sei muito bem.
E12	Só sei que precisa passar por várias etapas para chegar nas residências, mas não sei como ela é distribuída para o consumo.
E13	Sobre esse assunto não sei quase nada. Tenho o conhecimento de que a energia gerada nas usinas elétricas e são distribuídas por fios, postes e geradores e chegam em nossas casas para o consumo.
E14	Eu sei que a energia é produzida por diferentes formas, a energia elétrica é gerada e é distribuída por meio de fios do poste e a energia chega a nossa casa.
E15	Através de um processo hidrelétrico a energia elétrica é gerada e distribuída para o consumo nas residências.
E16	A energia elétrica é gerada de diversas formas, como por usinas hidrelétricas e eólicas e entre outros. Ela chega tanto nas nossas casas como

	também em lugares públicos através de cabos de alta tensão.
E17	Existe um tipo de geração de energia elétrica que utiliza a força das águas, que é o hidroelétrico. Para a transmissão são usadas torres. O consumo nas casas e outros locais é ligando a lâmpada, por exemplo, a tv, colocando o celular para carregar.
E18	A energia elétrica é gerada ou seja ela é transformada através de recursos sejam eles vindo da água, sol ou vento e a distribuição é feita por geradores trazendo a energia para a nossa casa.
E19	A energia elétrica é gerada de diversas fontes como energia eólica, solar e hidrelétrica. Ela é distribuída pela Celpe para as casas por meio dos, fios ligados nas torres e postes. Ela é consumida para diversas coisas como ligar a luz, a geladeira ou o micro-ondas.
E20	Não sei nada no momento, estou aprendendo! Mas sei que há uma transmissão de energia através de fios e disjuntores.
E21	A energia elétrica é gerada por meio das hidrelétricas, transmitida por cabos e fios que conduzem a energia até as residências, escolas, hospitais, empresas e outros lugares. É consumida por lâmpadas, interruptores, resistores, eletrônicos, etc.
E22	É produzida pelas usinas hidrelétricas, solares e eólicas, normalmente em lugares distantes das cidades e a transmissão é feita para as casas através dos postes e fios.
E23	Eu acho que atualmente a energia elétrica ela é gerada através da água, do vento e do sol nas usinas, e pode ser distribuída pelas torres de transmissão por meio dos fios, cabos e postes até os locais para o consumo.
E24	Existe várias formas de fazer a energia elétrica que chega em nossa residência para ser consumida usando objetos como as geladeiras, as televisões, os celulares entre outros.
E25	Eu sei que nos tempos antigos em um certo tempo a energia começou a ser gerada por moinhos de vento e era distribuída de forma local. Nos tempos de hoje a energia passa por uma fiação até sua casa, sendo assim distribuída pela cidade toda. Ela é consumida em aparelhos eletrônicos, como fogão elétrico, computadores, televisores, celulares, entre outros.
E26	É gerada pelas usinas hidrelétricas com as forças das águas que vem dos grandes rios, mas, também tem outras formas de gerar energia como a eólica e solar. Para a sua transmissão até as casas são usados vários processos usando torres, fiação. geradores e outros. Ela é consumida por máquinas, eletrônicos, eletrodomésticos e outros
E27	Através de usinas hidroelétricas que usam a água e outras fontes de energia como sol e vento.
E28	Vem das hidrelétricas usando os cabos, fiações e os geradores.
E29	A distribuição elétrica tem fontes de energia distribuída na cidade por geradores que passam por fiações de rede chegando na nossa casa onde a fonte pega e acabam passando por disjuntores.
E30	A Celpe distribui a energia através dos postes e fiação para chegar nas casas e utiliza o contador para “controlar o quanto é gasto de energia. E também caso haja algum curto-circuito dentro da residência o contador dispara, protegendo os eletrodomésticos.
E31	A energia é gerada por Hidrelétricas, eólica, solar etc. Chegam nas casas através de fios e postes, são distribuídas através de geradores para que cheguem nos postes e depois nas residências.
E32	Dentre todo o acontecimento mundial, de décadas até hoje, sabemos a necessidade da energia elétrica. Sem energia não conseguiremos fazer os devidos trabalhos diários. Sabemos que o consumo de energia e a eletricidade gerada causa grandes impactos naturais, mas a nossa necessidade faz com que deixamos as consequências de lado.
E33	A geração atual consiste no tempo da tecnologia, a transmissão e a distribuição de eletricidade nas residências para o consumo é essencial, pois a transmissão de energia obtida pela energia solar, energia eólica e a utilização da água para uso elétrico nas residências. Esses meios que a

	energia é gerada tem suas vantagens desvantagens por serem energias vindo do meio ambiente, contudo, elas têm impactos na biodiversidade afetando os animais. No entanto, o uso para o consumo no dia a dia se torna bastante útil, por conta de sua utilidade em eletrodomésticos e entre outros aparelhos eletrônicos que precisamos.
E34	É gerada nas usinas e passam por transformadores, fios, postes e chegam na residência.
E35	A energia pode ser gerada a partir da produção hidrelétrica, eólica, solar e entre outras. Esses tipos de energia são distribuídas de várias formas e uma delas é através dos geradores nos postes, para que cheguem nas casas e sejam utilizadas nos eletrodomésticos.
E36	A energia elétrica pode passar por vários processos, seja pela energia hidroelétrica, eólica e solar etc. Após isso será enviada para uma distribuidora com a Celpe e transferida por postes, geradores e torres até nossas casas, fazendo assim o fluxo elétrico de fora para dentro de nossas casas.

Fonte: Dados da pesquisa.

Quanto à forma como é transmitida a energia elétrica até suas residências, vinte e oito estudantes se referiram a esse processo. Nas suas asserções, eles apontam a utilização de componentes como: redes de eletricidade, torres, geradores, transformadores, cabos de alta tensão, fios e postes. Os estudantes E19, E30 e E36 afirmaram que a Celpe²⁵ é quem distribui a energia elétrica por meio dos componentes já citados.

Ainda nesse aspecto, o estudante E30 destacou o papel do contador nas residências como ferramenta para controlar o quanto é gasto de energia elétrica e na proteção dos eletrodomésticos caso haja um curto-circuito dentro da residência.

Os estudantes E11 e E12 afirmaram não saber como ocorre o processo de transmissão de energia elétrica até as residências. Seis estudantes (E10, E15, E24, E27, E32 e E33) não se referiram ao processo de transmissão de energia elétrica, de forma, que não dá para entender como eles percebem como de fato ocorre.

Em relação ao processo de distribuição da energia elétrica para consumo nas residências, nenhum dos estudantes indicou ocorrer por meio de circuitos elétricos e, muito menos, os circuitos em série e em paralelo. Apesar disso, nas transcrições é possível perceber que quatro (E1, E4, E8 e E29) estudantes citaram elementos que fazem parte do circuito elétrico para a distribuição de energia em residências (disjuntores, fios, tomadas, interruptores, resistores, eletrodomésticos e outros). Todos esses estudantes fazem parte dos 28 que indicaram também componentes da transmissão de energia elétrica.

Em função de como é consumida a energia elétrica quando chega em suas residências, dezesseis estudantes indicaram ser por meio de resistores, tomadas, interruptores, lâmpadas e utilidades eletrodomésticas (televisão, geladeira, fogão elétrico, micro-ondas e outros) e eletrônicas (celular). Os demais não se expressaram sobre como é consumida a energia elétrica em residências.

A partir da análise desses textos transcritos, a execução da etapa clichê indicou que os estudantes têm no seu nível de desenvolvimento real o conhecimento das fontes renováveis de energia elétrica, destacando as formas de geração hidrelétrica, eólica e solar. Entretanto, enunciaram de modo evasivo como ocorre a produção de energia elétrica por essas fontes. Referente ao processo de

²⁵ Companhia de Eletricidade de Pernambuco.

transmissão eles apontaram a utilização de fios, geradores, postes, torres e outros elementos como parte do procedimento. Já em relação a distribuição da energia elétrica nas residências nenhum dos estudantes fez associação aos circuitos elétricos. Eles também não indicaram fazer conexões do percurso histórico do uso da eletricidade no cotidiano humano e nem da problemática ambiental alusiva à geração de energia por fontes renováveis e não renováveis.

De um modo genérico, os conceitos iniciais dos estudantes na etapa clichê são ancorados no senso comum. Tanto nas percepções sobre a geração de energia elétrica, quanto sobre o processo de transmissão e de distribuição, as ideias enunciadas de alguns estudantes estavam intensamente associadas a experiências cotidianas.

4.2 ETAPA PANORAMA ESPONTÂNEO

4.2.1 Conceitos iniciais dos estudantes frente à Grelha Interdisciplinar

Por meio dos vídeos e dos áudios, foi possível observar os estudantes participando ativamente com enunciações verbais (diretas e indiretas) e não verbais neste momento de construção coletiva, continuidade da problematização inicial. A partir da discussão da grelha interdisciplinar de análise²⁶, foram identificados os conceitos cotidianos referentes à questão problematizadora.

Geração de energia elétrica

Foram citadas pelos estudantes, como geradoras de energia elétrica a partir de fontes naturais renováveis, as usinas hidrelétricas, as eólicas e as solares: “varia de estado para estado. Tem lugar que é produzida da água e em outros tem a energia eólica. E têm pessoas que compram painel de energia solar e usam na própria casa” (E10); “A que usa água é hidrelétrica, não é? ((direcionando o olhar para a pesquisadora)) Aqui no Nordeste tem muito energia eólica também (E7); “Eu não sei muito sobre isso não. Para mim, só interessa o final: a eletricidade ((risos))” (E20).

Associado ao que caracteriza a forma hidrelétrica de gerar energia elétrica os

²⁶ Já apresentada anteriormente neste trabalho (p. 96).

estudantes indicaram a água como matéria prima: “Eu acho que é pela força da água. Aí a força da água é utilizada em alguma coisa para fazer a energia elétrica” (E1); “É uma engrenagem. Eles utilizam uma engrenagem para fazer girar a água. E aí isso faz com que a água tenha a força” (E7); “É isso mesmo, tipo um moinho ((referindo -se a enunciação verbal de E7)). E aí essa força da água ela vai para algum lugar para poder ser transformada em energia” (E25).

As enunciações verbais dos estudantes E1, E7 e E25 mostraram que eles têm ideias rudimentares sobre o processo da geração da energia hidrelétrica, porém, confundem o conceito de força com energia.

Quanto ao que caracteriza o processo eólico de gerar energia elétrica foi indicado pelos estudantes o vento como matéria prima e as torres eólicas (“cataventos”): “O vento” (estudantes); “A força do vento” (E14); “É isso aí que tu falou ((olhando para o E1, indicando que estavam em um conversa paralela sobre a discussão))” (E7); “O catavento? ((tom de voz e expressões faciais indicando segurança))” (E1); “É utilizado um catavento e quando o vento mais gira o catavento com mais intensidade e quanto mais girar o catavento mais energia elétrica faz ((tom de voz e expressões faciais indicando segurança))” (E8).

Dentre as enunciações verbalizadas, a do estudante E8 indica que ele já tem conhecimento sobre o processo da geração da energia elétrica eólica ao apontar a relevância da intensidade do vento na utilização de torres eólicas, embora, a identifique como catavento.

Ao serem interrogados se sabiam onde se encontram os maiores parques de usinas eólicas no Brasil, os estudantes apontaram que é na região Nordeste: “Aqui no Nordeste tem muitos parques eólicos” (E14); “É por conta da maresia. Ele ((se referindo a região Nordeste)) fica todo mais perto do mar e por causa do vento do mar, então é bom para fazer energia eólica” (E8); “É que precisa ser um local que venta muito, porque se não for um local que venta muito não faz sentido colocar o catavento lá porque não vai gerar energia elétrica” (E36); “Isso, o catavento lá (se referindo a um lugar com bastante vento) vai gerar a energia elétrica” (E8).

As representações iniciais desses estudantes relacionam aspectos geográficos do Nordeste como uma razão da região ser um potencial para a construção de parques eólicos. Isto aparece no diálogo entre E8 e E36.

Já relacionado ao que caracteriza o processo de gerar energia elétrica por

meio da fonte de energia solar, as asserções verbalizadas pelos estudantes indicaram o sol como matéria prima: “O sol” (estudantes); “É precisa do sol” (E20); “Tem a ver com as placas solares também” (E14); “Isso, precisa de placas solares. Elas ficam no sol e o calor que elas recebem é transformado em energia elétrica” (E1).

As asserções do E14 e E1 mostraram que dentre os conhecimentos cotidianos deles, as placas solares fazem parte das suas representações iniciais no que se refere ao processo da geração da energia elétrica. O estudante E1, por exemplo, ressaltou o fato de as placas receberem calor do sol para ser transformado em energia elétrica.

Os estudantes também mencionaram impactos ambientais relacionados a essas três formas citadas de geração de energia elétrica. Relacionado a energia hidrelétrica emergiram asserções associadas à barragem de Brumadinho (que era uma barragem de rejeitos de uma mina e não uma usina hidrelétrica), com a destruição da cidade, do ecossistema e das famílias, que perderam seus pertences e seus familiares: “Traz impacto, porque ela represa a água e aí pode acontecer de estourar barragem como aconteceu em Brumadinho” (E8); “Isso estourou a barragem e a cidade foi destruída e muita gente morreu” (E1); “As pessoas perderam as coisas e até hoje tem gente que continua desaparecida, várias pessoas não foram encontradas” (E36); “A barragem sai levando tudo pela frente porque a água fica meio pesada. Então, aquela força da água quando sai não tem quem segura realmente” (E8). Por meio do vídeo gravado, foi possível perceber nesse momento da discussão expressões de empatia nos estudantes em ouvir as asserções de E1 e E36.

Ainda relacionado às questões ambientais, os estudantes se manifestaram apontando que a energia hidrelétrica é renovável e limpa: “Ela é renovável” (E19); “É uma energia limpa” (E1); “Eu acho que posso dizer que sim, que é limpa” (E25); “É limpa” (alguns estudantes).

A asserção do estudante E1 evidencia a forma hidrelétrica de gerar energia como limpa, mesmo tendo os riscos dos desastres com as barragens já manifestados pelo estudante anteriormente. Dessa forma, é possível inferir que o estudante já tem conhecimentos de que, mesmo uma fonte sendo limpa, podem ocorrer acidentes que venham causar danos ao meio ambiente.

Relacionado aos impactos ambientais que o processo de geração de energia eólica provoca, somente o E7 apresentou uma asserção que indica a poluição visual como um dos problemas: “A pessoa vai colocar o catavento, ele polui o ambiente. Ele ((se referindo aos aerogeradores de energia eólica)) pega um espaço muito grande para colocar os cataventos” (E7); “Acho que só isso” (E5); “Não é” (E8 e E34). Os demais estudantes silenciaram e pela expressão facial indicaram não saber se há impactos ambientais promovidos pela forma eólica de gerar energia elétrica.

Questionados se a energia eólica é uma energia limpa ou não, os estudantes foram enfáticos em dizer que sim, pois só precisava do vento: “É limpa” (estudantes); “Ela é uma energia limpa” (E30); “Só precisa do vento” (E36); “Exatamente” (E3 e E7).

As asserções dos estudantes evidenciam que eles não conseguem ainda relacionar impactos ambientais que a forma eólica de gerar energia elétrica pode promover, como: poluição sonora, por exemplo. Mesmo, sendo uma energia renovável e limpa.

Referente aos impactos ambientais provocados pela forma solar de gerar energia elétrica, os estudantes não indicaram nenhum dano ao meio ambiente: “Então, ela tem um aspecto negativo da questão do preço, mas em relação ao meio ambiente, acho que ela não tem nenhum” (E36); “ééé” (alguns estudantes);

Somente nesse momento da discussão, ao refletir sobre os aspectos socioambientais favoráveis e desfavoráveis da fonte alternativa e sustentável de energia solar, que o estudante E1 mencionou a energia nuclear, indicando como fonte geradora não limpa de energia elétrica: “Acho que a que prejudica é a energia nuclear” (E1).

Ao indagar os estudantes sobre o que a energia nuclear usa para gerar energia elétrica, nenhum deles conseguiu mencionar o urânio: “eu não sei” (E1); “Aqui no Brasil, não tem muita energia nuclear. Não é a base da nossa energia” (E25). Os demais estudantes ficaram em silêncio demonstrando também não saber.

Na continuidade da discussão, os estudantes apontaram que a energia nuclear não é limpa e não é renovável: “Mas professora, você acha que precisaria da gente usar a energia nuclear?” (E1); “Por que não é necessária essa forma de geração de energia elétrica?” (pesquisadora); “Porque ela não é limpa. Ela é

perigosa e pode explodir tudo” (E1); “Não é renovável” (alguns estudantes); “E não é limpa não” (E1); “é:::” (alguns estudantes).

Foi possível verificar que o E1 expressou verbalmente seu ponto de vista se posicionando de forma mais intensa mostrando preocupação com a forma de geração da energia nuclear indicando não ser necessário o uso dela. Os demais estudantes demonstraram concordância de que essa fonte alternativa de energia não é renovável e nem limpa.

Transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica

No que se refere a como ocorre a transmissão da energia elétrica, outros estudantes participaram trazendo para a discussão o uso de fiação, geradores, postes, contadores e torres: “Através da fiação” (E3); “Tem os geradores” (E8); “Até chegar na nossa casa tem os postes também” (E2); “Utiliza torres também” (E19); “Tem o contador também nas casas” (E30).

As percepções iniciais dos estudantes sobre a distribuição de energia elétrica não estão ancoradas nos conhecimentos disciplinares escolares, mas sim, no senso comum. Nenhum estudante mencionou circuitos elétricos, apesar das enunciações verbalizadas apontarem elementos constituintes dos circuitos (tomadas, disjuntores e fiação): “Pelas tomadas e pelo disjuntor” (E1); “Pela fiação interna também” (E13); “Os fios não podem ser de qualquer jeito, tem de ter um negativo, um positivo e um neutro” (E8); “Tem que utilizar o fio terra (E3); “Tem aquela varinha de cobre” (E31); “Siiim” (estudantes); “Também tem que ver qual é a rede da casa, se é 110V ou é 220V” (E8).

Posteriormente, ao ampliar a discussão para refletir sobre o funcionamento da energia elétrica em residências, provocados pela pesquisadora, E8 e E1 verbalizaram uma definição para circuito elétrico, que está alicerçada no senso comum: “É quando dá uma explosão, tipo num curto-circuito. (...) e pega fogo tudo” (E20); “Eu acho que é o caminho que a eletricidade está percorrendo quando está passando pelo fio até chegar na tomada.” (E8); “É quando a eletricidade passa pelo disjuntor até chegar na tomada da parede e aí ela chega nos aparelhos domésticos” (E1); “Também acho que é assim” (se referindo a fala de E1) (E36). A asserção do E20 mostrou que ele ainda não faz a distinção entre os conceitos de curto-circuito e circuito elétrico.

Como consumidores de energia elétrica foram indicados pelos estudantes

somente aparelhos eletrodomésticos e eletrônicos: “geladeira, ventilador” (E1); “fogão elétrico, no ar-condicionado, micro-ondas” (E8); “celular, né?” (E20); “a tv” (E3); “chapinha, ferro de passar roupa” (E31); “liquidificador, máquina de lavar roupa e tem mais” (E5).

Legislação Normatizadora

Quanto à legislação brasileira que normatiza a segurança em instalações elétricas, os estudantes mostraram desconhecimento: “Deve até existir, mas ninguém segue, se não, não existiria os gatos” (E20); “Deve ter para os fios, por que tem fio para positivo e negativo” (E8); “Eu acho que tem a ver se a energia é 110V ou 220V, dependendo da energia vai ser o fio. Ou mais grosso ou menos.” (E36).

Dentre as asserções apresentadas é possível notar que os estudantes não têm conhecimento sobre as normas regulamentadoras brasileiras para o manuseio de eletricidade em residências. Por exemplo, nenhum estudante apontou o uso de luvas e alicates como equipamentos de segurança ao manipular a eletricidade em residências.

Diferentemente das outras intervenções da pesquisadora ao ampliar a discussão, os estudantes não indicaram conhecimentos referentes as normas de segurança para o posicionamento e tipo de tomadas e interruptores nas residências: “Então, eu acho que longe de lugar que criança possa alcançar” (E7); “E de lugar que possa ter a chance de pegar fogo e de água, tem que estar longe de lugar de água e de fogo também” (E1); “Acho que perto de fogão não deve ter por que pode pegar fogo e numa altura que a criança não consiga alcançar” (E36); “Isso mesmo” (E20); “Sim” (outros estudantes concordam balbuciando); “Acho que as tomadas têm que ter uma distância uma da outra”(E8).

Nessa direção, nenhum estudante especificou a altura adequada para uma tomada em uma residência. Também nenhum apontou sobre quais tipos de tomadas devem ser utilizadas no manuseio da eletricidade de uma residência e nem sobre qual a espessura de fio deveria ser adotada.

Abordagem interdisciplinar

Referente a possibilidade de trabalhar no EM a problemática geração, transmissão e distribuição de energia elétrica para o consumo em residências somente a partir do ponto de vista da Física foi possível perceber nas asserções dos estudantes a indicação de que outras disciplinas auxiliariam na construção de uma

representação interdisciplinar do problema complexo: “Biologia” (E1); “Português também” (E20); “Geografia” (E8); “Ainda História também” (E16); “Acho que a Química também” (E8).

Os estudantes também indicaram quais seriam as pessoas, fontes de informação ou disciplinas que poderiam ser consultadas sobre geração, transmissão e distribuição de energia elétrica para consumo em residências: “A Celpe” (E8); “Os professores das disciplinas” (E1); “Tem mais a própria internet” (E18); “Os sites” (E36); “Os livros” (E22); “As próprias disciplinas vão trazer esse conhecimento” (E7); “Também tem os técnicos que trabalham com eletricidade, né?” (E33); “isso, também os técnicos elétricos. Eles colocam a energia nas casas, então, eles também são fontes de informação para a gente” (E8).

Dando prosseguimento à discussão coletiva, o estudante E33 evidenciou a importância de conhecer a Norma de Regulamentação Brasileira (NBR) para manuseio de eletricidade: “E a norma que a professora falou, também poderia ser uma fonte de consulta” (E33); “É, seria bom saber se tem uma norma para poder colocar a altura da tomada” (E3); “Também, o tipo de disjuntor, o tipo de fio que a gente pode utilizar” (E9).

Provocados a apontarem quais conceitos deveriam ser discutidos a partir das disciplinas para investigar amplamente o problema complexo proposto nesta investigação, os estudantes indicaram as fontes naturais renováveis e não renováveis de energia elétrica e as bacias hidrográficas: “Para estudar a energia hidrelétrica, por exemplo, a gente precisa estudar as bacias hidrográficas que tem a ver com os rios” (E1); “Os gráficos também das bacias hidrográficas e os mapas” (E8); “Como funciona as coisas da energia elétrica” (E21); “Isso, da eólica, solar, nuclear” (E7); “Como a energia elétrica é transmitida” (E36).

Esses conhecimentos estão relacionados a conceitos abordados na disciplina de Geografia conforme o Currículo para o EM de Pernambuco. Foram apontadas, de maneira implícita, as matrizes energéticas exploradas que podem ser investigadas também do ponto de vista das disciplinas Química e Biologia.

Referente à disciplina de Biologia, os estudantes apontaram as questões ambientais e de sustentabilidade e, implicitamente, as matrizes energéticas exploradas que podem ser abordadas também a partir da disciplina de Química: “Da Biologia, acho que como pode prejudicar animais” (E3); “Também os impactos

ambientais no meio ambiente” (E36); “Acho que a sustentabilidade dessas energias, então isso pode ser uma coisa que a gente pode ver” (E8).

Os estudantes E7 e E23 apontaram conceitos relacionados à disciplina de Física para serem investigados: “Os meios que é utilizado para que a eletricidade seja transmitida” (E2); “Os circuitos elétricos” (E7); “Como ocorre o processo de eletrização” (E23).

Posteriormente a esse diálogo houve interação verbal entre os estudantes E33 e E8 referente a quem tinha inventado a energia elétrica: “Eu acho que foi Thomas Edison” (E33); “O Thomas Edison criou a lâmpada” (E8).

A partir dessa interação entre esses dois estudantes, foi percebida a importância de se investigar também os bastidores da história da energia elétrica, inclusive o que foi a guerra das correntes apontada pelo estudante E33:

É, mas, ele também inventou a energia elétrica. Foi ele com outro. Não lembro agora o nome ((para e fica pensando)). Acho que é Nicolas Tesla. Alguém teve a brilhante ideia de inventar a luz e depois que inventou a luz então, aí, parece que o Thomas Edison pegou e roubou a criação botando o nome dele, como foi criada lá exatamente. Só não lembro como foi, mas acho que teve algo assim. Acho que lembrei, foi a guerra das correntes. Eu vi outro dia sobre isso.

Dentre as asserções, é possível apontar que os estudantes E8 e E33 já têm conhecimentos sobre com quem iniciou a comercialização da energia elétrica. Também é possível notar que o E33 já tem em sua zona de desenvolvimento proximal noção do que foi a guerra das correntes e quais eram os personagens envolvidos.

Quanto a disciplina História, também foram apontadas para a investigação as transformações históricas em decorrência da eletricidade e como a inserção dela afetou a vida das pessoas no decorrer do tempo: “Eu acho que é importante saber como funcionava antigamente as coisas” (E8); “Isso, saber como é que começou a energia elétrica antigamente e como é que ela mudou a vida das pessoas” (E7).

A partir dos conceitos envolvidos e das disciplinas evidenciadas pelos estudantes, foi discutido com os estudantes nomes para as caixas pretas a serem investigadas em grupos, de forma, a contemplar os conceitos considerados importantes por eles para se construir uma síntese interdisciplinar do problema complexo.

A análise das respostas à grelha interdisciplinar apontou o desconhecimento pelos estudantes quanto às orientações para manuseio de energia elétrica em residências. Como sugestão de um tema para ser investigado foram as normas de segurança exigidas pela legislação brasileira. As asserções abaixo apontam a convergência dos estudantes para a investigação dessa caixa preta: “É bom saber se tem uma norma” (E36); “Siim” (alguns estudantes); “É importante” (E1 e E8).

Nas falas deles foi identificado que eles não conseguem descrever os processos envolvidos nas formas de geração de energia elétrica citadas: “Isso mesmo. Eu mesmo não sei muita coisa sobre isso” (E5); “Nem eu” (E23); “Acho que ninguém aqui sabe muito bem sobre isso” (E8). Outras formas de geração de energia elétrica não foram citadas como: termoeletrica, biomassa e outras.

Diante dessa constatação por meio das asserções dos estudantes E5, E23 e E8 foi sugerido como caixa preta para ser investigada “As formas de geração e de transmissão de energia elétrica”.

Outra caixa preta que foi sugerida foi referente às características das formas de gerar energia elétrica e quais impactos podem ser causados ao meio ambiente. As asserções dos estudantes apontam concordar com a temática a ser investigada: “É verdade, algumas causam complicações ambientais” (E7); “Pois é” (E1 e E8). Os demais estudantes demonstraram concordar com a sugestão.

Também foi evidenciado o desconhecimento dos estudantes sobre como a energia elétrica é distribuída em residências, pois não conseguiram enunciar uma definição para circuitos elétricos e quais os tipos de circuitos elétricos. De forma que, circuitos elétricos é um conhecimento necessário para esclarecer o problema complexo. Nesse aspecto, as asserções verbalizadas pelos estudantes apontam concordância da importância de abrir essa caixa preta: “Sim” (estudantes); “Eu mesmo não sei muita coisa de circuitos elétricos. Só gosto da eletricidade” (E20).

Por fim, a última caixa preta sugerida foi relacionada a aspectos da história da eletricidade, para se saber o percurso histórico da energia elétrica e os impactos de sua inserção no cotidiano humano: “Eu acho importante aprender isso” (E8); “A gente também tem uma invenção que é muito excepcional hoje em dia que a corrente alternada, né?” (E33); “Sei lá. Tem?” (E20); “O que a gente utiliza é a corrente alternada. Parece que ela é mais segura que a corrente contínua” (E33).

Dentre as asserções a do estudante E33 evidencia o emprego da corrente

alternada como mais vantajosa em relação a corrente contínua. Em sua percepção inicial a razão da vantagem é a segurança de uma em detrimento da outra.

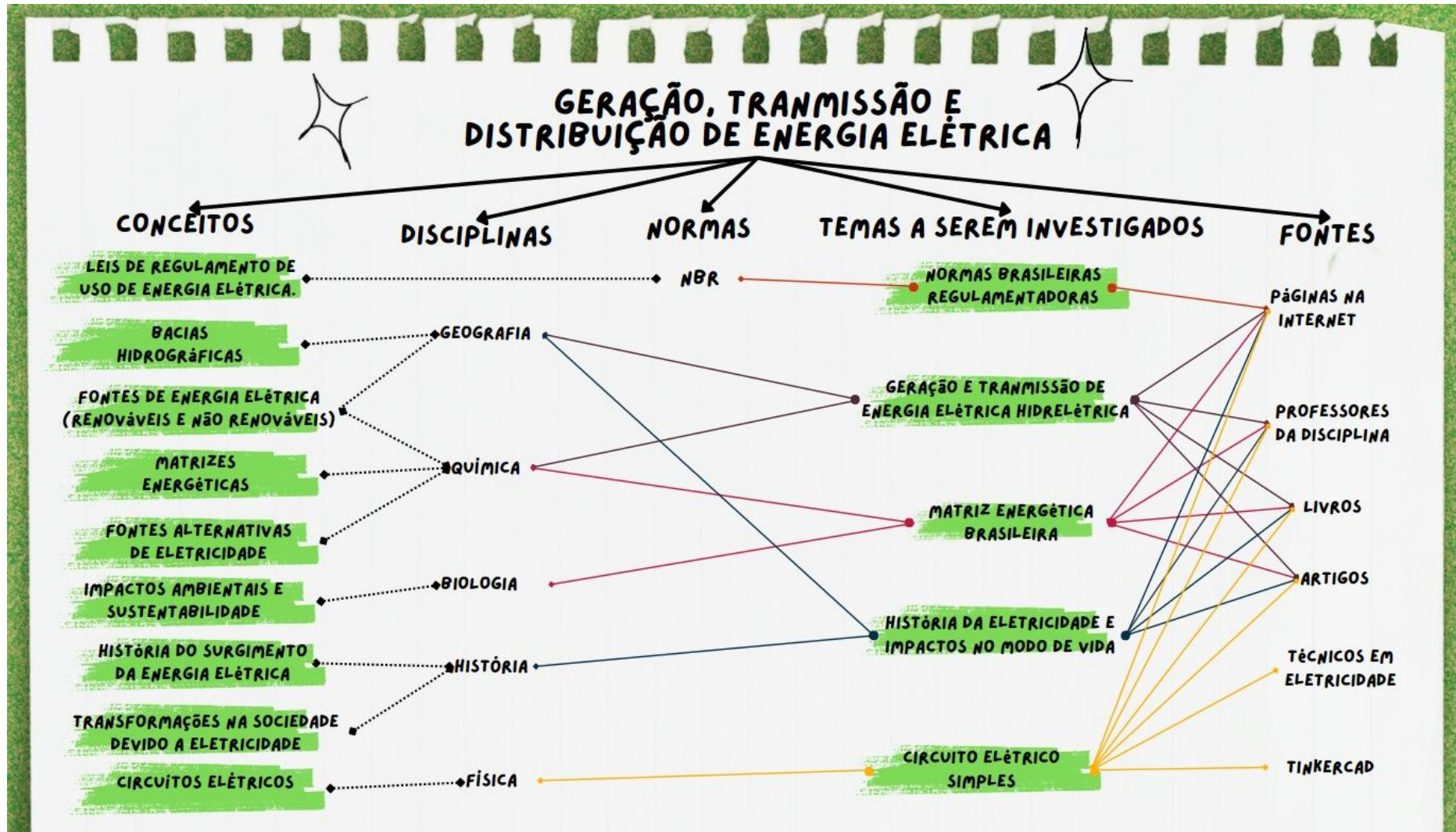
A Figura 15 apresenta na forma de um mapa mental o resultado de todo o processo de discussão mediado pelas questões da grelha interdisciplinar de análise. Elementos negligenciados na escrita individual do texto sobre o problema complexo na etapa clichê foram listados e levados em consideração para se apontar o que os estudantes sabem e o que ainda necessitam aprender.

O mapa mental, elaborado coletivamente com os estudantes, apresenta um “panorama” deixando claro o que eles sabiam com certeza, o que sabiam parcialmente e o que não sabiam e que precisariam saber para compreender o problema complexo.

Diante desse mapa dois pontos devem sobressair ao refletir sobre a Interdisciplinaridade. Primeiro, o reconhecimento dos estudantes da necessidade de que várias disciplinas para a discussão ampla do problema complexo envolvido. Segundo, a lista de caixas pretas que precisam ser abertas.

De modo geral, os estudantes apresentaram indícios que ainda estavam nas fases iniciais do processo de construção dos conceitos em análise, mostrando distintos níveis de generalização e de compreensão, devido as diferentes ZDP. Mesmo assim, como resultado dessa ação de interação entre a pesquisadora e os estudantes e entre eles mesmos, os estudantes tiveram a oportunidade de enunciar verbalmente seus conceitos cotidianos referentes ao problema complexo desta investigação. De forma que, na atitude ativa de refletir sobre os conceitos em evidência foram mobilizados não somente as memórias e percepções dos estudantes, mas, outras funções psicológicas superiores como a abstração, sistematização, síntese e outras.

Figura 15 - Mapa Mental do Panorama Espontâneo



Fonte: Dados da pesquisa

4.3 ETAPA ABERTURA DAS CAIXAS PRETAS

Será analisado a seguir o processo de abertura das caixas pretas utilizando *Webquest* como especialista e as sínteses produzidas pelos grupos de estudantes a partir das pesquisas realizadas em cada uma das subtemáticas. Inicialmente, será apresentada uma síntese global e a seguir será analisado o processo de abertura e a síntese produzida para cada caixa preta.

É necessário lembrar a diferente natureza da Caixa preta 5 (circuitos elétricos simples) em relação às demais. Enquanto a Caixa preta 5, foi desenvolvida coletivamente e tem características disciplinares (Física), a natureza das demais exige a contribuição de diferentes disciplinas. Desse modo, os critérios de análise das sínteses produzidas a partir da abertura das Caixas pretas de 1 a 4 foram baseados no Quadro 10, enquanto a produção a partir da Caixa Preta 5 foi analisada levando-se em conta os conhecimentos disciplinares construídos.

Ao analisar as sínteses construídas pelos quatro grupos a partir do critério “elaborar uma síntese apropriada” foi identificado que as informações consideradas relevantes pelos estudantes eram compatíveis com a caixa preta aberta pelo grupo.

A tradução dos saberes articulados em um esquema sistêmico evidenciou que os construtores dessas representações empregaram o critério “utilizar as disciplinas” ao explorarem e integraram saberes referentes a objetos de conhecimento identificados no Referencial Curricular da Rede Estadual de Pernambuco (Quadro 20), além, das Normas Brasileiras Regulamentadoras, que regulamentam a segurança em serviços de eletricidade nas instalações residenciais.

Quadro 20 - Objetos de conhecimento identificados no Referencial Curricular de PE.

COMPONENTES DISCIPLINARES	OBJETOS DE CONHECIMENTOS IDENTIFICADOS	Caixa preta 1	Caixa preta 2	Caixa preta 3	Caixa preta 4
Biologia	Recursos Naturais.	x	x		
	Novas Tecnologias energéticas e as consequências ambientais.		x		
Química	Fontes abundantes e disponíveis no Brasil e no mundo.	x	x		
	Matriz energética nacional mais limpa e viável do ponto de vista tecnológico e econômico, considerando os impactos socioambientais.		x		

	Energia solar. Energia eólica. Energia Elétrica. Matrizes energéticas exploradas no Nordeste brasileiro.		x		
	Fatores favoráveis e desfavoráveis do uso de fontes alternativas de energia.	x	x		
Física	Circuito Elétrico (comparação entre tensão elétrica contínua e alternada, avaliando as contribuições Tesla para as novas tecnologias).			x	x
	Circuito Elétrico (componentes do circuito elétrico básico, corrente elétrica, condutores e isolantes, potência). Dispositivos de segurança (chave e/ou interruptor, fusível e disjuntor). Resistores, Lei de Ohm e associações (série, paralelo e mistas).				x
	Matrizes energéticas aplicada à geradores (usinas termoeletricas, usina hidroelétrica, células fotovoltaicas, coletores eólicos, usinas nucleares).			x	
Geografia	O planeta Terra: Bacias hidrográficas.	x			
	Economia Global: fontes de energia e globalização.	x	x		
	Os avanços tecnológicos e a economia mundial:			x	
História	Revolução técnico-científica (avanços na genética, robótica, informática, telecomunicação entre outros).			x	
Lista de normas	NBR				x

Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto ao critério “consultar as fontes e especialistas e reformular as informações recolhidas em um texto coerente em função do problema complexo”, se verificou na análise das sínteses que a seletividade intrínseca à recolha de informações fora delimitada pelas contribuições das disciplinas e que os conceitos abordados por eles são apresentados reformulados e permeados pela presença de termos científicos.

Os grupos utilizaram dados provenientes das fontes indicadas nos roteiros fornecidos como especialistas. Isso pode ser evidenciado nas referências indicadas nos textos e nas imagens selecionadas para a construção da síntese. Diante desse fato, é possível ver indícios de que os estudantes estejam em processo de aprendizado para indicar fontes e parafrasear informações. Essa é uma competência apontada por Fourez (2008) para que ocorra a interdisciplinaridade.

4.3.1 Caixa preta “Geração e transmissão de energia hidrelétrica”

A Figura 16 mostra a síntese elaborada e socializada pelos estudantes do Grupo1. No esquema sistêmico há evidências da adequação da representação à subtemática, nas suas dimensões geográficas e econômicas da geração e da transmissão de energia hidrelétrica.

Quanto ao critério de “produzir uma síntese apropriada”, o G1 apresentou em linguagem escrita (quatro blocos) e visual (três imagens – com indicação das referências), uma representação que integra distintos conhecimentos mobilizados na abertura dessa caixa preta aberta em função do problema complexo investigado.

Por meio da linguagem escrita, descreveram que a produção de energia hidrelétrica utiliza a água como matéria prima. Diferenciaram usina, barragens e represas. Discorreram sobre as vantagens dessa forma de gerar energia. Mostraram indícios de que discutiram sobre a transmissão de energia elétrica apontando que é utilizado “um sistema complexo transitório”, entretanto, não especificaram o que é esse sistema e nem indicaram o uso de fiação, geradores, torres de alta tensão, postes etc. Isso pode ser um indício que os estudantes desse grupo mesmo com as investigações ainda não conseguiram desenvolver nas suas ZDRs o domínio conceitual de aspectos referentes ao problema complexo.

Em relação a “utilizar as disciplinas” foi possível contemplar nessa síntese do G1 conhecimentos respectivos às disciplinas de: Geografia, Biologia e Química.

Referente a Geografia, o G1 apresentou por meio de um mapa as doze regiões hidrográficas brasileiras, destacando que a localização da maior parte das bacias hidrográficas é no Norte do Brasil. Ainda, identificaram utilizando um gráfico que o Sudeste consumiu aproximadamente 50% de toda a energia gerada em 2022.

Como exemplo da integração dos saberes disciplinares implícitos de Geografia, Biologia e Química é destacado quando abordaram a forma hidrelétrica de gerar energia elétrica apresentando fatores favoráveis da sua utilização como: a reutilização e a sustentabilidade. Com isso, apresentaram as características de uma das fontes de energia abundante e disponível no Brasil e no mundo indicando fatores favoráveis do uso desse recurso natural renovável que é a água. Todavia, não há indícios de que discutiram caminhos que possibilitem minimizar problemas ambientais decorrentes da intensa utilização desse recurso por parte da sociedade atual, de forma a adotar mudança de hábitos frente ao emprego das inovações.

Figura 16 – Mapa Mental construído pelo Grupo 1.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Considerando o critério “consultar fontes e especialistas”, foi verificado nas transcrições do áudio fornecido à pesquisadora que o grupo aproveitou os especialistas indicados na *Webquest* e parafraseou boa parte dos saberes disciplinares:

“Hidrelétrica é gerada pela força da água represadas nas usinas que são localizadas através de barragens e represas, que servem para armazenar a água” (E15); “Existem várias vantagens, que eles colocaram aqui – a reutilização, a duração, a sustentabilidade, a flexibilidade, o controle, o custo e o apoio” (E1); “A energia é gerada em usinas maiores e depois passam por usinas menores que têm a função de diminuir a voltagem da energia, para que ela possa ser consumida nas casas” (E8); “Essas usinas são as que a gente encontra nas cidades? Não sei se vocês já viram” (E4). “Deve ser. Eu já vi. Não tem barragem nelas. Então, deve ser essas que têm essa função de diminuir a voltagem da energia” (E8).

A partir da Análise Microgenética, nesse momento de interação entre esses estudantes é possível ver indícios do processo da intersubjetividade ocorrendo. Nesse diálogo, foi observado inicialmente o estudante E8 fazendo uma afirmação na qual associa as subestações localizadas nas cidades com as usinas hidrelétricas. A seguir o estudante E4 faz uma pergunta para o colega e outra para os demais do grupo. Ao responder ao colega, o estudante E8 reflete sobre sua própria frase e se dá conta que não podem ser usinas, justificando com a ausência de barragens. Reorganiza o seu pensamento, indicando a função dessas instalações sem contudo enunciar o nome de “subestações”. Isso aponta para a efetividade da estratégia proposta (SPI) para prover um ambiente no qual o processo da construção de conhecimentos ocorra por meio de trocas no espaço intersubjetivo.

Os conhecimentos foram inseridos na representação dentro de um contexto que colaborou para apontar que os estudantes desse grupo conseguiram desenvolver a compreensão da importância de integrar os conceitos discutidos, mantendo coerência com o problema complexo.

Por meio dessa representação é possível ver indícios de que os estudantes mobilizaram em suas ZDP conhecimentos sobre o tema investigado nessa caixa preta. Quando se compara com as verbalizações realizadas nas etapas anteriores, os estudantes nem sequer chegaram a conjecturar a maioria desses aspectos abordados. Isso pode indicar que os momentos de incentivo à comunicação de ideias durante a atividade colaboraram para a consolidação de saberes dessa caixa preta.

4.3.2 Caixa preta - “Matriz energética e Elétrica”

A Figura 17 apresenta uma síntese da pesquisa que foi socializado pelos estudantes do G2, que estabeleceu uma representação apropriada e integrada dos conhecimentos mobilizados por eles na abertura da caixa preta (Matriz Energética Brasileira), em função do problema complexo investigado.

Nesse esquema sistêmico foi possível perceber que os estudantes do grupo especificaram por meio do título do que se trata a representação elaborada por eles e utilizaram setas para interligar os saberes disciplinares explorados. A presença das imagens colaborou para apontar também coerência visual na representação.

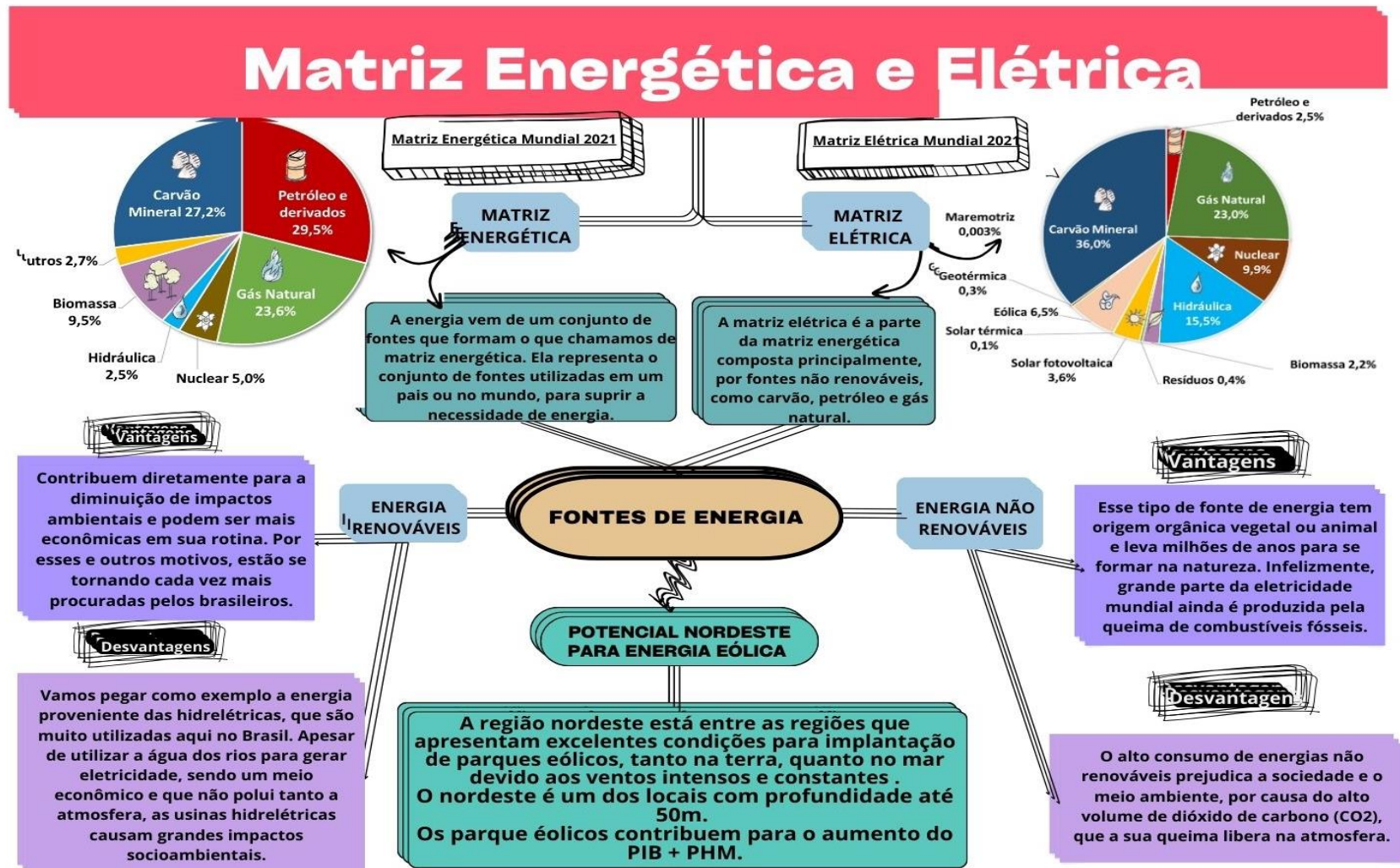
Considerando o critério “utilizar as disciplinas”, nesta síntese foram notados objetos de conhecimento das componentes disciplinares da Geografia, Química e Biologia mapeados no Currículo para o Ensino Médio de PE (Pernambuco, 2021).

Quanto à disciplina de Geografia foi observada a mobilização de saberes referentes ao objeto de conhecimento: fontes de energia e globalização, que está associado à habilidade de analisar as particularidades produtivas no mundo globalizado. Por meio de gráficos deram destaque à matriz elétrica mundial e à matriz energética mundial, inclusive apresentaram uma definição para elas.

Esses objetos de conhecimento também são explorados na disciplina de Química integrado ao objeto de conhecimento fontes abundantes e disponíveis no Brasil e no mundo. No caso, o grupo voltou a atenção para as fontes abundantes no mundo. Ainda relacionado à disciplina Química é possível apontar na síntese elaborada pelo G2 os objetos de conhecimento: Fatores favoráveis e desfavoráveis do uso de fontes alternativas de energia; Energia eólica; Matrizes energéticas exploradas no Nordeste brasileiro.

Nessa direção, o grupo partiu do subtópico fontes de energia para discutir as respectivas habilidades associadas: geração de energia elétrica a partir de fontes naturais renováveis e não renováveis que estão disponíveis no Brasil e no mundo, ponderando os impactos socioambientais; fontes alternativas e sustentáveis de energia, ressaltando tanto fatores favoráveis quanto desfavoráveis e, considerando aspectos socioambientais e as características regionais. No caso, dessa última habilidade foi valorizado, principalmente, o uso de energia eólica como fonte primária para matriz energética do Nordeste brasileiro.

Figura 17 - Mapa Mental construído pelo Grupo 2.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Esses objetos de conhecimento supracitados das disciplinas de Geografia e de Química estão intrinsicamente associados aos objetos de conhecimento recursos naturais e novas tecnologias energéticas e as consequências ambientais. Ambos, mapeados na disciplina de Biologia e conexos a habilidade de apontar caminhos e alternativas tecnológicas relacionadas à intensa utilização dos recursos naturais por parte da sociedade atual.

Contudo, não foi possível apontar indicativos de que o grupo discutiu a necessidade de transformação nos hábitos frente ao emprego das inovações tecnológicas e suas implicações no meio ambiente, procurando tornar mínimas as dificuldades decorrentes de seu uso, que também faz parte dessa habilidade.

Ao analisar o critério “consultar fontes e especialistas”, foi possível perceber que os especialistas indicados foram utilizados pelo G2 e que a maioria dos conceitos discutidos foram reelaborados e empregados na representação interdisciplinar.

As transcrições dos registros de áudio compartilhado pelo grupo com a pesquisadora explicitam um dos momentos de diálogo do grupo em consulta a um dos especialistas indicado na *Webquest*:

“É a matriz elétrica é a parte da matriz energética composta, principalmente, por fontes não renováveis, como: carvão, petróleo e gás natural. E a matriz energética vem de um conjunto de fontes que fornecem... Não, que formam o que chamamos que matriz energética. Ela representa o conjunto de fontes utilizadas em um país ou no mundo. É como se tipo, a matriz elétrica a gente usa diariamente e a matriz energética é a geral, do Brasil” (E7); “A elétrica é uma dentro da energética. A energética inclui todas as fontes de energia?” (E25); “Isso” (E7); “Aí tem fontes de energia que são renováveis e não renováveis? Nesse caso, a gente coloca no mapa vantagens e desvantagens também” (E20).

Nessa situação explicitada, E7 estava explicando para os demais estudantes do grupo a sua compreensão da definição de matriz energética e elétrica a partir de um dos especialistas indicados na *Webquest*. Nesse processo, E7 faz associações e evidencia a definição de conceitos e o emprego de termos científicos, como se constata, por exemplo, na expressão “matriz energética”. Nesse diálogo, ressalta-se a importância da construção coletiva de interpretações e explicações.

Dando continuidade as transcrições do diálogo, foi observado que os estudantes enfatizaram as vantagens das fontes de energia renováveis: “As vantagens das energias renováveis é que elas contribuem diretamente para

diminuição de impactos ambientais e podem ser mais econômicas em sua rotina. Essa é a vantagem da renovável” (E3); “Isso. As não renováveis têm origem orgânica, vegetal e animal, que levam milhões de anos para se formar na natureza” (E7). “Colocamos como vantagem a eólica por ela vir da natureza. E tem um potencial, no Nordeste, para a energia eólica porque a região apresenta excelentes condições para implantação de parques eólicos tanto na terra, quanto na água” (E10); “Aí tem aqui um gráfico da matriz energética mundial, (...) tem as porcentagens vinculado ao que é usada e a matriz energética também tem a porcentagem de cada um” (E25).

Nas interações discursivas desse diálogo é possível constatar que a ferramenta *Webquest* utilizada como especialista na estratégia proposta (SPI) promoveu, da mesma forma que no G1, a interação entre os estudantes, desencadeando a mobilização da troca de percepções à medida que lidavam com a experiência de elaborar ideias dentro de suas respectivas ZDP. De forma que, foi possível vivenciarem um espaço para a associação de ideias, a compreensão de conceitos e a generalização do conhecimento adquirido.

Diante do exposto, foi possível ver evidências de que a consulta de fontes e especialistas foi pertinente ao tema a eles atribuído e permitiu aos estudantes obterem as informações necessárias para a produção de um mapa mental que contemplou diferentes disciplinas.

4.3.3 Caixa Preta “Introdução da eletricidade na vida humana”

A Figura 18 apresenta a síntese socializada pelos estudantes do G3, evidenciando saberes referentes a inserção da energia elétrica no cotidiano humano. O esquema sistêmico constitui o critério “da produção de uma representação apropriada” à dimensão histórica do problema complexo. O título especificou do que se tratava a síntese, indicando por meio de setas as correlações com os pontos de vistas disciplinares.

Na tradução das conclusões da pesquisa, os estudantes do G3 enunciaram informações tanto em linguagem escrita como em linguagem visual, três imagens retratando personagens envolvidos no processo da produção da eletricidade para fins comerciais, com indicação das referências.

Figura 18 – Mapa Mental construído pelo Grupo 3.



Fonte: Dados da pesquisa.

Ao considerar o critério “utilizar as disciplinas” foi observado objetos de conhecimento das disciplinas de História e de Física, conforme o Currículo da Rede Estadual de PE.

No caso de História, saberes do objeto de conhecimento revolução técnico-científica, que está associado a habilidade de identificar e considerar os impactos das transformações históricas ocorridas nos séculos XIX, XX e XXI, sobretudo aquelas que foram provocadas pelos avanços tecnológicos e científicos. Os construtores relacionam “a utilização industrial da eletricidade” ao dínamo, inventado em 1867 por Werner Siemens e a primeira turbina, em 1880, por Leslie. Também fazem ponderações sobre a inserção da energia elétrica no cotidiano das pessoas, tanto no Brasil como no mundo, referenciando o período no qual o país começou a produzir energia elétrica a partir da primeira usina de energia elétrica hidrelétrica “Marmelos – Zero instalada no rio Parabuína, Juiz de Fora (MG)”.

Referente à disciplina de Física, foi notado o objeto de conhecimento Circuito Elétrico associado à tensão elétrica contínua e alternada (Guerra das Correntes). Nessa direção, quando os estudantes indicam impactos na vida humana devido à introdução da energia elétrica com “a criação de redes para abastecer vias públicas, fábricas” é possível identificar uma habilidade listada no referencial curricular associada as contribuições de Tesla para promover os avanços tecnológicos e científicos oriundo de questões relacionadas as diferentes transformações, a transmissão e a distribuição para o consumo de energia elétrica.

Foi constatado a utilização das fontes e especialistas indicadas no roteiro, em formato de *Webquest*, compartilhado com o grupo, pois as referenciaram no mapa mental e as mencionaram na discussão coletiva. Por exemplo, foi encontrado nas transcrições dos áudios do grupo, em um dos momentos de diálogo, paráfrase do conteúdo disponibilizado nos especialistas do roteiro: “A primeira hidrelétrica do mundo foi instalada nos Estados Unidos e no Brasil, a primeira hidrelétrica foi em Juiz de fora, que foi a usina de Marmelo, Minas Gerais. Ela chegou no Brasil em 1879” (E22); Foi Dom Pedro II que permitiu a implementação da primeira Usina Hidrelétrica do Brasil” (E14); “O bom, que por causa da eletricidade a gente tem acesso à internet, a gente consegue se comunicar com pessoas de outros países, a gente consegue fazer compra, a gente consegue vender”; “Isso, a gente tem energia nas casas” (E22).

Esse diálogo também aponta para a efetividade do especialista *Webquest* na estratégia proposta (SPI) para desencadear, no espaço da intersubjetividade, um ambiente que oportuniza construir explicações no processo de construção de conhecimentos.

A representação interdisciplinar trouxe evidências de que os estudantes do G3 aprofundaram seus conhecimentos quando comparado à etapa Clichê, pois há informações mais detalhadas sobre o processo histórico da eletricidade na vida humana, assim como algumas das mudanças geradas por essa inserção.

4.3.4 Caixa Preta “Normas Brasileiras Regulamentadoras”

A Figura 19 apresenta a representação interdisciplinar socializada pelos estudantes do G4 e constitui a construção de conhecimentos associados a disciplina de Física e à normatização da utilização segura da energia elétrica.

Por meio do título, explicitaram do que se trata a representação estabelecendo por meio de setas associações com as dimensões normatizadoras do problema complexo investigado. Assim, considerando o primeiro critério, os blocos de textos expõem a “elaboração de uma síntese integradora” que traduz os conhecimentos explorados pelos estudantes do G4.

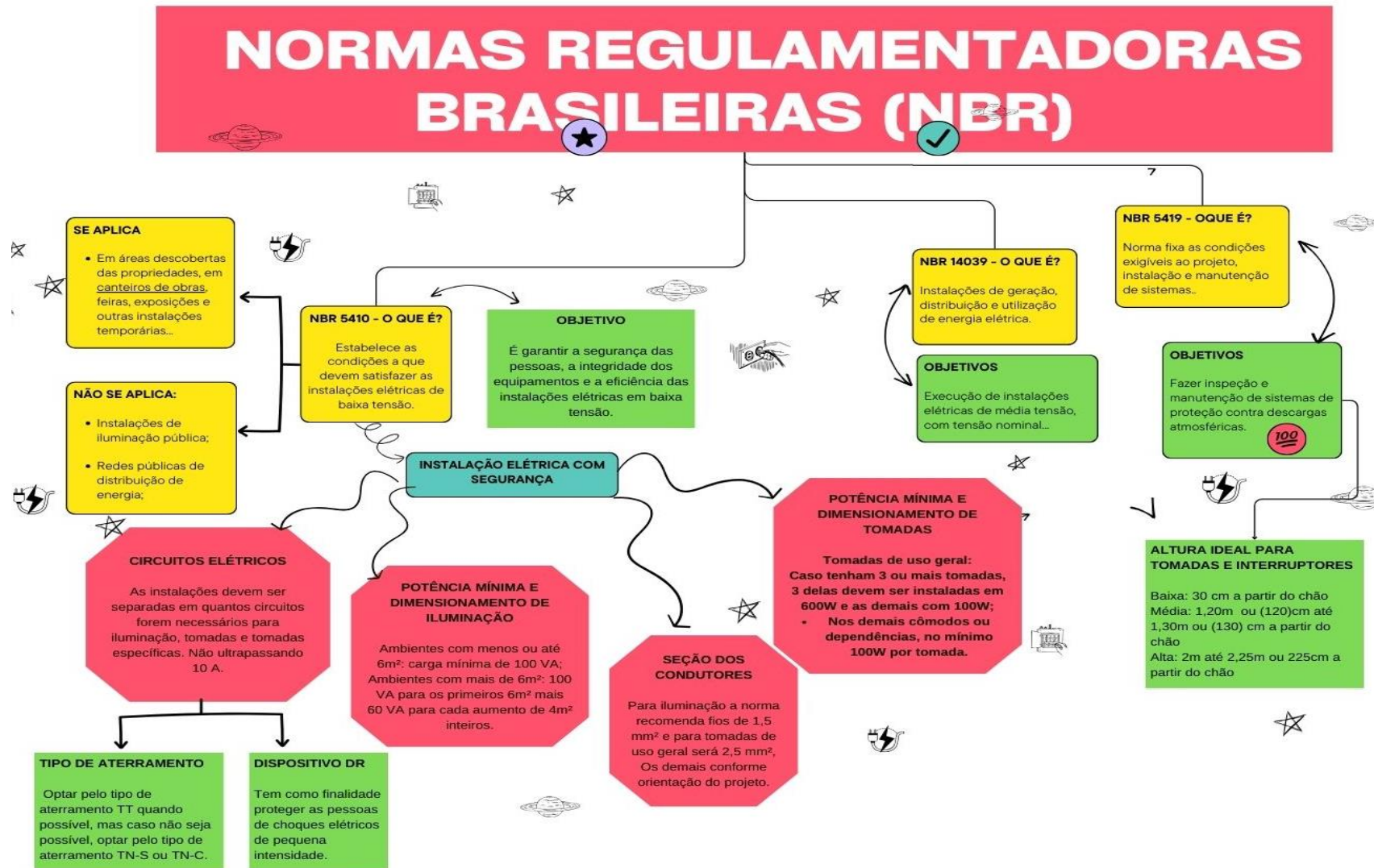
No critério “utilizar as disciplinas” essa caixa, por ser focada no estudo de normas específicas sobre instalações elétricas, é centrada em objetos de conhecimento da disciplina Física.

Contudo, há um objeto de conhecimento implícito no mapa mental que é a própria necessidade e a existência de normas reguladoras, o que era desconhecido pelos estudantes na etapa Clichê.

Associada à disciplina de Física, foram identificados objetos de conhecimento como: Circuito Elétrico e alguns de seus componentes, corrente elétrica, dispositivos de segurança e potência.

O grupo indicou o uso de três normas regulamentadoras (NBR 5410, NBR 5419 e NBR 14039) para o manuseio seguro de energia elétrica, especificando o objetivo de cada uma delas, explicitando informações referentes ao dimensionamento e à altura das tomadas, ao dimensionamento da iluminação e à seção dos condutores.

Figura 19 – Mapa Mental construído pelo Grupo 4.



Fonte: Dados da pesquisa.

Apesar da síntese não indicar as referências consultadas, os blocos de textos elaborados explicitam a reelaboração das informações presentes nas fontes e especialistas indicados. Além disso, as transcrições dos áudios do grupo evidenciam a consulta aos especialistas no momento destinado a esse procedimento.

“Tem a NBR 5410, a NBR 14.039 e a NBR 5.419. Cada norma tem um modo de se aplicar, por exemplo, a norma 14.039 é de instalação, de geração, de distribuição, de utilização de energia elétrica. A norma 5.419 é a norma que fixa às condições exigidas ao projeto. Instalação e manutenção do sistema. O objetivo dessa é fazer expressão e manutenção do sistema de proteção contra descargas atmosféricas” (E13); “Que nem, um exemplo, quando acontece com o ar-condicionado e a gente tem que fazer manutenção de seis em seis meses?” (E21); Isso. Também tem um fio específico para cada área. Se for para a lâmpada tem um fio. Se for para ar-condicionado tem que ter outro tipo de fio. Altura da tomada também não pode ser qualquer altura” (E23); “Hum”; “Tem a baixa que é 30 cm. A média, que é de 1m e 20cm. A alta é de 2m. Tudo a partir do chão” (E32); “Calma, falta um bocado de coisa na minha vida desse circuito elétrico, instalação elétrica com segurança” (E23); “É isso coleguinhas, é “nóis” toda hora” (E13); “Por isso, também os adaptadores nas tomadas em casos de crianças mexerem e não só nisso, como o nível de água também é importante. Que nem aconteceu no Rio Grande do Sul, da água do rio atingir um certo nível e acabar pegando na tomada. Muita gente morreu eletrocutada. Muita gente morreu de choque, por causa dessa questão das alturas das tomadas” (E28).

Diante desse diálogo, é possível constatar que os estudantes do G4 discutiram e consultaram as fontes e especialistas e esse procedimento orientado por meio da *Webquest* possivelmente colaborou para os estudantes do grupo mobilizarem nas suas ZDP conhecimentos respectivos às NBR, pois há informações detalhadas na transcrição acima referentes a importância de se aplicar as normas como forma de evitar acidentes.

A seguir, será apresentada a análise dos dados construídos com a abertura coletiva da caixa preta “Circuitos elétricos simples.

4.3.5 Caixa Preta “Circuitos elétricos simples”

Para a abertura dessa caixa preta, inicialmente, foi realizada a sistematização dos conceitos físicos (corrente elétrica, condutores e isolantes elétricos, circuitos elétricos simples) necessários. Por meio de questionamentos buscou-se valorizar o

conhecimento cotidiano dos estudantes à medida em que iam tendo acesso aos conceitos sistematizados no roteiro compartilhado em formato de *Webquest*.

4.3.5.1 Sistematização de Objetos de Conhecimento da disciplina Física

A partir das transcrições dos registros dos áudios e dos vídeos da gravação foi extraído o diálogo entre três estudantes (os únicos que se manifestaram) que culminou, posteriormente, com a definição de corrente elétrica: “É quando a energia está em movimento” (E3); Eu acho que é o caminho que ela (se referindo à corrente elétrica) percorre para chegar até o interruptor. Se o interruptor estiver desligado, a corrente elétrica não está passando, mas quando liga a corrente começa a passar” (E22); “Até porque, quando tá em risco de levar um choque alguém fala: Toca aí não que tá passando corrente elétrica. Tá vazando corrente” (E14).

Observamos na asserção do estudante E3 a associação de corrente elétrica com energia se movimentando em um caminho. Já os estudantes E22 e E14 não definem corrente elétrica, mas mencionam elementos que indicam um circuito elétrico. O E22 destacou o interruptor com a função de interromper esse caminho percorrido pela corrente elétrica.

Como em nenhuma das falas há a indicação do movimento orientado de cargas elétricas e nem da necessidade da diferença de potencial elétrico (ddp) entre dois pontos, foi sistematizada com os estudantes a definição apresentada pelo especialista indicado no roteiro que definiu corrente elétrica “como um movimento orientado de partículas ou de portadores de carga elétrica por meio de um condutor”.

Questionados sobre o que seria um meio condutor de carga elétrica, o fio emergiu como resposta: “Um fio” (E8); “Os fios de forma geral” (E25).

Os estudantes enunciaram seus conceitos cotidianos referentes ao que é um bom condutor e um mau condutor de corrente elétrica evidenciando que já possuem, no seu nível de desenvolvimento real, conhecimentos concernentes a esses dois conceitos: “Os metais são bons condutores” (E10); “Cobre também é” (E7); “O alumínio também facilita a passagem de corrente elétrica” (E1). No que se refere a um mau condutor, os estudantes enunciaram materiais como borracha, madeira, fita isolante, plástico. Questionados sobre o porquê desses materiais

serem mau condutores, enunciaram respostas como: “Porque eles não facilitam a passagem da corrente elétrica” (E33); “A corrente elétrica vai fluir com certa dificuldade” (E7); “Isso, eles atrapalham o fluxo da corrente elétrica e aí, ela se movimenta devagar”.

Para exemplificar os dois tipos de materiais condutores: os que são bons condutores elétricos (facilitam a passagem da corrente elétrica) e os materiais que são maus condutores elétricos (dificultam a passagem da corrente elétrica), os estudantes foram incentivados a apresentarem na sala materiais bons e maus condutores de eletricidade. Desse modo, emergiram respostas, tais como: “O cabo ((se referindo à borracha)) do computador e do datashow são maus condutores” (E2); “As nossas cadeiras e mesas não são bons condutores” (E8); “O cabo ((se referindo à borracha)) do mouse também é um mau condutor” (E36); “Agora, o cobre dentro dos fios é um bom condutor de corrente elétrica” (E7); “Se triscar num fio descascado você se ferra” (E1).

Quanto ao conceito de circuito elétrico, os estudantes não conseguiram enunciar uma definição aceita cientificamente. Somente na asserção de E8 emergiu uma definição que se aproxima da que foi utilizada neste trabalho: “É uma instalação com fios, lâmpadas e aquele negócio que liga a lâmpada. Como é o nome? Interruptor. Aí, nessa montagem a corrente elétrica flui de um local para outro. Eu vi aqui no roteiro (risos)”.

A fala de E8 indica a sua tradução para a definição apresentada no roteiro compartilhado com os estudantes ou, simplesmente, a sua leitura visual da imagem nele contida. Os demais estudantes silenciaram, demonstrando não saber enunciar uma definição.

O diálogo foi direcionado para fazer fluir o referenciamento dos elementos de um circuito elétrico e para a identificação das principais características desses componentes. Por exemplo, questionados sobre qual elemento fornece energia para o circuito elétrico, os estudantes enunciaram a bateria. Ampliando o diálogo, eles apresentaram que a fonte de energia da sala de aula era a energia hidrelétrica produzida nas usinas. Desse modo, essas asserções indicam que eles agregaram nas suas ZDP conhecimentos abordados nas etapas anteriores.

A asserção de E10 mostrou que ele conseguiu construir conhecimentos referentes à função do interruptor de liberar ou de interromper o fluxo da corrente

elétrica no circuito elétrico simples: “O interruptor facilita ou ele interrompe o fluxo da corrente elétrica”. Os demais estudantes demonstraram concordância por meio do balançar a cabeça.

Questionados quanto aos objetos na sala de aula que seriam os consumidores de energia elétrica, emergiram asserções, tais como: “As lâmpadas” (E16); “Os computadores” (E2); “O ar-condicionado” (E6); “O data show também” (E8).

Referente à função de um resistor em um circuito elétrico, as asserções evidenciam que os estudantes não tinham clareza da sua função, levando a pesquisadora a esclarecer que ele promove resistência a passagem da corrente elétrica.

4.3.5.2 Plataforma *online Tinkercad*

No uso da plataforma *Tinkercad* foi observado um movimento de interação entre os estudantes nos grupos e deles com outros estudantes pertencentes aos demais grupos na realização das simulações de circuitos elétricos simples. Nesse processo, os que conseguiram realizar a tarefa se voluntariaram para auxiliar aqueles que ainda não tinham conseguido: “Se você colocar o resistor do lado errado não vai funcionar” (E8); “Hum... Será que é isso?” (E1); “Hum... Não sei não... mas ele vai vir antes ou depois do interruptor?” (E20); “Acho que depois, né?” (E8); “Aí, clica no fio e apaga?” (E20); “Entendi” (E1); “Tecnologia pura” (E20).

Considerando a extensão do texto para apresentar a análise realizada para os quatro grupos será apresentada apenas, para fins de evidência, a análise dos circuitos elétricos simulados em série e paralelo dos grupos G2 e G3, escolhidos aleatoriamente. Nessa atividade, resultados semelhantes foram evidenciados nos demais grupos.

Para elaborar e simular os circuitos elétricos, os estudantes utilizaram componentes como *leds*, bateria, interruptor e fios jumpers para as conexões, fornecidos na plataforma *online* para *Arduíno Autodesk Tinkercad*. A plataforma foi utilizada como especialista na abertura dessa caixa. Nesse processo, todos os grupos entregaram um esquema de todos os circuitos elétricos simples simulados na plataforma.

Para a simulação dos circuitos em série, todos os grupos, inicialmente, utilizaram dois *leds* associados em série e em seguida três *leds*. Nesse processo, os grupos escolheram a cor do *led*, a fonte de alimentação, o modelo de interruptor e calcularam o resistor adequado para os circuitos elétricos simulados.

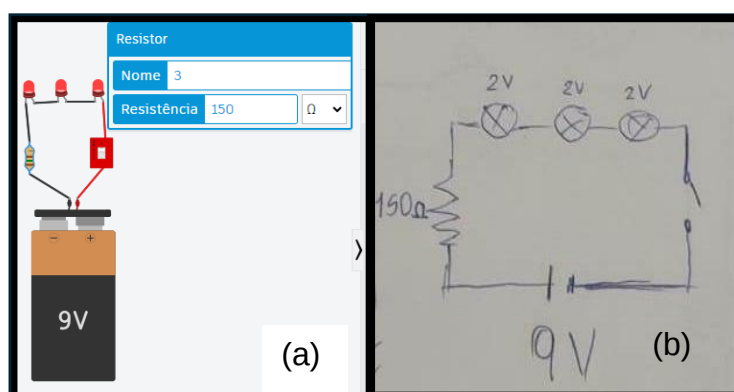
Nos registros do diário de bordo da pesquisadora referente a esse momento foi ressaltado a empolgação da turma no uso da plataforma *Tinkercad*.

“Observei inquietação na turma, não de indisciplina, mas sim de ansiedade para manipular a plataforma *Tinkercad* e ter participação na elaboração das simulações. Neste processo, auxiliei os grupos na organização das atividades propostas para que todos participassem. A elaboração das simulações além das emoções, a percepção dos estudantes à medida que precisaram utilizar seus sentidos (visão) para perceber os detalhes de cada uma das simulações elaboradas”.

A Figura 20 (a) apresenta a simulação realizada pelo G2 e a Figura 20 (b) seu esquema. No simulador, foi verificado que eles fizeram a distinção na cor dos fios para identificar os terminais da bateria.

Nesse processo, efetuaram o cálculo para encontrar o resistor adequado para a situação com três *leds* em série. No caso, foi necessário acender três *leds* vermelhos de tensão igual a 2V e corrente igual a 20 mA em uma alimentação de 9V. Ao realizar as transformações necessárias e aplicar os valores na equação, foi encontrado 150Ω como valor do resistor adequado. Por meio do desenho esquemático, é possível notar que os estudantes representaram corretamente por meio símbolos os elementos (resistor, bateria, *leds*, fios e interruptor) utilizados na simulação.

Figura 20 - Simulação de circuito em série do G2.



Fonte: Dados da pesquisa.

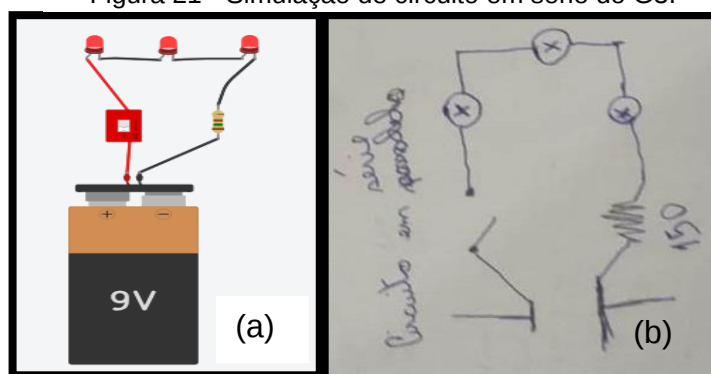
As transcrições dos áudios mostram parte do diálogo dos estudantes desse grupo ao desenharem seu esquema para esse circuito simulado (Figura 20(b)).

“Tem que fazer o desenho, entendeu?” (E3); “Pera, aqui que tá a bateria... positivo, negativo... Acho que é aqui... Aqui tem o interruptor. Como é o símbolo do interruptor?” (E7); “É assim, ele é aberto e ele é fechado. Acho que é ele tá aberto, né?” (E25); “É, conectado” (E7); “Mas, no topo tem que colocar esse símbolo, que é das lâmpadas de led. Uma bola com um “X” dentro” (E25); “Eu vou fazer um monte de bolinha aqui” (E7); “Eu acho que isso aqui tá errado. É melhor tu começar pelo topo. Que são os leds” (E3); “Eita, faltou o resistor aqui” (E7); “E esse resistor tu vai colocar onde? No lugar da bateria?” (E10); “Eu acho que agora foi. Os leds, o fio, o interruptor aberto, o resistor e a bateria”; “Tá... Volta na simulação pra gente comparar o desenho lá... Pra gente ver no negócio lá. O vê só, a gente vê aqui, aqui foi o led” (E25); “Aqui foi o fio, que é um traço” (E3); “Esse é o negativo, né?” (E25); “Humm...”(aprovação) (E7).

A exemplo de outras falas escritas em diálogos anteriores, também foi percebida nesse diálogo a troca de ideias e significados entre os estudantes. Observa-se ainda a ação de estudantes mais capazes (E3 e E25) na condução do processo, indicando ao E7 como elaborar o esquema, enquanto E25 convoca os demais para compararem o esquema com a simulação.

Na Figura 21 (a) é possível constatar o circuito elétrico com três leds em série simulado pelos estudantes do G3 e na Figura 21 (b) seu esquema em símbolos, no qual é possível notar que o grupo representou corretamente os terminais da bateria.

Figura 21 - Simulação de circuito em série do G3.



Fonte: Dados da pesquisa.

Na simulação, o terminal positivo está conectado ao interruptor, assim como no desenho esquemático, o que indica que os estudantes do grupo desenvolveram nos seus níveis de desenvolvimento real significados para o signo de circuito elétrico, representando corretamente todos os símbolos utilizados.

As transcrições dos áudios evidenciam parte da interação desenvolvida nesse momento de construção de conhecimentos referentes ao cálculo do resistor adequado: “Ei, tem que colocar a voltagem do led. Nesse caso, 2 Volts para cada led” (E14); “Nem tá acendendo” (E22); “Nem tá ligado agora (risos). Tem também a voltagem da bateria é 9 Volts, menos o dos leds que é 6 Volts” (E2); “E a intensidade da corrente?” (E16); “Depende, a intensidade da corrente depende da corrente do led, que é 20 miliamperes. Tá na tabela. Então, dividindo isso por 1000” (E2); “Então, eu vou pegar 20 e dividir pra mil é?” (E16); “Isso. Manda simular agora. E ele vai mostrar o valor que encontrou calculando. Pronto. Clica.” (E14); “Tu és muito inteligente né? Essa bicha pensa que só o caramba. Tem que ser inteligente” (E16).

Nesse diálogo é também evidenciado a troca de ideias e significados entre os estudantes desse grupo e a interação deles na elaboração da simulação a partir de informações fornecidas no roteiro, sendo possível inferir que os estudantes do grupo construíram significados nas suas ZDRs referente ao cálculo adequado para um resistor utilizado em um circuito elétrico.

Também foi explorado em grande grupo o princípio de conservação da carga elétrica que flui pelo circuito elétrico em contraste com a percepção de que a corrente elétrica ao passar por um dispositivo é consumida. Ao observarem a situação, os estudantes conseguiram verificar que o brilho do led permaneceu o mesmo que no circuito anterior: “Hum, não mudou o brilho” (E7); “Ficou do mesmo jeito” (E2).

Prosseguindo, os estudantes foram questionados sobre quais elementos tinham sido utilizados e qual a função deles em um circuito elétrico. As asserções constataram que eles os referenciaram pelos seus respectivos nomes e conseguiram destacar, por exemplo, a função da bateria de fornecer a energia.

Na asserção de alguns estudantes foi possível perceber que eles identificaram a função do resistor de reduzir a corrente elétrica no circuito elétrico. Por meio dessas asserções, é possível sugerir que essa simulação pode ter acrescentado conhecimentos que ampliaram nesses estudantes a sua zona de desenvolvimento real ao referenciarem os elementos de um circuito e suas características.

Foi pedido que os grupos retirassem o *led* do meio do circuito com três *leds*,

deixando o circuito aberto e clicando em “iniciar simulação”. Dessa forma, foi observado que em um circuito elétrico simples em série, se retirar um dos elementos de um circuito, deixando-o aberto, o funcionamento do circuito fica comprometido.

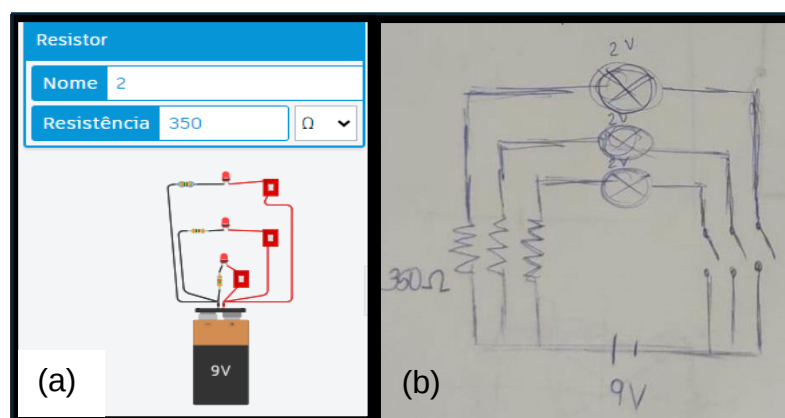
Os estudantes foram solicitados a exemplificarem um circuito elétrico em série que é usado em nosso dia a dia. Três dos estudantes fizeram uma analogia com a situação de alguns dos piscas-piscas, quando uma lâmpada queima ou quebra o funcionamento fica comprometido.

Antes de apresentar as simulações de circuito em paralelo, deve ser esclarecido que a forma na qual a plataforma foi utilizada permite apenas conexões em paralelo se os fios forem ligados diretamente aos terminais da bateria. Por essa razão, os estudantes foram orientados a inserir um resistor em cada circuito.

A Figura 22 (a) apresenta o circuito elétrico em paralelo simulado pelo G2 e na (b) é possível constatar o esquema dele por símbolo. Para essa simulação, o G2 utilizou três leds e um interruptor para cada um deles, de forma que puderam decidir se manteriam os dois leds ou apenas um aceso ou desligado simultaneamente.

O desenho esquemático (Figura 22 (b)) representa corretamente por meio de símbolos o circuito em paralelo simulado. Nesse aspecto, é possível inferir que o grupo tenha internalizado os conhecimentos no seu nível de desenvolvimento real, de forma que novamente representaram corretamente os componentes do circuito.

Figura 22 - Simulação de Circuito em paralelo do G2.

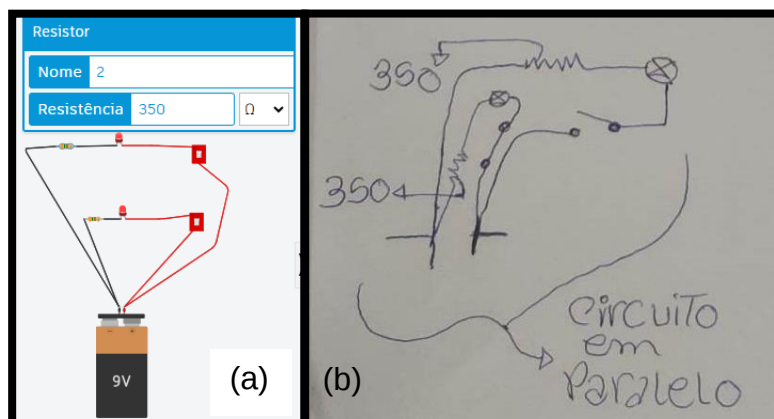


Fonte: Dados da pesquisa.

Na Figura 23 (a) é possível conferir o circuito elétrico em paralelo simulado pelo G3 e na (b) o esquema com símbolos dele. Para essa simulação em paralelo

foi utilizado dois leds e um interruptor para cada um deles, permitindo serem acesos ou desligados de forma independente.

Figura 23 - Simulação circuito em paralelo do G3.



Fonte: Dados da pesquisa.

Novamente o G3 representou corretamente por símbolos todos os componentes do circuito elétrico simulado e o sentido da corrente elétrica (Figura 23 (b)). Dessa forma, é possível inferir que os estudantes do grupo internalizaram nas suas ZDRs o significado de cada um dos componentes utilizados no circuito elétrico.

Posteriormente a elaboração desses circuitos elétrico simples em paralelo, os grupos foram solicitados a diminuir gradativamente o valor do resistor 1 no circuito até chegar em 50Ω . Assim, eles observaram que a luminosidade do led conectado ao resistor 1 foi aumentando gradativamente e quando chegou ao valor pedido o led queimou. No entanto, os outros leds permaneceram acesos.

Em síntese, os dados apresentados com o desenvolvimento dessa etapa de Abertura de Caixas Pretas mostram que nas sínteses elaboradas pelos quatro grupos quando da abertura das caixas de 1 a 4 satisfizeram todos os critérios selecionados para avaliar se uma síntese interdisciplinar estava sendo produzida. Todas as sínteses foram coerentes com as subtemáticas propostas, os especialistas foram consultados e diferentes disciplinas contribuíram para a sua construção.

Quanto a caixa preta 5, o especialista proposto (*Tinkercad*) forneceu os elementos para a construção dos conceitos necessários à compreensão de ligações em série e em paralelo de circuitos elétricos simples.

Em todas as situações a estratégia proposta (SPI) criou condições para o surgimento de um espaço intersubjetivo para que as trocas de significado entre os

estudantes acontecessem. Além disso, nesse espaço observa-se também a orientação de estudantes menos capazes por estudantes mais capazes de modo que, as zonas de desenvolvimento real de todos fosse aumentada.

4.4 ETAPA SÍNTESE FINAL

Após proceder as investigações com a abertura das cinco caixas pretas por meio dos especialistas (disciplinas, NBR, plataforma *online Tinkercad*), todos os quatro grupos elaboraram uma representação interdisciplinar, incorporando os objetos de conhecimento oriundos das caixas pretas abertas, materializada na forma de um mapa mental de forma a responder “*do que se trata*”. Essas representações apontaram que os grupos discutiram os conhecimentos necessário para compreender o problema complexo dos processos envolvidos na geração, na transmissão e na distribuição de energia elétrica para o consumo em residências.

Todos os roteiros e mapas mentais, elaborados por cada um dos grupos na Etapa Abertura de Caixas Pretas, foram compartilhados entre os grupos nessa etapa, para que todos tivessem acesso a todos os mapas e a todos os roteiros, caso, tivessem interesse em ampliar seus conhecimentos.

Considerando que a abordagem de ensino foi focada em um percurso interdisciplinar, posteriormente, foi efetivada uma análise de cada mapa, empregando os critérios de Fourez (2008). Para tanto, foram buscados associando-os a indicadores, ou seja, traços percebíveis adequados com vistas a analisar a qualidade da produção esperada e apontar o nível de domínio do grupo segundo distintos pontos de vistas. Assim como, foram utilizados os índices de interdisciplinaridade para averiguar o grau de integração disciplinar mostrado nas sínteses finais, construídos a partir dos mapas topológicos.

Vale ressaltar, que nos trabalhos encontrados na revisão de literatura, nenhum deles utilizou mapas mentais como a ferramenta para a construção da síntese, bem como nenhum deles fez uso das categorias da Grelha de Avaliação Interdisciplinar de Fourez como abordagem para analisar o produto elaborado pelos estudantes.

Ao comparar a síntese final de cada um dos grupos com a síntese elaborada após a discussão da grelha interdisciplinar de avaliação, é possível apontar que

essa SPI agregou conhecimentos disciplinares no nível de desenvolvimento real desses estudantes que foram ao mesmo tempo produtores e consumidores desta IRI.

Posteriormente, foi realizado um mapeamento no Currículo do EM do Estado de Pernambuco (Pernambuco, 2021) para procurar relações entre as sínteses elaboradas e indícios dos saberes disciplinares por meio da utilização dos objetos de conhecimentos e das habilidades específicas de cada componente disciplinar listada. Desse modo, foi possível notar que foram identificados não somente componentes disciplinares da Biologia, Física, Geografia, História e Química, como também, as Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBR), que orientam a execução segura de serviços de eletricidade nas instalações residenciais.

4.4.1 Análise das Sínteses Finais

Uma primeira análise das sínteses mostra que são compreensíveis e incorporam conhecimentos oriundos das seguintes disciplinas: Biologia, Física, Geografia, História, Química e das normas brasileiras (ABNT, 2004), que regulamentam a segurança em serviços de eletricidade nas instalações residenciais. A disciplina de Biologia aparece nos mapas dos grupos 1, 2 e 3, mas não para o G4.

Outro ponto comum nos quatro mapas é a utilização dos conhecimentos oriundos dos especialistas propostos, conforme listados na fase Panorama Espontâneo. Por exemplo, o conceito de corrente elétrica que está definido no roteiro da caixa preta 5 como correspondente “ao movimento ordenado de partículas com carga elétrica, normalmente elétrons, por meio de um material condutor, como por exemplo, fios de metais”, indicado reformulado no mapa mental do grupo 1.

Outra característica importante dos mapas é que eles trazem contribuição dos conhecimentos elaborados pelos outros grupos durante a etapa de Abertura das Caixas Pretas. Por exemplo, no mapa mostrado na Figura 24, foi possível verificar a presença de conhecimentos discutidos da caixa preta “Geração e Transmissão de Energia Hidrelétrica” aberta por eles com os conhecimentos mobilizados nas demais caixas pretas abertas, principalmente, com a de circuitos elétricos simples.

4.4.1.1 Síntese Final do Grupo 1

A síntese final (Figura 24) apresenta a representação interdisciplinar elaborada pelos estudantes do Grupo1.

Diante do mapa mental elaborado é possível apontar que o grupo conseguiu correlacionar os conhecimentos mobilizados da caixa preta aberta (Geração e Transmissão de Energia Hidrelétrica) por eles com os conhecimentos compartilhados pelos demais grupos referentes às suas respectivas caixas pretas, principalmente, com a caixa preta circuitos elétricos simples, aberta coletivamente.

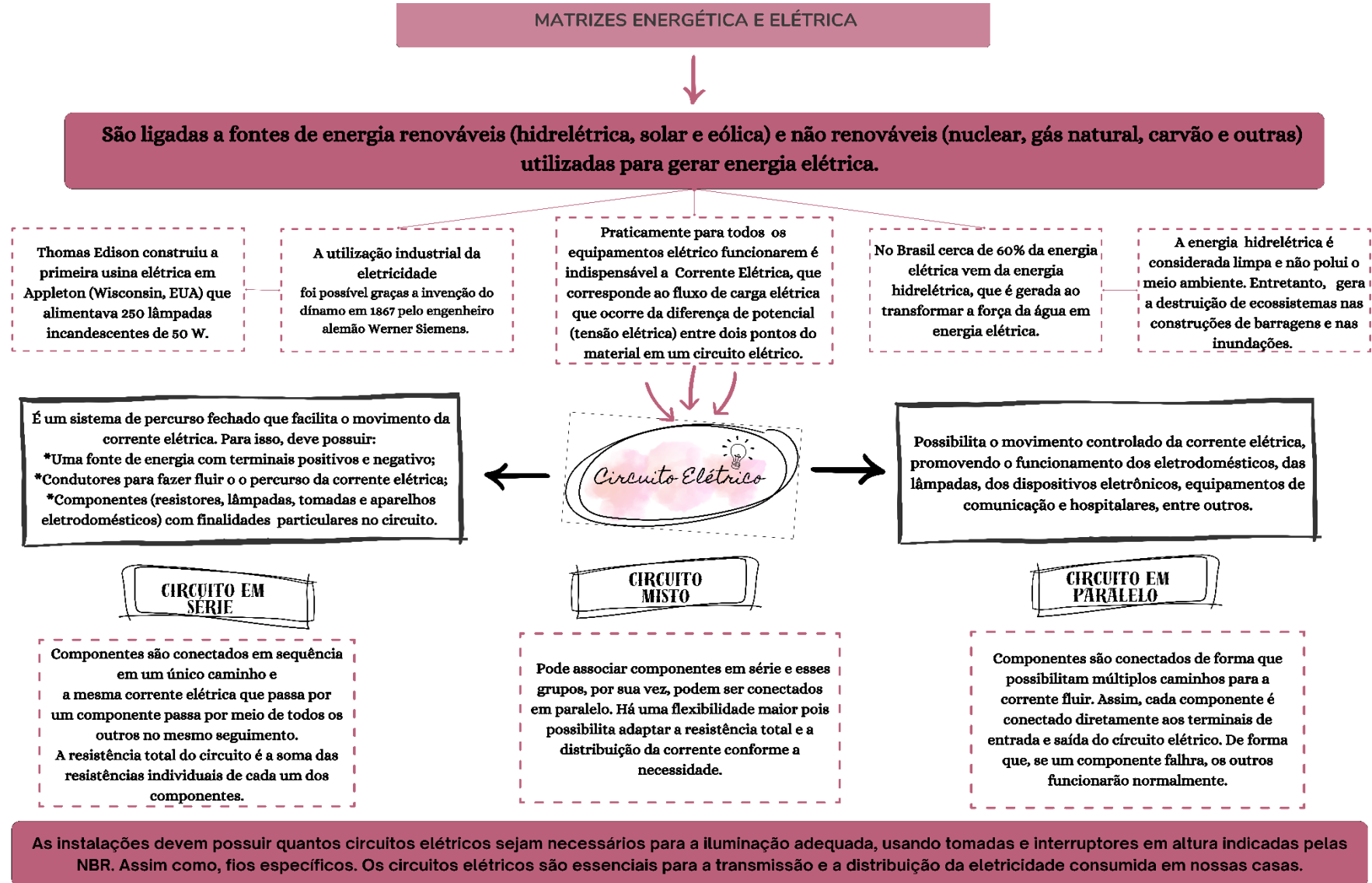
Considerando o critério “formular e contextualizar a problemática” na representação interdisciplinar do G1 foi possível observar que o grupo foi capaz de formular por escrito com palavras suas o problema complexo. De tal forma que se apresenta uma resposta, frente a uma situação concreta.

No critério “produzir uma síntese apropriada”, o grupo G1 foi capaz de apresentar, em linguagem escrita e vocabulário apropriado, uma representação interdisciplinar que evidenciou a contextualização do problema complexo investigado sendo direcionado por um tema central interligado por setas a blocos de textos.

Diante das informações escritas e articuladas por um esquema metódico, foi possível observar que a representação traz diferentes dimensões do problema complexo e estabelece correlações entre os distintos pontos de vista disciplinares mobilizados por meio das cinco caixas pretas abertas. Nesse sentido, há informações que indicam o que está associado à definição de matrizes energéticas e elétricas, exemplos de fontes de energia renováveis e não-renováveis, aspectos históricos do uso industrial da eletricidade, a definição de corrente elétrica, de circuitos elétricos e outros.

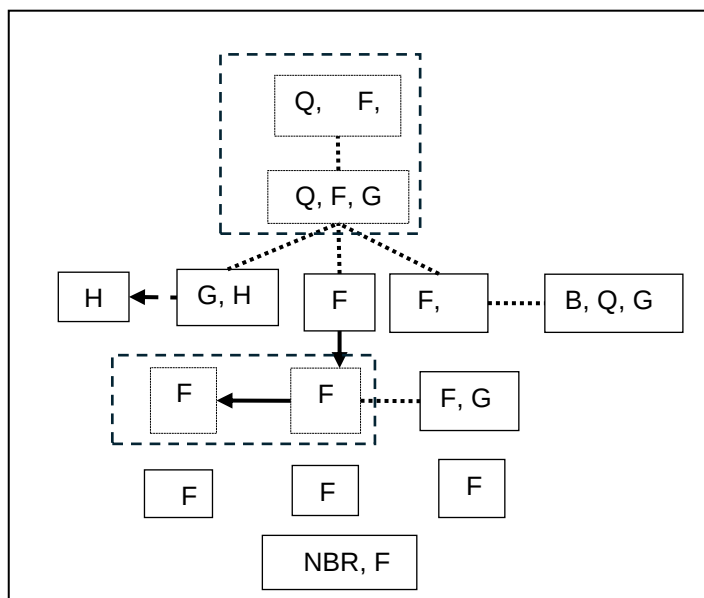
Dos enunciados textuais relacionados aos conhecimentos explorados sobre circuitos elétricos, evidencia-se que nessa representação interdisciplinar os conceitos são enunciados em uma linguagem compreensível. Entretanto, foi observado que eles apenas transcreveram, com poucas alterações, os textos dos especialistas fornecidos por meio do roteiro utilizado na abertura da caixa preta circuitos elétricos simples. Isso pode sinalizar que os estudantes do G1 ainda se encontram em processo de construção conceitual em sua ZDP desses conceitos.

Figura 24 - Síntese Final do Grupo 1.



Com relação ao critério “utilizar as disciplinas” foi possível identificar objetos de conhecimento das disciplinas: Física, Biologia, Química, Geografia e História, o que é mostrado no mapa topológico na Figura 25. Dessa forma, foi constatado que cinco disciplinas contribuíram na elaboração da síntese do G1, além de conhecimentos da Norma Brasileira Regulamentadora que regulamentam a segurança em serviços de eletricidade nas instalações residenciais. Assim, fornecendo seis pontos no fator Contribuição Disciplinar para o Índice de Interdisciplinaridade (Quadro 21) do grupo.

Figura 25 – Mapa Topológico da Síntese final do Grupo 1.



As setas empregadas no mapa topológico mostram as conexões percebidas pelos estudantes entre os conhecimentos oriundos de diferentes grandes áreas do conhecimento, mostrando que o mapa construído transcende a simples justaposição de disciplinas.

Nesse mapa topológico há indicação de elementos conectados por uma definição, destacados contornados por um retângulo, bem como duas conexões entre contribuições de uma mesma disciplina (um ponto para o índice de interdisciplinaridade). A seta linha tracejada coloca em evidência a única Conexão

Interdisciplinar mesma grande área do conhecimento Ciências da Natureza (História e Geografia). O fator Conexões interdisciplinares diferentes grandes áreas é contemplado em cinco conexões representadas pelas linhas pontilhadas presentes nesse mapa, associando duas diferentes grandes áreas do conhecimento: Ciências da Natureza e Ciências Humanas.

Quadro 21 – Índice de Interdisciplinaridade da Síntese do G1

Item	Denominação do Fator	Descrição	Pontuação
1	Contribuição Disciplinar (D)	Biologia, Física, Química, História Geografia e as NBR (1,0 ponto por disciplina).	6,0
2	Conexões Disciplinares (CD)	Duas conexões entre contribuições de uma mesma disciplina.	1,0
3	Conexões interdisciplinares mesma grande área (CMA)	Três conexões entre contribuições de disciplinas de uma mesma grande área (1,0 ponto por conexão).	1,0
4	Conexões interdisciplinares diferentes grandes áreas (CDA)	Cinco conexões entre contribuições de disciplinas de diferentes grandes áreas (1,5 ponto por conexão).	7,5
Índice de Interdisciplinaridade			15,5

Fonte: autora.

A pontuação adquirida para o Índice de Interdisciplinaridade evidencia que o grupo produziu um mapa mental interdisciplinar (IndI diferente de zero), contemplando todos os fatores denominados para as conexões disciplinares e interdisciplinares.

Dentre as conexões observadas, na asserção de texto escrito, associada a componente disciplinar de História foi possível observar conhecimentos referentes ao objeto de conhecimento “revolução técnico-científica”, proposto no Currículo da Rede Estadual de PE. Nesse documento é listado como habilidade para esse objeto de conhecimento, a possibilidade de identificar e analisar os impactos das transformações históricas ocorridas nos séculos XIX, XX e XXI, principalmente as decorrentes dos avanços tecnológicos e científicos. Nesse aspecto, é possível inferir que os construtores dessa IRI exploraram saberes disciplinares referentes a essa habilidade, visto que, a síntese elaborada apontou a utilização industrial da eletricidade associada à invenção do dínamo, em 1867, por Werner Siemens.

O objeto de conhecimento “fontes abundantes e disponíveis no Brasil e no mundo” é mencionado na representação interdisciplinar ao associarem matriz energética e elétrica à disponibilidade de fontes de energia renováveis (hidrelétrica,

solar, eólica) e não renováveis (nuclear, gás natural, carvão e outras). Isto sinalizou a utilização da componente disciplinar Química, que no Currículo de PE está relacionado a habilidade de discutir a produção de energia elétrica a partir de fontes naturais renováveis e não renováveis.

Correlacionado a essa discussão na IRI, os construtores ainda evocaram saberes disciplinares de Biologia que estão associados ao objeto de conhecimento “recursos naturais”, o qual por sua vez, está interligado ao objeto de conhecimento “as novas tecnologias energéticas e as consequências ambientais”. Nesse aspecto, apresentaram a forma hidrelétrica como exemplo de geração de energia elétrica no Brasil e ressaltaram a informação de que é gerada a partir da água. Há menção de que no Brasil 60% da energia elétrica gerada vem de fonte renovável de energia hidrelétrica. Entretanto, não apontaram caminhos que possibilitem minimizar problemas ambientais decorrentes da utilização dos recursos naturais renováveis e não renováveis por parte da sociedade atual de forma a reconhecer a necessidade de mudança de hábitos, como propõe a habilidade no Currículo de PE.

No caso da disciplina Física, foram identificados os objetos de conhecimento: “matrizes energéticas aplicada a geradores (usina hidroelétrica)”; “corrente elétrica”; “circuitos elétricos”; “componentes de um circuito e associações (série, paralelo e mista)”. Diante da discussão referente aos circuitos elétricos (paralelo, série e misto), foi enunciado detalhadamente que por meio deles o fluxo da corrente elétrica é facilitado possibilitando o consumo de energia em eletrodomésticos, dispositivos eletrônicos, equipamentos de comunicação e hospitalares, entre outros.

Na discussão como um todo, é possível perceber que foram contemplados os componentes de um circuito elétrico básico: condutores e isolantes, os dispositivos de segurança (chave e/ou interruptor, fusível e disjuntor), resistores, Lei de Ohm e as associações (série, paralelo e mistas). Dessa forma, é contemplada a habilidade proposta no Currículo de PE respectiva a esse objeto de conhecimento.

Analisando o quarto critério “consultar fontes e especialistas”, foi constatado que para produzir a síntese final o grupo utilizou os especialistas indicados. As informações foram inseridas mantendo uma coerência com o problema complexo e dentro de um contexto que demonstra que os estudantes compreenderam a necessidade de integrar os conceitos na representação interdisciplinar, desenvolveram competência para correlacionar as informações.

4.4.1.2 Síntese Final do Grupo 2

A Figura 26 apresenta a síntese final do G2 elaborada em função do problema complexo. Os estudantes utilizaram setas para interligar os saberes disciplinares e especificaram por meio do título do que se trata a representação interdisciplinar.

Quanto ao critério “formular e contextualizar a problemática”, a representação interdisciplinar do G2 aponta que os estudantes parafrasearam os especialistas consultados, indicando por escrito o que foi considerado na sua elaboração, esboçando os limites da investigação realizada em propósito do problema complexo.

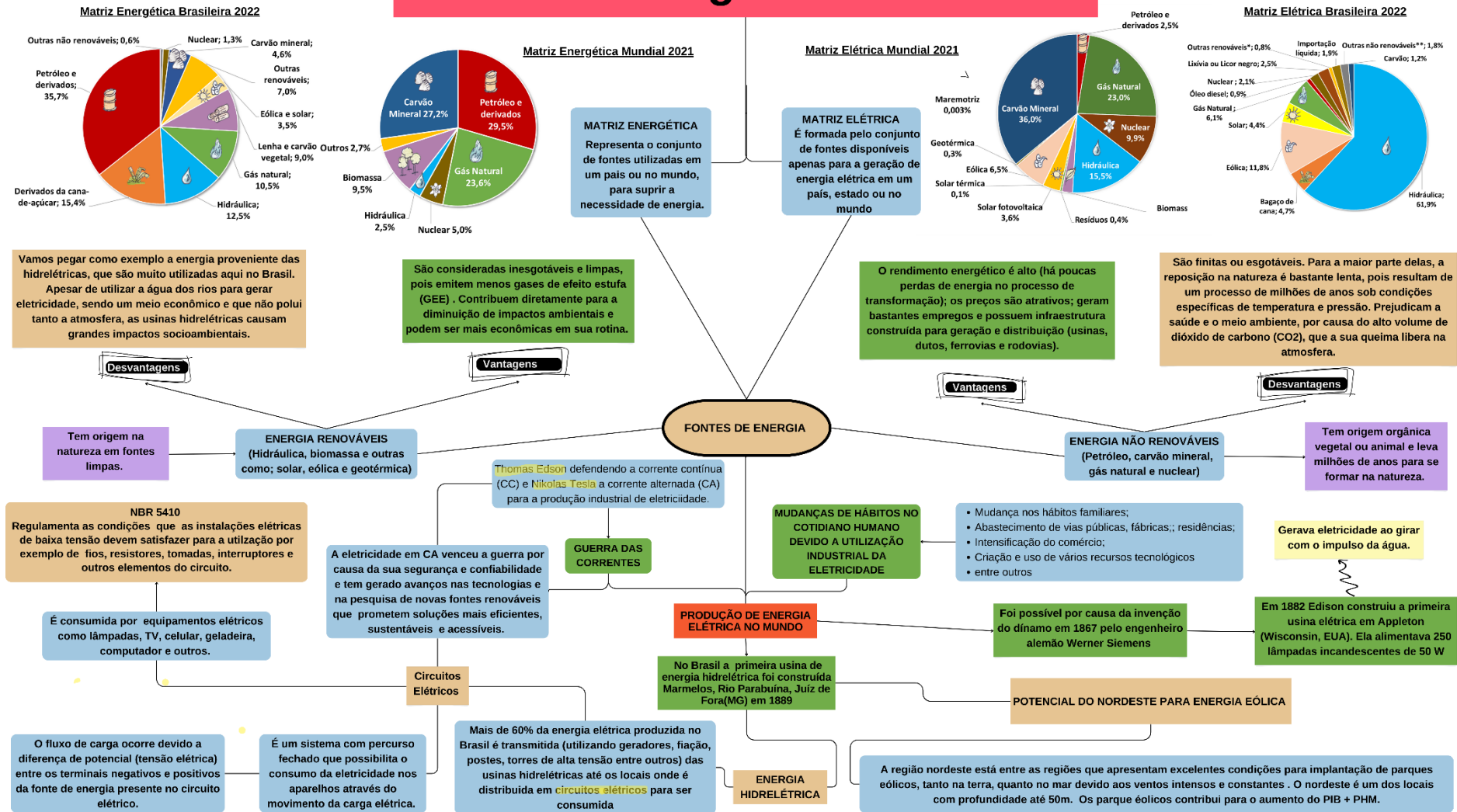
Considerando o critério “produzir uma síntese apropriada”, o grupo G2 forneceu em linguagem escrita e visual uma representação interdisciplinar compreensível, sendo que seu esquema sistêmico reflete a adequação da representação ao problema complexo nas suas dimensões econômicas e ambientais. Por exemplo, apontaram informações de que boa parte (mais de 75%) da energia elétrica gerada no Brasil vem de fontes renováveis em comparação a matriz elétrica mundial que, mais de 60% vêm de fontes não renováveis.

A análise da tradução das informações evidenciou a integração de distintos pontos de vista disciplinares, de forma que foi possível apontar que o grupo estabeleceu correlações entre os conhecimentos presentes na sua caixa preta (Matriz Energética e Elétrica) com as informações compartilhadas pelos demais grupos, em função das suas respectivas caixas pretas. Assim como, com a caixa preta circuitos elétricos simples, aberta coletivamente.

Também é possível apontar que os estudantes do G2 utilizaram além das informações apresentadas nos mapas mentais compartilhados pelos grupos, o roteiro de pesquisa da caixa preta “História da eletricidade e impactos no modo de vida”, visto que, foi identificado informações contidas apenas nos especialistas dessa ferramenta. Isso sinaliza que esses estudantes já têm em sua ZDP capacidade para estabelecer um esquema sistêmico compreensível articulando informações de diferentes saberes disciplinares.

Figura 26 - Síntese Final do Grupo 2.

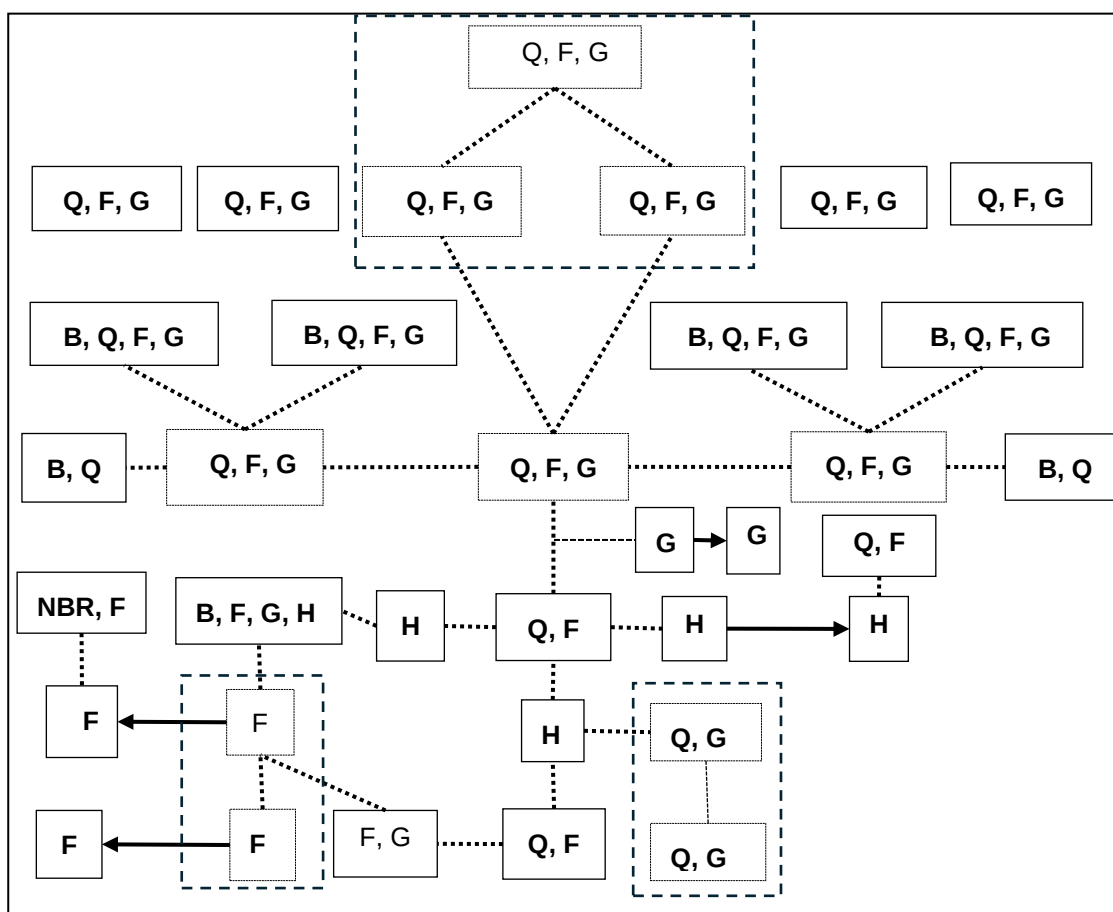
Matriz Energética e Elétrica



Fonte: Dados da Pesquisa.

Com relação ao critério “utilizar as disciplinas”, o G2 integrou cinco distintas contribuições disciplinares (Geografia, História, Física, Biologia e Química) oriundas das cinco caixas pretas, o que pode ser verificado no mapa topológico indicado na Figura 27. Dos enunciados que emanam nos blocos escritos é possível identificar, em uma breve nota, a presença da NBR 5410. Evidenciando seis pontos de contribuição disciplinar para o Índice de Interdisciplinaridade (Quadro 22) desse grupo.

Figura 27 - Mapa Topológico da Síntese final do Grupo 2.



Fonte: Autora. No mapa topológico: Q (Química); F (Física); B (Biologia); H (História); G (Geografia); NBR (Normas Brasileiras Regulamentadoras). Setas linhas contínuas - conexões disciplinares (0,5 ponto cada); Linhas pontilhadas - conexões entre disciplinas de diferentes grandes áreas (1,5 ponto cada).

No mapa topológico há elementos conectados por uma definição, destacados contornados por um retângulo. O grupo realizou quatro conexões entre contribuições de uma mesma disciplina. Apesar de nenhuma conexão entre disciplinas de uma mesma grande área ser identificada, vinte e três conexões entre

disciplinas de diferentes grandes áreas foram registradas, favorecendo o índice de interdisciplinaridade (Quadro 22) com mais de 30 pontos.

Quadro 22 – Índice de Interdisciplinaridade da Síntese do G2

Item	Denominação do Fator	Descrição	Pontuação
1	Contribuição Disciplinar (D)	Biologia, Física, Química, História Geografia e as NBR (1,0 ponto por disciplina).	6,0
2	Conexões Disciplinares (CD)	Duas conexões entre contribuições de uma mesma disciplina.	2,0
3	Conexões interdisciplinares mesma grande área (CMA)	Três conexões entre contribuições de disciplinas de uma mesma grande área (1,0 ponto por conexão).	0
4	Conexões interdisciplinares diferentes grandes áreas (CDA)	Cinco conexões entre contribuições de disciplinas de diferentes grandes áreas (1,5 ponto por conexão).	34,5
Índice de Interdisciplinaridade			42,5

Fonte: autora.

Nesse mapa produzido, o número de conexões entre contribuições de disciplinas de uma mesma grande área foi nulo. Entretanto, na pontuação obtida para o Índice de Interdisciplinaridade fica confirmado que o grupo elaborou um mapa mental interdisciplinar (IndI não nulo).

Entre as conexões, foi possível identificar tanto o objeto de conhecimento “fontes de energia e globalização” quanto o objeto de conhecimento “os avanços tecnológicos e a economia mundial”, ambos da componente disciplinar de Geografia do Currículo de PE.

Nesse documento, esses objetos estão associados às habilidades de “analisar as peculiaridades produtivas no mundo globalizado, dando ênfase a produção local” e “avaliar os avanços do meio técnico-científico-informacional, correlacionando sua influência no modo de vida e na organização espacial humana”.

Referente a essas habilidades, é possível apontar nessa representação a integração de saberes disciplinares das disciplinas de História e Geografia quando correlacionam os impactos na vida humana ao uso industrial da energia elétrica, a partir da invenção do dínamo, pelo engenheiro Werner Siemens.

No caso, o grupo conseguiu integrar os objetos de conhecimento “revolução técnico-científica” e “as transformações históricas ocorridas dessa inserção no cotidiano humano” listados na disciplina de História ao associar a “geração de energia elétrica por meio das matrizes energética e elétrica mundial e brasileira” na

de Geografia. No Currículo de PE a habilidade relacionada a esses objetos é “identificar e analisar os impactos das transformações históricas, ocorridas nos séculos XIX, XX e XXI decorrentes dos avanços tecnológicos e sua influência na emergência de novos valores individuais, coletivos e sociais”.

Relacionado a componente disciplinar da Física, a representação interdisciplinar apontou o objeto de conhecimento “circuito elétrico simples”, valorizando a tensão elétrica alternada e integrando a discussão das contribuições de Tesla para os avanços tecnológicos associados à novas fontes renováveis de energia elétrica.

Nas informações apresentadas, eles discutem questões que mobilizam os processos de geração, de transmissão e de distribuição de energia elétrica para o consumo, ponderando não apenas a disponibilidade de recursos, assim como, “o tempo de renovação, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e os impactos ambientais e culturais” relacionada a habilidade proposta no Currículo de PE para esse objeto de conhecimento. Com essa constatação, é possível indicar que o grupo colocou em evidência interações e tensões com indicações positivas do emprego industrial da eletricidade em CA.

Em dois blocos de texto, o grupo se refere aos conceitos referentes ao objeto de conhecimento “circuito elétrico simples” associado aos componentes do circuito elétrico básico e a corrente elétrica. Desse modo, os conceitos de circuito elétrico e corrente elétrica são definidos pelo G2. Contudo, em momento algum relacionam os circuitos elétricos às associações em série, paralelo e mista. Os dispositivos de segurança (interruptores, tomadas e resistores) são apontados brevemente ao ser indicado a NBR 5410.

Ainda foram identificadas evidências do objeto de conhecimento “matrizes energéticas aplicada a geradores”, sendo possível constatar que o grupo contemplou a habilidade associada no Currículo de PE ao apontar as questões socioambientais relativas ao consumo da sociedade atual em relação às matrizes energéticas e aos recursos renováveis e não renováveis.

Nesse contexto, eles destacaram a usina hidrelétrica como alternativa de fonte renovável e limpa, responsável por 60% da energia elétrica gerada e apontaram o potencial eólico do Nordeste brasileiro, indicando que a região tem condições excelentes (tanto na terra quanto no mar) para a implantação de parques

eólicos para os processos de produção/captação da energia elétrica.

Diante dessa constatação, é possível indicar que grupo integrou saberes disciplinares da Física, da Química e da Biologia. Os objetos de conhecimento integrados se associam ao de “novas tecnologias energéticas e as consequências ambientais” que têm como habilidade disciplinar de Biologia no Currículo de PE, “discutir e apontar caminhos que permitam tornar mínimo os problemas ambientais decorrentes da intensa utilização desses recursos naturais renováveis e não renováveis por parte da sociedade”, frente a utilização das novidades tecnológicas. Diante dessa discussão na síntese, é pertinente considerar que esses construtores correlacionaram habilidades de distintos pontos de vistas disciplinares.

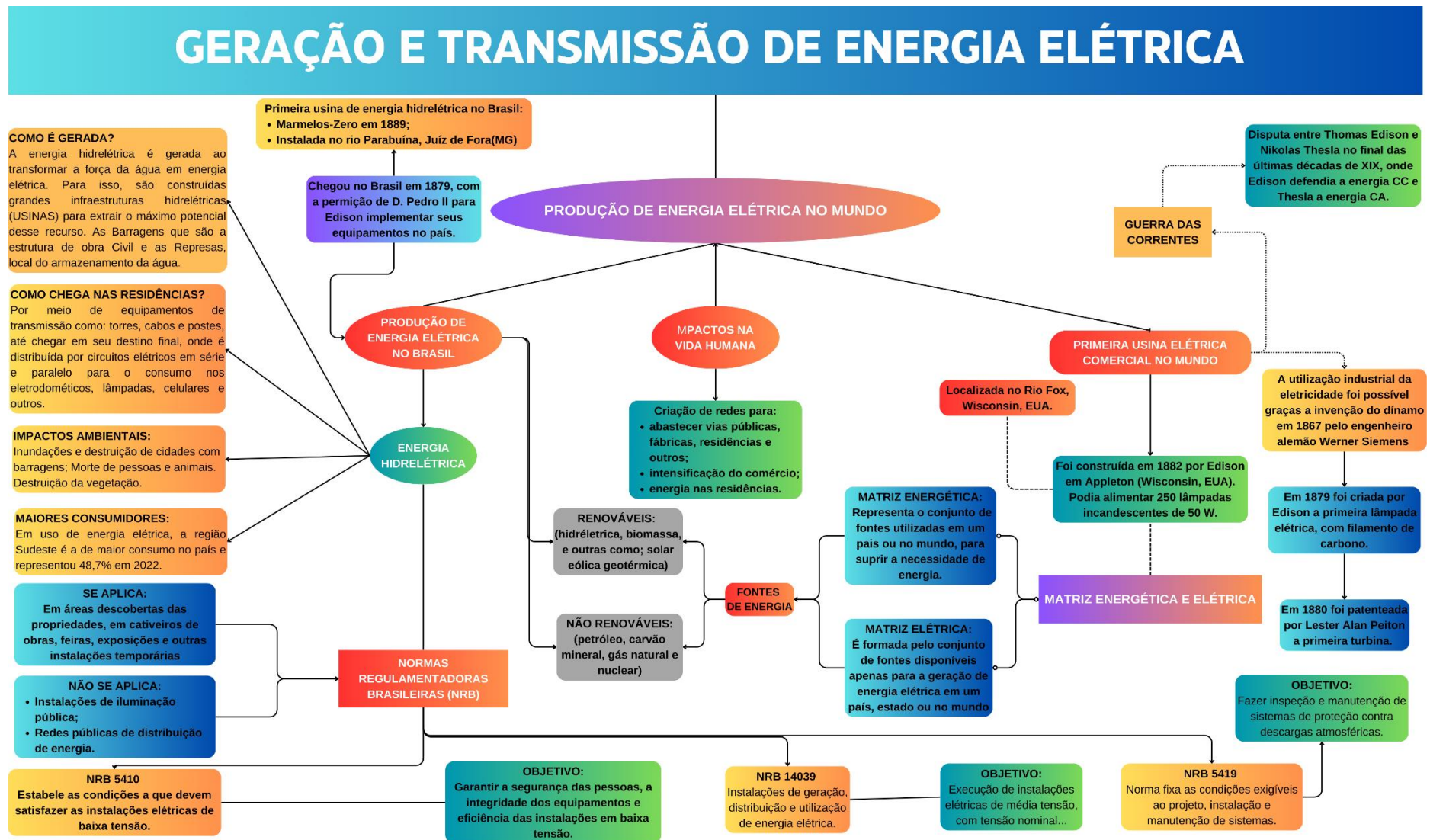
Considerando o quarto critério, foi possível constatar que a “consulta de fontes e especialistas” foi produtiva, no sentido de que o grupo apresentou um esquema estruturado com as informações que foram colhidas nas fontes indicadas como especialistas. A maioria das informações foram reformuladas em função da problemática de partida e se integram em um conjunto coerente. Nesse aspecto, isso pode sinalizar que na ZDP desses estudantes, a competência para reformular e integrar contribuições oriundas das distintas disciplinas está em um processo avançado de desenvolvimento.

4.4.1.3 Síntese Final do Grupo 3

O esquema estruturado na Figura 28 apresenta a representação interdisciplinar elaborada pelos estudantes do G3. Assim, ao observar essa síntese final é possível visualizar conhecimentos associados aos processos de geração, de transmissão e de distribuição de energia elétrica para o consumo em residências.

Avaliando o critério “formular e contextualizar a problemática”, o G3 conseguiu reformular por escrito o problema complexo esboçando em um breve tema do que se trata e o que foi considerado na representação interdisciplinar elaborada. No esquema estruturado, eles utilizaram uma seta para interligar o subtema à contextualização da problemática. A partir do subtema, foi utilizado setas para acrescentar e interligar os conhecimentos adquiridos por meio das aberturas das cinco caixas pretas investigadas, delineando as fronteiras da construção da representação.

Figura 28 - Síntese Final do Grupo 3.



Fonte: Dados da Pesquisa.

No critério “produzir uma síntese apropriada”, o G3 utilizou somente informações em linguagem escrita na elaboração da sua representação interdisciplinar. Assim sendo, foi evidenciada nessa representação interdisciplinar a presença de objetos de conhecimento oriundos das sínteses elaboradas e compartilhadas pelos construtores e consumidores da IRI correspondentes às cinco caixas pretas abertas. Isso reflete a adequação da síntese em propósito do problema complexo escolhido.

No critério “produzir uma síntese apropriada”, o G3 utilizou somente informações em linguagem escrita na elaboração da sua representação interdisciplinar. Dessa forma, foi evidenciada nessa representação interdisciplinar a presença de objetos de conhecimento oriundos das sínteses elaboradas e compartilhadas pelos construtores e consumidores da IRI correspondentes às cinco caixas pretas abertas. Isso reflete a adequação da síntese em propósito do problema complexo escolhido.

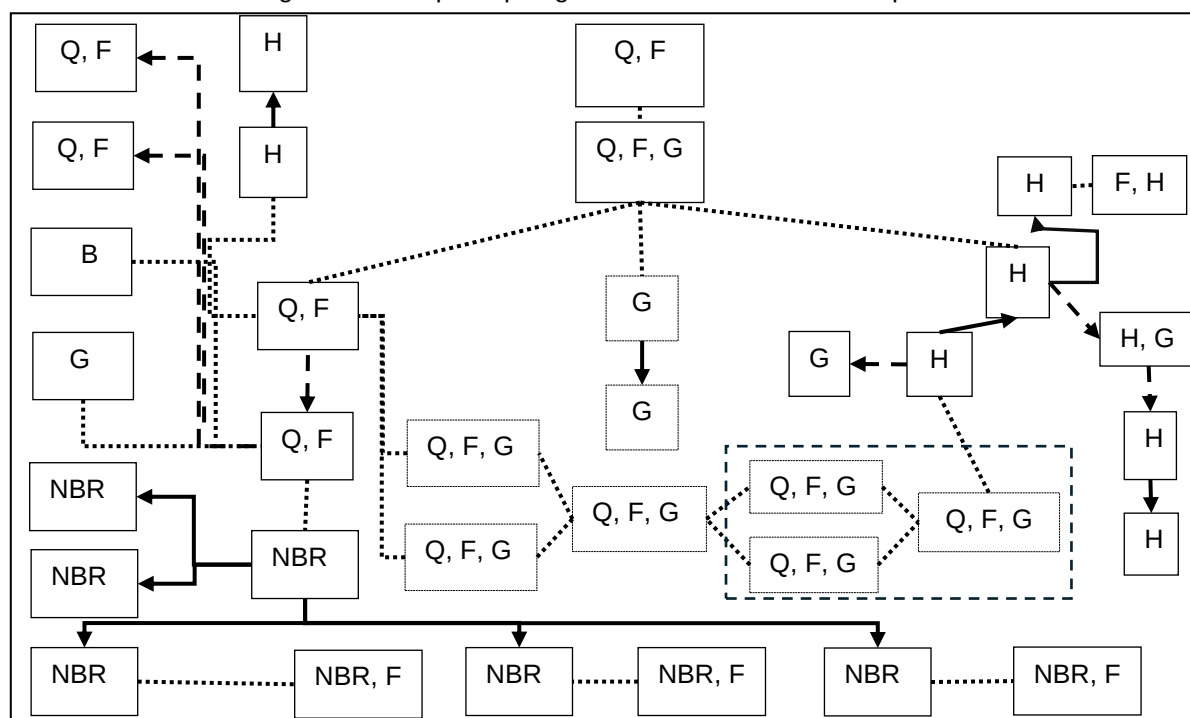
É possível perceber que a representação construída utiliza os saberes disciplinares mobilizados da caixa preta aberta (História da eletricidade e seus impactos no modo de vida) por esse grupo associada às informações compartilhadas entre os estudantes por meio das demais caixas pretas abertas.

A análise das informações evidenciadas na síntese do G3 sinaliza uma representação que integrou diferentes perspectivas disciplinares à propósito do problema complexo escolhido. Essa constatação constitui um bom indicador do domínio que os estudantes do G3 já têm em sua ZDP para elaborar um esquema estruturado e compreensível.

Com relação ao critério “utilizar as disciplinas”, foram identificados conhecimentos embasados em componentes disciplinares como: História, Geografia, Física, Química e Biologia e nas normas (NBR). De forma objetiva as NBR 5410, 5419 e 14039 e seus respectivos objetivos, conforme é possível observar no mapa topológico apontado na Figura 29. Com isso, fica evidenciado seis pontos de contribuição disciplinar para o índice de Interdisciplinaridade (Quadro 23).

Nesse mapa topológico há elementos conectados por uma definição, separados contornados por um retângulo. O fator denominado conexões entre contribuições de uma mesma disciplina foi contemplado em dez conexões.

Figura 29 – Mapa Topológico da Síntese Final do Grupo 3.



Fonte: Autora. No mapa topológico: Q (Química); F (Física); B (Biologia); H (História); G (Geografia); NBR (Normas Brasileiras Regulamentadoras). Setas linhas contínuas - conexões disciplinares (0,5 ponto cada); Setas linhas tracejadas – conexões entre disciplinas de uma mesma grande área (1,0 ponto cada); Linhas pontilhadas - conexões entre disciplinas de diferentes grandes áreas (1,5 ponto cada).

O fator denominado Conexões Interdisciplinares mesma grande área foi contemplado, contribuindo com seis pontos para o índice de Interdisciplinaridade (Quadro 23) desse mapa, por meio das seis conexões observadas nas áreas do conhecimento Ciências da Natureza (Química e Física) e Ciências Humanas (História e Geografia).

Quadro 23 – Índice de Interdisciplinaridade da Síntese do G3

Item	Denominação do Fator	Descrição	Pontuação
1	Contribuição Disciplinar (D)	Biologia, Física, Química, História Geografia e as NBR (1,0 ponto por disciplina).	6,0
2	Conexões Disciplinares (CD)	Duas conexões entre contribuições de uma mesma disciplina.	5,0
3	Conexões interdisciplinares mesma grande área (CMA)	Três conexões entre contribuições de disciplinas de uma mesma grande área (1,0 ponto por conexão).	6,0
4	Conexões interdisciplinares diferentes grandes áreas (CDA)	Cinco conexões entre contribuições de disciplinas de diferentes grandes áreas (1,5 ponto por conexão).	28,5
Índice de Interdisciplinaridade			45,5

Fonte: autora.

As linhas pontilhadas no mapa topológico (Figura 29) colocaram em evidência que o fator Conexões Interdisciplinares diferentes grandes áreas também foi contemplado nas outras dezenove conexões presentes nesse mapa, associando as grandes áreas do conhecimento Ciências da Natureza e Ciências Humanas.

A pontuação alcançada no Índice de Interdisciplinaridade coloca em evidência que o grupo também conseguiu elaborar um mapa mental interdisciplinar (Indl diferente de zero).

Nas conexões identificadas, foi possível observar que os estudantes do G3 apontaram o objeto de conhecimento considerado na disciplina de História revolução técnico-científica, associando aos conhecimentos históricos da utilização industrial da eletricidade à invenção do dínamo, em 1867, por Werner Siemens.

O objeto de conhecimento “os avanços tecnológicos e a economia mundial” é exemplificado em uma nota na representação interdisciplinar no subtópico impactos na vida humana. Nesse aspecto, indicou a utilização de saberes disciplinares da Geografia, que no Currículo para o Ensino Médio de PE está relacionado à habilidade de avaliar os avanços do meio técnico-científico-informacional, analisando sua influência no modo de vida e na organização espacial dos diferentes grupos humanos.

Em relação à Física, é possível identificar o objeto de conhecimento Circuito Elétrico (comparação entre corrente elétrica contínua e alternada), associando as contribuições Tesla para as novas tecnologias e transformação de outras modalidades de energia em energia elétrica à disputa conhecida como “Guerra das correntes”, protagonizada entre Thomas Edison e Nikolas Tesla, na qual Edison defendeu, para geração de eletricidade com fins comerciais, o uso de corrente contínua (CC) e Tesla a da corrente alternada (CA).

O objeto de conhecimento “fontes abundantes e disponíveis no Brasil” está conectado na representação interdisciplinar do G3 ao ser abordada uma definição para matriz energética e elétrica a associando à disponibilidade de fontes de energia renováveis (hidrelétrica, solar, eólica) e não renováveis (nuclear, gás natural, carvão e outras). Isto sinalizou a utilização da disciplina Química, que no Currículo de PE está associado à habilidade de discutir a produção de energia elétrica a partir de fontes naturais renováveis e não renováveis, considerando os impactos socioambientais.

Nessa direção, o grupo interligou conhecimentos históricos relacionados à geração de energia elétrica no Brasil, trazendo como exemplo a forma hidrelétrica, ressaltando informações de como é gerada, como chega nas residências, impactos ambientais e apresentando a região Sudeste como a maior consumidora em uso de energia elétrica no Brasil, representando 48,7% do consumo em 2022.

Diante dessa constatação, é possível indicar que o G3 integrou saberes disciplinares da História, da Química e da Biologia ao discutir a utilização dos recursos naturais por parte da sociedade atual, valorizando como exemplo, a forma de energia hidrelétrica e reconhecendo suas consequências ambientais e culturais no processo histórico de sua inserção no cotidiano humano, que está relacionado ao objeto de conhecimento novas tecnologias energéticas e as consequências ambientais, proposta para a disciplina de Biologia no Currículo de PE.

Analisando o critério “consultar fontes e especialistas”, foi constatado que, para produzir a síntese final, o grupo utilizou os especialistas indicados e reformulou as informações recolhidas em linguagem escrita, mantendo coerência com o problema complexo. As informações, também foram inseridas dentro de um contexto que demonstra que o grupo compreendeu a necessidade de integrar os conceitos mobilizados na representação interdisciplinar.

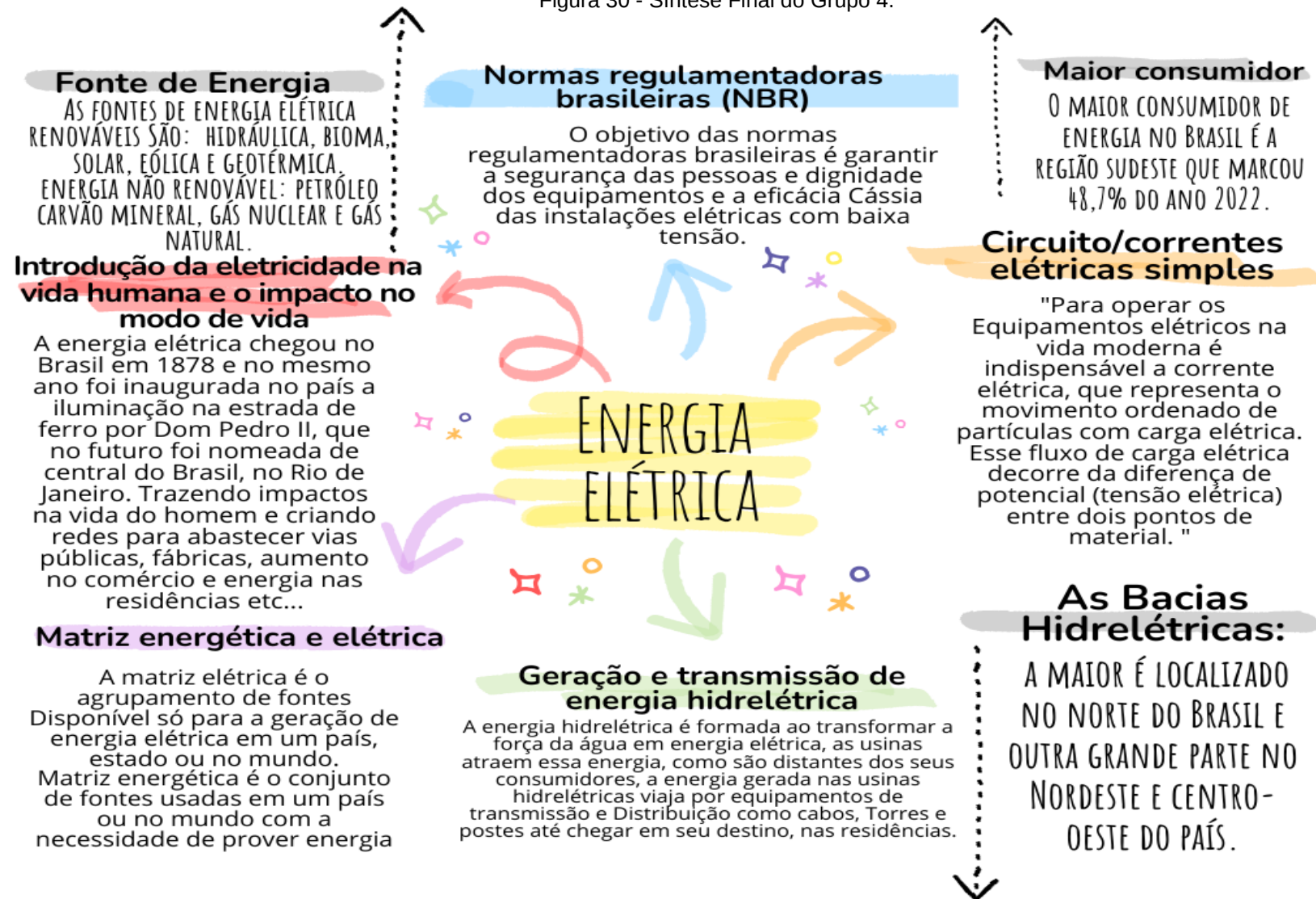
Assim, o grupo utilizou blocos de textos relacionados aos processos que ocorrem na transmissão da energia elétrica desde as usinas até as residências dos consumidores. Nesse direcionamento, é possível visualizar aspectos tanto da forma como é distribuída em residências (circuitos elétricos) para ser consumida por eletrodomésticos e outros aparelhos eletrônicos, quanto das normas regulamentadoras brasileiras: NRB 5410, NRB 14039 e NRB 5419.

4.4.1.4 Síntese Final do Grupo 4

Na Figura 30 é possível observar a representação interdisciplinar elaborada pelos estudantes do Grupo 4.

Considerando o critério “formular e contextualizar a problemática”, na representação interdisciplinar do G4 a problemática foi reformulada esboçando do que se trata. A partir do tema, os blocos de textos são interligados por setas delineando os limites do esquema estruturado.

Figura 30 - Síntese Final do Grupo 4.



Fonte: Dados da pesquisa.

Com relação à competência “produzir uma síntese apropriada”, foi evidenciado que o G4 elaborou sua representação levando em consideração a aparência estética, dando uma função para a tipologia e para as cores. Eles indicaram o que é matriz energética e elétrica e do que elas são formadas. Listaram alguns impactos no modo de vida humano com a inserção da eletricidade no dia a dia.

Também apresentaram uma definição para circuito elétrico e corrente elétrica. Entretanto, na tradução das conclusões da pesquisa, os blocos de texto são interligados apenas ao título central, sem integrar as informações colhidas dos diferentes pontos de vista disciplinares mobilizados na abertura das caixas pretas e consequentemente, utilizados na elaboração dessa representação. Nesse aspecto, é provável que os estudantes do G4 ainda não tenham desenvolvido em sua ZDP indícios de domínio para articular e realizar correlações entre pontos de vistas disciplinares distintos.

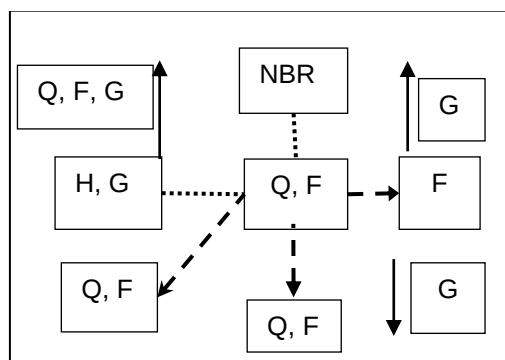
No critério “utilizar as disciplinas”, foi identificado nas asserções explicitadas da representação do G4 a utilização das componentes disciplinares como: História, Geografia, Física e Química e em uma breve nota as NBR. Nesse aspecto, não foram apontados dispositivos de segurança como: interruptores, tomadas e resistores.

Diante desse fato, se evidencia que quatro disciplinas colaboraram na elaboração da síntese do G4, além de conhecimentos da respectiva Norma Brasileira Regulamentadora. Totalizando cinco pontos no fator Contribuição Disciplinar para o Índice de Interdisciplinaridade (Quadro 24) alcançado pelo grupo.

Nenhuma das asserções indicaram elementos conectados por uma definição. As conexões entre essas disciplinas identificadas por meio das asserções que contribuíram para o mapa mental estão expressas no mapa topológico apontado na Figura 31.

Observando o mapa topológico (Figura 31), é possível notar três conexões com disciplinas (Química e Física) de mesma grande área do conhecimento - Ciências da Natureza (setas de linhas tracejadas). Inteirando três pontos de contribuições de disciplinas de uma mesma grande área disciplinar para o Índice de Interdisciplinaridade (Quadro 24).

Figura 31 – Mapa Topológico da Síntese Final do Grupo 4.



Fonte: Autora. No mapa topológico: Q (Química); F (Física); H (História); G (Geografia); NBR (Normas Brasileiras Regulamentadoras). Setas linhas tracejadas – conexões entre disciplinas de uma mesma grande área (1,0 ponto cada); Linhas pontilhadas - conexões entre disciplinas de diferentes grandes áreas (1.5 ponto cada).

Também foram observadas que duas conexões presentes nesse mapa são de diferentes grandes áreas do conhecimento - Ciências da Natureza e Ciências Humanas (linhas pontilhadas). Dessa forma, esse fator foi contemplado e contribuiu com três pontos para o Indl (Quadro 24).

Quadro 24 – Índice de Interdisciplinaridade da Síntese do G4

Item	Denominação do Fator	Descrição	Pontuação
1	Contribuição Disciplinar (D)	Biologia, Física, Química, Geografia e as NBR (1,0 ponto por disciplina).	5,0
2	Conexões Disciplinares (CD)	Sem conexões entre contribuições de uma mesma disciplina.	0
3	Conexões interdisciplinares mesma grande área (CMA)	Três conexões entre contribuições de disciplinas de uma mesma grande área (1,0 ponto por conexão).	3,0
4	Conexões interdisciplinares diferentes grandes áreas (CDA)	Duas conexões entre contribuições de disciplinas de diferentes grandes áreas (1,5 ponto por conexão).	3,0
Índice de Interdisciplinaridade			11

Fonte: autora.

A pontuação adquirida para o Índice de Interdisciplinaridade colabora para confirmar que o grupo produziu um mapa mental interdisciplinar (IndI diferente de zero). Nesse mapa produzido, o número de conexões estritamente disciplinares foi nulo.

Dentre as conexões observadas, o objeto de conhecimento “revolução técnico-científica” considerado na disciplina de História foi apontado na representação do grupo, associado aos conhecimentos históricos da utilização

industrial da eletricidade no Brasil, destacando o início dessa inserção em 1878 por D. Pedro II. Ao relacionar essa inserção da eletricidade com mudanças no modo de vida humano é possível apontar que o grupo discutiu parte da habilidade referente a esse objeto de conhecimento no Currículo de PE. No caso, identificou impactos das modificações históricas que ocorreram no decorrer dos séculos XIX, XX e XXI, principalmente os referentes aos avanços tecnológicos e sua influência na emergência de novos valores individuais, coletivos e sociais.

Em um dos blocos de texto, foi possível observar que os construtores da representação apresentaram conhecimentos referentes ao objeto de conhecimento “o planeta terra: Bacias hidrográficas”, proposta para ser investigado na componente disciplinar de Geografia, proposto no Currículo de PE. Nesse documento, é listada como habilidade para esse objeto de conhecimento a possibilidade de identificar e analisar o processo geológico de constituição e consolidação da Terra, identificando os resultados dessas transformações naturais e antrópicas ocorridas na superfície terrestre, interpretando as mútuas influências entre a biosfera e a atmosfera. Nesse aspecto, não é possível inferir que os construtores dessa IRI exploraram saberes disciplinares referentes a essa habilidade, visto que há somente uma breve nota destacando que a maior bacia hidrográfica está localizada na região Norte do Brasil, mas não especificam qual é e nem trazem nenhuma outra informação que possa evidenciar que o grupo utilizou os saberes disciplinares referentes a essa habilidade.

O objeto de conhecimento “fontes abundantes e disponíveis no Brasil e no mundo” foi evidenciado na representação do G4 ao ser definido matriz energética e elétrica e ao indicarem, mesmo que de forma dissociada, fontes de energia renováveis (hidrelétrica, solar, eólica, bioma e geotérmica) e não renováveis (gás nuclear, gás natural, carvão mineral e petróleo). Isto sinalizou a utilização de objetos de conhecimento da disciplina Química, que no Currículo de PE está associado à habilidade de apontar a geração de energia elétrica a partir de fontes naturais renováveis e não renováveis. Nessa direção, na representação o grupo não fez essa associação dos conhecimentos integrando as matrizes elétricas às fontes de energia.

O grupo se refere a conceitos associados ao objeto de conhecimento “circuito elétrico” conexo à corrente elétrica. Nessa direção, circuito elétrico e corrente elétrica são definidos. Contudo, em momento algum apontam alguns dos componentes do

circuito elétrico básico e nem as associações em série, paralelo e mista.

Considerando o critério “consultar fontes e especialistas”, é possível ver indícios de que para elaborar essa representação o grupo fez uso dos especialistas indicados. Entretanto, apesar de as informações recolhidas serem pertinentes, eles não reformularam boa parte dessas informações e simplesmente reproduziram no estado bruto. Diante da representação, é possível ver indícios de que as informações foram inseridas dentro de um contexto que demonstra que os estudantes do G4 não conseguiram compreender a necessidade de integrar de forma dialógica os diferentes pontos de vistas ou fontes.

Finalizando essa análise das sínteses construídas, o Quadro 25 sintetiza o Índice de Interdisciplinaridade (IndI) para cada mapa mental produzido. Nele é possível constatar que todos os grupos produziram mapas mentais interdisciplinares (IndI diferente de zero), entretanto os grupos 2 e 3 alcançaram uma pontuação alta, em comparação aos grupos 1 e 4. Esses dois grupos produziram mapas que têm várias conexões entre disciplinas de diferentes grandes áreas do conhecimento.

Quadro 25 - Índice de Interdisciplinaridade das Sínteses.

Grupo	Disciplinas	CD	CMA	CDA	IndI
1	6,0 (B, F, G, H, NBR, Q)	1,0	1,0	7,5	15,5
2	6,0 (B, F, G, H, NBR, Q)	2,0	0	34,5	42,5
3	6,0 (B, F, G, H, NBR, Q)	5,0	6,0	28,5	45,5
4	5,0 (F, G, H, NBR, Q)	0	3,0	3,0	11

Fonte: Autora. CD: Conexões Disciplinares; CMA: Conexões Mesma Área; CDA: Conexões Diferentes Áreas; B: Biologia; F: Física; G: Geografia; H: História; NBR: Normas Brasileiras; Q: Química.

Mesmo com a baixa pontuação relativa, os grupos 1 e 4 produziram mapas que contém conexões entre disciplinas de diferentes áreas. Nos mapas produzidos pelos quatro grupos, o número de conexões estritamente disciplinares é pequeno, sendo nula para o grupo 4.

4.4.2 Problema Complexo mapeado em Objetos de Conhecimentos pertencentes ao Currículo de Pernambuco para o Ensino Médio

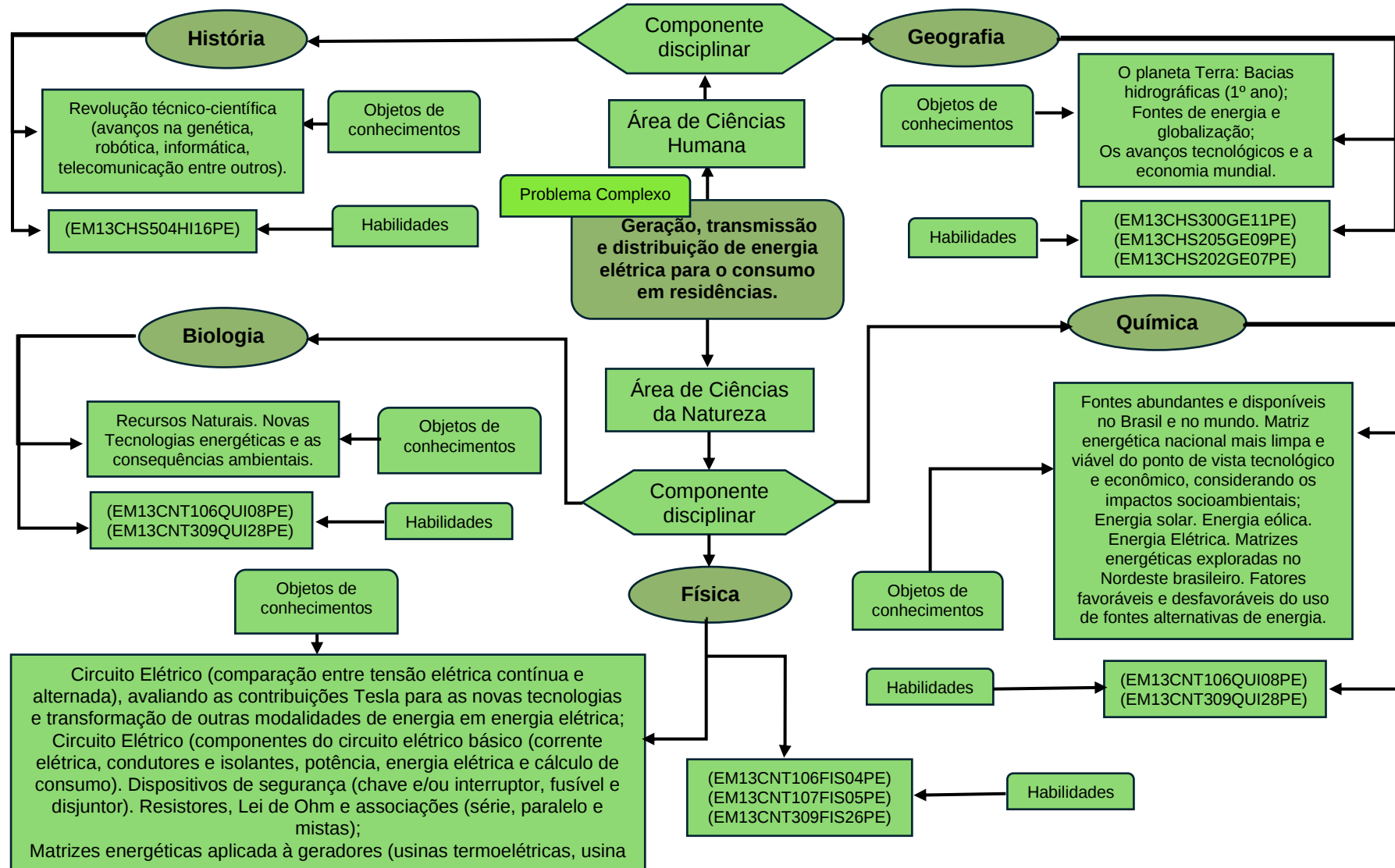
O Currículo do Estado de Pernambuco (2021), elemento comum aos estudantes do EM é o documento que norteia as práticas pedagógicas em sala de

aula. Ele está em consenso com as Diretrizes Curriculares para o EM e a organização da BNCC por área de conhecimentos, trazendo a contribuição de cada componente disciplinar, “além do organizador curricular com as habilidades da BNCC e as habilidades específicas de cada um dos componentes e seus objetos de conhecimentos, distribuídos ao longo dos três anos do EM” (Pernambuco, 2021, p. 83).

Diante desse fato, se tornou ressaltante mapear no Currículo de Pernambuco os objetos de conhecimento e de habilidades referentes ao problema complexo investigado nesta Sequência de um Percorso Interdisciplinar. A análise dos quatro mapas mentais com a perspectiva de identificar no Currículo (Pernambuco, 2021) da rede de Pernambuco as componentes disciplinares, os objetos de conhecimento e as respectivas habilidades no que tange ao problema complexo, apresentou como resultado os dados indicados na Figura 32.

Em relação ao desenvolvimento de atividades interdisciplinares no ensino médio é possível perceber que seguindo o percurso de construção da IRI o professor pode desenvolver na sua prática pedagógica ações interdisciplinares e cumprir o programa proposto pelo Currículo de Pernambuco

Figura 32 - Mapeamento no Currículo de Pernambuco – Ensino Médio (Pernambuco, 2021) de objetos de conhecimento e habilidades relacionadas ao problema complexo.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.5 ENTREVISTA²⁷

As entrevistas duraram entre cinco e sete minutos. Foram entrevistados dois estudantes de cada grupo e as enunciações verbalizadas por eles não foram monossilábicas. Nenhum deles apresentou crítica ou sugestão relacionada a SPI.

Analisaremos agora as respostas dadas pelos estudantes às perguntas realizadas durante a entrevista.

P - Em sua opinião, o uso do Arduino virtual facilitou, dificultou ou foi indiferente para a sua aprendizagem sobre circuitos elétricos? Você poderia me explicar por que, em sua opinião, facilitou ou dificultou?

EN1 - Sim facilitou. A gente fez as simulações ali no computador ((o estudante dirige o olhar para o computador)) (). Tô no terceiro ano, né? E a gente está estudando sobre circuitos e a gente já vai ter prova essa semana e eu confesso que o professor explicando, eu não entendi muito bem, mas aqui na prática, fazendo pelo computador, eu consegui entender direitinho.

EN2 - Facilitou a aprendizagem (...) porque a gente tá basicamente aprendendo isso nas aulas de física. E eu não entendia muito bem (...) aí aqui eu consegui, como é que se calcula a resistência (...). Eu tinha muita dúvida lá nas aulas, aí aqui na prática, eu consegui.

EN3 - Eu achei bem diferente, porque é algo que eu nunca utilizei antes. Então, ele facilitou a ver como que eu posso usar na prática, tipo, ele facilitou porque como as pessoas ((ruído de cadeira que impossibilitou de identificar a fala do estudante)) (...) aprendem mais rápido pelo computador, em uma simulação (...) eu acho que ele facilitou dessa forma.

EN4 - Ele facilitou. Eu aprendi melhor... Com o Arduino mexendo... Com tudo computadorizado eu consegui mexer melhor com as coisas. Aí, aprendi na prática como se faz.

EN5 - Eu já tinha trabalhado com Arduino... Não tinha trabalhado totalmente, mas, eu tinha já tinha visto um pouco sobre. Mas, não tão complexo, igual eu vi aqui. Então, eu acho que ele facilitou (...) Foi... Mais fácil do que eu imaginava. Pensei que seria mais complicado, mais difícil, pelo jeito de que foi passado anteriormente para mim.

EN6 - Ele facilitou porque me deu uma noção de como mexer nas coisas e montar os circuitos elétricos.

EN7 - Ele facilita bastante né, principalmente para quem não tem um Arduino em casa e gostaria de aprender... Como é que os circuitos elétricos passam na residência ou é algum componente eletrônico que a gente tem né... Um eletrodoméstico em casa. Então, ele facilita bastante para quem não tem um acesso ao Arduino, ele é muito útil pra... pra essas pessoas... essa pessoa que gosta, né...que tem interesse em estudar, investir nos estudos, isso aí... Então, facilitou bastante.

EN8 - Porque eu pude visualizar... É... na prática o assunto de circuitos elétricos e ... a gente consegue esquematizar também. Tem uma função lá no... Tinkercad que você consegue ver o esquema. É muito mais prático para você montar de forma lúdica e depois ter o esquema formalizado lá ... É bom também para saber a questão dos símbolos, porque você seleciona o led, mas aí não lembro qual é o símbolo do Led ... mas aí, quando você

²⁷ Para diferenciar os estudantes na entrevista, será utilizado a letra EN como símbolo para entrevistado. Dessa forma: Entrevistado 1, será representado por EN1 e assim sucessivamente.

vai ver a versão do Tinkercad, ele tem o símbolo do led.

As enunciações dos estudantes entrevistados sinalizaram que o uso do *Tinkercad* facilitou a aprendizagem sobre o objeto de conhecimento circuitos elétricos que estava sendo discutido pelo professor da disciplina de Física, paralelamente ao desenvolvimento da SPI – estudo principal. As justificativas mostraram indícios de que o uso do Arduino Virtual os ajudou a compreender distintos aspectos de como montar um circuito elétrico (serie, paralelo e misto), a importância de uma resistência adequada para o circuito funcionar sem riscos e danos materiais e, inclusive a realizarem as associações dos esquemas dos circuitos elétricos por símbolos.

Questionados sobre quais foram os conteúdos que foram facilitados ou dificultados pelo uso do Arduino Virtual, eles enunciaram saberes pertinentes aos que devem ser mobilizados na discussão do objeto de conhecimento disciplinar de Física “circuitos elétricos”.

P - Em sua opinião quais foram os conteúdos que foram facilitados ou dificultados pelo uso do Arduino Virtual?

EN1 - Eu acho que foi a questão dos símbolos que eu me complicava, tipo com aquele que é receptor como é... eu esqueci ((estudante sorri)) ... o interruptor ((face feliz por conseguir lembrar)). E os tipos de circuitos ajudou a aprender também.

EN2 - A questão dos cálculos e a física em geral, os tipos de circuitos e é isso... E matemática também.

EN3 - Facilitou a aprender como funciona as correntes elétricas ((é possível que ao se referir a correntes elétricas, o estudante esteja fazendo uma correlação com um experimento que o professor de Física deles utilizou em sala de aula. O entrevistado 7 também faz referência)), como montar um circuito pelo uso Arduino.

EN4 - (...) A questão da prática dos circuitos elétricos melhorou bastante porque na sala de aula não tem isso, não tem esse tipo de coisa, não tem como mexer.

EN5 - Eu acho que foi facilitado o ... a soma dos resistores no circuito, facilitou bastante... e a montagem (deles) também facilitou.

EN6 - (...) Ele facilitou para eu ver como se monta um circuito, tipo... como tem que ligar um led... Enfim, qual resistor usar... e qual o modo usar.

EN7 - O Arduino virtual... Em si, ele é até fácil de aprender. Ele realmente simula muito bem os componentes eletrônicos da vida real, realmente ajuda bastante (...) a calcular os resistores, que é o $R=V/i$, né... Eu tô estudando sobre isso com o ... ((professor de física dele)) e tá ajudando bastante o professor de Física com a caixa das correntes elétricas ((um experimento que o professor utilizou em sala de aula)).

EN8 - (...) Eu acho que facilitou a questão de ver circuitos em séries, circuito misto... A associação de paralelo também é bacana... Facilitou ver qual é o lado positivo e qual é o lado negativo. Porque se você botar do lado errado ali não rola... Ele fica travando, vai dando erro... Na vida real iria queimar, né? Mas, o bom é que lá é só você inverter o polo e vai dar certo.

As asserções verbalizadas, respectivamente, por E1, E5 e E8 indicaram que o uso do Arduíno Virtual facilitou compreender as associações em série, em paralelo e mista. Nas falas foi possível ver indícios de que o uso do Arduíno Virtual os mobilizou a realizarem previsões quantitativas e qualitativas sobre resistências, tensão, corrente elétrica, utilizando a simbologia de cada um dos componentes no funcionamento dos circuitos eletrônicos (como sensores), com ou sem o uso de aplicativos digitais e/ou experimentos.

O manuseio da ferramenta *Tinkercad* possibilitou aos estudantes a construção de significados na apropriação dos conceitos relacionados a circuitos elétricos. Das falas dos estudantes fica claro que a possibilidade de manuseio dos elementos dos circuitos foi fator determinante para a aprendizagem percebida por eles. Isso nos indica que esses estudantes estão na fase dos pseudoconceitos, última fase do pensamento por complexos, ou nas fases iniciais do pensamento por conceitos verdadeiros, pois nessas fases a necessidade da manipulação de objetos é necessária e não a simples operação formal (com alto grau de abstração) sobre conceitos, como acontece em aulas expositivas.

P - Em sua opinião, a utilização do Arduino virtual apresentou alguma dificuldade?

E4 – No começo foi, mas, depois eu aprendi a forma como que se mexe... E tal e foi melhorando.

E5 – Só na hora de montar o circuito misto. Nas outras eu consegui desenrolar mais fácil ... mais rápido, né.

Somente dois deles encontraram dificuldade no início da utilização do Arduino virtual em contexto de sala de aula, mas, foram sanadas rapidamente. Os demais disseram que foi bastante fácil e intuitiva.

P – Em sua opinião, o Arduino virtual ou outro simulador deveria ser utilizado em outras disciplinas?

E1 - Acho que matemática, física (...) biologia, química.

E2 - Sim, poderia ser usado em biologia, para facilitar também o aprendizado, em química também, pra a gente saber as fórmulas e essas coisas..

E7 – Com certeza. É... Química, Física, principalmente... Temos também biologia, tá? Temos também... Hum... Matemática? ... Por causa dos cálculos da... da questão das correntes elétricas. Só isso.

E8 - Sim! Em física... Em física, física já foi, né? Mas assim, em química, matemática... Biologia também fica... Facilitaria muito para ver as questões genética na prática, por exemplo ... Química, eu acho que um bom assunto com simulação também é ... terminologia e... e... soluções.

Nas enunciações verbalizadas por todos os entrevistados, o Arduino virtual ou outro simulador deveria ser utilizado em outras disciplinas, além da Física, como Biologia, Química, Matemática. Como exemplo, as enunciações de E1, E2, E7 e E8 apontam essa constatação. Dentre as enunciações verbalizadas, a do E8 apontou não somente as disciplinas que poderiam fazer uso de simuladores ou aplicativos digitais mas, sugestões de objetos de conhecimentos que poderiam ser abordados utilizando ferramentas disponíveis na web.

P – Você poderia descrever para mim como a energia elétrica que você consome em sua casa é produzida e chega até você?

EN1 - Através disso, dos circuitos que a gente estudou.

EN5 – Ela é produzida através de uma bateria... Óbvio, eu acho, que seja aquela o contador, né? ... Pessoal chama... E ela faz as ligações do fio para lâmpada... E cada fio ele tem o seu... o seu... a sua numeração para lâmpada e para as outras coisas, não é o mesmo fio para tudo, foi o que E20 explicou na outra aula ((se referindo as NBR que foram investigadas e apresentadas por um dos grupos de estudantes)). E...é gerada através de um sistema, eu acho... Que detecta vários... uma... Como é que eu posso explicar? É... Eólica, hidráulica, tem a nuclear ... eu só lembro dessas... (...) Como é... De torres, né? É aquelas torres... de energia elétrica, eu acho. A hidráulica da água, a... Eólica do vento, da força do vento... E a nuclear eu não sei como definir.

EN7 – Assim, depende do meio... Nós temos vários... Temos a eólica, a solar, a hidrelétrica. Eu vou... Eu vou falar mais da... Da solar porque pra mim é a mais simples, né? Ela é produzida a partir da energia que vem do sol que vem até a terra, que são captadas pela... pelas placas... Acho que o nome da placa é... É daquelas placas lá (...) placas solares, elas captam ... aí, essa energia. Aí, depois elas são enviadas para algumas ... algumas distribuidoras, que depois vão passando por alguns postes, que eu vejo... passando algumas coisas na... nas rodovias, né? Aí, depois chegam em nossas casas, às vezes passa por um transformador, né... Aí com isso, chega nas nossas casas e a gente utiliza ela sem problema.

EN8 – Bom ... ela é produzida por diversas fontes. Tem a geotérmica, hidroelétrica, eólica solar, nuclear. Agora, tradicionalmente, ela vai chegar ... a energia que vai chegar na minha casa, muito provavelmente, vai ser produzida: ou pela geotérmica, que é queimando carvão; ou pela hidrelétrica, que é mais comum pela hidrelétrica... Aí como é que ocorre, como é que ela é produzida de fato, né? Numa hidrelétrica, a força da água vai girar uma turbina... Uma turbina e essa turbina vai transformar energia... A energia mecânica da água em energia elétrica.

Ao descreverem como a energia elétrica consumida por eles nas suas casas era gerada, as enunciações verbalizadas pelos entrevistados indicaram que houve internalização para a zona de desenvolvimento real dos objetos de conhecimento relacionados a esse processo. As asserções dos E1, E5, E7 e E8 transcritas acima exemplificam e constataam esse fato observado. Na fala do EN5, destacamos a indicação da eficácia da estratégia de socialização das sínteses de abertura de caixas pretas realizada pelos grupos, uma vez que menciona conhecimento

adquirido com a explicação do E20.

P - Você identifica quais as disciplinas que foram mobilizadas nas discussões dos conhecimentos abordados?

EN2 - teve assuntos de Física... teve história ... teve, que a gente viu onde começou a produzir energia no Brasil e teve também a guerra das correntes. E biologia, eu acho.

EN6 – no meu grupo teve geografia que teve as barragens, as bacias. Isso é de geografia eu acho. E física também ... teve os circuitos. Teve o grupo que falou da história da eletricidade.

EN7- História que a gente viu no meu grupo sobre como foi que começou a ter energia elétrica. Teve a briga lá dos dois. Como é? Tesla né, e o outro foi o que criou a lâmpada, o Edson. E a Física que foi os circuitos que a gente também tá estudando na sala de aula sobre isso.

EN8 – Então, a questão das bacias hidrelétricas é um conteúdo relacionado à Geografia, porque a gente vê isso muito em Geografia. Quais são... De onde são as bacias, onde estão as principais bacias... O que é que afeta para ter um bom local com energia solar, com energia eólica, a gente também vê isso, normalmente, em Geografia. A gente também acaba vendo em Geografia: quais são os maiores consumidores e produtores de forma mais geral, mas a gente acaba vendo por lá. Aí em história a gente vê de forma muito breve e... questão de eletricidade, porque basicamente é dito: Ah foi nesse período aqui, por aí, que começou a surgir a eletricidade. Mas, não é muito aprofundado, então, eu gostei que a gente teve uma visão aprofundada no estudo.

Nas asserções dos estudantes foi possível constatar que, além da componente disciplinar da Física, eles conseguiram identificar respectivamente a História, a Biologia e a Geografia. Na análise das sínteses foi percebido além dessas disciplinas mencionadas pelos estudantes a disciplina de Química.

P – As atividades em grupo o ajudaram a compreender como a energia elétrica é produzida e distribuída?

E1: Sim, porque, tipo, se eu fizesse sozinha, individualmente, eu acho que eu ficaria com mais dúvida e, tipo, eu fazendo em grupo, eu consigo aprender mais, porque cada um tem uma mentalidade diferente, cada um aprende diferente.

E3: Sim, sim. Porque a interação com pessoas ajuda bastante. Cada uma vai se ajudando.

E5 – Eu achei legal... Porque cada um viu um assunto e pensou de uma maneira diferente... E assim a gente pôde compartilhar o que cada um aprendeu.

E7 – Hum (afirmação). Ajudaram bastante, né? O pessoal ajuda, né? Ali... Tirando dúvida... Vamos buscar a transformação através da partilha, né? Com a gente... Gostei bastante, foi até um pouco estranho no início, mas, depois de um tempo... Ao decorrer... Ao decorrer do... Da atividade. Ficou... Ficou legal. Ficou bacana, interessante. Então, gostei, é bom... A atividade foi boa.

E8 – É... Eu sou melhor estudando de forma individual. Então, eu tenho uma certa dificuldade na questão de aprender com um grupo. Porque muitos alunos que não parecem estar interessados em si nas atividades, o que acaba me desconcentrando. E... Mas, eu preferi o formato de aula... Da forma que estava acontecendo no projeto, do que o formato tradicional: do professor falando e vários alunos ouvindo.

Referente às atividades em grupo os ter ajudado a compreenderem como a energia elétrica é produzida e chega na casa deles, todos indicaram que sim. Desse modo, é relevante apontar que as enunciações verbalizadas pelos E1, E3, E5, E7 e E8 observaram a importância da interação entre os colegas no grupo como fator para gerar um melhor aprendizado. Isso corrobora com a teoria do desenvolvimento cognitivo como processo sócio-histórico que aponta que a linguagem é um meio de interação social, um meio de expressão e compreensão, ajustando a função de interação social e a função de pensamento (Vygotsky, 2007a, p. 44-45).

Dentre as enunciações, a de E8 apontou que mesmo acreditando que consegue estudar melhor individualmente, preferiu o formato em grupo das aulas, do que, o formato tradicional das aulas, professor falando e estudantes ouvindo.

P – Descreva para mim como você se sentiu em relação às atividades em grupo?

E6 – É bem legal. Um pouquinho estressante, mas, bem legal.

E8 – E... As atividades do grupão eram meio esquisitas para mim, só pelo fato de que alguns alunos não prestavam atenção. E isso acaba me... Me desconcentrando, mas, essas atividades em grupos menores, quando separa os grupos é melhor. A minha dificuldade é essa questão de atribuir função para cada pessoa, porque normalmente a gente separa: a fulano faz isso, fulano faz aquilo. E aí quando termina, parece que você só sabe aquilo que você fez. Por isso, eu não gosto muito desse tipo de dinâmica. E eu prefiro... É... Estar em todos. Só que você não consegue estar em todos os assuntos ao mesmo tempo. Aí eu tive que estudar por fora de todo jeito... Mesmo estando num grupo.

Em relação a como se sentiram nas atividades em grupo, seis entrevistados enfatizaram que o formato em grupos os motivou a ficarem mais interessados a saber como funcionava os circuitos elétricos e outros objetos de conhecimento. Entretanto, dois entrevistados (E6 e E8) apontaram dificuldades com esse formato de atividade. As asserções deles (ambos eram do mesmo grupo de caixa preta que foi aberta) mostraram indícios de que houve dificuldades entre eles na atribuição de funções aos membros e que alguns tópicos não foram discutidos em grupo.

P: Você gostaria de falar mais alguma coisa sobre a atividade que desenvolvemos?

E2: Sugestão é que a gente consiga, também, fazer na prática e não só no computador, tipo... É ((gaguejos indeterminados)). A senhora entendeu, né?

E6 – Hum... Crítica não. Queria era ter mais aula prática. Tipo... Assim ou tipo... montar mesmo aquilo ... lá na sala.

E8 – Não, não tenho nenhuma crítica não... Agora sugestão, eu acho que seria melhor se a gente pudesse trabalhar com mais calma, né? Mas como

no final das contas, a senhora é uma professora que está aqui pelo projeto, não tem como tá tanto tempo assim com a gente... Mas se... Em todas as aulas fossem desse modelo, eu acho que a gente teria um desempenho muito melhor... E conseguiria entender com muito mais facilidade as coisas.

Instigados a apresentarem críticas ou sugestões ao formato das atividades desenvolvidas, os entrevistados E2, E6 e E8 apontam indícios de que os estudantes também gostariam de ter tipo a experiência de montar os circuitos elétricos utilizando o Arduino físico. Nessa direção, a enunciação verbalizada pelo E8 sugere que o desenvolvimento da SPI fosse em um intervalo de tempo um pouco maior para que os conhecimentos fossem abordados com mais calma.

Dentre as enunciações verbalizadas, a do E8 apontou indícios de que, apesar das dificuldades pessoais de trabalhar em grupo (fala anterior), se as aulas de um modo geral fossem nesse modelo, isso poderia contribuir para que os estudantes obtivessem um melhor desempenho no aprendizado

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Neste trabalho foi analisada a efetividade da implementação de uma Sequência de um Percurso Interdisciplinar, às condições reais da escola, para mobilizar a elaboração de uma representação interdisciplinar referente ao problema complexo investigado. A resposta a nossa questão de pesquisa se confirmou positivamente quanto à estratégia adotada, visto que todos os grupos de estudantes conseguiram construir uma Ilha de Racionalidade Interdisciplinar referente aos processos envolvidos na produção, na transmissão e na distribuição de energia elétrica para consumo em residências, por estudantes do terceiro ano do de nível médio.

A abordagem didática no processo de ensino de desenvolvimento da SPI permitiu a superação do conhecimento fragmentado ao mobilizar o desenvolvimento de conhecimentos de natureza interdisciplinar por parte de estudantes do EM ao utilizar estratégias interdisciplinares, como a IRI proposta por Maingain, Dufour e Fourez (2008), que no decorrer das etapas possibilitou fazer uso de forma integrada de metodologias ativas (investigação em grupos, divisão de atividades, comunicação das informações, decisão frente a diversas situações) e tecnologias digitais (Webquest, Canvas e simulações *online* de Arduíno simuladas *Tinkercad*) como ferramentas estratégicas, sobrepondo a fragmentação imposta pelo método tradicional de ensino.

No percurso de construção da IRI, as atividades das etapas Clichê e Panorama Espontâneo permitiram determinar os conhecimentos cotidianos dos estudantes. Iniciando na etapa Clichê com uma dinâmica em formato de *Brainstorming* e na etapa Panorama Espontâneo a interação entre os estudantes foi ampliada para oportunizar a reflexão e a descrição do que sabiam e do que acreditavam que não sabiam sobre o problema complexo proposto. Assim, o nível de desenvolvimento real dos estudantes foi desenhado e foi possível projetar o nível de desenvolvimento ideal, lugar que os estudantes poderiam chegar.

Na abertura das Caixas Pretas, a ferramenta *Webquest* foi adequada para investigar o problema complexo, bem como as atividades foram significativas e relacionadas ao cotidiano dos estudantes. Esse aspecto, colabora com Fourez (2008) no sentido de ancorar o percurso interdisciplinar na escolar em função de um

projeto que seja pertinente ao cotidiano dos destinatários da IRI e cuja representação teórica faz intervir diferentes disciplinas.

Ao final dos encontros propostos foi possível constatar a eficácia da SPI nas Sínteses interdisciplinares construídas, na forma de Mapas Mentais, por cada grupo de estudantes como resposta frente ao problema complexo proposto. Os critérios de autoavaliação das competências interdisciplinares (formular e contextualizar a problemática, construir uma síntese apropriada, utilizar as disciplinas, consultar fontes e especialistas) propostos por Maingain, Dufour e Fourez (2008), associados ao Indl e aos Mapas Topológicos se mostraram eficientes para caracterizar as Sínteses como objetos interdisciplinares, sendo evidenciados em todas as Sínteses elaboradas.

Os conhecimentos investigados pelos estudantes no percurso interdisciplinar colaboraram tanto para agregar conhecimentos sobre o problema complexo no nível de desenvolvimento real dos estudantes, como para satisfazer as exigências do Referencial do Currículo de Pernambuco (2021) para o terceiro ano escolar no EM.

As Sínteses permitiram perceber que os conhecimentos abordados pelos estudantes na IRI podem ser mapeados nos objetos de conhecimento das disciplinas do Currículo da Rede Estadual do Estado de Pernambuco (2021), tanto da área Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Física, Química e Biologia) quanto da área de Ciências Humanas (História e Geografia). Um diferencial nesse trabalho é esse mapeamento realizado no currículo, visto que nenhum dos trabalhos analisados na revisão de literatura fez essa análise. Esse ponto é particularmente importante, pois indica que a estratégia proposta permitiu, conseqüentemente, que o currículo fosse contemplado.

No caso, as Sínteses ultrapassaram as fronteiras disciplinares, evidenciando integração dos objetos de conhecimento de diferentes disciplinas, sobretudo entre disciplinas de áreas diferentes. Também foram evidenciadas nessas Sínteses as Normas Brasileiras Regulamentadoras que orientam para a segurança dos serviços de eletricidade nas instalações residenciais.

Foi possível constatar que os conhecimentos investigados pelos estudantes no percurso interdisciplinar colaboraram tanto para agregar conhecimentos sobre o problema complexo no nível de desenvolvimento real dos estudantes, como para satisfazer as exigências do Referencial do Currículo de Pernambuco (2021) para o

terceiro ano escolar no EM. Nesse aspecto, a SPI abarcou conteúdos de caráter conceitual. No fato dos estudantes construírem sínteses, mapas mentais e simulações na Plataforma *Tinkercad*, conteúdos de caráter procedimental. Os momentos de discussões e pesquisas em grupos, conteúdos de caráter atitudinais.

Quanto a consultar as fontes e especialistas e reformular as informações recolhidas em um texto coerente em função do problema complexo, se verificou na análise das sínteses que a seletividade intrínseca à recolha de informações fora delimitada pelas contribuições das disciplinas e que os conceitos abordados por eles foram apresentados reformulados e permeados pela presença de termos científicos, conforme foi possível verificar pela análise em cada uma das representações interdisciplinares.

Esse resultado aponta que os estudantes do Ensino Médio que participaram da pesquisa desenvolveram competências para construir uma representação interdisciplinar sobre os processos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica para consumo em residências, seguindo o método de Maingain, Dufour e Fourez (2008).

Para além do que é evidenciado, neste trabalho a efetividade do percurso para construção de uma Ilha de Racionalidade Interdisciplinar sobre o problema complexo foi evidenciada não somente na evolução conceitual dos conceitos envolvidos na abertura das caixas pretas, mas, também no fato de contribuir para que estudantes de EM possam refletir quanto a utilização de conteúdos digitais como fonte de pesquisa. Assim como, para uma maior autonomia, criatividade e comunicação entre os estudantes diante das circunstâncias propostas no processo de ensino e aprendizagem em cada etapa da IRI. Sugerindo um processo de Alfabetização Científica e Tecnológica.

Colaborando com os resultados obtidos em outras investigações que utilizaram a IRI como estratégia interdisciplinares (Nicoletti, Vestena e Sepel (2018); Werlang e Pino (2018); Liz, Machado e Silveira (2019); Silva e Errobidart (2019); Carneiro e Cavassan (2020); Milaré (2020); Souza e Almeida (2020); Rosa, Demarco e Darroz (2020); Dameão *et al.* (2021), as atividades propostas na SPI contribuíram para a construção de conhecimentos de estudantes de terceiro ano do EM ao provocarem conflitos de forma a construir cadeias lógicas de evidências. As atividades do *Brainstorming*, as discussões e pesquisas em grupos, as propostas de

simulações representaram desafios alcançáveis para os estudantes, de maneira que com a orientação e intervenção devida zonas de desenvolvimento proximal foram construídas.

Nesse aspecto, consideramos que a investigação proposta foi uma oportunidade de refletir sobre a aprendizagem de conceitos científicos envolvendo estudantes de Ensino Médio em atividades de interação na Zona de Desenvolvimento Proximal, conforme Vygotsky. O autor exprime a ideia de que a necessidade do pensamento lógico, ou a necessidade do próprio conhecimento, emerge na interação entre consciências distintas (Vygotsky, 2007a, p. 97).

Além do mais, como pesquisadora foi importante ter um referencial de interdisciplinaridade para o desenvolvimento da SPI, pois a própria conceituação do que seja interdisciplinaridade, e sua diferenciação de outros termos como multidisciplinaridade e pluridisciplinaridade, é polissêmica. Alguns autores como Maingain, Dufour e Fourez (2008) defendem a interdisciplinaridade como sendo ela mesma uma disciplina. Outros defendem que a interdisciplinaridade sequer pode ser definida.

Ainda foi observado que a SPI se mostrou adequada para ser desenvolvida no tempo e nas condições didáticas das escolas públicas, não tendo sido utilizado nenhum tempo extra ou material que não estivesse disponível na escola.

Um outro ponto a ser salientado a nosso ver é que a SPI foi desenvolvida por uma única pessoa, professora da rede pública de ensino de Pernambuco, o que indica sua viabilidade para ser reproduzida em outras escolas. Além disso, a SPI pode servir de modelo a professores que queiram desenvolver atividades interdisciplinares na escola, mesmo que sozinhos.

Por fim, vale ressaltar, para trabalhos futuros que busquem lidar com a inserção da IRI no contexto escolar, a falta de teorias de desenvolvimento associadas ao método, já que esse não nos diz como os sujeitos estruturam seu conhecimento. Relacionada a essa abrangência, foi evidente nos trabalhos analisados na revisão integrativa no que tange a interdisciplinaridade a falta de preocupação dos autores em relacionar os resultados da aprendizagem dos objetos de conhecimento das diferentes disciplinas e as habilidades desenvolvidas com o currículo escolar.

REFERÊNCIAS

ALVES, M.; BEGO, A. M. A Celeuma em Torno da Temática do Planejamento Didático-Pedagógico: Definição e Caracterização de seus Elementos Constituintes. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, 20(u), 21 Fevereiro 2020. 71–96.

ARAÚJO, F. V. et al. Uma aplicação do software educacional PhET como ferramenta didática no ensino de eletricidade. **Informática na educação: teoria & prática**, Porto Alegre, v. 18, n. 2. DOI:10.22456/1982-1654.51778, 2016.

ARIAS, E. Una propuesta didáctica experimental aplicada a la unidad Electricidad en un colegio científico de Costa Rica.. **REVISTA DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA, VOLUMEN 33, NÚMERO 2 | XIV CIAEF** , 2021. 55-62.

BARBOSA, J. P. V.; VAZ, A. M. Análise microgenética de processos de aprendizagem na pesquisa em educação em ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 18, Nº 3** , 2019. 458-477.

BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. A.; MACÊDO, M. O Método da Revisão Integrativa nos estudos organizacionais. **Revista Eletrônica Gestão e Sociedade**, vol. 5, nº 11, 2011. 121-136.

BRASIL. **Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: [s.n.]. [S.l.]: [s.n.], 2018.

CARNEIRO, G. D. A.; CAVASSAN, O. As contribuições das ilhas interdisciplinares de racionalidade na relação museu-escola. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 13, n. 1, jan./abr. 2020. p. 96-118.

CHENG, P.-H. Unlocking conceptual learning in mathematics and science with effective representational systems. **Computer & Education**, 1999. 109–130.

COSTA, P. N. D.; CORDOVIL, R. V. Reflexões acerca da abordagem qualitativa na pesquisa em educação em ciências. v.6, n.8,p. 62749-62758. **BrazilianJournal of Development**, Curitiba, Agosto 2020.

DAMEÃO, A. P. **Interdisciplinaridade e formação inicial de professores: uma proposta metodológica** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. [S.l.]: [s.n.], 2018.

DAMEÃO, A. P. et al. O CONCEITO DE INTERDISCIPLINARIDADE E DE ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS EM PROCESSO DE FORMAÇÃO CONTINUADA.

<https://doi.org/10.37781/vidya.v41i1.3880>. **VIDYA**, **41(1)**, 2021. p. 279–299.

DAMIANI, M. F. et al. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Caderno de Educação**. **(45)**, 2013. 57-67.

FAZENDA, I. Interdisciplinaridade-Transdisciplinaridade: visões culturais e epistemológicas in: **O que é interdisciplinaridade?**/ Ivani Fazenda(org.). São Paulo: Cortez, 2008.

FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade: História, Teoria e Pesquisa**. São Paulo: Papirus, 1994.

FEITOSA, M. C.; LAVOR, O. P. Ensino de circuitos elétricos com auxílio de um simulador do phet. **REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 8, n. 1, Cuiabá, Brasil, v. 8, n. 1, 2020. 125-138.

FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. [S.l.]. [S.l.]: Ediciones Colihue SRL, 1997.

FOUREZ, G.; MATHY, P.; ENGLEBERT-LECOMTE, V. Un modèle pour un travail interdisciplinaire. **ASTER N° 17. Modèles pédagogiques 2, INRP, 29, rue d'Ulm, 75230, Cedex 05 Trad. Paulo Ricardo da Silva Rosa**, Paris, 1993.

GARDNER, H. **Inteligência um conceito reformulado: O criador da teoria de inteligências múltiplas explica e expande suas ideias com enfoque no século XXI**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

GOBARA, S. T. **Mapas conceituais como instrumentos didáticos no ensino de Física**. Porto Alegre: Instituto de Física UFRGS (Dissertação de Mestrado): [s.n.], 1984.

GÓES, M. C. R. D. A abordagem microgenética na matriz histórico-cultural: Uma perspectiva para o estudo da constituição da subjetividade. **Cadernos Cedes**, ano XX, nº 50, Abril 2000.

IDEB. **Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB). Pesquisas Estatísticas e Indicadores Educacionais**. Brasília, 2017-2023. Disponível em: <<http://ideb.inep.gov.br/Site/>>. Acesso em: nov. 2024.

IDEB. **Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB). Pesquisas Estatísticas e Indicadores Educacionais**. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira / Inep, 2019.

IDEB. **Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB). Pesquisas**

Estatísticas e Indicadores Educacionais. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas educacionais Anísio Teixeira/Inep, 2021.

LENOIR, Y.; SAUVÉ, L. Introdução. Interdisciplinaridade e formação no ensino primário e secundário: que interdisciplinaridade para que formação? **Revue des sciences de l'éducation**, 24(1), 3-29. <https://doi.org/10.7202/031959ar>, 1998.

LIZ, A. M. D. J. D.; MACHADO, C. J.; SILVEIRA, R. M. C. F. Ilha interdisciplinar de racionalidade em torno da gravura "Mad dog" de Thomas Lord Busby: um estudo sobre a raiva. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 12, n. 1, , jan./abr. 2019. p. 409-425.

LURIA, A. R. "**Vigotskii**". In: VIGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R. & LEONTIEV, A. N. Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem. Trad. Maria da Pena Villalobos. 11. ed. p. 21 - 37. São Paulo: Icone Editora, 2010.

MAINGAIN, A. **La construction d'un ilot interdisciplinaire de rationalité sur la notion de mythe. Belgique. N° 4, 35 p., Avril. Les Cahiers pédagogiques du Centre Interfaces, Namur.** Belgique. N° 4, 35 p., Avril: Les Cahiers pédagogiques du Centre Interfaces, Namur, 2020.

MAINGAIN, A.; DUFOUR, B. Pour une approche didactique de l'interdisciplinarité. In "Vers l'interdisciplinarité. Croiser les regards et collaborer dans l'enseignement secondaire". **Presses universitaires de Louvain: Louvain-laNeuve**, Paris, 2016.

MAINGAIN, A.; DUFOUR, B.; FOUREZ, G. **Abordagens Didáticas da interdisciplinaridade.** Lisboa. Trad. Joana Chaves. Ed. 1ª. Editora Instituto Piaget. Lisboa: Trad. Joana Chaves. Ed. 1ª. Editora Instituto Piaget, 2008.

MALIK, A. et al. **Hot lab-based practicum guide for pre-service physics IOP.** Conf. Ser.: Mater. Sci.Eng. 288012027. [S.l.]: [s.n.]. 2017.

MARQUES, A. M. D. M. **Utilização Pedagógica de Mapas Mentais e de Mapas Conceptuais.** Dissertação apresentada à Universidade Aberta para obtenção do grau de Mestre em Expressão Gráfica, Cor e Imagem. [S.l.]: [s.n.], 2008.

MARTINS, G. A.; BRANDO, F. D. **Os indicadores de interdisciplinaridade como ferramenta metodológica para construção e análise de atividades didáticas interdisciplinares.** Revista Iuminart, 23., 2024.

MILARÉ, T. ASPECTOS DA FORMAÇÃO DE PROFESSORES NO DESENVOLVIMENTO DE UMA ILHA INTERDISCIPLINAR DE RACIONALIDADE SOBRE USO DE MISTURAS CASEIRAS NA LIMPEZA. **Investigações Em Ensino De Ciências**, 25(2). <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p221>, 2020. p. 221–234.

MORA, C.; MOREIRA, M. A.; MENESES-VILLAGRÁ, J. Á. Aprendizaje Activo de la Física y análisis de Rasch para circuitos eléctricos mediante physlets. **Revista de Enseñanza de la Física**, VOLUMEN 33, NÚMERO 2 | Número especial, 2021. 365-378.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: E.P.U, 2017.

NASCIMENTO, N. G.; PEREIRA, L. L.; SHAW, G. S. L. Conceitos de Interdisciplinaridade em Pesquisas Publicadas na Área de Ensino e Educação (2009 - 2018). **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, nov. 2020. 143-165.

NICOLETTI, E. R.; VESTENA, R. D. F.; SEPEL, L. M. N. INTERDISCIPLINARIDADE NA FORMAÇÃO DOCENTE: A CULTURA DE SOJA COMO TEMÁTICA CONTEXTUALIZADORA. **VIDYA**, 38(2). Recuperado de <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/VIDYA/article/view/2441>, 2018. p. 37–52.

OLIVEIRA, B. T. **Ensino presencial e Ensino não presencial**: uma análise motivacional da disciplina de Química subsidiada pela Teoria da Autodeterminação de alunos do Ensino Médio de uma Escola Pública do interior de Mato Grosso (Dissertação). Campo Grande: programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), 2021.

OLIVEIRA, M. K. Vygotsky e o processo de formação de conceitos. In: LA TAILLE, Y. **Piaget, Vygotsky, Wallon**: teorias psicogenéticas em discussão/ Yves de La Taille, Marta Kohl de Oliveira, Heloýssa Dantas. São Paulo: Summus, 1992. p. 23-34.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky**: aprendizado e desenvolvimento, um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 1993.

ORTIZ, G. S.; DENARDIN, L. O estudo de instalações elétricas: uma análise à luz das inteligências múltiplas de Gardner. **Revista de Enseñanza de la Física**. Vol. 33, nº. 2, 2021. 413-420.

PERMANA, A. H. et al. The development of an electricity book based on augmented reality Technologies. **Publicado sob licença pela IOP Publishing Ltd Journal of Physics: Conference Series** , Volume 1157 , Issue 3. [S.l.]: J. Phys.: Conf. Ser. 1157 032027. DOI: 10.1088/1742-6596/3/032027, 2019.

PERNAMBUCO. **Currículo de Pernambuco Ensino Médio (2021)**. Secretaria de Educação e Esportes, União dos Dirigentes Municipais de Educação, 2021.

REGO, T. C. **Vygotsky**: Uma perspectiva histórico-cultural da educação. Petrópolis:

Vozes, 1995.

RICHETTI, G. P.; MILARÉ, T. O Óleo no Nordeste Brasileiro: Aspectos da (an)alfabetização Científica e Tecnológica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2021.

ROSA, C. T. W. D.; DEMARCO, D.; DARROZ, L. M. Ilha Interdisciplinar de Racionalidade: intervenção didática focada no desenvolvimento de atributos associados a alfabetização científica e técnica. **Revista Cocar**, [S. l.], v. 14, n. 30, Disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/2901>. , 2020.

ROSA, P. R. S. **Instrumentação para o Ensino de Ciências**. Campo Grande: Editora da UFMS, 2010.

ROSA, P. R. S. **Uma introdução à Pesquisa Quantitativa em Ensino**. 1. ed. Campo Grande: UFMS, 2013.

ROSA, P. R. S. O uso de computadores no ensino de Física. Parte I: Potencialidades e uso real. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Vol.17, nº 2, 1995. 182-195.

SAKHAROV, L. Sobre métodos para pesquisa de conceitos.Psicologia. **Fractal: Revista de Psicologia**, v. 25, n. 3, set-dez 2013. 695-722.

SAKHAROV, L. S. O metodakh issledovaniya ponyatii. Kulturno-istoritcheskaia psikhologiiya. **Cultural-HistoricalPsychology**. n. 2, 2006. 32-47.

SANTA, F. D.; BARONI, V. As Raízes Marxistas do Pensamento de Vigotski: Contribuições Teóricas para a Psicologia Histórico-Cultural. **Kínesis - Revista de Estudos dos Pós-Graduandos em Filosofia**, 2014. 16, vol. 6, n. 12.

SANTOS, A. C. G. **A Mobilização de Funções Psicológicas Superiores em atividades baseadas no ensino por investigação**. Tese de doutorado Tese apresentada à UFMS, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Campo Grande - MS: [s.n.], 2021.

SANTOS, A. S.; SILVA, I. P. Percepção dos professores de Física do Ensino Médio de Santana do Ipanema-AL acerca da importância do uso de experimentos virtuais na prática pedagógica. **Collections Seminario Contenidos educativos digitales y comunidades de aprendizaje**. <http://hdl.handle.net/20.500.12579/4669>, 2016.

SANTOS, J. C.; DICKMAN, A. G. Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**.

Vol.41. Disponível: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0161>, 2019.

SAPRIADIL, S. et al. **Effect of Higher Order Thinking Virtual Laboratory (HOTVL) in Electric Circuit on Students' Creative Thinking Skills**. Conference Series, Volume 1204, 7^o Asian Ph. Bandung, Indonésia: Publicado sob licença pela IOP Publishing Ltd Journal of Physics: Doi.org/10.1088/1742-6596/1204/1/012025. 2019. p. 29–31.

SILVA, G. R. D.; ERROBIDART, N. C. G. Elaboração de uma Representação Interdisciplinar da história da Termodinâmica. **Revista Areté | Revista Amazônica de Ensino de Ciências, [S.l.], v. 12, n. 25**, jul, 2019. p. 55-71.

SILVA, I. P.; NUNES, E. T.; MERCADO, L. P. L. Experimentos Virtuais no estágio supervisionado de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 3**, 2016. 1115-1144.

SILVA, N. T. C. **O ensino de tópicos de Cinemática através de Robótica Educacional. Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Dissertação (mestrado)**. Recife: [s.n.], 2019.

SOUZA, N. S. B.; ALMEIDA, A. C. P. C. D. Ensino de ciências: O enfoque CTS e a Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IIR). **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia v. 13, n. 3**, , Ponta Grossa, set./dez. 2020. p. 150-167.

SOUZA, O. P. **"Nylon-Forte como o Aço, Delicado como uma Teia" - Uma Webquest para o Ensino de Polímeros em uma Abordagem CTS**. Campo Grande: UFMS. Dissertação de Mestrado: [s.n.], 2014.

TOMIO, D.; SCHROEDER, E. S.; ADRIANO, G. A. C. A ANÁLISE MICROGENÉTICA COMO MÉTODO nas pesquisas em educação na abordagem Histórico-Cultural. **Revista Reflexão e Ação, v. 25, n. 3**, Santa Cruz do Sul, Set./Dez 2017. 28-48.

ÜLEN, S.; GERLIC, I.; SLAVINEC, M. Evaluating the Effectiveness of Physlet-Based Materials in Supporting Conceptual Learning About Electricity. **Journal of Science Education and Technology**, 2017. 151–160.

VASCONCELOS, A. L. F. D. S. et al. **Fatores Motivacionais Intrínsecos e Extrínsecos que interferem na aprendizagem de estudantes da educação a distância**. Congresso Anpcont. São Paulo: [s.n.]. 2019.

VIGOTSKI, L. S. **(2001). A construção do Pensamento e da Linguagem**. São Paulo. Editora: Martins Fontes. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente - O desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores**. Tradução de J. C. NETO; L. S. M. BARRETO e S. C. AFECHE. 4.ed. ed. São Paulo: Editora Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. Tradução de Jeferson Luiz Camargo. São Paulo: Editora Martins Fontes, 1993. revisão técnica José Cipolla Neto.

VYGOTSKY, L. S. **(2007a). Pensamento e Linguagem. Lisboa. Relógio D' Água Editores**. Lisboa: Relógio D' Água Editores, 2007a.

VYGOTSKY, L. S. **(2007b). A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo. Martins Fontes - 7º ed. São Paulo: Martins Fontes - 7º ed., 2007b.

WERLANG, R. B.; PINO, J. C. D. Geollhas: o desenvolvimento de um modelo de MOOC voltado para a formação continuada de professores de ciências na educação básica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 2, , mai./ago. 2018. p. 55-85.

ZANDAVALLI, C. B.; SILVA, A. L. S. O TRABALHO DOCENTE EM TEMPOS DE COVID-19: PERCEPÇÕES NA PRODUÇÃO CIENTÍFICA BRASILEIRA. **Congresso Internacional de Educação e Tecnologias**, 2020.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

A pessoa pela qual você é responsável está sendo convidada a participar da pesquisa intitulada “O uso de um ambiente virtual em uma abordagem interdisciplinar”, desenvolvida pelos pesquisadores Naltlene Teixeira Costa Silva e Professor Paulo Ricardo da Silva Rosa.

O objetivo central do estudo é investigar o efeito de uma abordagem interdisciplinar, que faz uso de atividades mediadas por simulação de circuitos eletrônicos *online*, sobre a construção de conceitos ligados à temática Circuitos Elétricos Simples por estudantes do terceiro ano do Ensino Médio.

O convite para a participação do(a) estudante se deve a esse estar regularmente matriculado no terceiro ano da Escola Estadual de Referência em Ensino Médio Maria Gayão Pessoa Guerra e ter condição de utilizar a sala de informática da escola.

Consentir a participação do(a) estudante é ato voluntário, isto é, não obrigatório, e você tem plena autonomia para decidir se quer ou não que ele(a) participe, bem como retirar a sua anuência a qualquer momento. Nem você nem ele terão prejuízo algum caso decida não consentir com a participação, ou desistir da mesma. Contudo, ela é muito importante para a execução da pesquisa. Serão garantidas a confidencialidade e a privacidade das informações prestadas pelo participante.

Qualquer dado que possa identificar o participante será omitido na divulgação dos resultados da pesquisa, e o material será armazenado em local seguro. A qualquer momento, durante a pesquisa, ou posteriormente, você poderá solicitar da pesquisadora informações sobre a participação e/ou sobre a pesquisa, o que poderá ser feito por meio dos contatos explicitados neste Termo.

Rubrica do responsável

Rubrica da pesquisadora

A participação do(a) estudante pelo qual você é responsável consistirá em participar efetivamente das atividades propostas, que irão envolver a pesquisa sobre conceitos relacionados à questão problematizadora: O que eu sei sobre as fases de geração, de transmissão e de distribuição de energia elétrica para o consumo em uma residência?

Também será utilizado o software Tinkercad para simulações com o objetivo de ajudar a esclarecer a questão problemática, além de resolução de questões relacionadas à temática. No final, para encerrar as atividades, os estudantes irão construir um mapa mental que responda à questão problematizadora. As atividades serão realizadas em grupos e na sala de informática da escola.

A gravação em áudio e vídeo no decorrer da realização das atividades é condição indispensável para participação dos estudantes. É relevante o registro das interações dos estudantes utilizando a gravação em áudios e vídeos durante a intervenção, visto que, de acordo com o referencial teórico tomado para esta pesquisa, a interação entre os sujeitos é essencialmente indispensável de análise.

O(a) estudante pelo qual você é responsável também poderá ser escolhido para realizar uma entrevista semiestruturada que visa avaliar a aplicação da sequência de ensino pelos estudantes. Essa escolha será realizada por meio de sorteio.

O tempo de duração da pesquisa será de aproximadamente doze encontros de 50 minutos. As gravações de áudio serão transcritas e armazenadas, em arquivos digitais, mas somente terão acesso às mesmas a pesquisadora. Ao final da pesquisa, todo material será mantido em arquivo, sob guarda e responsabilidade da pesquisadora responsável, por pelo menos 5 anos, conforme Resolução CNS nº 466/2012.

A participação do(a) estudante pelo qual você é responsável nas atividades previstas neste projeto estará submetida a potenciais riscos que são os mesmos que os estudantes correm ao frequentarem a escola, uma vez que o trabalho se desenvolverá no ambiente escolar, nos tempos escolares.

Rubrica do responsável

Rubrica da pesquisadora

Do ponto de vista psicológico, novamente, são os mesmos a que eles estariam submetidos ao longo do processo de ensino: ansiedade frente a uma nova situação, desconforto com o processo, constrangimento por ter que trabalhar em grupo, mudança de comportamento ao ser gravado, vergonha ao se exporem na frente de outros alunos, e, principalmente, a não aprendizagem dos conteúdos. Além do possível risco da quebra de sigilo dos registros coletados e da não aprendizagem.

Para minimização desses riscos, a pesquisadora irá coletar os registros de forma discreta e cuidadosa, atenuando a intervenção no ambiente. As produções que serão analisadas sempre serão as produzidas de forma coletiva, nunca produções individuais. Os arquivos de imagens somente serão acessados a partir do computador da pesquisadora, não sendo armazenados em nuvem. Caso o processo de ensino se mostre inadequado para promover a aprendizagem, aulas extras no formato tradicional serão ofertadas após o término da pesquisa.

O benefício direto relacionado com a participação nesta pesquisa é a possível construção de aprendizagens. Como benefício indireto é usufruir de uma metodologia inovadora.

No caso de uma crise emocional ou qualquer outro tipo de acidente no espaço escolar, o participante será encaminhado a Unidade Básica de Saúde da Cidade de Araçoiaba que atende por meio do SUS. A unidade se encontra localizada na Av. João Pessoa Guerra, s/n, no centro da cidade.

Em caso de gastos decorrentes da participação na pesquisa, o(a) estudante pelo qual você é responsável (e seu acompanhante, se houver) será ressarcido. Em caso de eventuais danos decorrentes da participação na pesquisa, o participante será indenizado.

Os resultados desta pesquisa serão divulgados em palestras dirigidas ao público participante, relatórios individuais para os entrevistados, artigos científicos e no formato de tese.

Rubrica do responsável

Rubrica da pesquisadora

Este termo é redigido em duas vias, sendo uma do responsável pelo participante da pesquisa e outra do pesquisador. Em caso de dúvidas quanto à participação da pessoa pela qual você é responsável, você pode entrar em contato com a pesquisadora responsável através do e-mail natilene_costa@ufms.br ou por meio do telefone (81)99473-3731.

Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFMS (CEP/UFMS), localizado no Campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, prédio das Pró-Reitorias 'Hércules Maymone' – 1º andar, CEP: 79070900. Campo Grande – MS; e-mail: cepconep.propp@ufms.br; telefone: 67-3345-7187; atendimento ao público: 07:30-11:30 no período matutino e das 13:30 às 17:30 no período vespertino. O Comitê de Ética é a instância que tem por objetivo defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. Dessa forma, o comitê tem o papel de avaliar e monitorar o andamento do projeto de modo que a pesquisa respeite os princípios éticos de proteção aos direitos humanos, da dignidade, da autonomia, da não maleficência, da confidencialidade e da privacidade.

Nome e assinatura da pesquisadora

_____, _____ de _____ de _____
Local e data

Nome e assinatura do responsável pelo participante da pesquisa

_____, _____ de _____ de _____
Local e data

APÊNDICE B - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Prezado participante, você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada “O uso de um ambiente virtual em uma abordagem interdisciplinar”, desenvolvida pelos pesquisadores Naltlene Teixeira Costa Silva e Professor Paulo Ricardo da Silva Rosa.

O objetivo central do estudo é investigar o efeito de uma abordagem interdisciplinar, que faz uso de atividades mediadas por simulação de circuitos eletrônicos *online*, sobre a construção de conceitos ligados à temática Circuitos Elétricos Simples por estudantes do terceiro ano do Ensino Médio.

O convite para a sua participação se deve ao fato de estar regularmente matriculado no terceiro ano da Escola Estadual de Referência em Ensino Médio Maria Gayão Pessoa Guerra e ter condição de utilizar a sala de informática da escola.

Sua participação é voluntária, isto é, ela não é obrigatória, e você tem plena autonomia para decidir se quer ou não participar, bem como retirar sua participação a qualquer momento. Você não terá prejuízo algum caso decida não consentir sua participação, ou desistir da mesma. Contudo, ela é muito importante para a execução da pesquisa. Serão garantidas a confidencialidade e a privacidade das informações por você prestadas.

Qualquer dado que possa identificá-lo será omitido na divulgação dos resultados da pesquisa, e o material será armazenado em local seguro. A qualquer momento, durante a pesquisa, ou posteriormente, você poderá solicitar da pesquisadora informações sobre sua participação e/ou sobre a pesquisa, o que poderá ser feito por meio dos contatos explicitados neste Termo.

A sua participação consistirá em participar efetivamente das atividades propostas, que envolverá a pesquisa sobre conceitos relacionados à questão problematizadora: O que eu sei sobre a geração, o transporte e o consumo de energia elétrica em uma residência? Também será utilizado o software Tinkercad para simulações com o objetivo de ajudar a esclarecer a questão problemática, além de resolução de questões relacionadas à temática.

Para encerrar as atividades, os estudantes irão construir um mapa mental que responda à questão problematizadora. As atividades serão realizadas em grupos e na sala de informática da escola.

A gravação em áudio e vídeo no decorrer da realização das atividades é condição indispensável para sua participação.

O tempo de duração da pesquisa será de doze encontros de 50 minutos cada. As gravações em áudio serão transcritas e armazenadas, em arquivos digitais, mas somente terão acesso às mesmas a pesquisadora.

No final da aplicação da sequência de ensino você poderá ser escolhido para realizar uma entrevista semiestruturada que visa avaliar a aplicação da sequência de ensino pelos estudantes. Essa escolha será realizada por meio de sorteio. A entrevista somente será gravada se houver a sua autorização. A entrevista será transcrita e armazenada, em arquivos digitais, mas somente terão acesso às mesmas os pesquisadores.

Ao final da pesquisa, todo material será mantido em arquivo, sob guarda e responsabilidade da pesquisadora responsável, por pelo menos 5 anos, conforme Resolução CNS nº 466/2012.

O benefício direto relacionado com a sua participação nesta pesquisa é a possível construção de aprendizagens. Como benefício indireto é usufruir de uma metodologia inovadora.

Ao participar desta pesquisa você estará submetido a potenciais riscos que são os mesmos que você corre ao frequentar a escola, uma vez que o trabalho se desenvolverá no ambiente escolar, nos tempos escolares. Do ponto de vista psicológico, novamente, são os mesmos a que você estaria submetido ao longo do processo de ensino: ansiedade frente a uma nova situação, desconforto com o processo, constrangimento por ter que trabalhar em grupo, mudança de comportamento ao ser gravado, vergonha ao se expor na frente de outros alunos. Além do possível risco da quebra de sigilo dos registros coletados e da não aprendizagem.

Rubrica do participante

Rubrica da pesquisadora

Para minimização desses riscos, a pesquisadora coletará os registros de forma discreta e cuidadosa, atenuando a intervenção no ambiente. As produções que serão analisadas sempre serão as produzidas de forma coletiva, nunca produções individuais. Os arquivos de imagens somente serão acessados a partir do computador da pesquisadora, não sendo armazenados em nuvem. No caso de uma crise emocional ou qualquer outro tipo de acidente no espaço escolar, você será encaminhado a Unidade Básica de Saúde da Cidade de Araçoiaba que atende por meio do SUS. A unidade se encontra localizada na Av. João Pessoa Guerra, s/n, no centro da cidade.

Em caso de gastos decorrentes de sua participação na pesquisa, você (e seu acompanhante, se houver) será ressarcido.

Em caso de eventuais danos decorrentes de sua participação na pesquisa, você será indenizado.

Os resultados desta pesquisa serão divulgados em palestras dirigidas ao público participante, relatórios individuais para os entrevistados, artigos científicos e no formato de tese.

Este termo é redigido em duas vias, sendo uma do participante da pesquisa e outra da pesquisadora. Em caso de dúvidas quanto à sua participação, você poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável através do e-mail naltilene_costa@ufms.br e do telefone (81)99473-3731.

Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFMS (CEP/UFMS), localizado no Campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, prédio das Pró-Reitorias 'Hércules Maymone' – 1º andar, CEP: 79070900. Campo Grande – MS; e-mail: cepconep.propp@ufms.br; telefone: 67-3345-7187; atendimento ao público: 07:30-11:30 no período matutino e das 13:30 às 17:30 no período vespertino. O Comitê de Ética é a instância que tem por objetivo defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Rubrica do responsável

Rubrica da pesquisadora

Dessa forma, o comitê tem o papel de avaliar e monitorar o andamento do projeto de modo que a pesquisa respeite os princípios éticos de proteção aos direitos humanos, da dignidade, da autonomia, da não maleficência, da confidencialidade e da privacidade.

Nome e assinatura da pesquisadora

_____, ____ de _____ de _____
Local e data

Nome e assinatura do participante da pesquisa

_____, ____ de _____ de _____
Local e data

APÊNDICE C – ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

Fase I: Aclimação

Receber o estudante e explicar o objetivo da entrevista.

Perguntar se a entrevista pode ser gravada. Se sim ligar o gravador. Se não, tomar notas das respostas.

Fase II: Entrevista

Pergunta 1: Em sua opinião, o uso do Arduino virtual facilitou, dificultou ou foi indiferente para a sua aprendizagem sobre circuitos elétricos?

Situação 1: Facilitou?

Você poderia explicar por que, em sua opinião, facilitou a aprendizagem?

Situação 2: Dificultou?

Você poderia explicar por que, em sua opinião, dificultou a aprendizagem?

Pergunta 2: Em sua opinião, quais os conteúdos foram facilitados/dificultados pelo uso do Arduino virtual?

Pergunta 3: Em sua opinião, a utilização do Arduino virtual apresentou alguma dificuldade?

Situação 1: Se sim?

Qual seria a principal dificuldade para você?

Situação 2: Se não?

Pergunta 4: Em sua opinião, os simuladores deveriam ser utilizados em outras disciplinas?

Situação 1: Se sim?

Quais disciplinas deveriam fazer uso dos simuladores? Por quê?

Situação 2: Se não?

Por que você acha que as disciplinas não deveriam utilizar os simuladores?

Pergunta 5: Você poderia descrever para mim como a energia elétrica que você

consome em sua casa é produzida e chega até você?

Situação 1: Se o estudante descrever:

Pergunta 6: Você identifica quais as disciplinas que foram mobilizadas nas discussões dos conhecimentos abordados?

Situação 2: Se o estudante não descrever,

Mostrar a ele o material produzido pelos estudantes e pedir que ele olhe o material novamente: Agora você poderia descrever para mim como a energia elétrica que você consome em sua casa é produzida e chega até você?

Situação 1 da situação 2: Se sim

Pergunta 6: Você identifica quais as disciplinas que foram mobilizadas nas discussões dos conhecimentos abordados?

Situação 2 da situação 2: Se não: Você poderia me descrever qual a dificuldade que está encontrando para descrever isso?

Pergunta 6: Você identifica quais as disciplinas que foram mobilizadas nas discussões dos conhecimentos abordados?

Pergunta 7: As atividades em grupo o ajudaram a compreender como a energia elétrica é produzida e distribuída?

Pergunta 8: Descreva para mim como você se sentiu em relação às atividades em grupo?

Pergunta 9: Você gostaria de falar mais alguma coisa sobre a atividade que desenvolvemos?

Fase III: Fechamento

Agradecer a participação do estudante e informá-lo de que sua entrevista somente será analisada pela pesquisadora e que ele não será identificado.

APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO DE CAMPO

Projeto: Construção de uma IRI sobre os processos envolvidos na geração, na transmissão e na distribuição de energia elétrica para o consumo em uma residência.

Orientanda: Naltilene T C Silva

Orientador: Prof. Drº Paulo Rosa

Coorientadora: Profa. Drª Nádia Errobidart

Escola de aplicação do Projeto: EREM Maria Gayão Pessoa Guerra

IDADE: _____ Sexo: M () F () Outro () _____

1. Tem computador em casa?

() sim () não

2. Em caso negativo, onde você costuma usar computador?

() Na escola

() Na casa de parentes

() Na *lan house*

() outros: _____

() não tenho acesso a computador de forma alguma

3. Você tem celular?

() sim () não

4. Tem internet em casa?

() sim () não

5. Em caso negativo, onde você costuma acessar à internet?

() Na escola

() Na casa de parentes

() Na *lan house*

() outros: _____

() não tenho acesso à internet de forma alguma

6. Quais usos você costuma fazer da internet?

() Para diversão, como ouvir música, ver filmes, vídeos no you tube, tik toc, entre outros.

() Para comunicação com outras pessoas (e-mail, WhatsApp, Telegran, entre outros.

() Para uso social (facebook, instagram)

() Para fazer trabalhos escolares e pesquisa.

7. Você já teve alguma experiência escolar de uso em alguma aula de alguma tecnologia digital?

() sim () não

8. O que você acha sobre o uso de ferramentas tecnológicas digitais na sala de aula?

APÊNDICE E – ORIENTAÇÃO DAS ABERTURAS DAS CAIXAS PRETAS

Grupo 1 - Caixa preta 1 - Produção e transmissão de energia elétrica

***O que precisamos saber?**

Foi identificado na fase do Panorama Espontâneo que os conhecimentos sobre a produção e o transporte de energia elétrica são necessários ser aprofundados. Este grupo de estudantes está sendo solicitado a pesquisar sobre o tema da Caixa Preta 1 de modo a entender como ocorre a produção e o transporte de energia elétrica consumida nas residências. A hidroelétrica é uma forma de produção de energia elétrica, no entanto é necessário saber de fato quais processos estão envolvidos nessa produção e transmissão até as residências. Por exemplo, como funciona uma usina hidroelétrica? Para isso, é importante também discutir onde estão localizadas as grandes bacias hidrográficas que permitem a produção de energia elétrica no Brasil. Deste modo, este grupo tem como objetivo esclarecer e aprofundar os conhecimentos referentes ao seguinte ponto: O que caracteriza a geração e o transmissão de energia elétrica?

Dessa forma devem pesquisar e abordar:

- Como é produzida a energia elétrica e como ela chega nas residências para ser consumida.
- Onde estão localizadas as grandes bacias hidrográficas que permitem a produção de energia elétrica no Brasil.
- Onde estão os grandes centros consumidores de energia elétrica.

***Possíveis especialistas a serem consultados:**

- <https://www.ageradora.com.br/como-a-energia-eletrica-chega-ate-sua-casa/>
- <https://youtu.be/tL4nBNvC5S0>
- https://youtu.be/k_5450bNdhw
- <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia>
- <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/infograficos#ENERGIA-ELETRICA>

Grupo 2 - Caixa preta 2 – Características das formas e impactos ambientais da geração de energia elétrica

***O que precisamos saber?**

Na fase do panorama espontâneo foi identificado que os conhecimentos sobre as formas e os impactos ambientais dessas formas da geração de energia elétrica necessitam de maior clareamento. Nesse sentido, o grupo está sendo solicitado a pesquisar sobre o tema da caixa 2 de modo a entender o sistema de produção de energia elétrica brasileiro, assim também, esclarecer as formas de produção de energia elétrica no mundo considerando o impacto ambiental dessas formas de produção de energia elétrica. Portanto, é necessário discutir:

i. A produção de energia elétrica a partir de fontes naturais renováveis e não renováveis, abundantes e disponíveis no Brasil e no mundo, podendo propor alternativas para a construção de uma matriz nacional mais limpa, sustentável e viável do ponto de vista tecnológico e econômico, considerando os impactos socioambientais.

ii. As fontes alternativas e sustentáveis de energia, observando fatores favoráveis e desfavoráveis, considerando aspectos socioambientais, econômicos, políticos e as características regionais e, principalmente, valorizando as formas de energia solar e eólica como fontes primárias para matriz energética do Nordeste brasileiro.

Assim, se faz necessário o grupo responder à seguinte pergunta: O que caracteriza as formas de geração e quais impactos ambientais dessas formas de produção de energia elétrica?

Dessa forma devem pesquisar e abordar:

- O sistema de produção de energia elétrica brasileiro.
- Quais outras formas de produção de energia elétrica no mundo.
- O impacto ambiental dessas formas de produção de energia elétrica.
- As vantagens e os inconvenientes das formas de produção de energia elétrica hidrelétrica e eólica.
- Porque o Nordeste é potencialmente o lugar para produzir energia eólica.

***Possíveis especialistas a serem consultados:**

- <https://journals.openedition.org/confins/10797?lang=pt>
- <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/formas-de-energia>
- <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia>
- <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/infograficos#ENERGIA-ELETRICA>

Grupo 3 - Caixa preta 3 - História da eletricidade e impactos no modo de vida.

***O que precisamos saber?**

Foi identificado na construção da síntese do panorama espontâneo o pouco conhecimento dos estudantes em relação a história da eletricidade até os nossos dias. Assim sendo, o grupo está sendo solicitado a pesquisar sobre o tema da caixa 3 de modo a entender exatamente o tempo quando a energia elétrica foi introduzida na vida das pessoas e onde foi instalada a primeira hidrelétrica no mundo e no Brasil de forma específica.

A discussão de que a introdução da energia elétrica na vida das pessoas trouxe e traz muitas mudanças na vida das pessoas, além da possibilidade de acesso às novas tecnologias que dispomos na atualidade trouxe a necessidade de ampliar os conhecimentos sobre quais hábitos são alterados na vida das pessoas com a inserção da energia elétrica. Portanto, o grupo deve:

- i. Investigar quando a energia elétrica foi introduzida na vida das pessoas;
- ii. Descrever quando o Brasil começou a produzir energia elétrica e qual a primeira usina de energia elétrica hidroelétrica instalada no Brasil (onde foi instalada);
- iii. Como funciona uma usina hidrelétrica e qual a razão de se usar corrente alternada e não corrente contínua;
- iv. Identificar e analisar os impactos das transformações históricas, ocorridas nos caminhos da eletricidade, principalmente as decorrentes dos avanços tecnológicos e científicos e sua influência na emergência de novos valores individuais, coletivos e sociais;

v. Avaliar os impactos que a geração de energia elétrica promove através das tecnologias, analisando sua influência no modo de vida e na organização espacial dos diferentes grupos humanos.

Para tanto, é preciso responder à seguinte pergunta: Quais caminhos a energia elétrica percorreu até chegar em nossos dias e quais hábitos são alterados na vida das pessoas com a inserção da energia elétrica?

***Possíveis especialistas a serem consultados**

- <https://revistapesquisa.fapesp.br/rotas-da-eletricidade/>
- <https://youtu.be/2ZmxJeR0L9w>
- <https://www.iberdrola.com/meio-ambiente/historia-eletricidade#:~:text=Foi%20constru%C3%ADda%20por%20Edison%20em,I%C3%A2mpadas%20incandescentes%20de%2050%20watts.&text=Usina%20hidrel%C3%A9trica%20do%20Ni%C3%A1gara%2C%20a,transmitir%20eletricidade%20por%20grandes%20dist%C3%A2ncias.>
- <https://youtu.be/6w7Z-pyiDFo>
- <https://youtu.be/n6-XWMSA-bQ>
- <https://microinversor.com.br/a-guerra-das-correntes/?v=19d3326f3137>
- <https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/reportagem/historia-tesla-vs-edison-a-guerra-das-correntes.phtml>

Grupo 4 - Caixa preta 4 – Normas de segurança exigidas pela legislação brasileira(leis).

***O que precisamos saber?**

Na construção da síntese do panorama espontâneo foi identificado que ao fazer as instalações de uma residência algumas normas de segurança devem ser adotadas para evitar riscos de incidente, como por exemplo, uma determinada espessura para o fio. As tomadas também devem ser posicionadas obedecendo determinada altura. Que tipos de tomadas devem ser utilizadas como cuidados de segurança ao manipular a construção de um circuito elétrico de uma residência. No entanto, foi diagnosticado que não sabemos exatamente quais são essas

orientações e qual é a lei que regulamenta essas normas no Brasil.

Portanto, é necessário responder à seguinte pergunta: Quais as normas de segurança exigidas pela legislação “brasileira” para uma residência (disjuntores, fiação, posicionamento e tipo de tomadas etc.)?

Portanto, o grupo deve:

- i. Investigar a altura que uma tomada deve ser posicionada em uma residência;
- ii. Os tipos de tomadas que devem ser utilizadas nos circuitos elétricos de uma residência;
- iii. Descrever em relação a fiação de uma residência a espessura de fio que deve ser adotada;
- iv. Os cuidados de segurança ao manipular a construção de um circuito elétrico em uma residência.

***Possíveis especialistas a serem consultados**

- <https://docente.ifrn.edu.br/jeangaldino/disciplinas/2015.1/instalacoes-eletricas/nbr-5410>
- <https://www.mundodaeletrica.com.br/normas-abnt-para-eletricistas-quais-sao-quando-usar/>
- <https://www.sience.com.br/blog/o-que-e-nbr-5410/>

APÊNDICE F - PLANO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO – ESTUDO PRINCIPAL



Serviço Público Federal

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Plano de Sequência de Ensino com um Percurso Interdisciplinar

Plano da Sequência de Percurso Interdisciplinar: Estudo Principal

Apresentação:

Nome do autor (a) da proposta: Naltilene Teixeira Costa Silva

Ano letivo: 2024

Público-alvo – série: 3º ano (Ensino Médio)

Duração (número de encontros, períodos de 50 minutos): 8 encontros presenciais.

Problema complexo: Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica para o consumo em residências.

Projeto: Construção de uma IRI sobre os processos envolvidos na geração, na transmissão e na distribuição da energia elétrica para o consumo em residência por estudantes do terceiro ano do EM.

Contexto: Escola de Referência em EM em Araçoiaba-PE, cidade com economia de base agroindustrial com objetivo de obter dados para a construção de uma tese de doutorado.

Produtores e Consumidores da IRI: Estudantes do terceiro ano da Escola de Referência em EM Maria Gayão Pessoa Guerra.

Questão problematizadora: O que eu preciso saber para entender os processos envolvidos na geração, na transmissão e na distribuição, de energia elétrica, para consumo em residência?

Justificativa

O problema complexo foi escolhido por estar associado a vários objetos de conhecimento do Currículo do estado de Pernambuco para o EM, entre os quais circuitos elétricos simples, usualmente ministrado na terceira série. Por se relacionar a vários elementos do currículo, o problema complexo suscita uma abordagem didática no qual, implica ultrapassar as barreiras disciplinares e assim construir conhecimentos de natureza interdisciplinar por parte de estudantes do EM. Além disso, o problema complexo se relaciona ao cotidiano no qual os estudantes estão inseridos, pois são consumidores da energia elétrica gerada e distribuída para suas respectivas residências.

Objetivos da sequência:

Construir uma IRI, materializada em um mapa mental, sobre o problema complexo (objeto dessa SPI).

Objetos de conhecimento que serão explorados nas atividades da sequência de ensino:

- Questões ambientais e sustentabilidade;
- Fontes naturais renováveis e não renováveis de energia elétrica (Brasil e mundo);
- Transformações históricas em decorrência da eletricidade;
- Bacias hidrográficas;
- Fontes alternativas de energia elétrica;
- Matrizes energéticas exploradas no Brasil;
- Matrizes energéticas aplicada à geradores;
- Circuito Elétrico Simples.

Quadro 26 - Planejamento da Sequência de Percurso Interdisciplinar – Estudo Principal

Número da atividade/ Tempo da aula (min.)	Objetivos	Objetos de conhecimento a ser explorado	Atividades a serem realizadas:	Forma de avaliação
Etapa Preliminar (50 minutos)				
Encontro 0 – 50 min	Preencher corretamente o TCLE e TALE que expressam tanto a proposta da pesquisa quanto os objetivos da proposta apresentada.	- Objetivos e método da proposta de pesquisa; - Termos de Consentimento e Assentimento.	- Organização da turma; - Apresentação da pesquisadora. - Apresentação multimídia sobre a proposta do projeto e dos termos: TALE e TCLE; - Discussão e negociação com os estudantes, para o esclarecimento de dúvidas sobre o projeto; - Preenchimento do TCLE.	- Preenchimento correto dos campos do TCLE; O interesse na proposta foi avaliado de acordo com o percentual de termos assinados e entregues na data correta. Entre 75% e 100% dos estudantes assinarem: Totalmente interessados; - Entre 50% e 75%: parcialmente interessados; - Entre 30% e 50%: Pouco interessados; - Entre 0% e 30%: Sem interesse.
Etapas - Clichê e início do Panorama Espontâneo (50 minutos)				
Encontro 1 – 50 min	Descrever suas representações iniciais sobre a geração, o transporte e o consumo de energia elétrica em uma residência.	- Fontes naturais renováveis e não renováveis de energia elétrica (Brasil e mundo); - Bacias hidrográficas; - Fontes alternativas de energia elétrica; - Matrizes energéticas exploradas no Brasil; - Matrizes	- Organização da turma; - Construção do Clichê: Problematização – Charge, Situação problema e Dinâmica do Brainstorming; - Apresentação da Grelha de Análise pela pesquisadora; - Atividade dos estudantes respondendo a Grelha de Análise (discussão direcionada pela pesquisadora - de forma oral e coletiva); - Síntese parcial coletiva por quais caixas pretas serão abertas direcionada pela pesquisadora (mapa de ideias);	A avaliação nessas etapas do Clichê e do Panorama Espontâneo foi realizada a partir da participação dos estudantes em: - descrever oralmente suas representações iniciais; - Participar da construção coletiva do mapa de ideias (síntese parcial). Assim, será avaliado em relação a descrição oral dos estudantes sobre suas representações iniciais: - Nível ótimo de participação - Se 75% a 100% dos estudantes interagirem durante a realização da atividade com ao menos um argumento, frase ou palavra. - Nível bom de participação - Se 50% a 75% dos estudantes interagirem; - Nível mediano – Se houver participação entre 30% e 50% dos estudantes; - Participação insuficiente – Se menos de 30% interagirem, Escala de avaliação da participação: 100% - 75% - ótimo

		energéticas à aplicada geradores; ● Circuito Elétrico Simples.		75% - 50% - bom 50% - 30% - mediano 30% - 1% - insuficiente Se os estudantes participaram da construção da síntese parcial coletiva das representações iniciais, os critérios para a análise do texto foram: 1. A pertinência ou não da abordagem das representações iniciais referentes ao problema complexo abordado nas questões norteadoras da grelha; 2. Se os conceitos espontâneos dos grupos na etapa panorama espontâneo são norteados pelas disciplinas ou pelo senso comum; 3. Se emerge desse processo da síntese construída uma lista das Caixas Pretas a serem abertas e se essas caixas apontadas são pertinentes ao problema complexo; 2. Se enunciam uma lista de possíveis especialistas que seja coerente com cada uma das Caixas Pretas listadas e se justificam coerentemente a escolha desses possíveis especialistas identificados. Os registros produzidos para essa etapa foram a gravação do momento de discussão e a construção da síntese parcial coletiva direcionada pela pesquisadora dos conceitos espontâneos em relação às respostas das questões da grelha interdisciplinar de análise.
--	--	---	--	---

ETAPA - Abertura de Caixas Pretas (250 minutos)

Encontro 2 – 50 min	Durante a abertura das Caixas Pretas nesta aula os estudantes deverão: ● Identificar se o material apresentado no Panorama Espontâneo contém a informação que é necessária para a construção do	● Questões ambientais e sustentabilidade; ● Transformações históricas em decorrência da eletricidade ● Bacias hidrográficas;	● Organização da turma; ● Abertura apenas das Caixas Pretas 1,2, 3 e 4. Para a abertura das Caixas Pretas 1, 2, 3, e 4 os estudantes foram organizados em grupos e cada grupo foi conduzido a ficar responsável por buscar os conhecimentos necessários para abertura de apenas uma dessas Caixas Pretas e organizar esse conhecimento construído para apresentação aos demais grupos no próximo encontro. Entretanto, a	A avaliação dos encontros 2 foi realizada, respectivamente, no encontro 3. Para a avaliação foram analisadas as informações coletadas e apresentadas aos demais grupos quanto aos mapas mentais construídos. Será analisado se as informações são pertinentes à Caixa Preta aberta e se os argumentos apresentados pelos estudantes se constituem a partir de um conjunto de premissas que os levem a uma conclusão com embasamento disciplinar.
------------------------	--	--	--	--

	conhecimento. • Construir um mapa de ideias para organização do conhecimento adquirido.	• Fontes alternativas de energia elétrica; • Matrizes energéticas exploradas no Brasil; • Matrizes energéticas aplicada à geradores; • Fontes renováveis e não renováveis de energia elétrica (Brasil e mundo);	Caixa Preta 5 será aberta por todos os estudantes juntamente com a pesquisadora e ocorrerá somente a partir da 4ª aula. ➤ Grupo 1 - Abertura caixa preta 1: “Geração e transmissão de energia hidrelétrica”; ➤ Grupo 2 - Abertura caixa preta 2: “Matriz energética e Elétrica”; ➤ Grupo 3 - Abertura caixa preta 3: “Introdução da eletricidade na vida humana”; ➤ Grupo 4 - Abertura caixa preta 4: “Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBR)”; ➤ Grupos 1, 2, 3 e 4 - Abertura caixa preta 5: “Circuitos elétricos simples”.	
Encontro 3 – 50 min	Durante esta aula para a abertura das Caixas Pretas 1,2,3 e 4 os estudantes deverão: • Descrever como se dá a geração e o transporte de energia elétrica; • Descrever quais as formas de geração de energia elétrica e os impactos ambientais dessas produções de energia elétrica no Brasil e no	• Questões ambientais e sustentabilidade; • Transformações históricas em decorrência da eletricidade • Bacias hidrográficas; • Fontes alternativas de energia elétrica; • Matrizes energéticas	• Organização da Turma; • Socialização das informações coletadas e da síntese parcial construída pelo grupo utilizando projeção multimídia;	A avaliação foi realizada a partir da apresentação dos estudantes no levantamento das informações relevantes para a construção do conhecimento em torno do problema complexo. Então, a primeira parte da avaliação constará da respectiva construção da apresentação das informações consideradas relevantes pelo grupo e da síntese parcial da respectiva caixa preta aberta pelo grupo: se os estudantes elaboraram ou não essa apresentação e esse mapa de ideias. Se os estudantes elaborarem a apresentação e a síntese parcial das informações das Caixas Pretas abertas os critérios para a análise do texto produzido foram: i. a pertinência das informações abordadas com a Caixa Preta aberta; ii. se as informações apresentam embasamento nas disciplinas. iii. Se os argumentos apresentados são construídos de

	mundo; • Descrever o processo histórico de implantação e desenvolvimento da geração e distribuição de energia elétrica no Brasil até os dias atuais e quais impactos no modo de vida das pessoas; • Descrever as normas de segurança determinadas pela legislação “brasileira” para uma residência (disjuntores, fiação, posicionamento e tipo de tomadas etc.);	exploradas no Brasil; • Matrizes energéticas aplicada à fontes renováveis e não renováveis de energia elétrica (Brasil e mundo);		forma racional e lógica por meio de cadeias de evidências. iv. se ao consultar as fontes e especialistas reformularam as informações recolhidas em um texto coerente em função do projeto.
Encontro 4 – 50 min	• Definir corrente elétrica, condutores, isolantes e Circuito Elétrico Simples; • Referenciar os elementos de um circuito elétrico simples pelos seus nomes; • Identificar as principais características dos componentes básicos de um	• Circuito Elétrico Simples.	• Organização da Turma; • Sistematização de conceitos; • Apresentação e acesso aos estudantes da plataforma <i>Tinkercad</i> ; • Simulação básica com circuito elétrico simples com LEDs e Resistor realizada pela pesquisadora utilizando a plataforma.	A avaliação dessa aula ocorreu de forma oral utilizando o circuito construído para analisar se os estudantes: i. Referenciam os elementos do circuito elétrico pelos seus nomes; ii. Identificam quais principais características dos componentes do circuito elétrico construído. Por exemplo, que a fonte de energia é um dispositivo que fornece energia e que apresenta diferença de potencial elétrico – ddp – entre seus terminais e que o interruptor libera ou interrompe a corrente elétrica no circuito elétrico simples. iii – Se apresentaram os esquemas por símbolos dos circuitos simulados na plataforma <i>Tinkercad</i> .

	circuito elétrico simples; • Construir um circuito de <i>LED</i> básico; • Caracterizar resistor; • Identificar um <i>LED</i> como um tipo de resistor; • Analisar a corrente elétrica por meio da observação da intensidade do <i>LED</i> em função da mudança de resistores no circuito elétrico simples.			
Encontro 5 e 6 – 50 min	• Representar os elementos de um circuito elétrico simples em série; • Construir circuitos elétricos simples em paralelo e com resistores; • Representar os elementos do circuito elétrico em paralelo; • Analisar os tipos de circuitos (série e paralelo) e avaliar a aplicabilidade de cada um em situações do cotidiano.	• Circuito Elétrico Simples.	• Organização da Turma; • Simulação circuito elétrico em série. • Simulação circuito elétrico em paralelo; • Simulação circuito elétrico misto.	Para a avaliação dessa aula será considerado se os estudantes construíram todos os circuitos que foram pedidos utilizando os resistores adequados. Assim também, se farão a representação simbólica dos elementos dos circuitos elétricos construídos e simulados na plataforma. Obs: A turma será dividida em dois grupos e a mesma aula será vivenciada por ambos os grupos em dias alternados. Enquanto um grupo vai estar com a pesquisadora no laboratório de informática, os demais estarão em sala com o professor de física da turma.

Etapa Síntese Final (100 minutos)				
Encontro 7– 50 min	Durante esta aula para a abertura das Caixas Pretas os estudantes deverão: • Construir uma síntese parcial coletiva e um mapa de ideias referente às informações coletadas na abertura das cinco caixas pretas.	• Questões ambientais e sustentabilidade; • Fontes naturais renováveis e não renováveis de energia elétrica (Brasil e mundo); • Transformações históricas em decorrência da eletricidade; • Bacias hidrográficas; • Fontes alternativas de energia elétrica; • Matrizes energéticas exploradas no Brasil; • Matrizes energéticas aplicada à geradores; • Circuito Elétrico Simples.	• Organização da Turma; • Síntese parcial coletiva orientada pela pesquisadora; • Mapa de ideias (síntese parcial coletiva).	Para a avaliação dessa aula será considerado se os estudantes construirão um mapa de ideias (síntese parcial) de todas as Caixas Pretas abertas a partir da síntese parcial coletiva orientada pela pesquisadora. Em seguida, cada grupo construirá um mapa de ideias que expresse apresentação as informações coletadas em relação as Caixas Pretas abertas. Essa construção será utilizada para avaliar os estudantes e será validada por uma especialista em Física. Então, a primeira parte da avaliação constará da respectiva participação dos estudantes na construção da síntese parcial coletiva orientada pela pesquisadora e na continuidade se constroem um mapa de ideias que expresse como ocorre a geração, o transporte e o consumo de energia elétrica em uma residência. Se os estudantes elaborarem o mapa de ideias (síntese parcial) os critérios para a análise serão por exemplo: a pertinência das informações abordadas nas Caixas Pretas abertas; se as informações apresentam embasamento disciplinar. Se as ideias apresentadas aparecem argumentadas com base em cadeias de evidências.
Encontro 8	Durante esta aula	• Questões	• Organização da turma;	Para a avaliação dessa aula foi considerado se os estudantes

– 50 min	as(os) estudantes deverão: ● Construir em grupos uma síntese final coletiva referente às informações coletadas na abertura das caixas pretas.	ambientais e sustentabilidade; ● Fontes naturais renováveis e não renováveis de energia elétrica (Brasil e mundo); ● Transformações históricas em decorrência da eletricidade; ● Bacias hidrográficas; ● Fontes alternativas de energia elétrica; ● Matrizes energéticas exploradas no Brasil; ● Matrizes energéticas aplicada à geradores; ● Circuito Elétrico Simples.	● Síntese Final.	fizeram o a síntese final de todas as Caixas Pretas abertas. Cada grupo construiu um mapa de ideias observando o resultado da consulta ao especialista e realizando as alterações sugeridas. Então, a primeira parte da avaliação constou da respectiva construção dessa síntese final (mapa de ideias). Como critério para a análise do mapa de ideias produzido foi considerado se os estudantes descreveram através de um mapa de ideias como ocorre a geração, o transporte e o consumo de energia elétrica em uma residência.
----------	--	---	--	---

Recursos materiais e humanos necessários (liste o que você vai precisar para desenvolver o minicurso)

- Computador;
- Quadro negro e hidrocor;
- Charge para a problematização;
- Google.docs;
- Acesso à *Internet*;
- Software de apresentação de slides, como *Google PowerPoint*.
- Grelha Interdisciplinar de Análise;
- Lista de possíveis especialistas;
- Celular;
- Especialista *Tinkercad*.

Bibliografia

MAINGAIN, A. (2020) La construction d'un îlot interdisciplinaire de rationalité sur la notion de mythe. Belgique. N° 4, 35 p., Avril. Les Cahiers pédagogiques du Centre Interfaces, Namur.

MAINGAIN, A.; DUFOUR, B.; FOUREZ, G. (2008) Abordagens Didáticas da interdisciplinaridade. Lisboa. Trad. Joana Chaves. Ed. 1ª. Editora Instituto Piaget.

PERNAMBUCO. Currículo de Pernambuco Ensino Médio (2021). Recife/PE.

VIGOTSKI, Lev S. (2001). A construção do Pensamento e da Linguagem. São Paulo. Editora: Martins Fontes.

VYGOTSKY, L. S. (2007a). Pensamento e Linguagem. Lisboa. Relógio D' Água Editores.

VYGOTSKY, L. S. (2007b). A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. São Paulo. Martins Fontes - 7º ed.

Avaliação

A avaliação desta sequência de ensino interdisciplinar irá considerar a análise das interações entre os estudantes durante o desenvolvimento do percurso interdisciplinar e do mapa de ideias produzido. Será analisado se os estudantes utilizam os conceitos disciplinares na produção e desenvolvimento de um mapa de ideias como ocorre a geração, o transporte e o consumo de energia elétrica em uma residência.