

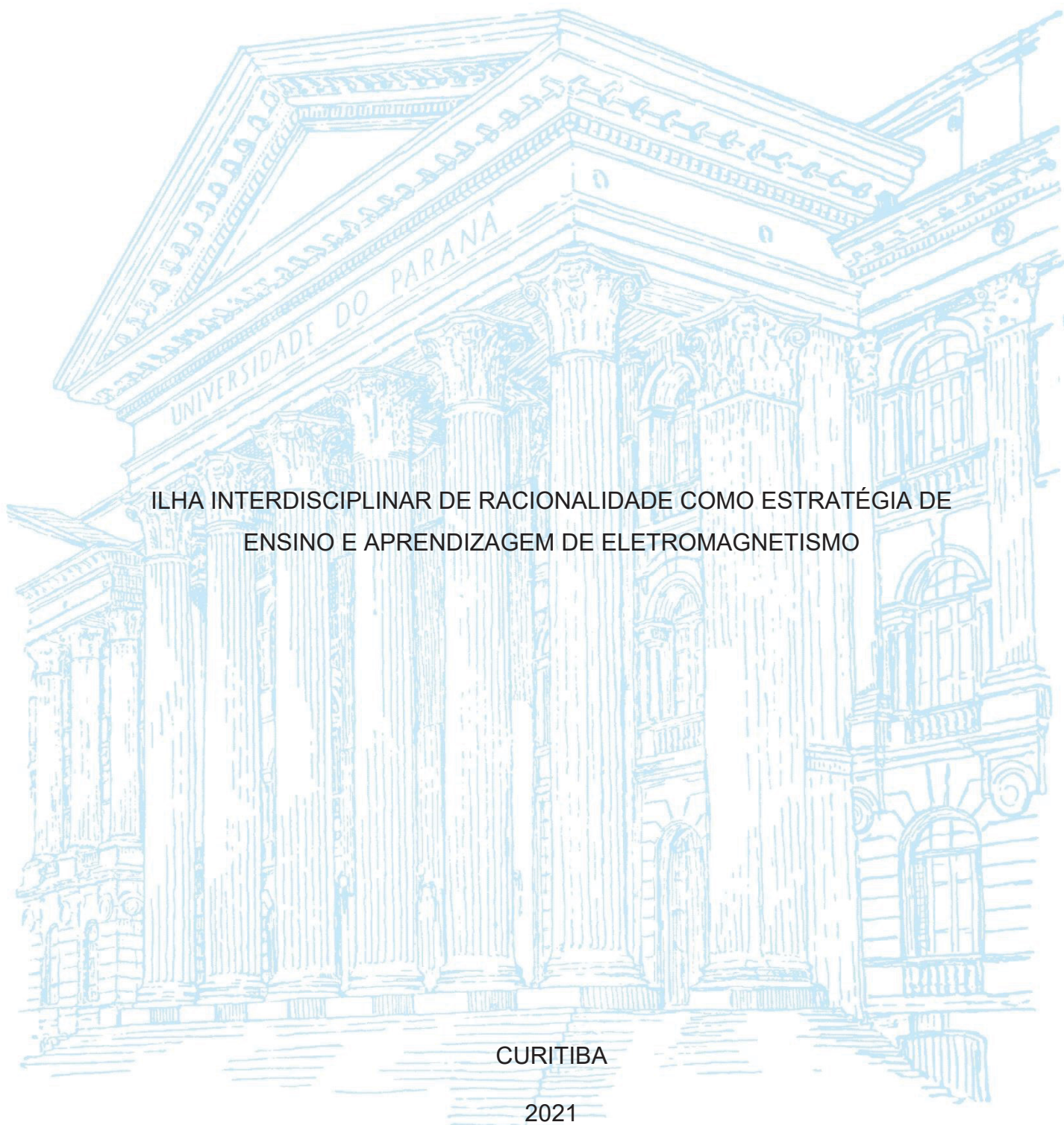
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOÃO CARLOS BARUMBY

ILHA INTERDISCIPLINAR DE RACIONALIDADE COMO ESTRATÉGIA DE
ENSINO E APRENDIZAGEM DE ELETROMAGNETISMO

CURITIBA

2021



JOÃO CARLOS BARUMBY

ILHA INTERDISCIPLINAR DE RACIONALIDADE COMO ESTRATÉGIA DE
ENSINO E APRENDIZAGEM DE ELETROMAGNETISMO

Dissertação apresentado ao curso de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Setor de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e em Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Camargo.

CURITIBA

2021

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

B295i Barumby, João Carlos
Ilha interdisciplinar de racionalidade como estratégia de ensino e aprendizagem de eletromagnetismo [recurso eletrônico] / João Carlos Barumby – Curitiba, 2021.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Camargo.

1. Eletromagnetismo. 2. Física – Estudo e ensino (Ensino médio). 3. Interdisciplinaridade. 4. Gérard Fourez - Metodologia de ensino. I. Universidade Federal do Paraná. II. Camargo, Sérgio. III. Título.

CDD: 530.141

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA - 40001016068P7

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **JOÃO CARLOS BARUMBY** intitulada: **ILHA INTERDISCIPLINAR DE RACIONALIDADE COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE ELETROMAGNETISMO**, sob orientação do Prof. Dr. SERGIO CAMARGO, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 28 de Junho de 2021.

Assinatura Eletrônica
28/06/2021 19:09:18.0
SERGIO CAMARGO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
28/06/2021 20:27:34.0
THAÍS RAFAELA HILGER

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
29/06/2021 09:22:10.0
ÁLVARO EMÍLIO LEITE

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
28/06/2021 19:28:02.0
PRISCILA KABBAZ ALVES DA COSTA
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Dedico o trabalho à minha família: Catarina,
João, Everson e Elaine.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Professor Dr. Sérgio Camargo, pelo tempo que disponibilizou a me orientar e pela paciência que teve com minha pessoa.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática (PPGECM), pela oportunidade durante estes anos em que cursei as disciplinas do programa.

Agradeço ao Grupo de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem em Ciências e em Matemática (GPEACM), o qual faço parte e sempre contribuiu para o melhoramento da construção da minha dissertação.

Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso, aprendemos sempre. (FREIRE, 1989, p.31)

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada no âmbito do Ensino Médio da Educação Básica, com alunos do 3º Ano de uma escola Pública do Estado do Paraná em que foi desenvolvida uma sequência didática a fim de construir uma IIR envolvendo a disciplina de Física e Eletrônica com a disciplina de História. O objetivo principal foi identificar contribuições da Teoria das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR) a partir de uma sequência didática desenvolvida na perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica (ACT) na aprendizagem de Eletromagnetismo em uma turma de alunos do 3º ano do ensino médio de uma escola pública. As Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR) é uma metodologia de ensino proposta por Gérard Fourez, a qual prevê a seleção da informação e estruturação do modelo que a ilha procura construir. O Ensino do Eletromagnetismo, por vezes gira em torno de questões pouco práticas com repetição de exercícios e aplicações de formulários prontos. O aluno tem pouco contato com as aplicações e implicações sobre este estudo e suas implicações e aplicações na sociedade e as relações com outras disciplinas e este modelo prevê uma abordagem de ensino que engloba mais de uma disciplina, neste sentido a dissertação destina-se a investigar quais contribuições a metodologia proposta por Fourez Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade para a aprendizagem, na perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica (ACT) para o ensino do Eletromagnetismo – conteúdo estruturante da disciplina de Física e suas relações com outras disciplinas. Para esta pesquisa foram utilizados: questionário inicial sobre os conhecimentos prévios que os alunos tinham sobre eletromagnetismo e uma sequência didática com base na metodologia das Ilhas Interdisciplinas de Racionalidade (IIR), elaborada a partir da situação problema escolhida pelos estudantes. A análise dos dados foi feita a partir deste questionário e desta sequência didática e foi utilizado um software de Análise de dados: *Maxqda* e o *Survey Monkey*. Importante salientar que esta pesquisa foi feita com alunos do 3º Ano do Ensino Médio de uma escola pública. Como resultados obtivemos que o uso da metodologia das Ilhas Interdisciplinares (IIR) tem mais impacto na aprendizagem por ter mais envolvimento de escolhas feita pelos estudantes. Como possibilidade de pesquisas futuras seria interessante investigar como as Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR) podem contribuir na formação inicial dos professores nos cursos de licenciatura.

Palavras-chave: Alfabetização Científica e Tecnológica. Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade. Eletromagnetismo. Interdisciplinaridade. Gérard Fourez.

ABSTRACT

This research was carried out in the context of High School of Basic Education, with students from the 3rd year of a public school in the State of Paraná, in which a didactic sequence was developed in order to build an IIR involving the discipline of Physics and Electronics with the discipline of history. The main objective was to identify contributions of the Theory of Interdisciplinary Islands of Rationality (IIR) from a didactic sequence developed from the perspective of Scientific and Technical Literacy (ACT) in the learning of Electromagnetism in a class of 3rd year high school students in a public school. The Interdisciplinary Islands of Rationality (IIR) is a teaching methodology proposed by Gérard Fourez, which foresees the selection of information and structuring of the model that the island seeks to build. The Teaching of Electromagnetism sometimes revolves around impractical issues with repetition of exercises and application of ready-made forms. The student has little contact with the applications and implications of this study and its implications and applications in society and relationships with other disciplines and this model provides a teaching approach that encompasses more than one discipline, in this sense the dissertation is intended to investigate which contributions the methodology proposed by Fourez Interdisciplinary Islands of Rationality for learning, in the perspective of Scientific and Technical Literacy (ACT) for the teaching of Electromagnetism – structuring content of the discipline of Physics and its relations with other disciplines. For this research, the following were used: an initial questionnaire about the students' previous knowledge about electromagnetism and a didactic sequence based on the methodology of the Interdisciplinary Islands of Rationality (IIR), elaborated from the problem situation chosen by the students. Data analysis was performed using this questionnaire and this didactic sequence, using a data analysis software: Maxqda and Survey Monkey. It is important to point out that this research was carried out with students from the 3rd year of high school in a public school. As a result, we obtained that the use of the Interdisciplinary Islands (IIR) methodology has more impact on learning as it has more involvement in the choices made by students. As a possibility for future research, it would be interesting to investigate how the Interdisciplinary Islands of Rationality (IIR) can contribute to the initial training of teachers in undergraduate courses.

Keywords: Scientific and Technological Literacy. Interdisciplinary Islands of Rationality. Electromagnetism. Interdisciplinarity. Gerard Fourez.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DIMENSÃO OU CAIXAS PRETAS IDENTIFICADAS PELOS ESTUDANTES	67
FIGURA 2 – ESTUDANTES CONFECCIONANDO O RÁDIO DE GALENA SEM PILHAS	71
FIGURA 3 – MONTAGEM EXPERIMENTAL DE UM RÁDIO DE GALENA.....	72
FIGURA 4 – SINTONIA DO RÁDIO DE GALENA NA ESTAÇÃO AM DA CIDADE	73
5FIGURA 5 – INSTALAÇÃO DA ANTENA EXTERNA REALIZADA PELOS ESTUDANTES	74
FIGURA 6 – MAPA DOS ESTUDANTES DO GRUPO 1	76
FIGURA 7 – MAPA DOS ESTUDANTES DO GRUPO 4	77
FIGURA 8 – CIRCUITO ELÉTRICO DA TECNOLOGIA GRUPO 1	78
FIGURA 9 – CIRCUITO ELÉTRICO DA TECNOLOGIA GRUPO 4	79
FIGURA 10 – EXEMPLOS DE CAPACITORES VARIÁVEIS.....	81
FIGURA 11 – CAPACITOR CERÂMICO DE 270 pF.....	82
FIGURA 12 – ESQUEMA DE UM SEMICONDUTOR FORMADO POR JUNÇÃO PN	83
FIGURA 13 – REPRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA INTERNA DE UM DIODO E SÍMBOLO CIRCUITAL DO DIODO	84
FIGURA 14 – REPRESENTAÇÃO DE UM SOLENÓIDE ENVOLTO A UM CILINDRO	85
FIGURA 15 – FONE DE OUVIDO DE MATERIAL PIEZOELÉTRICO	85
FIGURA 16 – ESQUEMA DO CIRCUITO ELÉTRICO E SUAS FINALIDADES DOS ESTUDANTES DO GRUPO 1.....	86

FIGURA 17 – ESQUEMA DO CIRCUITO ELÉTRICO E SUAS FINALIDADES DOS ESTUDANTES DO GRUPO 4.....	87
FIGURA 18 – TELA BÁSICA DO MAXQDA.....	92
FIGURA 19 – TELA COM COMANDO DE IMPORTAÇÃO DE QUESTIONÁRIO DO SURVEY MONKEY PARA O MAXQDA.....	93
FIGURA 20 – INSERÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS RESPONDIDO PELOS ESTUDANTES	93
FIGURA 21 – NUVEM DE PALAVRAS GERADA A PARTIR DO REFINAMENTO DE DADOS DO QUESTIONÁRIO	96
FIGURA 22 – ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO DO RÁDIO DE GALENA COM MAXQDA.....	99
FIGURA 23 – ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO DO ESQUEMA DO RÁDIO DE GALENA COM MAXQDA.....	100
FIGURA 24 – ANÁLISE DO RÁDIO DE GALENA EM FUNCIONAMENTO COM MAXQDA.....	101
FIGURA 25 – ANÁLISE DA ANTENA EM DETALHE COM MAXQDA.....	101
FIGURA 26 – NUVEM DE PALAVRAS – ETAPA: SÍNTESE DA IIR	104

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CONTEXTOS EPISTEMOLÓGICOS E PEDAGÓGICOS DOS SABERES	43
QUADRO 2 – QUESTÕES LEVANTADAS PELOS ALUNOS.....	65
QUADRO 3 – TEXTO INFORMATIVO ELABORADO PELOS ESTUDANTES DO GRUPO 1	88
QUADRO 4 – TEXTO INFORMATIVO ELABORADO PELOS ESTUDANTES DO GRUPO 4	89
QUADRO 5 – FASES DA IIR E UNIDADES DE REGISTRO PARA ANÁLISE	94
QUADRO 6 – CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES EM RELAÇÃO AO ELETROMAGNETISMO ENCONTRADAS NA IIR	95
QUADRO 7 – DIVISÃO ORGANIZACIONAL PARA A ANÁLISE DE DADOS DA ETAPA 1 – CLICHÊ DA IIR.....	95

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES ACERCA DO ELETROMAGNETISMO – ETAPA 1 – CLICHÊ DA IIR	96
TABELA 2 – ETAPAS DO PANORAMA ESPONTÂNEO, CONSULTA AOS ESPECIALISTAS E ESPECIALIDADES E IDA À PRÁTICA	98
TABELA 3 – ABERTURA APROFUNDADA DE ALGUMAS CAIXAS PRETAS, ESQUETIZANDO A SITUAÇÃO PENSADA E ABERTURA DE ALGUMAS CAIXAS PRETAS SEM A AJUDA DOS ESPECIALISTAS	102
TABELA 4 – ETAPA DA SÍNTESE DA ILHA INTERDISCIPLINAR DE RACIONALIDADE	103

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

IIR	- Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade
DCNs	- Diretrizes Curriculares Nacionais
DCE-PR	- Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná
LDB	- Lei de Diretrizes e Bases

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1 A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.....	27
2.2 A INTERDISCIPLINARIDADE.....	31
2.3 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E AS ILHAS DE RACIONALIDADE.....	34
2.4 A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DE FOUREZ.....	36
2.5 AS ILHAS DE RACIONALIDADE E A METODOLOGIA DAS ILHAS INTERDISCIPLINARES DE RACIONALIDADE	40
2.6 ETAPAS DA METODOLOGIA IIR	49
2.6.1 Etapa Zero	50
2.6.2 O clichê.....	51
2.6.3 O Panorama Espontâneo	52
2.6.4 Consulta aos especialistas e às especialidades.....	54
2.6.5 Ida à Prática.....	55
2.6.6 Abertura aprofundada de algumas caixas pretas e a descoberta de princípios disciplinares que sustentam uma tecnologia.	55
2.6.7 Esquematização global de uma tecnologia	56
2.6.8 Abertura de algumas caixas pretas sem a ajuda dos especialistas.....	57
2.6.9 Síntese da Ilha de Racionalidade produzida.....	57
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	59
3.1 O TEMA ESCOLHIDO E SUA CARACTERIZAÇÃO	61
3.2 ETAPA ZERO.....	61

3.3 O CLICHÊ	63
3.4 O PANORAMA ESPONTÂNEO	64
3.5 CONSULTA AOS ESPECIALISTAS E ESPECIALIDADES.	68
3.6 INDO À PRÁTICA COM A ABERTURA DAS CAIXAS PRETAS.....	70
3.7 ESQUEMATIZAÇÃO GLOBAL DA TECNOLOGIA	75
3.8 A ABERTURA DAS CAIXAS PRETAS SEM A AJUDA DOS ESPECIALISTAS	80
3.9 CONSULTA AO PROFESSOR DE FÍSICA COM A ABERTURA DAS CAIXAS PRETAS ASSOCIADAS À DIMENSÃO DA FÍSICA.....	80
3.10 SÍNTESE DA ILHA DE RACIONALIDADE PRODUZIDA.....	88
4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	92
4.1 ANÁLISE DOS DADOS.....	94
4.2 CATEGORIAS INICIAIS SOBRE AS CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE ELETROMAGNETISMO	95
4.3 ANÁLISE DO PANORAMA ESPONTÂNEO, CONSULTA AOS ESPECIALISTAS E ESPECIALIDADES E IDA À PRÁTICA.....	97
4.4 ANÁLISE DAS ETAPAS: ABERTURA APROFUNDADA DE ALGUMAS CAIXAS PRETAS, ESQUEMATIZANDO A SITUAÇÃO PENSADA E ABRIR ALGUMAS CAIXAS PRETAS SEM A A AJUDA DOS ESPECIALISTAS	102
4.5 ANÁLISE DA ETAPA: SÍNTESE DA ILHA DE RACIONALIDADE PRODUZIDA.....	103
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	105
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	108
REFERÊNCIAS.....	109
ANEXO 1 – AUTORIZAÇÃO PARA USO DE IMAGEM	112

ANEXO 2 - QUESTIONÁRIO APLICADO SOBRE IDEIAS PRÉVIAS SOBRE O QUE OS ESTUDANTES SABEM SOBRE O RÁDIO	113
ANEXO 3 – TEXTOS AUXILIARES PARA O PROJETO	115
ANEXO 4 – ALGUMAS ATIVIDADES REALIZADAS PELOS GRUPOS AO LONGO DAS ETAPAS DA IIR.....	117

1. INTRODUÇÃO

Ao fazer a reflexão sobre minhas aulas observei que por muitas vezes os estudantes respondiam de forma mecânica às questões propostas ou não tinham interesse no assunto. Por isso, busquei novas referências e outras perspectivas para a minha prática educativa. Testando uma nova metodologia para o ensino da disciplina de Física conheci as IIR (Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade), e sua metodologia proposta por Gérard Fourez, a qual trouxe uma nova forma de abordagem para os conteúdos nas minhas disciplinas, contando com a possibilidade da descoberta por parte dos estudantes da teoria envolvida no conteúdo trabalhado.

Na perspectiva das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR), o aluno deve tomar decisões acertadas, tornando-se protagonista e independente para explorar o conhecimento. O conteúdo estruturante do Eletromagnetismo pode vir a despertar o interesse do aluno quando este é colocado em contato sob uma abordagem que remeta ao seu cotidiano em sentido prático.

Um dos pontos centrais da metodologia proposta por Fourez refere-se ao desenvolvimento, promoção, negociação e compromisso ao desenvolver a IIR pelos envolvidos (alunos e professores), o que torna a aplicação da metodologia uma prática não muito comum ao ensino tradicional.

A proposição é analisar a contribuição da Teoria das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR) para o estudo do Eletromagnetismo sob a perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica (ACT).

A justificativa para a pesquisa ainda se dá pelo fato de que há poucos trabalhos que se utilizam desta metodologia. Realizamos uma consulta na base de dados do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), e constatamos que há 119 trabalhos relacionados com o tema do Ensino do Eletromagnetismo, porém, sob perspectivas diferentes da proposta desta pesquisa. Há apenas 25 trabalhos sobre o tema Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR). Dentre estes, apenas um estudo intitulado **Análise das contribuições do educar**

pela pesquisa no estudo das fontes de energia (PRESTES, 2008), estava relacionado ao ensino de Física, tendo como tema a Energia.

Nos principais eventos da Área do Ensino de Ciências e Física também há poucos trabalhos relacionados. Mostrou-se presente nos últimos 10 anos, tomados de base no ENPEC (2009-2019), apenas 7 trabalhos; porém, apenas 1, em 2019, traz como disciplina norteadora a Física. Com relação ao SNEF dos últimos 10 anos (2009-2019), apenas um estudo nesta temática das IIR, da Dra. Lúcia Sasseron. Contudo, a publicação tratava mais especificamente da ACT e da discussão sobre temas de Física Moderna e Contemporânea. Já o EPEF – (2000-2019) – dois trabalhos na área, um de José Pinho Alves Filho e Maurício Pietrocola, e outro de Terezinha de Fátima Pinheiro e Carlos Daniel Ofugi Rodrigues. Por isso, a presente dissertação se faz necessária, pois se constitui como uma contribuição ao campo.

Para trabalhar com as Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR) o aprendiz deve ter o contato com as diversas áreas do conhecimento e as recentes descobertas nas áreas científico-tecnológicas. Deve interagir com os trabalhos científicos, fazendo relações com seu cotidiano e com as diversas disciplinas que o ensino lhe proporciona. Nesse sentido, nossa pesquisa também se insere na perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica (ACT), com o corpo teórico em conjunto com a Teoria das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR).

Em verdade, o ensino do Eletromagnetismo, não raro, gira em torno de questões pouco práticas, com repetição de exercícios e aplicações de roteiros pedagógicos prontos e cheios de fórmulas igualmente prontas. Há uma cultura acerca deste modelo pedagógico que ainda impera dentro das salas de aula.

Por conseguinte, nosso problema de pesquisa centra-se em verificar quais contribuições a Teoria das Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR) podem ser percebidas, a partir do desenvolvimento de uma sequência didática na perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica (ACT), para aprendizagem do eletromagnetismo junto a alunos do Ensino Médio de uma escola pública da Rede do Estado do Paraná.

Assim, responder a esse problema é o objetivo geral desta pesquisa. Para tanto enunciam-se os objetivos específicos da pesquisa: 1) Elaborar uma sequência didática sobre o conteúdo de Eletromagnetismo com base nos pressupostos da Alfabetização Científica e Técnica (ACT); 2) Escolher situações-problema relacionadas ao conteúdo de eletromagnetismo para ser resolvido pela turma; 3) Avaliar o aprendizado do aluno relacionando o estudo do Eletromagnetismo por meio de comparações, assim como nas observações e anotações do professor e nas opiniões dos alunos, obtidas através de questionários e demais atividades.

A pesquisa foi realizada no âmbito do Ensino Médio da Educação Básica, com alunos do 3º Ano de uma escola pública. Foi desenvolvida uma sequência didática a fim de construir uma IIR articulando a disciplina de Física e eletrônica e a disciplina de História. Esta IIR constava de 8 etapas que serão discutidas nos capítulos seguintes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O Ensino tradicional apresenta os conhecimentos organizados em disciplinas. No entanto, Fourez (1998) sugere uma abordagem na escola de um novo tipo de conhecimento ou estrutura. Ao invés de desenvolver um currículo dividido em disciplinas que são ofertadas ao aluno de forma estruturada, ele sugere que os alunos participem de atividades nas quais se objetiva a construção de um projeto envolvendo os conhecimentos disponíveis, das diversas áreas da educação formal ou de um saber popular. De forma mais específica, através da Alfabetização Científica e Técnica (ACT) a qual provoca e promove mais a autonomia do estudante.

Desta maneira, Fourez et. al. (1997), propõem que as atividades sejam orientadas por uma metodologia de trabalho diferente, as Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IR), que em linhas gerais significa a construção de uma representação relativa às situações concretas, de um ensino contextualizado, que guarda relações com o mundo real, permitindo representar uma determinada situação utilizando de uma modelização mais adequada didaticamente, ao contrário da disciplinarização do ensino que se justifica por si mesma.

Pietrocola (2000) ressalta que a capacidade de construir Ilhas de Racionalidade parece à Fourez fundamental, para que o aprendiz desenvolva sua autonomia a partir do momento em que dá significado real ao que se aprende.

De forma particular, esta metodologia empresta os conhecimentos de diversas disciplinas, ou seja, prevê a interdisciplinaridade. Entretanto, é importante o entendimento de interdisciplinaridade e das diferentes abordagens que podem ser desenvolvidas em função dos elementos que a mesma pode acolher.

Fourez (1992) pontua que nas últimas décadas a abordagem de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) ganhou importância e, neste contexto, o tema da Alfabetização Científica se desenvolveu.

O autor considera uma pessoa alfabetizada cientificamente aquela capaz de transitar com autonomia pelas diversas áreas científicas, pelos campos da tecnologia, e pelos múltiplos saberes populares. Movimentando-se por essas

dimensões com responsabilidade e consciência, sabendo se comunicar nas mais variadas modalidades com diferentes atores, especialistas ou não

Por isso, para desenvolver uma IIR, na perspectiva da ACT, a ACT deve satisfazer objetivos de ordem epistemológica, pedagógica e operacional, para que ela se torne aplicável no universo escolar.

Tendo em vista que, segundo Fourez, os objetivos gerais de uma IIR devem abarcar três eixos, o econômico-político, o social e o humanista, partimos de suas definições.

No primeiro eixo, destaca-se, dentro da perspectiva ACT, a sua união com os movimentos intelectuais iluministas, que desde o século XVII, estabelecem uma relação entre o capital intelectual e o aumento das riquezas e do bem estar das nações.

Já o segundo eixo tem por objetivo a divulgação de conhecimentos à população, para que certas decisões sejam bem compreendidas e tomadas democraticamente, ou não. Segundo Fourez (1995a, p. 30) trata-se da “distribuição de poderes a toda a sociedade, ou a criação de situações em que os cidadãos não se vejam impotentes frente às ciências e sua tecnologia, mas que dialoguem, estabeleçam relação com elas”.

O terceiro eixo trata dos valores morais e civis, pois cada cidadão pode fazer parte da cultura técnico-científica. Habitamo-nos á sua linguagem e temos a possibilidade de nos comunicar e estabelecer relações interagindo com ela.

No âmbito pedagógico podemos dizer que estas também são consideradas as metas da ACT. De acordo com Fourez (1997), uma pessoa alfabetizada cientificamente caracteriza-se em termos de atitudes e de conhecimentos, a pessoa possui um entendimento geral dos fenômenos naturais interpretando as informações relacionadas com a ciência e a tecnologia. O cidadão alfabetizado cientificamente deixa de ser um receptor passivo e passa a ter uma autonomia no mundo científico e tecnológico em que está inserido. Para tanto o indivíduo necessita de um domínio (poder econômico), e de um saber comunicar-se com autonomia, a qual permite que o indivíduo atue perante as situações, que o indivíduo não fique dependente da

repetição e da simples aplicação de receitas e fórmulas ou, ainda, repita conceitos sem algum tipo de análise e interpretação dos fenômenos.

Em linhas gerais, uma ACT significa a promoção no indivíduo da autonomia e do domínio da comunicação, utilizando-se para isso a construção de uma teoria, envolvendo principalmente um saber fazer e um poder fazer, dando sentido à teorização (FOUREZ, 1997, p. 25 a 35).

Em relação aos nossos objetivos para uma ACT, referimo-nos aos objetivos mais específicos ou operacionais, estes objetivos referem-se às características apontadas pela *National Science Teacher Association* (NSTA), dos Estados Unidos, sobre o que se entendia por ACT, nos anos 80.

De acordo com o documento, uma pessoa alfabetizada científica e tecnicamente deve saber: primeiro, utilizar e manusear os conceitos científicos positivamente, e partir desses valores e conhecimentos para tomar decisões responsáveis na vida do dia a dia; segundo, compreender que a relação entre sociedade, ciência e tecnologia é dialética e se realizam articuladamente; terceiro, reconhecer que o controle sobre as ciências e as tecnologias é de responsabilidade de todos, cômicos ou não; quarto, estabelecer os limites e utilidades éticas implicadas nas descobertas científicas e nos avanços tecnológicos levando em conta bem estar humano; quinto, ter domínio dos principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e saber aplica-los; sexto, usufruir das ciências e das tecnologias pela intelectual e praticamente, uma vez que tanto uma quanto a outra devem ter o propósito de melhorar nossa condição no mundo em todas as suas dimensões; sétimo, saber que a produção do conhecimento científico depende de métodos rigorosos de controle, de um quadro conceitual estável, e de processos próprios deste campo do saber; oitavo, reconhecer diferenciar os resultados científicos das opiniões pessoais, ou como diziam os antigos, a *epistême* da *doxa*; nono, entender que as ciências são históricas, e que o saber é provisório e sujeito às mudanças de acordo com a acumulação dos resultados; décimo, compreender as aplicações das tecnologias e as implicações éticas e morais ocasionadas pela sua utilização; décimo-primeiro, acumular conhecimentos e experiências suficientes para poder apreciar o valor do conhecimento baseado na pesquisa científica e seus

desdobramentos tecnológicos; décimo-segundo, construir com sua formação científica uma visão de mundo mais refinada, ética, e rica; décimo-terceiro, saber reconhecer as fontes válidas de informação, para poder recorrer a elas quando for necessário tomar decisões (FOUREZ et al, 1997).

Fourez ainda acresceu uma décima-quarta característica que concebe historicamente as ciências modernas. Trataremos com mais atenção dela mais adiante. Por ora, basta reiterar a crítica que Fourez faz a visão da história da NSTA, apontando que uma pessoa alfabetizada cientificamente e tecnicamente deve ser capaz de estar consciente das transformações das ciências à luz da história escrita.

A partir destas orientações, Fourez (1995a) propõe uma série de objetivos operacionais relacionados com as capacidades básicas, práticas científicas e técnicas que o indivíduo deve desempenhar, a saber:

- O bom uso dos especialistas.
- O bom uso das “caixas pretas” – neste contexto refere-se à representação de uma parte do mundo que se aceita em sua globalidade sem considerar útil examinar os mecanismos de seu funcionamento.
- O bom uso de modelos simples.
- O bom uso de metáforas ou comparações.
- O acesso às linguagens e modelos científicos e técnicos padronizados.
- O bom uso das traduções.
- O bom uso da negociação.
- O bom uso dos debates técnicos, éticos e políticos.
- O uso e a intervenção de modelos disciplinares.

Segundo Fourez (1997a) a noção de Ilha de Racionalidade resulta do conhecimento construído pelos engenheiros, pelos médicos, professores, cidadãos ou leigos que, diante de uma situação específica onde os conhecimentos

padronizados não conseguem atender de forma conveniente, reúnem-se ao redor do problema. É o que o autor propõe e denominou de Ilha de Racionalidade (IR).

Segundo Fourez, a Ilha de Racionalidade se realiza com a seleção da informação e estruturação do modelo que a ilha procura construir, permite uma discussão da situação no sentido de não se tornar num diálogo de palavras viciadas e entre surdos. Este processo de abertura das caixas pretas ou não e os debates provenientes das escolhas envolvidas, podem ser constituídos de racionais, “na medida em que a racionalidade pode ser assimilada, ao menos numa primeira aproximação, para uma discussão aberta e clara das situações nas quais se está envolvido” (FOUREZ, 1997, p.4).

Deste modo, Ilha de Racionalidade “é a representação que se faz de uma situação precisa, representação que sempre envolvem um contexto e um projeto que lhe dão sentido. Ela tem por objetivo permitir uma comunicação e debates racionais (notadamente sobre as tomadas de decisões)” (FOUREZ, 1997, p.5).

Não é uma divisão de disciplinas, mas um conjunto, contextos e projetos que dão origem à Ilha de racionalidade.

Os tipos de Ilha de racionalidade dependem da situação e do projeto. De uma forma geral há dois tipos:

- As que se organizam em torno de uma situação concreta.
- As que se organizam em torno de uma noção.

Estes dois tipos de IR podem ser levados mais para o lado utilitário da situação ou para o lado cultural. Por exemplo, a representação do funcionamento de uma noção em uma cultura, pode se fazer em uma perspectiva utilitarista, quando consideramos importante compreender o funcionamento de um dínamo ou estator em uma usina hidroelétrica.

Segundo Fourez et. al. (1997) a interdisciplinaridade nasce da tomada de consciência de que a abordagem do mundo por meio de uma disciplina por vezes é muito limitada, além de não conseguir levar os aprendizes às questões científicas e tecnológicas, discutindo sua utilidade na vida social ou pessoal, individual ou política.

A crescente especialização e compartimentalização das ciências têm contribuído para separar as disciplinas científicas dos conhecimentos mais gerais, necessários para a nossa vida. Segundo Fourez, são poucos os problemas concretos que podem ser abordados de forma adequada por uma só disciplina.

Por conseguinte, o autor apresenta, a partir destas ideias e questionamentos levantados, a elaboração de um conjunto de etapas da IIR:

Etapa 1 - Elaboração de um Clichê da situação estudada. O clichê é o essencial diante do projeto, ou seja, o ponto de partida da atividade. O resultado desta etapa são os questionamentos dos alunos, em que eles expressam seus pontos de vista e suas dúvidas.

Etapa 2 - Elaboração de um Panorama Espontâneo. Nesta etapa é amplificada as circunstâncias do clichê. Essas ações ajudam na direção das escolhas diante do que se quer do projeto, auxiliando na melhoria dos objetivos da metodologia.

Etapa 3 - Consulta aos Especialistas e às Especialidades. É o instante em que a equipe determina quais especialistas irão consultar. O especialista é um indivíduo que possui um conhecimento preciso de um determinado contexto. Este momento está ligado à abertura de caixas pretas, ou seja, concepções ainda inexploradas pelos educandos. Por isso é significativa a separação e a concordância das indagações que deverão ser aprofundados, e a forma com que a equipe irá conduzir as consultas aos especialistas e as especialidades, fará com que o projeto de fato tenha a característica de ser multidisciplinar.

Etapa 4 - Ir à Prática: É a fase mais associada do cotidiano do aluno, na qual pode haver saída de campo, entrevistas, leituras, entre outras práticas.

Etapa 5 - Abertura aprofundada de alguma Caixa Preta para buscar Princípios Disciplinares. Esta etapa constitui-se em introduzir os conteúdos conceituais para atingir disciplinas específicas.

Etapa 6 - Esquematizando a situação pensada. É a fase de estabelecer uma junção parcial ou esquema que descreva o que foi estudado a partir da IIR. Esta etapa especifica-se pela exibição do que já foi trabalhado durante o andamento do projeto e exhibe os resultados parciais da pesquisa.

Etapa 7 - Abrir algumas Caixas Pretas sem a ajuda de Especialistas. Nesta fase a equipe poderá indagar questionamentos, ou caixas pretas, sem a ajuda de especialistas. Esta etapa evidencia-se como um suplemento das etapas anteriores.

Etapa 8 - Síntese da Ilha Interdisciplinar de Racionalidade. Constitui-se na elaboração de um texto ou relato do que foi instituído durante a intervenção do projeto, tomando o cuidado de não contemplar unicamente uma disciplina. (FOUREZ, 1997, p. 119).

Estas 8 fases estabelecem um processo, ou roteiro, pela qual deve passar um IIR.

2.1 A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

A sociedade está cada vez mais científica e tecnologicamente desenvolvida. A ciência e a tecnologia desempenham um papel determinante na dinâmica social e econômica dos nossos tempos. A sociedade de mercado do capitalismo tardio exige que as pessoas estejam inseridas neste contexto desenvolvimentista da ciência e da tecnologia.

Entretanto, a forma tradicional como o ensino é conduzido no nível médio básico dificulta ao aluno relacionar os conceitos científicos que ele aprende nas diversas disciplinas com o seu cotidiano. A consequência dramática é desinteresse pelas ciências em geral. A relação entre uma disciplina e outra não é realizada pelo aluno de modo a mudar seu olhar no diz respeito às ciências.

A alfabetização científica pode contribuir para a formação de cidadãos críticos capazes de compreender e utilizar “conhecimentos científicos, para explicar o funcionamento do mundo, bem como planejar, executar e avaliar as ações de intervenção na realidade” (BRASIL, Bases Legais, 2013, p.20).

O termo alfabetização refere-se originalmente à língua escrita, e pode ser definido como um processo em que o indivíduo aprende a ler e escrever na língua materna. Porém, este processo não se resume somente à leitura e escrita, envolve também a capacidade do indivíduo de interpretar, criticar e produzir conhecimento.

Com o desenvolvimento social, científico e tecnológico, a alfabetização ganhou denominações mais específicas como: alfabetização matemática, alfabetização ambiental, alfabetização econômica, e alfabetização científica. Aprofundamentos em debates acerca da alfabetização científica começam a ocorrer no início do século XX, com destaque para John Dewey (1859-1952), que defendia nos Estados Unidos a importância da educação científica. Nesta época muitas tecnologias eram produzidas, mas seu uso, produção e impactos ambientais eram desconhecidos pela maior parte da população.

Nos anos de 1950, o auge do movimento cientificista, supervalorizava-se o conhecimento científico em detrimento das demais áreas do conhecimento humano, propunha-se um ensino de ciências voltado à preparação de cientistas, de forma que os jovens agissem e pensassem como cientistas. Com efeito, o agravamento de problemas ambientais relacionados à produção de tecnologias, despertou a preocupação de educadores das áreas das ciências e o interesse por uma educação que considerasse aspectos sociais e ecológicos relacionados ao desenvolvimento científico e tecnológico das sociedades industriais (SANTOS, 2007).

Os estudiosos da didática das ciências têm se preocupado cada vez mais com uma educação em ciências voltada para a formação cidadã do aluno, de forma a capacitá-lo para atuar criticamente numa sociedade tecnologicamente desenvolvida. Na literatura a respeito da didática das ciências encontra-se uma variedade de termos que designam uma educação voltada para estes objetivos. Em seu artigo **Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica**, Sasseron e Carvalho (2011), destacam que autores de língua espanhola utilizam o termo *Alfabetización Científica* para o ensino que tem como objetivo promover capacidades e competências nos alunos, capacitando-os a participar nos processos de decisões que envolvem seu cotidiano. Em suas publicações voltadas para um ensino com os mesmos objetivos, autores de língua francesa utilizam o termo *Alphabétisation Scientifique*, e de língua inglesa o termo *Scientific Literacy*.

Na literatura brasileira, o ensino voltado para os mesmos objetivos também podemos encontrar vários termos como: “Letramento Científico”, “Enculturação Científica” e “Alfabetização Científica” (SASSERON; CARVALHO, 2011). Apesar das variações de termos utilizados, percebe-se que todos apresentam em comum a proposta de uma educação em ciências voltada para a formação de indivíduos que sejam capazes de participar dos processos de decisões que envolvem seu cotidiano, contribuindo para a sua melhoria pessoal, a melhoria da sociedade e do meio ambiente, e na busca por esta interação utiliza-se a linguagem da cultura científica.

A “Alfabetização Científica” nesta pesquisa se refere a uma educação que contribua para capacitar o educando a interagir com a cultura científica. Uma educação que promova sua leitura do mundo, para que ele possa agir de forma

consciente e responsável em questões que envolvem seu cotidiano, tomando decisões mediadas por saberes, noções e conhecimentos científicos aliados ao aspecto social dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos. Uma alfabetização que lhe permita apreender o mundo cientificamente.

Para Fourez (2002), um grande obstáculo que se coloca para que a alfabetização científica seja uma prática adotada nas escolas de hoje vem da forma como o ensino está estruturado. A estrutura do ensino presente na maioria das escolas tem origem no século XIX. As escolas da época eram tradicionalmente voltadas para as crianças pertencentes às classes dirigentes, direcionavam o ensino para os interesses desta classe de forma a propagar a ideologia dos privilegiados. Como resultado havia uma espécie de “paz social”.

Após a segunda guerra mundial, a necessidade de desenvolvimento técnico e econômico dos países requeria competências em inúmeras áreas, já não bastava ser filho do proprietário. Era necessário formar médicos, dentistas, químicos, advogados, e para atender esta demanda, a escola foi aberta para as classes menos favorecidas.

No Brasil, até 1971, o ensino obrigatório e gratuito era de quatro anos, após este ano passou a ser de oito anos. Em 2010 a educação obrigatória e gratuita passa a ser de nove anos, com início aos seis anos de idade, sendo que a Lei nº 9.394/96 prevê progressiva extensão da obrigatoriedade e gratuidade para o ensino médio. Esta política de educação provoca alterações significativas na escola, uma vez que o ensino deixa de ser privilégio das classes dominantes, passando a ser obrigatório para todas as pessoas. Com isto há uma ruptura presente na escola, pois a estrutura de ensino disciplinar, dividida em química, física, matemática e biologia, mantém a perspectiva de um ensino voltado para a formação científica. O ensino médio ainda resiste e seu foco no exame do vestibular ainda é uma realidade, apesar da LDB, das DCNs e do DCE-PR destacarem a formação geral. Esta política produz uma série de tensões dentro da escola, pois os alunos de hoje “não aceitam mais se engajar em um processo que se lhes quer impor sem que tenham sido antes convencidos de que esta via é interessante para eles ou para a sociedade” (FOUREZ, 2003, p. 110).

Estas tensões aumentaram depois do advento da sociedade da informação. Os estudantes muitas vezes trazem informações, que podem ter algum valor científico ou não, e circulam em plataformas como a do *YouTube*, por exemplo. Muitos canais sensacionalistas propagam falsidades científicas, as “*Fake News científicas*”, e isso tem de muitas formas afetado o ensino de ciências. O professor precisa estar atento para estas possíveis tensões. Ainda que haja outros canais que tratem a ciência de forma séria, muitas vezes, o professor desatualizado pode passar por momentos de instabilidade no processo de ensino e aprendizagem.

Para Fourez (2003), o desinteresse dos jovens pelo estudo das ciências pode ser um reflexo dos currículos centrados nas especialidades. Sobretudo no Ensino Médio. Os modelos científicos que os estudantes são obrigados a estudar não os ajudam a entender o seu mundo, pois são abordados de forma fragmentada e descontextualizada. O aluno tem apenas uma visão parcial de cada disciplina, não conseguindo reconhecer as relações entre elas.

Duas perspectivas diferentes, mesmo que complementares, podem ser observadas nos currículos desenvolvidos para o ensino de ciências. Uma delas voltada à formação de especialistas em que o ensino se ramifica em química, física e biologia; a outra perspectiva visa à formação do cidadão, com objetivos humanistas, sociais e econômicos, onde se fala do meio ambiente, da poluição, das tecnologias e da diversidade da vida.

Par Fourez (2003, p. 114), “se é dado a muitos o sentido do que se pode fazer com as ciências, as vocações científicas minimizam as causas culturais do desinteresse constatado”. Realmente, deste ponto de vista, o potencial prático e econômico que as ciências têm demonstrado nos últimos 50 anos vêm, gradativamente, levando os jovens a se interessar mais por carreiras ligadas às ciências.

Há um consenso de que o currículo do ensino médio deve estar mais voltado para interesses que envolvam o cotidiano dos estudantes, e não apenas para aqueles que pretendem seguir carreiras ligadas à área das ciências. É neste contexto, onde currículos voltados para a formação da cidadania, do cidadão e da cidadã, que

possibilita a participação de debates democráticos sobre questões do seu cotidiano, que se inserem os objetivos da alfabetização científica.

A legislação dispõe a esse respeito,

aponta claramente para um dos grandes objetivos tecnológicos do ensino de ciências no nível médio: que os alunos compreendam a predominância de aspectos técnicos e científicos na tomada de decisões sociais significativas e nos conflitos gerados pela negociação política (BRASIL, 2006, p. 47).

Nesse sentido, os objetivos para o ensino de ciências no nível médio colocados nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio na área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, vêm ao encontro dos objetivos da alfabetização científica e tecnológica proposta por Fourez que é de “divulgar bastante conhecimento entre a população, para que as decisões dos técnicos possam ser suficientemente compreendidas, e, também controladas democraticamente” (FOUREZ, 1997, p. 23).

2.2 A INTERDISCIPLINARIDADE

Os educadores sentem a necessidade de uma mudança metodológica mais abrangente, que contemple questões relacionadas com o cotidiano, em que haja engajamento maior entre as disciplinas, que promova mais a possibilidade de interdisciplinaridade.

Porém, o termo interdisciplinaridade ainda apresenta muitas significações diferentes entre os teóricos que a pesquisam a área, conforme pode ser observado nas diferentes concepções destacadas a seguir:

A interdisciplinaridade é a interação de duas ou mais disciplinas. Estas interações podem implicar transferências de leis de uma disciplina para

outra e, inclusive, em alguns casos dão lugar a um novo corpo disciplinar, como a bioquímica ou a psicolinguística. Podemos encontrar esta concepção na configuração das áreas de ciências sociais e ciências experimentais no ensino médio e da área de conhecimento do meio no ensino fundamental (ZABALA, 2002, p. 33). A interdisciplinaridade é concebida como uma prática essencialmente “política”, quer dizer, como uma negociação entre diferentes pontos de vista para, finalmente, se decidir uma representação considerada adequada com vista a uma ação (FOUREZ, 2002, p. 149).

Segundo Fourez (2002), as múltiplas abordagens necessárias para analisar os problemas da vida cotidiana, pré-requisitos da interdisciplinaridade, podem conduzir a duas perspectivas diferentes: a interdisciplinaridade no sentido amplo; e a interdisciplinaridade no sentido restrito.

A interdisciplinaridade no seu sentido amplo reúne várias abordagens disciplinares, num processo supostamente neutro, na tentativa de produzir uma representação mais completa da realidade, independente de qualquer critério particularidade.

A interdisciplinaridade no sentido restrito, defendida por Fourez, “é concebida como uma prática essencialmente “política”, quer dizer, como uma negociação entre diferentes pontos de vista para, finalmente, se decidir uma representação considerada adequada com vista a uma ação” (FOUREZ, 2002, p. 149). Ela trata da resolução de um problema concreto, onde a negociação e o debate entre diferentes pessoas, diferentes pontos de vista e diferentes interesses está presente durante toda a construção do conhecimento, visando um projeto comum a todos. A interdisciplinaridade em sentido restrito, “não pode centrar-se unicamente em torno de questões práticas que visam à ação. Deve também dirigir-se à formação cultural das populações” (FOUREZ, 2002, p. 151), não se reduzindo a perspectiva única de uma racionalidade científica em detrimento do modelo sociopolítico.

Na visão de Fourez, a presença humana é inerente à construção das representações, invertendo desta forma a ordem estabelecida pelo ensino tradicional que é puramente disciplinar. Entendemos que a proposta da interdisciplinaridade restrita, defendida por Fourez, vai ao encontro dos objetivos operacionais

preconizados nas Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Básica (DCNs) do Brasil, onde:

As vigentes Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Resolução CNE/CEB nº 3/98, fundamentada no Parecer CNE/CEB nº 15/98), destacam em especial a interdisciplinaridade, assumindo o princípio de que “todo conhecimento mantém um diálogo permanente com outros conhecimentos”, e que “o ensino deve ir além da descrição e constituir nos estudantes a capacidade de analisar, explicar, prever e intervir, objetivos que são mais facilmente alcançáveis se as disciplinas, integradas em áreas de conhecimento, puderem contribuir, cada uma com sua especificidade, para o estudo comum de problemas concretos, ou para o desenvolvimento de projetos de investigação e/ou de ação”. Enfatizam que o currículo deve ter tratamento metodológico que evidencie a interdisciplinaridade e a contextualização (BRASIL, 2013, p.28)

A interdisciplinaridade assim compreendida é um conceito epistemológico. É axioma da abordagem teórica que sustenta o conteúdo em estudo. Realiza-se na articulação das disciplinas, conceitos, teorias e práticas que oportunizam a compreensão do conteúdo estudado; em uma palavra, é a premissa do trabalho docente.

Note-se o que dizem as Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná a respeito.

No ensino dos conteúdos escolares, as relações interdisciplinares evidenciam, por um lado, as limitações e as insuficiências das disciplinas em suas abordagens isoladas e individuais e, por outro, as especificidades próprias de cada disciplina para a compreensão de um objeto qualquer. Desse modo, explicita-se que as disciplinas escolares não são fechadas em si, mas, a partir de suas especialidades, chamam umas às outras e, em conjunto, ampliam a abordagem dos conteúdos de modo que se busque, cada vez mais, a totalidade, numa prática pedagógica que leve em conta as dimensões científica, filosófica e artística do conhecimento. Tal pressuposto descarta uma interdisciplinaridade radical ou uma interdisciplinaridade, fundamento das correntes teóricas curriculares denominadas pós-modernas (PARANÁ, 2008, p. 27),

tal visão confirma a hipótese restrita de Fourez.

A interdisciplinaridade não visa criar uma nova ciência onde através de uma superabordagem criar-se-ia uma disciplina filosófica ou científica, “o processo interdisciplinar, no sentido em que o entendemos, visa precisamente desenvolver, nos alunos, a aptidão para representar uma problemática” (MAINGAIN; DUFOUR, 2008, p. 75).

Na abordagem interdisciplinar ocorre a construção do projeto teórico ou prático. Não há o abandono do ensino disciplinar, porém, as disciplinas “já não são mobilizadas segundo os seus objetivos próprios: elas estão ao serviço de uma representação interdisciplinar, ligada ao objeto tratado” (MAINGAIN; DUFOUR, 2008, p.77).

O que ocorre é a negociação de um projeto pedagógico que dirige e integra as diversas disciplinas envolvidas, voltado para a pesquisa e ação. Adotar a prática interdisciplinar referenciada nos PCNs em sala de aula visa à aquisição por parte dos alunos de uma competência interdisciplinar, onde se desenvolve junto a eles a capacidade de articular campos que o ensino tradicional costuma desarticular.

Portanto, podemos sugerir a Alfabetização Científica e Técnica (ACT) proposta por Fourez (1997), através da construção de Ilhas de Racionalidade (IR). Trata-se de “uma estratégia pedagógica e epistemológica para lidar com o ensino, capaz de cruzar saberes oriundos de várias disciplinas e conhecimentos da vida cotidiana” (SCHMITZ, 2004, p. 6), inventando processo tradicional, ou seja, não apresentando soluções aos estudantes, mas lhes orientando diante da situação problema.

2.3 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E AS ILHAS DE RACIONALIDADE

Para o exercício pleno da cidadania na nossa sociedade científica e tecnologicamente desenvolvida, os indivíduos devem ser cientificamente alfabetizados e a promoção da alfabetização científica do cidadão é responsabilidade da escola, do Estado. Para que este cidadão tenha autonomia na vida pública e privada ao negociar suas decisões frente aos desafios dos novos

tempos, desenvolva a capacidade de comunicação com seus pares e especialistas, tomando decisões responsáveis e éticas, atravessadas pelos conhecimentos científicos, urge alfabetizar cientificamente as comunidades populares.

O alcance da alfabetização científica pressupõe o rompimento com o ensino predominante em nossas escolas. O ensino tradicional, disciplinar e fragmentado valoriza a memorização de uma grande quantidade de conteúdos, sem que estes sejam necessariamente compreendidos pelos alunos e tenham relações com o cotidiano e com outras disciplinas. É um ensino compartimentado onde as disciplinas apresentam suas fronteiras particulares, o ensino dificulta que o aluno relacione os conteúdos estudados nas mais diversas áreas. Esta situação colabora para a visão de inutilidade dos conteúdos abordados e o desinteresse por parte dos alunos pela aprendizagem das ciências. As Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica (DCNs) propõem um ensino contextualizado, buscando preparar um cidadão participativo da sua realidade social, onde através da interdisciplinaridade ele consiga fazer a relação entre os conteúdos das diversas áreas estudadas. Apesar das críticas feitas ao ensino disciplinar, não se pode ignorar que as disciplinas são ferramentas incontornáveis e fazem parte do nosso patrimônio cultural.

Fourez afirma, no prólogo do livro **Abordagens Didáticas da interdisciplinaridade**, “tolos seriam aqueles que defenderiam o abandono do ensino de abordagens disciplinares” (MAINGAIN; DUFOUR, 2008, p.10). O inconveniente de uma abordagem puramente disciplinar é a visão particular oferecida pela mesma, que se constitui numa visão empobrecida da realidade global. As disciplinas científicas distanciaram-se da realidade concreta, organizaram-se numa linguagem enigmática, reservada aos iniciados e distanciada de qualquer princípio político e social envolvida na sua construção. Há um consenso de que para solucionar problemas da vida cotidiana a interdisciplinaridade é mais adequada. Porém, não se deve esquecer de que apesar da especialização crescente das disciplinas ter produzido um distanciamento da vida cotidiana, propiciou também o aprofundamento no conhecimento disciplinar, que por sua vez alimenta processos interdisciplinares.

2.4 A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DE FOUREZ

Fourez (1994) levanta duas questões sobre a alfabetização científica: é a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) uma bandeira em certo ponto de promoção da integração da sociedade de consumo? Pode a Alfabetização Científica e Tecnológica prometer uma cultura digna para a sociedade?

A alfabetização científica tem sido cada vez mais adotada como pressuposto fundamental para preparar o indivíduo a atuar na dinâmica de uma sociedade científica e tecnologicamente desenvolvida. No entanto o termo alfabetização científico pode envolver concepções diferentes, que levam a direções diferentes. Com efeito, a alfabetização científica pode estar apoiada numa perspectiva reducionista ou ampliada. A perspectiva reducionista desconsidera as influências políticas sobre a construção e produção do conhecimento científico-tecnológico.

A crença na possibilidade de eliminar conflitos ideológicos e de interesses do processo científico-tecnológico leva à sensação de que a ciência é um conhecimento superior, capaz de resolver todos os problemas sociais de forma eficiente e neutra, esta compreensão da ciência é chamada científicismo. O científicismo é o alicerce da tecnocracia, onde em detrimento de um debate democrático, decisões que envolvem escolhas políticas e éticas são tomadas por especialistas.

A perspectiva ampliada busca compreender a interação entre Ciência – Tecnologia – Sociedade (CTS), associando o ensino à problematização destas questões. Nesta perspectiva os conteúdos passam a ser considerados como meios de compreender temas relevantes para a sociedade (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Por outro lado, a perspectiva ampliada da “alfabetização científica”, também defendida por Fourez (1997), pode ser relacionada com a “metáfora” da alfabetização, que no final do século XIX considerava fundamental saber ler e escrever para se estar inserido no mundo. Hoje cada vez mais é necessário dominar certos conhecimentos para desenvolver-se adequadamente no nosso mundo marcado por desenvolvimentos científicos e tecnológicos e pela globalização.

Fourez (1994), postula que uma alfabetização científica organizada de forma a ensinar aos alunos conceitos, hipótese e teorias científicas, capacitando-os para aplicá-las seria extremamente limitada. Segundo Fourez (1997, p.29), “o que deve enfocar uma alfabetização científica e tecnológica não é, pois, uma série de conhecimentos específicos precisos, mas sim um conjunto global que permita orientar-se em nosso universo”. Percebe-se na proposta de Fourez (1997) uma alfabetização científica e tecnológica voltada à perspectiva ampliada já referida anteriormente.

A alfabetização científica e tecnológica estimula a formação geral do educando a medida que promove a ação concomitante de três enfoques: o econômico-político, que relaciona o aumento da instrução com o aumento de riquezas, associado ao bem estar das nações; o social, com objetivo divulgar conhecimentos suficientes para a população de forma que possam entender e controlar democraticamente as decisões de especialistas; e o humanista, no sentido de que fazer parte da cultura científico-tecnológica do nosso mundo acarreta prazer ao indivíduo por poder comunicar-se com os outros sobre o mundo em que vivemos, conferindo-lhe uma certa autonomia (FOUREZ, 1997).

Para Fourez (1997), a alfabetização científica e tecnológica deve contribuir para a formação de cidadãos e cidadãs mais críticos sobre situações que envolvem os desenvolvimentos científicos e tecnológicos. O ensino deve estar em conexão com a realidade do aluno, de modo que ele esteja preparado para tomar decisões conscientes e responsáveis, mediadas por conhecimentos científicos aliados aos aspectos sociais. Fourez considera alguém científica e tecnologicamente alfabetizado quando seus saberes conduzem a certa autonomia (possibilidade de negociar suas decisões frente às pressões naturais ou sociais), certa capacidade de comunicação (encontrar as maneiras de dizer), e certo domínio e responsabilidade frente a situações concretas (contágio, congelamento e descongelamento de alimentos, operar computador) (FOUREZ, 1997, p.62)

Para perceber a corporificação do que se pode entender por alfabetização científica e tecnológica, Fourez (1997) utiliza os critérios declarados pela NSTA

(*National Science Teacher Association*), dos Estados Unidos, a respeito da educação científica na época da guerra fria.

Segundo a NSTA uma pessoa alfabetizada científica e tecnologicamente é capaz de:

- Utilizar conceitos científicos e integrar valores e conhecimentos para tomar decisões responsáveis na vida cotidiana.
- Compreender que a sociedade exerce um controle sobre as ciências e as tecnologias, do mesmo modo que as ciências e tecnologias o fazem marcando a sociedade.
- Compreender que a sociedade exerce um controle sobre as ciências e as tecnologias pelos canais das subvenções que ela lhes concede.
- Reconhecer tanto os limites como as utilidades das ciências e das tecnologias para o progresso do bem estar humano.
- Conhecer os principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e ser capaz de aplicá-los.
- Apreciar as ciências e as tecnologias pela estimulação intelectual que elas suscitam.
- Compreender que a produção do conhecimento científico depende dos processos de investigação e dos conceitos teóricos.
- Saber reconhecer a diferença entre os resultados científicos e as opiniões pessoais.
- Reconhecer a origem da ciência e compreender que o conhecimento é provisório e sujeito às mudanças de acordo com a acumulação dos resultados.
- Compreender as aplicações das tecnologias e as implicações ocasionadas pela sua utilização.
- Possuir conhecimento e experiência suficientes para poder apreciar o valor da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico.
- Extrair de sua formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante.
- Conhecer as fontes válidas de informação científica e tecnológica, para poder recorrer a elas quando for necessário tomar decisões.

Fourez critica o pouco espaço dado na visão da NSTA à história. Afirma que uma pessoa para ser científica e tecnologicamente alfabetizada, deve estar consciente da história humana escrita através da produção das ciências e das tecnologias. E por isto acrescenta aos objetivos propostos pela NSTA:

- Ter certa compreensão da maneira como as ciências e as tecnologias foram produzidas ao longo da história. (FOUREZ, 1997, p.25-36).

A alfabetização científica e tecnológica busca desenvolver a autonomia do aluno frente a situações que se colocam no cotidiano, onde a negociação e o debate entre vários pontos de vista são indispensáveis. Neste sentido o autor ressalta que a alfabetização científica e tecnológica deve passar por um ensino de ciências contextualizado e não como uma verdade a ser um fim em si mesmo.

Alfabetizar científica e tecnologicamente significa principalmente, que se terá consciência de que teorias e modelos científicos nunca são bem compreendidos se não se compreende por que, em vista de que e para quem foram criados (FOUREZ, 1997, p. 81).

Na sua proposta de uma alfabetização científica e tecnológica Fourez defende uma educação que: permita aos jovens ver que o conhecimento, seja tecnológico ou científico, são produções humanas, de e para os seres humanos. Conhecimento sempre com um propósito, interessado no sentido mais profundo (não apenas econômico-prático) do termo (FOUREZ, 1997, p. 57)

Fourez sugere uma nova abordagem de trabalho para o ensino de ciências, no qual os alunos são envolvidos na construção de um projeto ou resolução de uma situação-problema.

Trata-se de criar um modelo ou representação adequada e simples de uma situação concreta com o uso de conhecimentos de diversas disciplinas e do cotidiano, chamada pelo autor de Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR). Documentos oficiais corroboram a alfabetização científica e técnica proposta por Fourez, segundo as Orientações Curriculares para o Ensino Médio na Área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias:

A Alfabetização Científica e Técnica visa a proporcionar ao aluno certa autonomia para negociar sobre assuntos da ciência e da tecnologia, e certo manejo do ambiente para saber fazer e poder fazer, e tem como alternativa

metodológica, envolvendo aspectos pedagógicos e epistemológicos, a elaboração de ilhas interdisciplinares de racionalidade (BRASIL, 2006, p. 63).

A seguir a caracterização da IR e a metodologia IIR proposta por Fourez (1997).

2.5 AS ILHAS DE RACIONALIDADE E A METODOLOGIA DAS ILHAS INTERDISCIPLINARES DE RACIONALIDADE

Para a maioria das situações problemas que encontramos no cotidiano, acabamos usando diversas áreas do conhecimento, de certa maneira usamos mesmo que intuitivamente a interdisciplinaridade ou uma síntese de diversas áreas para resolver o problema.

No ambiente escolar observamos que nem sempre o estudante tem a possibilidade de resolver questões concretas ligadas ao cotidiano. As disciplinas se mostram de maneira isoladas e uma possível solução para o distanciamento entre as disciplinas é o uso da IIR, que, segundo Fourez (1997), “trata-se de inventar, frente a um projeto, um modelo adequado, suficientemente simples, utilizando conhecimentos provenientes de diversas disciplinas – e também saberes do cotidiano – indispensáveis em situações concretas” (FOUREZ, 1997, p. 69)

Para executar este tipo de processo que vem ao encontro de uma alfabetização científica e tecnológica, Fourez propõe o conceito de Ilha de Racionalidade (IR) que “designa uma representação teórica apropriada a um contexto ou a um projeto que se tem em perspectiva e permite comunicar-se e atuar frente ao mesmo” (FOUREZ, 1997, p. 69). Sendo assim, a noção de IR refere-se a um contexto preciso ou a um projeto particular em que há o interesse de construir uma representação ou modelo, levando em conta os destinatários que a utilizarão.

Frente a um projeto que se deseja construir, Fourez utiliza a metáfora de uma ilha de conhecimento que emerge em um oceano de ignorância. A noção de racionalidade chama a atenção para um modelo que pode ser discutido, modificado

em função de sua relevância para a estrutura do projeto que se quer construir. Desta forma, com conhecimento de causa e através de negociações entre as partes envolvidas, pode-se gerenciar o andamento do projeto que se deseja construir. De forma análoga pode se dizer que uma representação racionalizada possibilita que a discussão sobre uma representação não se torne um diálogo de surdos.

Segundo Fourez, ao envolver-se na construção de um projeto com estas características,

torna-se evidente então que, não se pode mais utilizar critérios externos e puramente 'racionais' para escolher e "dosar" as diferentes disciplinas que vão interagir; nem tão pouco para escolher os peritos e as regras do debate. É necessário aceitar confrontações de diferentes pontos de vista que não utilizam nem os mesmos critérios nem os mesmos pressupostos, e tomar decisões que, em última análise, não decorrerão de conhecimentos, mas do assumir risco: de escolhas éticas e políticas, afinal. (FOUREZ, 2002, p.149).

Nos currículos de ciências do ensino médio tem se privilegiado o ensino disciplinar e este tipo de abordagem não possibilita ao aluno relacionar o que aprende em ciências com o seu cotidiano, levando ao desinteresse pelo estudo das ciências. Neste contexto, é fundamental que se busquem alternativas ao ensino puramente disciplinar.

Entendemos que a alfabetização científica proposta por Fourez (1997), utilizando a metodologia das IIR, vem ao encontro de um ensino que busca dar significado ao ensino escolar. Na construção de uma IIR as disciplinas conservam seu caráter, no entanto, como o desenvolvimento desta prática pressupõe a interdisciplinaridade, a construção de IIR "mobiliza conhecimentos e competências, estruturados em função de uma situação precisa e de uma finalidade particular" (MAINGAIN; DUFOUR, 2008, p. 74), onde a representação de uma situação concreta é construída a partir de um projeto preciso em comum para seus participantes, e não a partir do paradigma de uma disciplina. Assim, ao envolver o aluno na construção de uma situação concreta, dá-se significado para o ensino e ao mesmo tempo não se abandona o conhecimento científico. Desta forma "os alunos constroem os seus conhecimentos, familiarizando-se com os saberes científicos e

aprendendo a utilizá-los de forma apropriada em interações sociais produtoras de sentido” (MAINGAIN; DUFOUR, 2008, p. 145).

A finalidade de um trabalho interdisciplinar é de modo síncrono, cognitivo e metodológico, pois objetiva que o aluno adquira uma representação consolidada de uma representação ou situação-problema que não decorre de uma lógica puramente disciplinar, ao mesmo tempo em que objetiva ensiná-lo a recorrer a um modelo interdisciplinar para esclarecer uma problemática. Como em geral os alunos são os destinatários da representação interdisciplinar, cabe ao professor negociar um projeto pedagógico que ligue e integre as diversas disciplinas necessárias à resolução da situação-problema (MAINGAIN; DUFOUR, 2008).

Antes da aplicação da metodologia das IIR, o(s) professor(es) deve identificar os contextos e os objetivos do projeto que será colocado aos alunos. A realização do projeto pode culminar numa ação concreta ou então ser de ordem cultural. A escolha do tema não determina os saberes que se pretendem construir, nem os processos que se planejam mobilizar. No plano pedagógico é que se determinam quais as contribuições disciplinares e as competências que se pretende efetivamente estimular, desenvolver e integrar nos alunos.

Desta forma responde-se à questão: que objetivos de aprendizagem são desejados? Para que alunos? No plano epistemológico, é especificado o contexto que gera a produção interdisciplinar. Esta é a função da natureza da situação-problema, do tipo de representação que se quer e dos destinatários envolvidos, desta forma responde-se à questão: que saberes se vão construir? Para que situação particular? (MAINGAIN; DUFOUR, 2008).

Desta forma o plano epistemológico e pedagógico que determinam os saberes que serão construídos e os processos que se pretende mobilizar, permitindo determinar o que é relevante reter na elaboração da representação.

O quadro 01, a seguir, ajuda a distinguir os contextos epistemológico e pedagógico e os projetos a eles associados.

QUADRO 1 – CONTEXTOS EPISTEMOLÓGICO E PEDAGÓGICO DOS SABERES

	Contexto Epistemológico	Contexto pedagógico
Finalidades	Construir uma representação adequada de uma situação/ questão particular com um projeto específico. Encontrar uma “resposta” nacional para uma situação/ questão particular, utilizando essa representação.	Adquirir conhecimentos e competências transferíveis. Integrar contribuições disciplinares no tratamento de uma situação. Adquirir uma metodologia interdisciplinar.
Destinatários	Aqueles envolvidos pela situação... - Aqueles que se pretende envolver ou implicar...	Os alunos
Produção visada	Uma representação na sua maturidade, nota de síntese, esquema, quadro...	Uma tarefa avaliável atestando um tratamento interdisciplinar de uma situação problemática, sob a forma de um dossiê, de uma página web, de um vídeo, de uma reposição.

FONTE: MAINGAIN e DUFOUR (2008).

A metodologia das IIR não deve ser confundida com a aprendizagem por temas. A aprendizagem por temas, também pressupõe analisar uma situação-problema a partir de diferentes pontos de vista disciplinares, no entanto, a representação obtida não é negociada entre os participantes do projeto em função de um contexto com finalidades e destinatários específicos.

Na aprendizagem por tema cada sujeito ou disciplina produz sua síntese pessoal a partir do que percebe, gerando um “efeito caleidoscópio”, onde a abordagem adquire característica multidisciplinar que raramente leva a uma conclusão e a um resultado final. A metodologia das IIR pressupõe a interdisciplinaridade restrita que implica numa verdadeira integração de diferentes pontos de vista disciplinares, indo além das simples justaposições de disciplinas. As disciplinas colocadas em rede por integração constituem-se numa prática integradora com vista à abordagem de certos problemas na sua particularidade (MAINGAIN; DUFOUR, 2008), direcionando o processo a uma conclusão com elaboração de um produto final.

Fourez propõe que a formação científica no nível médio, visando à alfabetização científica ocorra principalmente segundo dois objetivos. Primeiro: desenvolver nos alunos a capacidade de construir ilhas de racionalidade frente a situações concretas. Segundo: ensinar e fazer os alunos interiorizar certo número de ilhas de racionalidade ao redor de temas e noções, eleitas de maneira a formar alunos científica e tecnologicamente alfabetizados. O segundo objetivo deve compreender tanto aprendizagens da vida cotidiana como um contato com as grandes tradições de nossa cultura científico-tecnológica. Este contato envolve o ensino de IIR ao redor de temas importantes, ricos em ciências disciplinares e desenvolvimentos tecnológicos. Segundo o autor, uma alfabetização científica não pode ser apenas utilitária, devendo ter uma dimensão cultural, ou seja, todos deveriam ser capazes de apoderar-se, ao menos em certo nível, dos grandes desenvolvimentos da ciência (FOUREZ, 1997).

Conforme o projeto ou situação problema, podemos ter IIR com objetivos diferentes, podendo sua construção evoluir para o lado do entendimento de uma noção (aspecto cultural) ou então evoluir para o lado concreto (aspecto prático). Fourez (1997) distingue estes dois tipos de IIR:

A que se organiza em torno de uma situação concreta: Evoca as capacidades, o saber fazer intelectual. Está relacionada com a criação de uma representação que visa à ação empregando a representação construída, neste caso a representação precede a ação. Em geral está associada a situações concretas como a escolha de uma moradia ou o estudo de um equipamento e a que se organiza em torno de uma noção: Enfoca conhecimentos precisos, padronizados e estabilizados em nossa cultura. Supõem o ensino de uma tradição, pois a representação já existe, não é necessário criá-la. O estudo é organizado ao redor de uma noção capaz de fornecer uma representação de ações possíveis para a situação em estudo. Como por exemplo, a noção de poluição, contágio e energia. Neste caso o projeto prático consiste em alterar a relação com o mundo do sujeito participante do projeto (FOUREZ, 1997, p. 35).

Dependendo do projeto ou do grupo envolvido, a construção de IIRs pode apresentar diferentes soluções, uma vez que a negociação dos interesses deve estar presente durante o processo de construção. Exemplificando, ao construirmos uma ilha de racionalidade ao redor da situação-problema em que se objetiva fazer o

isolamento térmico de uma residência, o resultado será diferente se a construção envolver uma turma de ensino médio ou uma turma de técnicos em construção civil, ou ainda uma turma de arquitetos.

Ao construirmos Ilhas de Racionalidade ao redor de uma situação-problema, podem surgir questões que podem ou não ser respondidas. É necessário saber utilizar o que os físicos chamam de “caixas pretas”. Trata-se de noções utilizadas sem que se possa analisar seu mecanismo de funcionamento interior. Exemplificado: podemos utilizar perfeitamente o controle remoto de uma TV ou aparelho de som, sem necessitar compreender o seu funcionamento interno, neste caso o controle remoto constitui-se numa caixa preta. Da mesma forma podemos falar de um surto de gripe sem nos preocuparmos em saber o que é um vírus, neste caso o conceito de vírus é uma caixa preta. Saber quando é necessário abrir ou não uma caixa preta é fundamental no processo de alfabetização científica e tecnológica. Exemplificando: o que é necessário saber ou ter em conta quando se pretende fazer o isolamento térmico de uma casa?

A abertura ou não de caixas pretas ou mesmo o número delas, está relacionada com o contexto do projeto que pretendemos resolver. Como na metodologia das IIR parte-se de uma situação-problema, é importante determinar os aspectos importantes a serem considerados para que o processo leve a uma solução adequada. Maingai e Dufour (2008) consideram que desde o início do processo, é fundamental formular de maneira adequada a situação-problema que se quer desenvolver, respondendo a questões como:

Do que se trata? O que está em jogo na situação-problema escolhida? Que ponto de vista se vai privilegiar? A partir de que posição se pretende falar? Quem está envolvido? Quem se pretende sensibilizar, mobilizar, implicar? - O que vai se levar em conta? (MAINGAIN; DUFOUR, 2008, p. 86)

Maingain e Dufour (2008) utilizam a expressão “situação-problema” ou, abreviadamente, “problemática”. Segundo os autores, apesar de não corresponder exatamente à definição do termo “situação problemática” que é encontrado na literatura dos psicopedagogos ou dos didáticos, o termo situação-problema inscreve-

se na perspectiva das pedagogias do problema. Uma situação problemática ou como preferem os autores uma situação-problema:

caracteriza uma situação **concreta**, que suscita questionamento. Quando a situação problemática assume um **caráter multidimensional**, ela é susceptível de ser tratada de forma interdisciplinar. Ela assegura uma **função pedagógica de integração**, na medida em que a sua representação pode mobilizar diversas competências e conhecimentos, integrando-os (MAINGAIN; DUFOUR, 2008, p.148)

Não há regras estabelecidas a respeito da maneira como se determina uma situação problema, ela pode surgir por aparte dos alunos, ser proposta pelo(s) professor(es) ou ser desenvolvida através da negociação entre estes dois pólos. Também pode estar centrada no interesse dos alunos ou ainda em domínios estabelecidos pelo currículo. Contudo, ao elaborar a situação-problema, deve-se tomar cuidado para que sua solução envolva diversas disciplinas, que esteja voltada para o cotidiano do aluno e mobilize conhecimentos, conceitos, competências de forma transversal (MAINGAIN; DUFOUR, 2008).

Para Maingain e Dufour (2008), a situação-problema que dará início ao projeto interdisciplinar deve de preferência partir do questionamento construído por professores para articular diversas disciplinas. Os autores justificam esta proposta por diferentes razões, uma vez que frente à proposta dos alunos, que eventualmente podem envolver situações muito complexas, nem sempre a equipe de professores conseguirá reunir as competências necessárias para resolver a situação-problema. Do mesmo modo se as propostas dos alunos forem muito complexas de forma a não possibilitar sua solução, será necessário justificar os motivos materiais, pedagógicos ou humanos que impossibilitam esta abordagem, logo, será necessário despende algum tempo para esta situação. Além disso, as propostas dos alunos podem não ser compatíveis com o currículo e a possibilidade de articulação que eles oferecem; e por último, a qualidade do projeto pedagógico desenvolvido depende muito do empenho do(s) professor(es) envolvido(s), portanto, depende da sua vontade de participar do projeto compartilhando os conhecimentos que estão envolvidos na

situação-problema. Por isto os autores propõem que os questionamentos dos alunos sejam feitos no interior de um projeto determinado, dentro de uma problemática predefinida, o que tornaria o processo mais eficaz.

É importante que ao escolher o tema do projeto, o mesmo tenha sentido para os alunos, não sendo abstrato ou teórico demais, de forma que eles percebam que através desse processo, adquirem conhecimentos que permitem entender o seu mundo e se entenderem, e que o método adquirido pode ser transposto para outros contextos (MAINGAIN; DUFOUR, 2008).

A metodologia de construções de IIR possibilita ao aluno construir de forma gradativa representações adequadas de uma situação-problema, com vista à investigação, ação e comunicação. Consiste numa formalização rigorosa das práticas interdisciplinares. Para sua execução, Maingain e Dufour (2008) propõem o “percurso” que consiste numa ferramenta especificamente didática que tem a função de articular as etapas da construção das IIR. O percurso segundo os autores é:

um conjunto dinâmico de sequências sucessivas, articulando diversos objetos de investigação e diversas tarefas de aprendizagem, em função de objetivos pedagógicos (de ordem cognitiva, metodológica, cultural). Um percurso que culmina na realização pelos alunos de uma produção socializável (MAINGAIN; DUFOUR, 2008, p. 120).

O percurso de uma estratégia pedagógica na escola pode ser definido por um professor ou um conjunto de professores. Ao integrar várias áreas do conhecimento no projeto de pesquisa, os professores estruturam as aprendizagens para atingir um mesmo objetivo. Esta forma integrada de trabalhar também é recomendada em documentos oficiais, onde:

o ensino deve ir além da descrição e procurar constituir nos alunos a capacidade de analisar, explicar, prever e intervir, objetivos que são mais facilmente alcançáveis se as disciplinas, integradas em áreas de conhecimento, puderem contribuir cada uma com sua especificidade, para o estudo comum de problemas concretos, ou para o desenvolvimento de projetos de investigação e/ou de ação (BRASIL, 2013, p.103).

O percurso não precisa necessariamente comportar uma produção final de grande dimensão, pode-se trabalhar de forma a obter produções mais simples nas diferentes fases do percurso, que permitam examinar o domínio das aprendizagens, segundo Maingain e Dufour: “Uma forma bem concreta de gerir a questão da intenção e da conclusão de um processo interdisciplinar consiste em redigir uma nota de apresentação destinada a diferentes interlocutores, como a direção, os professores-parceiros ou os colegas, ou mesmo os pais” (MAINGAIN; DUFOUR, 2008, p. 86).

A elaboração de um percurso interdisciplinar requer coerência de uma equipe dos professores à medida que as aprendizagens são estruturadas para atingir um mesmo objetivo. Em comparação com a metodologia de ensino tradicional, a construção de IIR pelo método do percurso demanda tempo considerável para cada disciplina envolvida, dependendo do seu grau de relação com a situação-problema. Torna-se necessário desta forma definir uma estratégia pedagógica que será adotada por todos. Para definir a estratégia pedagógica o(s) professor(es) pode(m) utilizar questionamentos como:

Para quais alunos? Com que objetivos, em particular para alcançar que competências (a) disciplinares, interdisciplinares, transdisciplinares? Com que representação(ões) global(ais) do projeto a realizar, do objeto a tratar, da situação a resolver...? Segundo que sequências? Com que articulação entre elas? Com que conteúdos disciplinares? Com que interação entre eles? Com que pessoas-recurso? Segundo que programação? Em que prazos? Investindo quantas horas de aula? Em vista de que eventual(ais) produção(ões)? Com que modalidade de avaliação? (MAINGAIN; DUFOUR, 2008, P. 123-124).

Uma vez definida a situação-problema e a estratégia pedagógica do projeto, que se analisará sob a perspectiva interdisciplinar, inicia-se o percurso do projeto. O percurso do projeto, segundo Maingain e Dufour (2008), consiste nas etapas envolvidas na construção das IIR e culmina com a realização por parte dos alunos de uma produção socializável.

2.6 ETAPAS DA METODOLOGIA IIR

Desenvolver projetos interdisciplinares no ambiente escolar pode ser uma tarefa complicada uma vez que ao ser colocado em contato com este tipo de prática, o professor é obrigado a sair da “zona de conforto” que constitui sua área específica de conhecimento. Muitas dúvidas podem surgir durante a execução do projeto e por vezes é difícil conseguir engajar mais professores que abracem esta proposta.

A proposta da alfabetização científica e tecnológica de Fourez (1997), através da metodologia das IIR, a nosso ver, consiste numa alternativa de abordagem interdisciplinar interessante para o ensino de ciências. Através desta proposta, busca-se desenvolver a autonomia do aluno de modo que ele possa negociar suas decisões de forma consciente e responsável diante de situações do seu cotidiano e também desenvolver sua capacidade de comunicação com os demais.

Para aplicar a metodologia das IIR Fourez (1997) descreve oito etapas sequenciais, que visam facilitar e delimitar o desenvolvimento do projeto em sala de aula, impedindo que ele fique demasiadamente extenso e prejudique a construção de uma representação adequada através da utilização das IIR. Estas etapas também são chamadas por Maingain e Dufour (2008) de percurso. Ao avançar no desenvolvimento das etapas da metodologia das IIR, estimula-se uma maior sofisticação nas atividades desenvolvidas pelos alunos. Tal sofisticação surge do contato com os especialistas e disciplinas ligadas à situação-problema. A metodologia tem como propósito fazer o aluno compreender que a construção de um conhecimento novo se dá a partir do que já conhecemos, e alicerçado nele (re)formulamos o novo.

As etapas da metodologia das IIR segundo Fourez (1997) não visam engessar o desenvolvimento do processo, e não necessitam ser seguidas à risca, nem serem aplicadas de forma linear. Isto significa que algumas etapas podem ser suprimidas, outras etapas podem ser acrescentadas, ou que se pode mudar a ordem das etapas em função do projeto que se quer construir. O tempo de duração de cada etapa pode ser determinado pelo professor ou equipe envolvida na construção da IIR.

2.6.1 Etapa Zero

Nesta etapa, o professor ou equipe de professores elabora a situação-problema e faz um levantamento dos recursos humanos (professores, especialistas, alunos, pessoas da comunidade) e materiais (biblioteca, vídeos, laboratórios de informática e de ciências) necessários e disponíveis para a realização das atividades. Esta etapa não está prevista na metodologia de Fourez (1997), porém, Schmitz (2004) ressalta que se trata de uma etapa importante à medida que pode evitar futuras frustrações ou situações de imprevisto no decorrer do processo de construção das IIR, ajudando a economizar tempo e energia.

No ensino tradicional, o professor elabora e planeja as atividades, definindo a importância dos conteúdos a serem abordados. O trabalho segue de forma linear e ao aluno cabe cumprir as tarefas predeterminadas pelo professor. No processo de construção das IIR os conteúdos estão vinculados às exigências da situação-problema, os alunos através da negociação em grupo, é que constatarem o que precisam aprender para chegar a uma representação adequada da problemática ao final do processo.

No processo de construção das IIR os alunos interferem nos rumos do processo à medida que são eles que identificam o que é necessário aprender, por isso, segundo Schmitz (2004), cabe ao professor, caso não tenha conhecimento sobre determinado conteúdo, informar-se através de livros, revistas, artigos ou internet. Ainda segundo o autor, a interferência do aluno no andamento do processo ocasionará modificações no plano inicialmente elaborado. Isto não isenta o professor de elaborar um plano de ação, pelo contrário, indica que o professor deve trocar a ação de selecionar pela ação de levantar possibilidades para o plano de ação.

Neste caso ao realizar o planejamento o professor deve ter o cuidado de não interferir demais nas escolhas feitas pelos alunos, pois isto levaria à construção de uma representação do professor e não dos alunos. Ainda que seja inevitável a influência do professor, já que é membro participante do processo, é desejável que ele tome consciência da sua influência, buscando desta forma agir como mediador da construção da IIR evitando ao máximo direcionar as escolhas feitas pelos alunos.

Portanto, este primeiro momento é destinado a elaborar a situação-problema; definir o objeto de estudo; o público-alvo; listar os possíveis conhecimentos que estarão envolvidos no seu estudo e relacionar os recursos materiais necessários para a realização do projeto. Além disso, é desejável nesta etapa que o professor faça um levantamento dos possíveis especialistas que podem ser envolvidos no projeto (recursos humanos), o tempo destinado para cada atividade, bem como uma estimativa do tempo necessário para a conclusão do projeto.

Após a etapa zero, que se constitui na tomada de decisões visando à organização do projeto, parte-se para as etapas seguintes da metodologia IIR: clichê, panorama espontâneo, consulta a especialistas, indo à prática, abertura de caixas pretas, esquematizando a situação problema, abrindo caixas pretas sem especialistas e produto final. O percurso do projeto não é conduzido de forma linear. Durante os trabalhos acontecem idas e voltas a certas etapas, conforme a necessidade demonstrada pelo grupo envolvido. A conclusão de uma etapa pode remeter à outra posterior. Cada etapa é definida por um propósito, um objeto de estudo e um tempo, podendo durar uma ou mais aulas dependendo dos objetivos e da natureza do projeto.

2.6.2 O clichê

Entende-se por clichê, o conjunto de representações que a equipe de pesquisa tem do objeto de estudo ou da situação-problema. Nesta etapa busca-se compor um conjunto de questões abertas ou fechadas que expressam o entendimento e as dúvidas iniciais que o grupo tem a respeito da situação-problema. Como é uma descrição espontânea, normalmente feita sem a ajuda de especialistas, pode conter representações corretas ou não, refletindo o que o grupo pensa e/ou conhece a respeito do objeto de estudo ou da situação problema. Neste momento não se fará julgamento destas representações. Trata-se de perceber o que é admitido por todos, quais os objetos de debate e quais são os juízos de valor, ou seja, evidenciar o ponto de vista de que se parte.

Como nesta etapa podem surgir muitas ideias, é interessante efetuar o enquadramento destas no campo de investigação em função do projeto e dos objetivos pedagógicos. Explicitar as representações iniciais do grupo é de muita importância, pois assim como podem ser um ponto de partida, podem ser um ponto de bloqueio da aprendizagem. Cabe ao professor estar atento levando em consideração estas representações, evitando bloqueios da aprendizagem ou mal-entendidos.

Para iniciar esta etapa o professor pode partir do contexto de um “*brainstorming*”, propondo questões gerais ou específicas aos alunos, de forma a levá-los a discutir do que se trata e o que se deve levar em conta para a resolução da situação-problema. No caso em questão: Como se dá a transmissão de um rádio? Qual importância da rádio? Caso seja necessário, pode-se iniciar esta etapa com a explicação de um especialista, no caso, um engenheiro eletricista ou professor de física. É importante nesta etapa construir uma representação inicial da situação problema que considere vários aspectos disciplinares e da vida cotidiana.

2.6.3 O Panorama Espontâneo

Nesta etapa busca-se expandir o contexto do clichê, o professor junto com os alunos, procura identificar questões que foram negligenciadas e são indispensáveis para construir uma representação adequada da situação-problema. Trata-se de uma etapa espontânea, onde não se recorre à ajuda de especialistas e pode ser definida por algumas subetapas:

a) **Lista de atores envolvidos:** no caso de um trabalho em sala de aula, são alunos e professores de uma determinada série, ou então se pode expandir esta lista para atores cuja atividade esteja envolvida com o projeto. Segundo Fourez (1997) é o projeto, vinculado à construção das IIR que irão escolher os atores que permanecerão no projeto.

b) **Levantamento de normas e condições impostas pela técnica:** trata-se de fazer um levantamento das normas impostas pela legislação,

assim como também as normas ou hábitos culturais a respeito de uma técnica ou prática.

c) **Lista de posturas e tensões:** são suscitadas discussões a respeito da tecnologia da rádio, seu uso, sua importância e sua força como veículo de comunicação em massa na construção de opiniões.

d) **Lista de caixas pretas:** segundo Fourez (1997), trata-se de representações de uma parte do mundo, aceita ou utilizada sem que seja necessário examinar o seu mecanismo de funcionamento. É o momento em que surgem as disciplinas específicas no contexto de uma proposta interdisciplinar, onde o estudo será abordado com o rigor que a disciplina requer. As caixas pretas são temas potenciais de estudo, onde apenas os mais importantes serão aprofundados, ao que se chamará de abrir “uma caixa preta”. Desta forma, dependendo do grupo envolvido no projeto, a lista de caixas pretas relevantes não será a mesma.

e) **As bifurcações:** frequentemente os atores sociais envolvidos em um projeto são levados a fazer escolhas entre uma estratégia em detrimento de outra (s). O ponto de bifurcação marca o momento em que se decidem posições técnicas, éticas ou políticas.

Segundo Schmitz (2004) uma bifurcação envolve escolhas que não são facilmente reversíveis, uma vez que ao escolher um lado da bifurcação, abandonamos outro (s) lado (s) possível (eis).

f) **Lista de especialistas e especialidades envolvidas:** apesar de não se recorrer neste momento a especialistas, é desejável que se prepare nesta etapa uma lista de possíveis especialistas e especialidades que podem ser envolvidas no projeto para esclarecer a situação-problema estudada. A lista de especialistas e especialidades envolvidas está diretamente ligada à abertura de caixas pretas e podem envolver segundo Fourez (1997) profissionais da área como médicos veterinários, biólogos, químicos, ou mesmo ser um livro ou documento

sobre a questão. Podem também fazer parte da lista pessoas que não são reconhecidos socialmente como especialistas, mas tem conhecimento sobre a situação-problema. A consulta aos especialistas tem como função responder questões relacionadas com a situação problema e possibilitar a abertura de caixas pretas, no entanto, quando se abre uma caixa preta podem surgir novas questões, novos especialistas, novas tensões e novas caixas pretas.

2.6.4 Consulta aos especialistas e às especialidades

Esta etapa está ligada a abertura de caixas pretas, pois de acordo com Fourez (1997) na nossa sociedade não é possível viver só e conhecer tudo. Nos projetos que construímos é necessário sabermos fazer bom uso dos especialistas. São eles que vão ajudar a esclarecer as dúvidas que surgirem durante o processo para as quais não há na equipe alguém cujo conhecimento permita sua discussão e aprofundamento.

Para Mangain e Dufour (2008), A consulta a especialistas exige um duplo saber, por um lado saber direcionar o seu conhecimento para o objeto de investigação evitando que se permaneça numa abordagem muito teórica ou então muito superficial, por outro lado, implica na capacidade de obter dele informações e pontos de vista que foram negligenciados pelo grupo

Para Fourez (1997) a ACT supõe a capacidade de recorrer ao bom uso dos especialistas, sabendo que conduta adotar frente aos seus conhecimentos. Exemplifica-se: como saber se é necessário buscar uma segunda opinião? Como saber quando é sensato desconsiderar a sua opinião? Como transferir o conhecimento do especialista de um contexto para outro? Como adaptar nossos saberes, resultados do conhecimento advindo do nosso meio, com as competências mais abstratas do especialista?

2.6.5 Ida à Prática

É o abandono do contexto teórico de um objeto de estudo, confrontando-se com o contexto no qual ele se insere no cotidiano. São situações concretas de descida ao terreno que “permitem enriquecer a lista dos parâmetros e, em particular, das eventuais caixas pretas a abrir” (MAINGAIN; DUFOUR, 2008, p. 96).

É uma etapa de aprofundamento da situação-problema estudada, que por sua vez é definida pelo projeto e pelo grupo envolvido. Pode-se proceder de maneiras diferentes para executar esta etapa.

Esta etapa tem por objetivo fornecer aos alunos uma compreensão mais concreta da situação-problema, promover a ampliação do panorama espontâneo, revelar a dimensão humana presente no projeto e promover a interação do contexto do projeto com o contexto escolar.

2.6.6 Abertura aprofundada de algumas caixas pretas e a descoberta de princípios disciplinares que sustentam uma tecnologia.

Nesta etapa faz-se o aprofundamento de um ou outro aspecto relacionado com o objeto de estudo, com o aporte e o rigor de uma disciplina científica (FOUREZ, 1997). A abertura de caixas pretas é condicionada pelo contexto do projeto, dos produtores e dos destinatários das IR e pode ser feita com a ajuda de especialistas. Como por exemplo, a explicação de um engenheiro eletricitista a respeito da transmissão das ondas eletromagnéticas que saem da estação de rádio até o ouvinte. O mesmo processo pode ainda ser explicado por um profissional ligado à área de Física, dando aos alunos uma visão mais global, pois é possível tratar a situação-problema tanto pelo viés da engenharia elétrica quanto da Física.

Crítérios ligados ao contexto epistemológico da representação interdisciplinar também podem influenciar na decisão de quais caixas pretas serão abertas. Ao analisar as controvérsias os atores podem, por exemplo, optar por privilegiar as normas legais ou as normas culturais, interferindo nas prioridades da investigação.

No caso em questão também interferem nas prioridades da investigação os critérios ligados ao contexto da ação pedagógica, onde os interesses dos alunos, as competências dos professores, os conhecimentos acessíveis, o tempo disponível e as condições materiais influenciam na escolha de quais caixas pretas serão abertas ou não. (MAINGAIN; DUFOUR, 2008).

Ao tratar os conteúdos que o rigor científico exige para a situação, podem surgir outras caixas pretas, que poderão ou não ser abertas dependendo do nível de aprofundamento necessário e da capacidade de aprendizagem dos envolvidos no projeto.

A abertura de caixas pretas é o momento do confronto das “representações existentes com os saberes estabelecidos pelas disciplinas e em que se completa a cartografia dos conhecimentos necessários à construção de uma ilha de racionalidade” (MAINGAIN; DUFOUR, 2008, p. 98).

É importante nesta etapa que o aluno aprenda a fazer o bom uso das caixas pretas, isto é, saber quando é útil abrir uma caixa preta, ou quando é melhor deixá-la fechada.

2.6.7 Esquematização global da tecnologia

Esta etapa consiste na elaboração de um “*script*” desenhado do objeto de estudo e/ou do esquema da organização social de uma tecnologia. Trata-se de uma síntese parcial da IR produzida. No decorrer do projeto, por exemplo, após uma ida a campo onde se teve contato com o especialista da área de engenharia elétrica, foi pedido aos alunos que elaborassem um texto informativo sobre o contato com o especialista e um mapa conceitual da tecnologia do rádio o qual posteriormente foi ampliado após a consulta a outros especialistas.

2.6.8 Abertura de algumas caixas pretas sem a ajuda dos especialistas

Na vida cotidiana muitas vezes somos obrigados a agir sem ter os conhecimentos que se julgariam desejáveis e adequados, não há tempo para consultar ou mesmo não dispomos de especialistas disponíveis para resolver uma situação em particular. Nestes casos é necessário saber abrir as caixas pretas com os meios disponíveis (FOUREZ, 1997), utilizando-se de pesquisas em livros, revistas, internet, para suprir a demanda por especialistas que nem sempre estão presentes para responder a todas as questões. No decorrer do projeto, surgiram questões referentes se era possível a montagem da rádio, o que acabou se tornando a etapa da ida ao campo prevista pela metodologia proposta por Fourez. Também foram utilizadas reportagens televisivas para esclarecer dúvidas e aprofundar conhecimentos sobre o funcionamento, componentes básicos na construção de um rádio. A construção de representações com os meios disponíveis pode ter eficácia educacional importante, uma vez que na vida cotidiana, muitas vezes somos obrigados a recorrer a eles de forma autônoma para dar respostas a situações concretas.

2.6.9 Síntese da Ilha de Racionalidade produzida

Nesta última etapa, pode-se sintetizar, seja oralmente, ou através de uma nota escrita, a IR que se construiu em função do projeto. Esta síntese vai se deparar com elementos variados, onde certas perguntas são pertinentes:

até que ponto o que nós temos estudado nos ajuda a negociar com o mundo tecnológico enfocado? Até que ponto isto nos dá certa autonomia no mundo científico-tecnológico e na sociedade em geral? Até que ponto os saberes obtidos nos ajudam a discutir com maior precisão as decisões a serem tomadas? De que maneira isto nos fornece uma representação do nosso mundo e de nossa história que permita situarmo-nos melhor e comunicarmos com os outros? (FOUREZ, 1997, p. 121).

Surge então a necessidade de cruzar os diversos conhecimentos formais e não formais estudados durante o desenvolvimento do projeto para dar respostas à

situação-problema. Segundo Maingain; Dufour (2008), o fato de se colocar em rede diferentes disciplinas não implica necessariamente num produto final de grande envergadura. Podem ser realizadas produções mais modestas nas diferentes etapas do percurso e que permitam avaliar o domínio das aprendizagens pelos alunos.

Nesta etapa Schmitz (2004) destaca a importância da interferência do(s) professor(es) auxiliando os alunos a estruturar e esquematizar a representação, pois neste processo há a necessidade de se fazer sínteses e resumos de forma a não descaracterizar as escolhas feitas pelo grupo. O(s) professor(es) nesta etapa indicarão que os estudantes devem-se centrar nos objetivos propostos para o projeto, de forma a se chegar numa representação teórica interdisciplinar.

Esta representação deverá manter os aspectos introduzidos pelos especialistas e especialidades que foram adotados a partir de negociações entre o grupo e responder as perguntas colocadas no início do projeto: de que se trata? O que se deve levar em conta? As respostas a estas perguntas serão organizadas, pois estão sujeitas a um método e serão intencionais, pois se ligam a um contexto, com um produto final e destinatários específicos.

A capacidade de efetuar este tipo de representação sob a forma de relatórios, exposições, esquemas, mapas conceituais ou qualquer outro suporte constitui uma competência fundamental a ser desenvolvida nos alunos. No entanto, o surgimento destas representações mais complexas não se dá de forma natural, a partir de um amontoado de informações. Sua construção requer um esforço de seleção e síntese que envolve a negociação consigo e com os outros, envolvendo aspectos científicos, técnicos e também questões políticas e éticas.

Ao decidir o que será considerado na representação que se pretende construir de um ponto de vista teórico, e eventualmente prático, surge o caráter intencional e finalmente político de toda construção de conhecimentos (MAINGAIN; DUFOUR, 2008).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta é uma pesquisa de natureza qualitativa, o público-alvo foram alunos do terceiro ano do ensino médio do período diurno e noturno de um Colégio Estadual público ligado à Secretaria de Estado de Educação do Estado do Paraná. A IIR produzida é do tipo que se organiza em torno de uma situação concreta.

A pesquisa teve um total de 15 encontros, sendo realizada durante as aulas de Física, e se desenvolveu sob o tema da rádio, escolhido pelos alunos, após os alunos assistirem um filme cujo título era **Um Sinal de Esperança** (1999), baseado em fatos reais.

O filme retrata o período vivido pelos judeus em um gueto na Polônia, estes judeus eram impedidos de saberem o horário e qualquer notícia externa, seja por jornal escrito ou outra forma, por rádio, por exemplo. O longa é baseado na obra de Jurek Becker, **Jackob O mentiroso**.

O escritor viveu o horror da guerra neste gueto polonês. O trecho a seguir foi retirado do livro do escritor mencionado e, em seguida, há a pergunta do problema proposto que os alunos deverão estruturar a IIR:

É noite, portanto. Não pergunte a hora, esta só os alemães sabem, nós não temos relógios. Já faz um bom tempo que escureceu em algumas janelas a luz está acesa, isso basta.

Jakob se apressa, ele não tem mais muito tempo, já escureceu faz bastante tempo. E de repente ele não tem mais tempo nenhum, nem meio segundo, pois clareia a seu redor. Isso se dá bem no meio da rua, a Kurländischer Damm, perto da divisa do gueto, onde os costureiros tinham o seu centro. Lá está a sentinela, cinco metros acima de Jakob, numa torre de madeira atrás do arame farpado estendido de um lado a outro da rua. Primeiro ele não diz nada, só segura Jakob com o facho do holofote, no meio da rua, e espera. À esquerda, na esquina, está a antiga loja de Mariutan, um imigrante romeno que nesse meio tempo voltou à Romênia para salvar o negócio de Tintenfass, um judeu nativo que agora vive no Brooklyn, Nova York, e segue costurando roupa feminina de primeira. E entre eles, sobre os paralelepípedos e solitário com seu medo, está Jakob Heym, na verdade já velho demais para tais testes de nervos, a boina ele arranca da cabeça, não consegue distinguir nada na luz, só sabe que, em algum lugar atrás desse fulgor, estão dois olhos de soldado que o surpreenderam. Jakob repassa as faltas mais prováveis e não se recorda de nenhuma. A carteira de identidade ele traz consigo, ao trabalho ele não faltou, a estrela no peito

se acha no local exatamente prescrito, disso ele se certifica com o olhar, e a das costas ele a costurou só dois dias atrás. Se o homem não atirar de imediato, Jakob pode lhe responder satisfatoriamente todas as perguntas, é só ele perguntar. “Muito me engano ou é proibido andar pela rua depois das oito?”, diz por fim o soldado. Um do tipo bonachão, a voz nem soa zangada, antes suave, o tom inspira a vontade de papear um pouco, um toque de humor não estaria fora de propósito. (BECKER, 2011, p. 8).

Após longo diálogo, Jakob é indicado pelo soldado a entrar no quartel militar e passa a se apresentar naquela noite e, neste ínterim, ele começa ouvir ao fundo o som de uma rádio em que trazia notícias sobre a guerra. A partir deste momento, quando retornou ao gueto judeu, levou esperança e humor ao reportar boletins fictícios sobre os passos das tropas da Aliança para derrotar o exército de Hitler. Mas quando os soldados alemães tomam conhecimento da fictícia rádio, eles partem em busca do suposto herói que vem mantendo acesa a chama da resistência.

O livro e o filme retratam uma situação vivida por um comerciante pobre, Jakob Heym, o qual leva notícias para manter sua comunidade com esperança. A história da rádio se torna tão convincente que os soldados alemães acreditam que Jakob possui tal rádio e esconde segredos.

Pensando sobre o contexto apresentado pelo filme e mesmo pelo texto de Jurek Becker, sabemos que Jakob mentia ao levar notícias de esperança ao seu povo, notícias que ele tinha ouvido em uma rádio no quartel quando fora preso e depois ao longo dos dias afirmando que tinha um rádio em sua posse. Mas afinal, como ocorre a transmissão de uma rádio? Como funciona um rádio?

Neste sentido, para o projeto foram feitas intervenções com uma sequência didática (SD) nas aulas de Física trabalhando o conteúdo estruturante Eletromagnetismo, conteúdo básico e específico sobre a eletricidade e suas aplicações e implicações na sociedade em conjunto com outra disciplina de História, buscando uma intervenção didática a partir da temática do filme e relação com a vida no gueto e o contexto da segunda guerra mundial. Foram registradas as falas e imagens dos alunos que assim permitiram quando estes estiveram em atividade, inclusive com o tema trabalhado em outras disciplinas para caracterizar o referencial

teórico adotado, neste caso, as Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade IIR, sob a perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica (ACT).

Foi realizada a coleta das imagens dos alunos, bem como a produção de atividades por todos os agentes envolvidos, a forma de trabalho será em grupos e ao final será analisada por amostragem a produção da IIR em questão de alguns grupos, a produção restante será colocada à parte no apêndice desta dissertação.

3.1 O TEMA ESCOLHIDO E SUA CARACTERIZAÇÃO

A escolha do tema “Rádio, um sinal de esperança”, decorre a partir da apresentação de um filme baseado em fatos reais relatados por Jurek Becker em seu best-seller. De alguma forma o que chamou a atenção dos alunos foi o rádio que apesar de não ser o elemento central do filme, aparece como um elemento coadjuvante, mas o foco se dá na mentira que o personagem Jakob conta para levar certa esperança ao gueto interrompendo com uma série de suicídios de quem estava lá preso. Deste modo o elemento que aparece é o contexto histórico que se passou o filme.

Sendo assim, a escolha foi uma forma de aproximar o tema escolhido pelos alunos devido sua importância para explorar conceitos do Eletromagnetismo como componente tecnológico e histórico.

3.2 ETAPA ZERO

Esta etapa consiste na elaboração da situação-problema e no levantamento dos recursos materiais e humanos necessários para a realização do projeto.

Nesta etapa foi levantado algumas questões como identificar algum saber popular que fosse de conhecimento dos alunos para o qual o projeto seria desenvolvido. Desta busca após a apresentação do filme, resultou a escolha do rádio como componente de estudo a ser desenvolvido. Apesar de ter um conhecimento

básico sobre o tema, neste primeiro momento como pesquisador, foi vital compreender a tecnologia do rádio. Como pesquisador, busquei uma aproximação com outros profissionais que tinham uma experiência maior sobre o tema, visando o aprofundamento do tema e uma possível troca de experiências.

O aprofundamento a respeito da temática escolhida possibilitou compreender algumas de suas particularidades, norteando desta forma reflexões a respeito do projeto almejado. Ao analisar a situação a ser proposta aos alunos, procurou-se responder a questões como: o que se pretende discutir exatamente? O que está em jogo na problemática escolhida? Que conhecimentos (saberes) sobre eletromagnetismo e aspectos estão envolvidos no estudo sobre o tema do Rádio?

Ressalta-se que, ao elaborar a situação-problema tomou-se o cuidado de que uma representação adequada da mesma requisitasse conhecimentos de outra disciplina e de diferentes pontos de vista, entre os quais podemos destacamos a importância do rádio como comunicação na segunda guerra mundial.

A composição da situação-problema levou à suposição das possíveis caixas pretas que poderiam ser levantadas pelos alunos, identificação de especialidades envolvidas e especialistas que poderiam estar auxiliando na abertura destas caixas pretas. Nesta fase considerou-se envolver no projeto pessoas ligadas a área da engenharia elétrica e professores de história.

Foi feito um contato com um professor da área de engenharia elétrica do IFPR campus Campo Largo-PR e com o professor de História da escola o qual já participara de um programa do governo estadual PDE e desenvolveu um trabalho usando a mesma metodologia, porém, usou como componente de estudo os temas transversais sobre africanidades.

Devido a escassez de tempo dos professores envolvidos, a escolha das caixas pretas que foram desenvolvidas, foram selecionadas pelo professor da disciplina de Física e pesquisador para não comprometer o tempo utilizado

Os recursos materiais disponíveis foram levantados previamente para identificar os tipos de materiais que a escola poderia oferecer. Portanto, o pesquisador entrou em contato com os responsáveis pela biblioteca da escola, a fim

de verificar a disponibilidade de livros, vídeos, revistas e outros materiais utilizados para elaboração de um rádio de galena com a finalidade de entender a tecnologia sobre o rádio e estudar os componentes básicos que são usados na confecção de um rádio de galena, bem como entender sua tecnologia e que saberes escolares dentro do componente estruturante do eletromagnetismo podem ser estudados a partir da prática da confecção do rádio experimental.

Além disso, foi feita em cooperação com a direção e equipe pedagógica para suporte e garante do projeto junto aos alunos e comunidade escolar.

3.3 O CLICHÊ

Nesta etapa esclareceu-se aos alunos que ao final do projeto eles deviam apresentar uma resposta à situação-problema sobre o funcionamento do rádio conectando saberes do Eletromagnetismo e saberes da História. Ao final os alunos deviam apresentar um texto informativo, deveriam apresentar também como produto a confecção de um rádio de galena e discutir a forma que elaboraram este rádio.

Foi estabelecido um prazo de 15 encontros para a realização do projeto e que seria necessário o envolvimento de todos e comprometimento dos mesmos. Houve alguns problemas ao decorrer da aplicação do projeto, na escola pública há êxodo de alunos que saem de uma escola e migram para outra, não foi o caso, e, também há entrada de outros alunos que são transferidos de outras escolas e isso dificultou cumprir o prazo para realização do projeto. Além disso, ocorreu um período de greve dos professores o que veio a interromper o processo no final de sua aplicação.

A situação-problema foi apresentada acima, como tema central “Rádio, um sinal de esperança”, inicialmente os alunos achavam que se tratava de uma resposta simples e sem grande aprofundamento, foi explicado que seria necessário aprofundar sobre o tema, esgotar todos os pontos de vista envolvidos e que isso envolveria componente interdisciplinar com História e com engenharia elétrica.

Na sequência foi aplicado um questionário sobre as ideias prévias sobre o que os estudantes conheciam sobre o rádio (a importância do rádio, a importância da

invenção do rádio, se os estudantes costumam ouvir rádio e que programas tem preferência, sobre outras possibilidades que hoje existem graças à invenção da rádio, se houve uma migração da rádio para outros meios de comunicação e por que se deu tal movimento, que conceitos de física são possíveis de se explorar com o aprofundamento do estudo sobre a tecnologia do rádio, como se dá a recepção e captação das ondas de rádio e sobre as classificações das rádios: AM/FM entre outras), após a aplicação do questionário individual foi pedido que os alunos formassem grupos com cinco componentes e que fossem mantidos os mesmos componentes, salvo o caso de entrar algum novo aluno na turma, o que ocorreu durante o processo.

3.4 O PANORAMA ESPONTÂNEO

Esta etapa é ainda bastante espontânea, no sentido que os alunos não recorrem aos especialistas. Após fazer o (clichê), os alunos, utilizando os seus próprios recursos e da equipe, procuram ampliar o contexto do clichê sem o uso de especialistas para colocar os saberes estabelecidos. Neste sentido, o autor sugere que se faça um levantamento dos atores envolvidos, das normas implícitas ou explícitas, das limitações, das posturas e tensões, das caixas pretas, das bifurcações e dos especialistas.

Podem ser feitas várias listas ou montar um esquema que explicita os elementos apontados acima. Assim podemos perceber que o panorama não é tão espontâneo, pois os alunos devem construir e utilizar um esquema que permitirá ampliar as perspectivas e considerar aspectos da situação que escaparam ao clichê.

Para Fourez (2001), durante a construção de um panorama não devemos trabalhar em função das disciplinas especializadas. Os trabalhos devem estar mais voltados para uma abordagem global, de modo mais refinado, direcionado para um projeto.

Esta etapa serviu para que os alunos levantassem várias questões sobre o tema. Durante o tempo para este processo do panorama espontâneo, os grupos

dedicaram-se ao levantamento de dúvidas, percebeu-se também que houve interação entre os grupos e partiu dos mesmos o pedido por um especialista da área para explicar pontos que ficaram obscuros, mesmo os grupos buscando vídeos e simulações sugeridas pelo professor pesquisador. No final da aula destinada à esta etapa os alunos levantaram questões e as entregaram no final da aula, mostradas no quadro 02 a seguir:

QUADRO 2 – QUESTÕES LEVANTADAS PELOS ALUNOS.

Questão	Perguntas
01	Que informações têm no visor de um rádio?
02	Que componentes são necessários para montagem de um rádio?
03	Como ocorrem a captação e recepção das ondas do rádio?
04	Um rádio é um circuito elétrico de que tipo? E como funciona?
05	Quando mexemos no botão de sintonia, o que está acontecendo na verdade?
06	É possível captar outros sinais com o rádio?
07	Há alguma legislação que regulamente a abertura de uma rádio? Podem usar qualquer frequência? Há alguma frequência que é de uso restrito?
08	Que transformações ocorrem do som na sua origem na estação até chegar o som para o ouvinte?
09	Algum país já proibiu a instalação de estação de rádio? Houve algum momento na história que foi proibido o uso do rádio?
10	O rádio substituiu o jornal impresso? O rádio já é uma tecnologia ultrapassada?

FONTE: Arquivo Pessoal do pesquisador (2019).

Explicou-se aos estudantes que algumas destas questões poderiam ser consideradas “caixas pretas” e que este termo se refere a um conhecimento de conteúdo que pode ou não ser aprofundado para o entendimento da situação-problema. As questões só permaneceriam se tivessem vínculo com a situação-problema e que cada questão considerada seria tratada com a área de conhecimento que ela pertencia.

Em sequência foram apresentadas aos grupos as questões e cada grupo deveria expor o que sabia de cada questão. Nesta etapa procurou-se esclarecer e conscientizar do que os estudantes sabem, mas que faltam critérios para tomar

diante da situação-problema. Assim, diversas questões necessitavam de um esclarecimento e aprofundamento para esclarecer a situação-problema.

O registro das respostas destas questões foi através de respostas espontâneas em forma escrita feita pelos grupos, como o exemplo, a seguir:

Que informações têm no visor de um rádio? *“AM/FM, Número das Estações”*.

Que componentes são necessários para montagem de um rádio? *“Capacitores, bobinas, placas condutoras”*.

Como ocorrem a captação e recepção das ondas do rádio? *“Pela antena”*.

Um rádio constitui um circuito elétrico de que tipo? E como funciona? *“Não sabemos responder, sabemos que surge uma corrente elétrica no circuito”*.

Quando mexemos no botão de sintonia, o que está acontecendo na verdade? *“Mudando a estação”*.

É possível captar outros sinais com o rádio? *“Radar, satélite”*.

Há alguma legislação que regule a abertura de um rádio? Podem usar qualquer frequência? *“Não pode invadir a frequência militar da polícia e exército”*.

Que transformações ocorrem do som na sua origem na estação até chegar o som para o ouvinte? *“Emissão – microfone – som em corrente alternada – modificação da altura do som”*.

Diante de tantas questões, os alunos encontraram-se diante de um ponto de bifurcação em que precisavam decidir que questões precisavam ser aprofundadas apesar do apelo do filme que é baseado em fatos reais, decidiram focar na tecnologia sobre o rádio.

Segundo Fourez (1997), uma bifurcação consiste num ponto em que se escolhe a partir de opções apresentadas um caminho que se seguirá e que não é facilmente revertido. Os critérios que envolvem esta escolha podem ser técnicos, mas podem conter jogos de interesses, correspondendo a decisões éticas, políticas ou culturais.

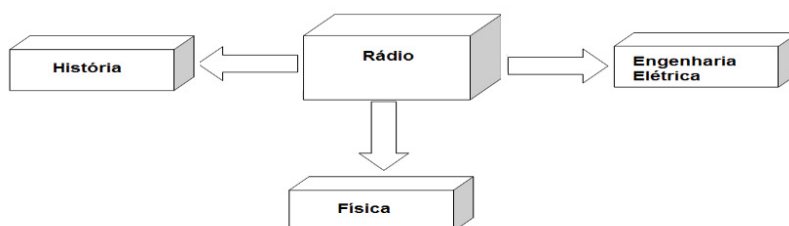
A escolha por aprofundar-se sobre o estudo da tecnologia evidencia uma escolha política, em se tratando de uma turma de 3º Ano do Ensino Médio, há um forte apelo para questões mais práticas do entendimento de uma tecnologia visando um olhar ao futuro de uma escolha de uma profissão.

Houve alguma curiosidade que se despertou no que se refere à Legislação, mas não se buscaram contatos com profissionais da área que pudessem aprofundar o tema. O que se encerrou na discussão dos grupos. Evidencia-se neste caso a negociação e tomada de decisão conjunta aspectos importantes inerentes da alfabetização científica.

Nesta etapa houve muita interação entre os grupos, houve troca de conhecimento por parte dos alunos tomando decisões de que questões deviam permanecer no projeto e que áreas seriam priorizadas.

Evidenciam-se três áreas do conhecimento relacionadas e identificadas frente às perguntas que foram levantadas pelos grupos que são aqui listadas: Física, História e Engenharia Elétrica e que constituiriam as “caixas pretas” a serem discutidas e abertas em cada frente, conforme figura 1 a seguir:

FIGURA 1 – DIMENSÕES OU CAIXAS PRETAS IDENTIFICADAS PELOS ESTUDANTES.



FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2019).

Sobre a dimensão ou “caixa preta” a ser discutida na disciplina de Física foram estudados sobre as ondas AM/FM, espectro eletromagnético, elementos de um circuito elétrico.

Na dimensão ou “caixa preta” discutida pela História sobre a História do Rádio, a evolução da tecnologia, a importância como ferramenta de comunicação, o seu uso nas guerras.

Já a “caixa preta” ou dimensão da Engenharia Elétrica foram discutidos e aprofundadas questões como formato das antenas de captação de ondas, apresentação do circuito elétrico e o porquê ser um circuito elétrico oscilante ou variável, relação da potência e das Leis de Ohm, o que são as zonas de Fresnel e o que isso tem de relevância com a interferência do sinal captado pelas antenas de rádio e as diferenças básicas de um circuito para rádio AM e FM.

Os estudantes em acordo elencaram que especialistas seriam consultados e que perguntas seriam direcionadas para cada especialista.

Foi então dada a sequência da IIR, estabelecendo-se que especialistas seriam consultados.

3.5 CONSULTA AOS ESPECIALISTAS E ESPECIALIDADES.

Nesta etapa escolheram-se os especialistas que serão envolvidos no projeto. Esta escolha está associada à abertura das caixas pretas elencadas ligadas às diferentes áreas do conhecimento que estão englobadas no projeto. É uma etapa longa, à medida que corresponde ao aprofundamento no conhecimento específico de uma área. Esta escolha foi feita pelo professor em conjunto com os alunos, após a escolha foi feito o convite ao especialista, apresentando-se a ele a intenção do projeto. Foram informadas, ao especialista convidado, quais as caixas pretas que ele deverá dar prioridade, evitando com que permaneça numa abordagem muito teórica ou demasiadamente geral.

Para o caso de História o especialista é um Professor da Escola que participou do Programa de Desenvolvimento Educacional – PDE o qual abordou algumas questões levantadas na etapa do panorama espontâneo já descrito no item anterior.

Outro especialista convidado foi um Professor da Área de Engenharia Elétrica do IFPR Campus Campo Largo que explorou as questões levantadas pelos alunos pertinentes à área elencadas no panorama espontâneo.

O próprio pesquisador como especialista da área de Física respondendo algumas questões que cabem à área.

Nesta etapa foi um pouco difícil de envolver outras áreas devido ao fato de que o especialista da área de Engenharia Elétrica tinha poucos horários livres e quando ocorreu sua presença precisou negociar horários com outros professores para ter o contato necessário para explicar e tirar as dúvidas levantadas pelos alunos. Ainda nesta etapa o professor de História devido a cobrança da organização da disciplina e de conteúdos estruturantes pertinentes à disciplina só conseguiu intervir no projeto em alguns momentos não abarcando todas as questões propostas levantadas no panorama espontâneo. Basicamente o professor de Física e pesquisador em uma conversa com o professor de História acabou por tirar algumas dúvidas em relação às questões pertinentes à Área.

O contato com os especialistas requer dos alunos o aprofundamento das questões e o levantamento de novas questões que não apareceram no panorama espontâneo. “Os estudantes devem estar conscientes quais questionamentos são pertinentes para agregar novos conhecimentos (via caixas pretas) e quais são esclarecedores para auxiliar a solução da situação-problema” (ALVES; SOUZA, 2000, p.7). Para o bom uso dos especialistas, foi solicitado aos estudantes que selecionassem apenas as questões ligadas ao projeto e que outras questões poderiam ser colocadas no decorrer da intervenção.

Cada especialista não pode ultrapassar o tempo de uma hora na explanação com mais trinta minutos para esclarecimento de dúvidas. Fourez (1997) indica a importância de controlar a contribuição do especialista, uma vez que por possuir um conhecimento aprofundado, pode não conseguir dar um desfecho às questões levantadas.

3.6 INDO À PRÁTICA COM A ABERTURA DAS CAIXAS PRETAS

Nesta etapa os estudantes abandonam o cunho puramente teórico da investigação e partem para o contexto mais concreto, a prática. É o momento que há um aprofundamento dos conhecimentos definidos no projeto da IIR, para esta fase do projeto os estudantes construíram um rádio de galena. Esta etapa tem por objetivo fornecer aos alunos uma compreensão mais concreta da situação-problema, promover a ampliação do panorama espontâneo, revelar a dimensão humana presente no projeto e promover a interação do contexto do projeto com o contexto escolar (SCHMITZ, 2004).

Para explicar melhor esta fase, algumas informações sobre o que é o rádio de galena e onde foi utilizado. O rádio da pedra de galena foi muito utilizado por soldados na primeira guerra mundial para comunicação. Consiste basicamente em uma bobina com aproximadamente 100 voltas de cobre esmaltado, aproximadamente 45 metros de fio esmaltado número 26 em um cano de PVC, dois capacitores de cerâmica um de 250 pF e outro de 100 pF, um diodo de silício ou germânio fio para a antena externa e um fone de ouvido piezoelétrico de alta impedância, o esquema experimental consta na seção de apêndice.

Nesta etapa houve muita dificuldade, apesar de ter sido planejado com antecedência na etapa zero, sobre equipamentos a serem usados, materiais. Foi necessário a compra destes materiais e inúmeras vezes o professor – pesquisador precisou se deslocar à lojas especializadas em materiais elétricos e eletrônicos para encontrar toda a lista de material para a construção do rádio de galena e nem sempre encontrava-se os elementos do circuito elétrico necessário para a confecção do rádio de galena.

Houve dificuldade para comprar o fio de cobre esmaltado 26 por ser fios usados especialmente para bobinas de motores, também foi dificultoso encontrar o fone de ouvido de alta-impedância e confeccionado com material piezoelétrico, bem como os capacitores cerâmico e o capacitor variável. Esta tarefa coube ao professor-pesquisador pelo fato destes equipamentos existirem fisicamente apenas na capital.

Pode ser observado, que novas questões foram surgindo, novas “caixas pretas”, a importância de saber o papel de cada elemento do circuito.

Os estudantes julgaram importante a confecção de um rádio de galena que captasse ondas AM, a fim de conhecer os elementos do circuito e a tecnologia envolvida após a consulta aos especialistas da área.

A figura 2, a seguir, representa os alunos confeccionando o rádio de galena sem pilha, com a finalidade de entender o processo que se dá a captação e transmissão das ondas eletromagnéticas.

FIGURA 2 - ESTUDANTES CONFECCIONANDO O RÁDIO DE GALENA SEM PILHAS



FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2019)

A figura 3 a seguir representa a montagem experimental finalizada pelos estudantes, foram utilizados como materiais um capacitor cerâmico de 250 pF, um

capacitor cerâmico de 100 pF, um diodo de germânio 1N060, um fone de ouvido piezoelétrico, fio de cobre número 26, 30 cm de cano de PVC de 32 mm de diâmetro.

FIGURA 3 – MONTAGEM EXPERIMENTAL DE UM RÁDIO DE GALENA



FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2019)

A figura 4 representa um rádio de galena já conectado para captar o sinal, a figura mostra que estão conectados o fio de aterramento, o fio da antena e o fone piezoelétrico de alta-impedância.

FIGURA 4 – SINTONIA DO RÁDIO DE GALENA NA ESTAÇÃO AM DA CIDADE.



FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2019)

Também foi feita a instalação de uma antena externa para a captação do sinal da rádio de onda AM da estação situada a 7 quilômetros da escola. Para isso foi usado fio de $\frac{1}{4}$ do comprimento de onda correspondente a frequência da estação. Os alunos precisaram pesquisar o porquê desta distância e chegaram à conclusão que devido aos obstáculos entre a antena da estação da rádio e o ponto que queriam captar o sinal, essa era a escolha acertada.

A seguir temos a figura 5 que representa a instalação do fio de antena externa utilizada para a captação do sinal. Uma equipe de estudantes ficou responsável pela instalação

FIGURA 5 – INSTALAÇÃO DA ANTENA EXTERNA REALIZDA PELOS ESTUDANTES



FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2019)

O sinal captado teve apenas um sucesso no período noturno, pela manhã apenas foi captado um sinal de estática não sendo possível sintonizar o sinal neste período. Os alunos concluíram que isso devia ter uma explicação o que foi discutida na etapa da abertura das caixas pretas sem ajuda dos especialistas, logo após a etapa discutida a seguir da IIR.

3.7 ESQUEMATIZAÇÃO GLOBAL DA TECNOLOGIA

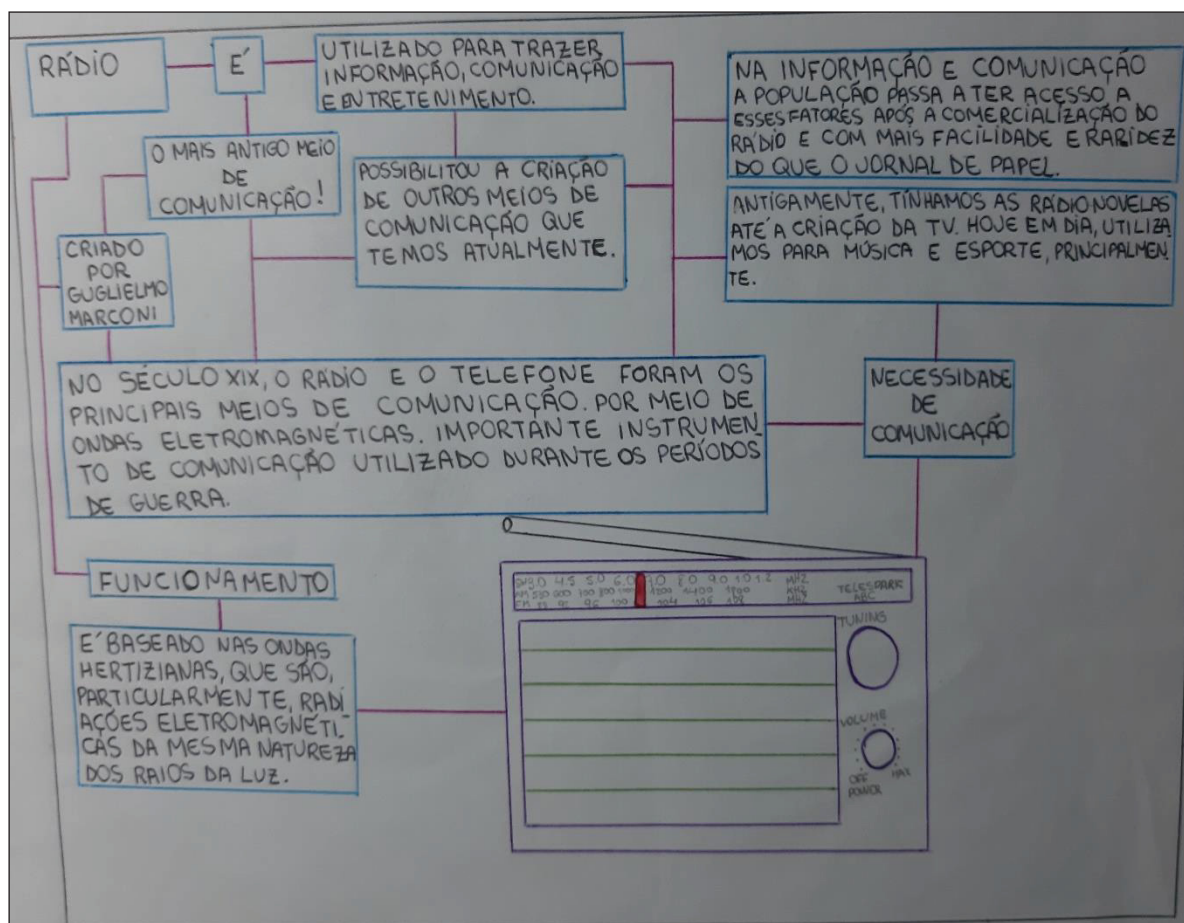
Nesta etapa ocorreu uma elaboração de uma ficha técnica, uma síntese da situação-problema estudada. É importante que nela os estudantes expressem os pontos importantes discutidos e que representam a IIR produzida até o momento. A síntese para esta etapa consistiu na construção de mapas mental e conceitual somado á esquematização do circuito elétrico da tecnologia estudada, no caso o rádio, a metodologia da IIR proposta por Fourez não consiste em etapas inalteráveis, são sugestões de etapas onde se trabalha com constantes idas e voltas, que são definidas pelas necessidades do projeto.

O mapa apresentado pelo grupo 1 apresenta certa falta de estrutura, embora tenha trazido elementos do Eletromagnetismo quando o grupo de estudantes descreve o funcionamento básico quando aponta que o rádio é baseado em ondas hertzianas, radiação eletromagnética da mesma natureza da luz e há certa conexão com alguns elementos dos conteúdos de História, trazendo basicamente a história da rádio, como quando o grupo aponta Marconi como criador do rádio e ainda conectam a outras invenções importantes na ao longo da história como a invenção do telefone sendo os dois inventos por meio de ondas eletromagnéticas foram importantes para a comunicação durante os períodos de guerra, aparecendo aqui uma conexão interdisciplinar, que era um dos objetivos buscados no projeto. Os estudantes também citam a TV como importante pela necessidade da informação e importante para outros inventos.

Para a realização da tarefa foram utilizadas duas aulas para que concluíssem tanto o mapa mental e conceitual quanto o esquema global da tecnologia do circuito

elétrico produzido por eles do rádio de galena. A figura 6, 7 e 8 adiante ilustra a produção feita por dois grupos o grupo 1 e 4:

FIGURA 6 – MAPA DOS ESTUDANTES DO GRUPO 1



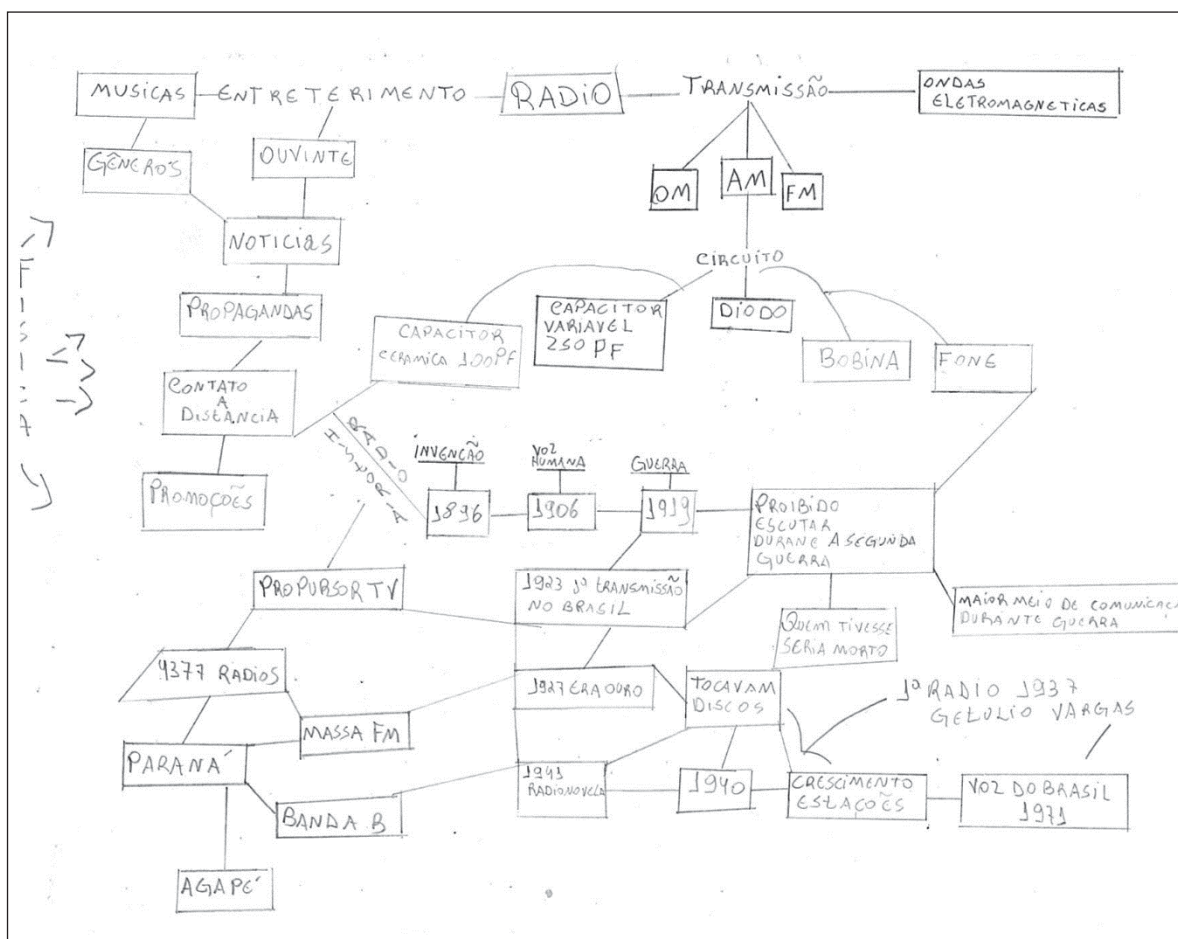
FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2019)

O mapa construído pelo grupo 4 dos estudantes traz alguns elementos do Eletromagnetismo como as Ondas eletromagnéticas AM (Amplitude Modulada), FM (Frequência Modulada), OM (Ondas Médias), traz também o circuito como elemento do eletromagnetismo, capacitor, diodo, basicamente reproduzindo o que fizeram na etapa ida à prática quando construíram um rádio de galena.

Este mapa ainda traz alguma ligação com fatos históricos da invenção do rádio, da 1ª transmissão do rádio no Brasil e alguma ligação com a disciplina de História quando relata a proibição da escuta durante a segunda guerra mundial trazendo alguma memória do filme e do que o professor de História trabalhou em

sala sobre o assunto, porém sem nenhum aprofundamento dos conteúdos e sem ligações necessárias para constituir um mapa conceitual.

FIGURA 7 – MAPA DOS ESTUDANTES DO GRUPO 4



FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2019)

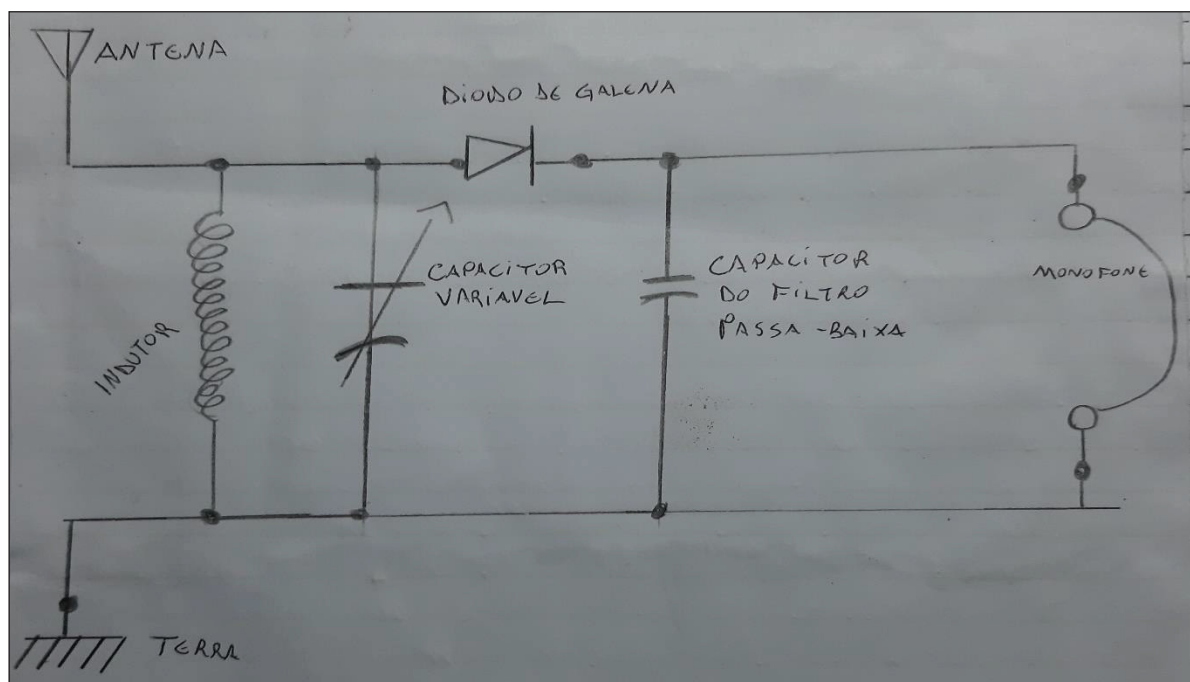
A figura 8 representa um circuito elétrico elaborado pelo grupo de estudantes a fim de representar a esquematização global de uma tecnologia trazendo basicamente os elementos principais para a elaboração de um rádio de galena: como o indutor, o capacitor variável, o diodo de galena, o capacitor de filtro, o alto-falante, a antena e o aterramento.

Já o outro grupo apresenta um novo formato de circuito elétrico apontando o indutor, o diodo, a saída, o aterramento e os capacitores, porém não os descreve no desenho elaborado, de forma que não explicita os elementos para um outro grupo

de estudantes que poderiam consultar ou ainda um novo membro de equipe vir a se juntar mais tarde podendo o estudante ficar confuso com a representação.

A seguir são apresentados os circuitos elaborados pelos estudantes do grupo 1 e 4.

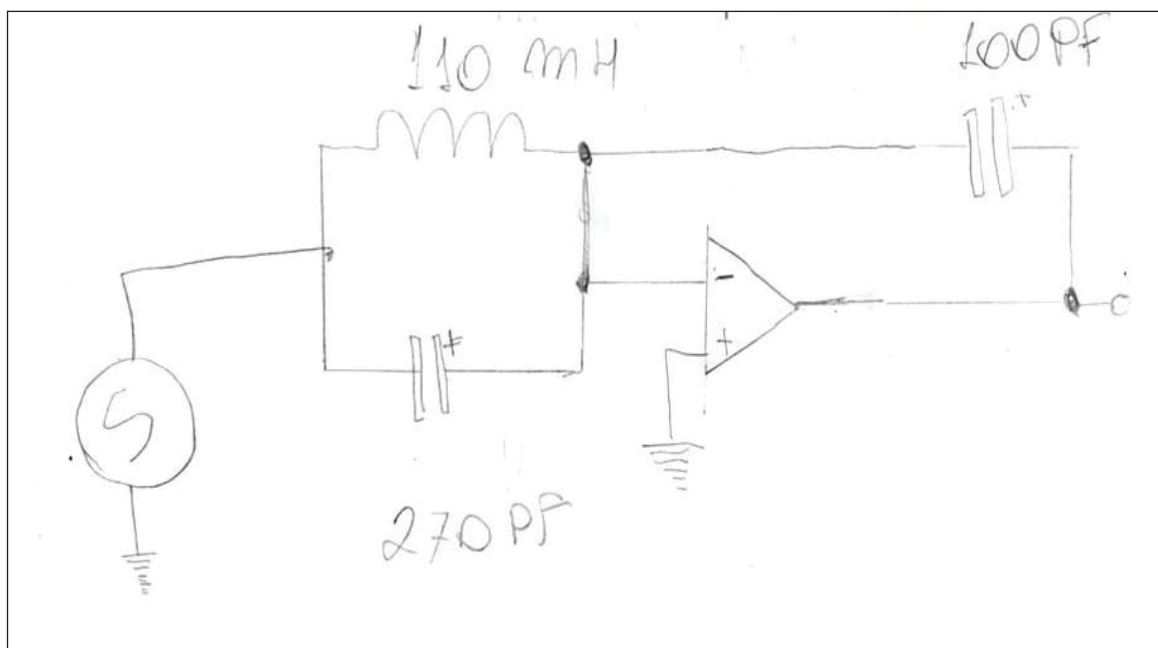
FIGURA 8 – CIRCUITO ELÉTRICO DA TECNOLOGIA DO GRUPO 1



FONTE: Arquivo Pessoal do Pesquisador (2019)

Há uma diferença básica entre os circuitos no que tange sobre a descrição dos elementos dos mesmos.

FIGURA 9 – CIRCUITO ELÉTRICO DA TECNOLOGIA DO GRUPO 4



FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2019)

Percebemos que para os mapas apresentaram percepções diferentes para representar a tecnologia do rádio e sua importância. O mapa do grupo 1 podemos classificá-lo como mapa mental, não se trata de um mapa conceitual, faltam palavras de ligação entre as caixas de conceito e mostrou-se mais informativo que uma representação do que se pode explorar com o estudo. Já o grupo 4 apresenta características de um mapa conceitual entre as caixas de conceito principal palavras conectoras de ligação, o conceito principal fica localizado no centro e a partir deste conceito principal trazem mostram a conexão com a Física com os componentes para a fabricação do rádio, trazem aspectos da história da rádio dando sinais de evidência da interdisciplinaridade que a metodologia de Fourez destaca. Neste caso, podemos indicar que houve elementos que mostram o caráter interdisciplinar da situação-problema proposta.

Quando comparamos o circuito elétrico da tecnologia global do rádio que os grupos elaboraram na fase anterior vemos diferenças entre o que apresenta o grupo 1 e 4. O grupo 1 fez uma descrição mais próxima da tecnologia reproduzida em sala,

faltando alguns elementos, já o grupo 4 teve mais dificuldade para representar a tecnologia global.

Nesta fase os grupos não explicitaram o porquê do uso destes elementos para montagem do circuito elétrico deixando esta questão para a outra fase da IIR a seguir.

3.8 A ABERTURA DAS CAIXAS PRETAS SEM A AJUDA DOS ESPECIALISTAS

Nesta fase os alunos após a representação global da tecnologia perceberam que precisavam aprofundar seus conhecimentos a respeito da tecnologia. No circuito elétrico apresentado pelos grupos apareceram alguns elementos do circuito desconhecidos pelos alunos ou pouco conhecidos, merecendo assim um aprofundamento das ideias acerca destes elementos.

Os estudantes em grupos então discutiram acerca do que cada elemento do circuito representa e sua utilidade e importância.

3.9 CONSULTA AO PROFESSOR DE FÍSICA COM A ABERTURA DAS CAIXAS PRETAS ASSOCIADAS À DIMENSÃO DA FÍSICA

Nesta etapa o pesquisador se coloca como especialista. Para esta etapa as caixas pretas pertencentes à dimensão da Física e associadas ao plano de trabalho docente apresentado para o terceiro ano do Ensino Médio para o estudo do eletromagnetismo como, por exemplo, (circuitos elétricos, elementos do circuito elétrico, ondas eletromagnéticas), neste momento foi explorado o estudo sobre circuitos elétricos e elementos do circuito elétrico havendo um encaixe com a situação-problema proposta pelo projeto. O planejamento deu-se em função do projeto e do que se pode explorar com ele.

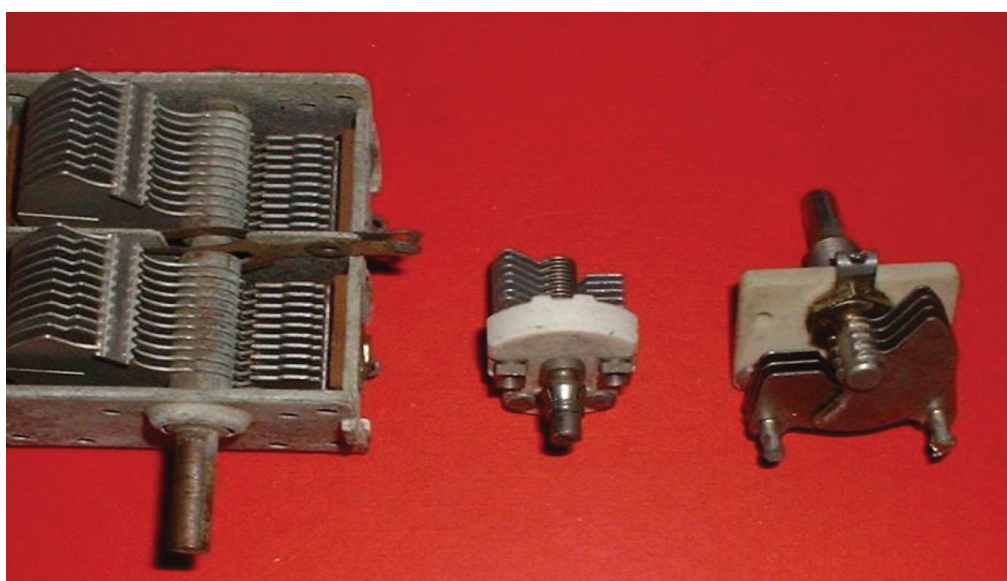
Dentro do conjunto de circuitos elétricos foram abordadas questões referentes ao estudo dos capacitores, o que são e sua utilidade, os tipos e uma breve descrição matemática e fenomenológica colocando como exemplo para que os estudantes entendessem a situação em que ocorre a descarga elétrica em que nuvens

carregadas a certa distância da superfície da Terra e que o conjunto nuvem e superfície representavam um tipo de capacitor e com certa capacitância que se trata dos capacitores de placas paralelas.

Definindo capacitor como um dispositivo que armazena carga de forma eficiente, portanto, um capacitor é um dispositivo e capacitância é uma propriedade. Dentre as aplicações da utilização dos capacitores é que há um capacitor em um microfone utilizado por locutores de rádio ou cantores chamado microfone condensador, este capacitor com placa rígida e outra flexível. Ondas sonoras fazem com que a placa flexível se movimente para frente e para trás, provocando variação de capacitância C e escoamento de cargas de elétrons para o capacitor, conforme a relação matemática citada acima. Desta forma a onda sonora é convertida em um fluxo de carga que pode ser amplificado e gravado digitalmente.

Ainda nesta aula foi explorado o conceito de capacitores variáveis e suas aplicações. Foi exposta a ideia de que capacitores variáveis são usados em rádio, televisores VCRs entre outros aparelhos eletrônicos. A capacitância dos capacitores variáveis é ajustada pelos usuários para fins de sintonizar a frequência de um canal de TV ou estação de rádio. A figura 10 a seguir, representa este tipo de capacitor utilizado para sintonia de frequência de rádio e TV.

FIGURA 10 – EXEMPLOS DE CAPACITORES VARIÁVEIS



FONTE: Gaspar (2016)

Foi explorado também o porquê da utilização de capacitores cerâmicos para o experimento realizado na fase da IIR Ida à prática ao invés do capacitor variável próprio para sintonia. Explicando que um capacitor cerâmico O capacitor cerâmico certamente é o tipo mais comum e mais usado de capacitores, sendo encontrados em equipamentos eletrônicos como televisores, rádios, flashes de câmeras, roteadores entre outras aplicações. É obtido a partir de um tubo oco de cerâmica, sendo depositadas, por meios eletrolíticos, uma armadura interna e outra externa. Outro tipo é o construído com pedaços planos de cerâmicas onde as armaduras são depositadas nas faces. Para se obter maior capacitância podem ser empilhados diversos conjuntos. Pelas suas características, estes capacitores podem ser usados em diversas aplicações, que vão dos circuitos de corrente contínua aos circuitos de frequências muito altas. Possui algumas características como, por exemplo, a de ser ideal para circuitos sintonizadores e, portanto, substitui os capacitores ditos variáveis para a confecção do experimento do rádio de galena. A figura 11 a seguir, mostra o capacitor cerâmico usado para o experimento do rádio de galena realizado pelos estudantes.

FIGURA 11 – CAPACITOR CERÂMICO DE 270 pF.

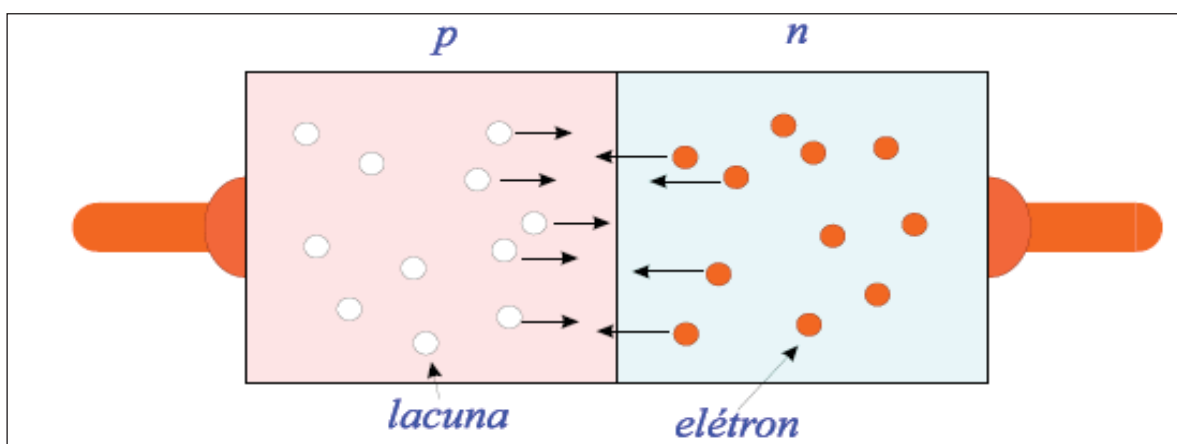


FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2019)

Além dos capacitores, no circuito elétrico também foram utilizados outros elementos como o diodo. Na aula também foi explorado a função do diodo que foi utilizado para o experimento do rádio.

Um diodo é um componente que pode comportar-se como condutor ou isolante elétrico, dependendo da forma como a tensão é aplicada aos seus terminais. Essa característica permite que o diodo semicondutor possa ser utilizado em diversas aplicações, como, por exemplo, na transformação de corrente alternada em corrente contínua. Um diodo semicondutor é formado a partir da junção entre um semicondutor tipo p e um semicondutor tipo n. Logo após a formação da junção pn, alguns elétrons livres se difundem do semicondutor tipo n para o semicondutor tipo p. O mesmo processo ocorre com algumas lacunas existentes no semicondutor tipo p que difundem para o semicondutor tipo n, conforme a figura 12 a seguir:

FIGURA 12 – ESQUEMA DE UM SEMICONDUTOR FORMADO POR JUNÇÃO DO TIPO PN.



FONTE: Tipler (2009)

A principal função do diodo para o caso utilizado no experimento do rádio foi discutida em sala e que trata da retificação da corrente alternada.

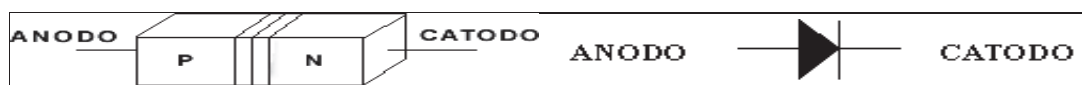
Grande parte dos equipamentos eletrônicos que existem necessitam de corrente contínua para funcionar, é o caso dos microcomputadores, videogames, o rádio e muitos outros. Mas as companhias de energia elétrica disponibilizam tensão alternada por meio das tomadas.

Para que os aparelhos mencionados funcionem é necessário um circuito que converta corrente alternada em corrente contínua, ou seja, precisamos de um circuito que retifique a corrente elétrica. A retificação é o processo através do qual os elétrons deixam de ter um movimento de vai-e-vem para movimentarem-se em apenas um sentido.

Há muitos circuitos capazes de retificar corrente alternada. Um componente imprescindível para seu funcionamento é o diodo, pois, como vimos, ele permite que a corrente elétrica passe por um trecho condutor em apenas um sentido.

A representação do diodo internamente e seu símbolo utilizado podem ser vistos na figura 13 a seguir:

FIGURA 13 – REPRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA INTERNA DE UM DIODO E SÍMBOLO CIRCUITAL DO DIODO



FONTE: Tipler (2009)

E por fim os componentes que faltam são a bobina e o fone de ouvido piezoelétrico de alta-impedância e que foi também tratado em sala com os alunos.

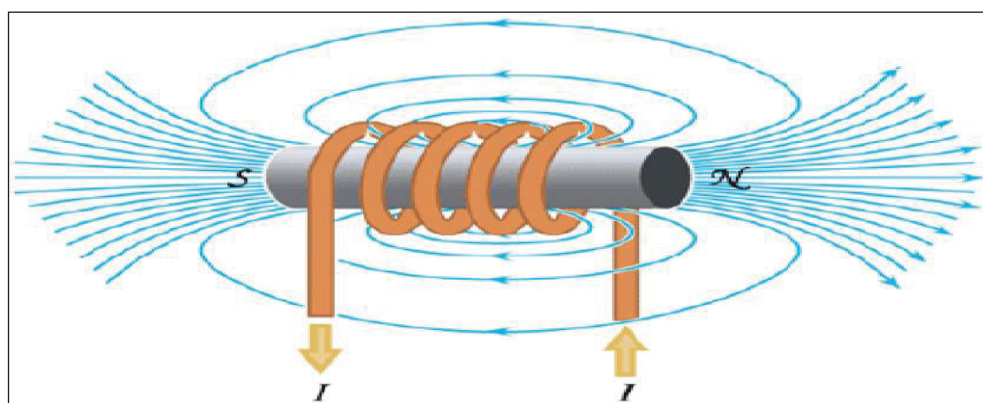
De maneira geral a bobina ou solenoide que também pode ser chamado de indutor tem por finalidade armazenar energia magnética por meio da circulação de uma corrente elétrica no condutor. A corrente elétrica no indutor produz um campo magnético uniforme em seu interior, limitado pela região das espiras. Este campo magnético produzido no interior das espiras é análogo ao campo elétrico produzido entre placas no capacitor, então da mesma forma que um dielétrico de um capacitor cumpre papel semelhante ao núcleo de um indutor, isto é, armazenar energia em forma de campo, então, o indutor é um dispositivo usado para armazenar energia elétrica na forma de um campo magnético.

No caso usado para o experimento, é um indutor na forma de solenóide percorrido por uma corrente I em que esta produz um campo magnético que varia de

um ponto a outro, faz sentido no caso do experimento, pois, o número de voltas do solenóide será proporcional a corrente elétrica ao campo magnético gerado.

A figura 14 a seguir mostra um esquema de um solenóide e a variação de corrente elétrica e a produção de um campo magnético ao seu redor:

FIGURA 14 – REPRESENTAÇÃO DE UM SOLENÓIDE ENVOLTO A UM CILINDRO.



FONTE: Tipler (2009)

Também se explorou a finalidade de um fone de cristal piezoelétrico, este fone de cristal é feito de material piezoelétrico, ou seja, tanto ele gera som ao receber alguma força atuando sobre ele como gera eletricidade ao ser pressionado. É o mesmo material daqueles acendedores de gás, onde um gatilho gera uma tensão mecânica sobre um cristal. A figura 15 a seguir mostra um exemplo usado no projeto pelos estudantes:

FIGURA 15 – FONE DE OUVIDO DE MATERIAL PIEZOELÉTRICO

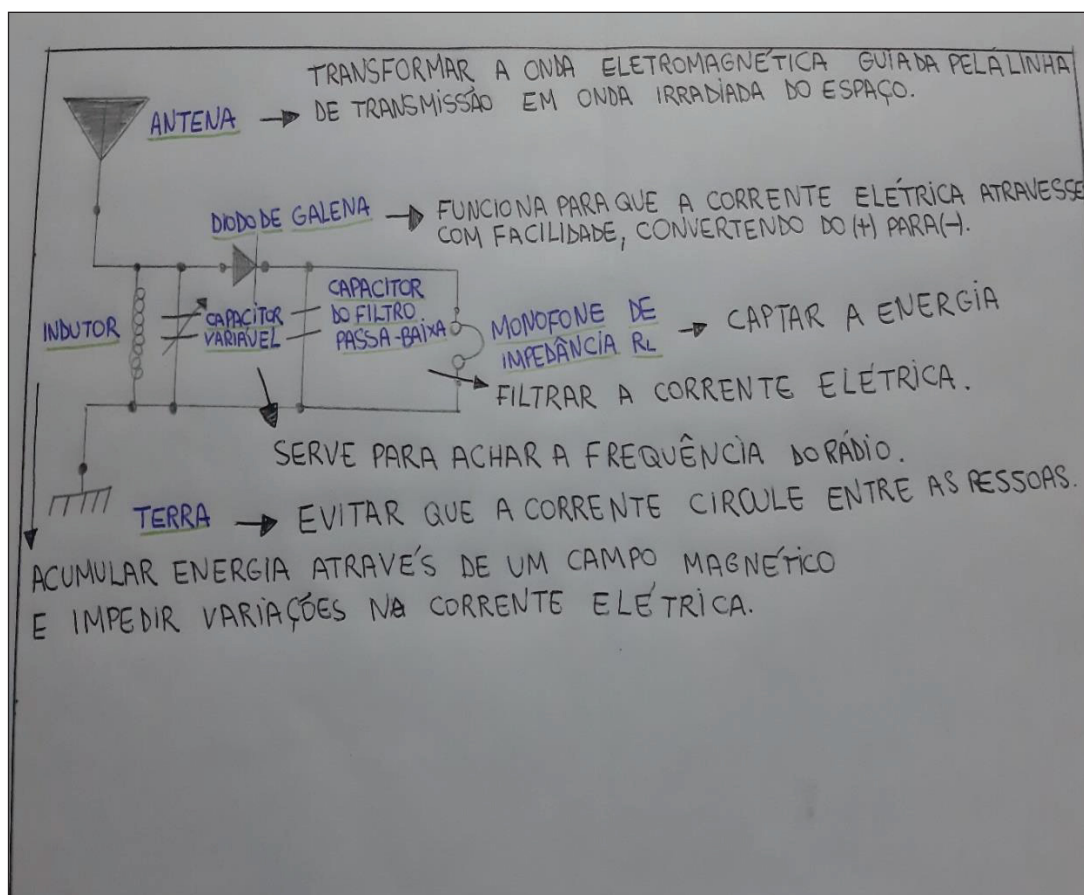


FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2019)

Outros elementos como antena e aterramento também foram explorados na aula. A antena e o aterramento como já haviam sido tratadas na consulta ao especialista de engenharia elétrica, nesta fase não foram contempladas com uma parte na aula, apenas lembrada ao corpo de estudantes da importância destes elementos do circuito e que o professor da área sugerida por eles já havia explorado estas questões.

Ao final da aula, depois de explorado todos os conceitos pertinentes à “caixa preta” da dimensão da Física e respondido as questões que pertencem a dimensão os grupos de estudantes elaboraram um esquema circuital, explicando cada elemento do circuito e qual finalidade de cada um dos componentes deste circuito é o que vemos na figura 16 representada pelo grupo 1 indicando o aprofundamento das ideias previstas para esta fase da IIR:

FIGURA 16 – ESQUEMA DO CIRCUITO ELÉTRICO E SUAS FINALIDADES DOS ESTUDANTES DO GRUPO 1.

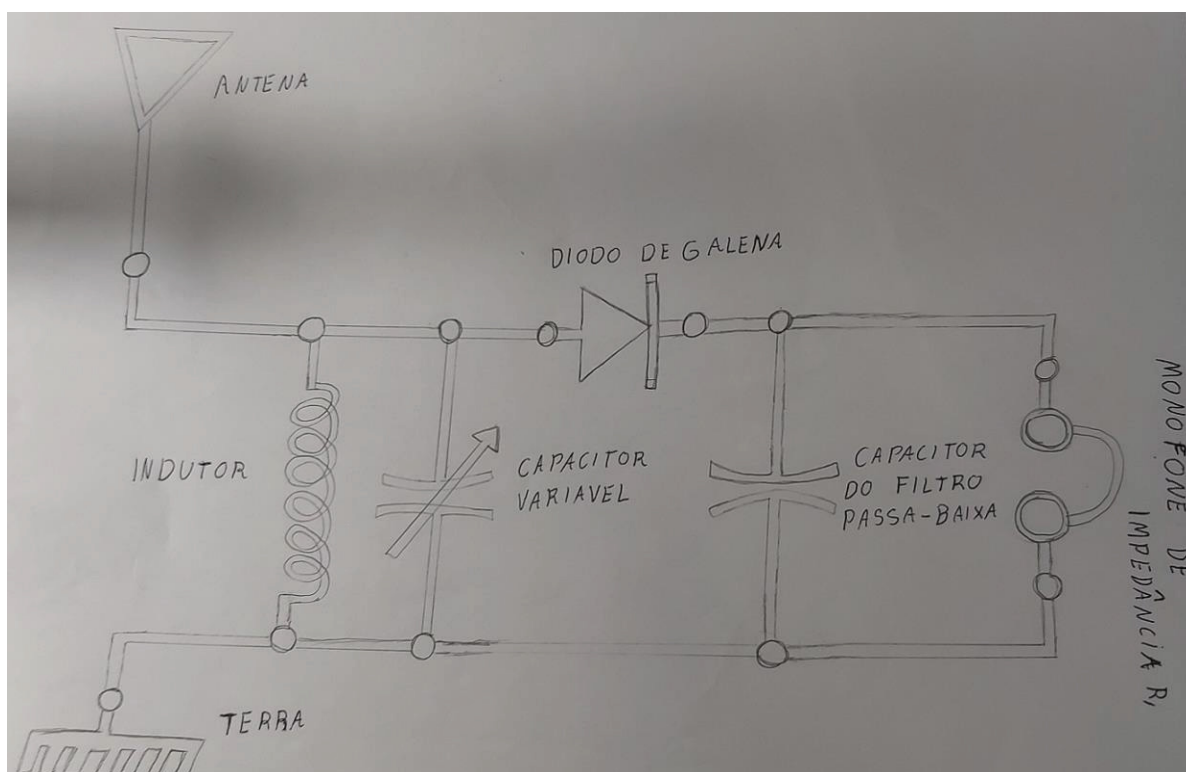


FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2019)

O grupo 4 acabou reproduzindo o que se pedia em etapas anteriores, que seria a representação da tecnologia, do circuito elétrico, mas sem o aprofundamento das caixas pretas.

Os estudantes não completaram a atividade de forma satisfatória, apesar de apontarem os elementos básicos do circuito elétrico utilizado no experimento da construção do rádio de galena, entenderam a estrutura do circuito utilizado apontando os elementos como a antena e seu símbolo representativo, o indutor e seu símbolo representativo, o aterramento e símbolo, o capacitor variável e seu símbolo representativo, o capacitor cerâmico que chamaram de capacitor de filtro seu símbolo, o diodo e o alto-falante e símbolos, não aprofundando da mesma maneira que fez o grupo 1 de estudantes, é o que mostra a figura 17, a seguir:

FIGURA 17 - ESQUEMA DO CIRCUITO ELÉTRICO E SUAS FINALIDADES DOS ESTUDANTES DO GRUPO 4.



FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2019)

3.10 SÍNTESE DA ILHA DE RACIONALIDADE PRODUZIDA

Ao final do projeto foi explicado aos estudantes deveriam fazer um produto final em forma de texto informativo sobre a tecnologia, suas implicações, fazendo referência à tecnologia e o filme, com o seguinte título motivador “***Rádio, um sinal de esperança***”.

Explicou-se que o texto seria a síntese do projeto e faria referência às diversas áreas do projeto, abordadas durante na pesquisa e que esta síntese deveria abarcar de alguma forma todas as áreas estudadas com a abertura das “caixas pretas”.

O texto elaborado constitui a representação interdisciplinar, ou seja, na ilha interdisciplinar de racionalidade a ser desenvolvida com os estudantes.

Nesta etapa, segundo Maingain e Dufour (2008), trata-se de uma etapa essencial, mesmo que devido à dificuldade dos alunos em relação à seleção, seleção e síntese, o trabalho tenha que ser realizado com o auxílio do professor.

Para o desenvolvimento do texto nesta fase foi requisitado que os alunos retomassem ao texto entregue no início do projeto que continha a situação-problema com a descrição e motivação do projeto, foi proposto pelo professor-pesquisador que os estudantes tirassem suas dúvidas para a elaboração do texto.

A seguir, no quadro 3, tem-se na íntegra a transcrição do texto elaborado pelo grupo 1, sendo preservado a sua essência sem alteração da ortografia e concordância verbal, os demais textos estarão colocados no apêndice final.

QUADRO 3 – TEXTO INFORMATIVO ELABORADO PELOS ESTUDANTES DO GRUPO 1

O rádio é principalmente um sistema de comunicação usando ondas eletromagnéticas que se propagam pelo espaço. No geral eles destacam-se pela sua frequência inversa ao seu comprimento.

No entanto qualquer aparelho de rádio terá um botão de sintonia de estação, volume, visor para identificação da estação, alto falante e antena, além de uma ligação com a fonte de energia elétrica. A função da fonte de energia é fazer funcionar o circuito elétrico interno e externo. No entanto, o som ainda transformado em corrente elétrica é enviado até o circuito do alto falante, por isso o rádio deixa de receber as informações quando embrulhado em papel alumínio.

Os sistemas normais de rádio contam com dois componentes básicos: o transmissor e o receptor. O primeiro é composto de um gerador de oscilações que converte a corrente elétrica em oscilações de uma determinada frequência de rádio, um transdutor que converte a informação transmitida em modulador, que controla as variações na intensidade de oscilação ou na frequência de onda portadora, sendo efetuado em níveis alto ou baixo. Já o receptor é basicamente qualquer dispositivo que transforma energia elétrica em não elétrica.

Antigamente o rádio era de extrema importância principalmente na segunda guerra mundial, onde os alemães proibiram os rádios nos guetos justamente para evitar que as notícias se espalhassem e manter os prisioneiros no escuro e sem esperança e é isso que mostra o filme Jakob o mentiroso. Hoje em dia o rádio ainda é usado em lugares onde a internet e outras tecnologias não chegam.

FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2019)

O texto dos estudantes do grupo 1 evidencia a articulação entre as áreas do conhecimento abordadas durante o desenvolvimento do projeto. No entanto, os outros textos elaborados, as equipes conseguiram de alguma forma abordar as dimensões envolvidas na situação-problema. Na produção textual as equipes abordaram a dimensão histórica vista no filme “Um sinal de esperança”, a dimensão da tecnologia que envolve a engenharia elétrica e a dimensão da Física.

Descreveram com certo detalhe a tecnologia do rádio em sua dimensão tecnológica e física.

No quadro 4, temos a íntegra da transcrição do texto elaborado pelos estudantes do grupo 4:

QUADRO 4 – TEXTO INFORMATIVO ELABORADO PELOS ESTUDANTES DO GRUPO 4.

O rádio na segunda guerra mundial foi proibido aos judeus para que estes não ouvissem notícias sobre a guerra e seu fim, vimos um filme que mostrava isso, Um sinal de esperança que mostrava a crueldade do gueto na Polônia onde foram dizimados pela desesperança, muitos cometendo suicídio e outros levados a morte nas fornalhas, vimos isso no filme e confirmamos algumas histórias no livro do autor Jurek Becker de mesmo título do filme.

Na primeira grande guerra foi feito um rádio de galena, o qual reproduzimos. É um sistema bem simples em que usamos uma antena com fios de cobre, capacitores

variável e cerâmico um transistor de germânio (diodo de galena) e um fone piezoelétrico de alta-impedância. Foi possível captar ondas do tipo AM, estas ondas são refletidas pelas camadas da atmosfera superior e podem ser percebidas em longas distâncias, no caso no colégio conseguimos captar uma rádio local a 10km de distância, apesar de algumas interferências devido a vegetação e umidade bem como alguns problemas ao montar o sistema, foi possível captar os sinais.

FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2019)

O texto deste grupo evidencia aspectos da disciplina de História quando traz em seu corpo fatos sobre a segunda guerra mundial e primeira guerra mundial juntamente com a tecnologia do rádio e também elementos da disciplina de Física, principalmente descrevendo a forma da montagem do rádio de galena.

Noutros textos esta tendência manteve-se, em que os estudantes evidenciaram principalmente o funcionamento do rádio, a forma de recepção das ondas eletromagnéticas, o caminho que a onda percorre desde a estação de rádio até o receptor (rádio) nas casas.

As equipes evidenciaram muito as dimensões físicas e da tecnologia ligada a engenharia elétrica, nestas dimensões explicaram o funcionamento, os componentes básicos que compõe o rádio.

Quanto à dimensão da história evidenciaram apenas o contexto que o filme apresentou, a triste realidade dos prisioneiros judeus e o cerceamento de informação mostrando a crueldade que a ideologia hitlerista representava.

Na síntese elaborada pelos grupos é perceptível a capacidade que todos evidenciaram com grau maior ou menor relacionar os conceitos científicos trabalhados, integrando os conhecimentos das áreas evidenciadas pelas “caixas pretas” evidenciando que houve uma integração e uma constituição de uma ilha interdisciplinar de racionalidade para o estudo proposto dentro da temática do eletromagnetismo.

Neste trabalho os estudantes resgataram um pouco da história do rádio e sua importância e as novas possibilidades que esta tecnologia nos trouxe. Foi importante principalmente no que se refere ao caráter interdisciplinar e destacado pelos

estudantes, um ponto negativo é o número de encontros para a aplicação do projeto, 15 aulas de forma geminadas, houve contratempos principalmente na tentativa de captar o sinal de rádio de uma estação AM local, não sendo possível em muitas das vezes. No turno da manhã não foi possível captar, sendo um sucesso apenas no período noturno. Os estudantes explicaram o motivo pelo qual não ocorreu sucesso nas tentativas. Os alunos relataram que devido à radiação solar ser mais intensa durante o dia e menos intenso à noite fez com que apenas fosse possível captar ruídos estáticos durante o dia e captar efetivamente a estação de rádio à noite.

Estes contratempos levaram a uma extensão do tempo de projeto e mesmo com prévia organização, houve necessidade de prolongamento do projeto, um dos motivos foram os insucessos na construção do rádio de galena e outro contratempo foi referente a organização das aulas com a presença dos especialistas devido aos compromissos que os professores convidados tiveram ao longo da aplicação deste projeto.

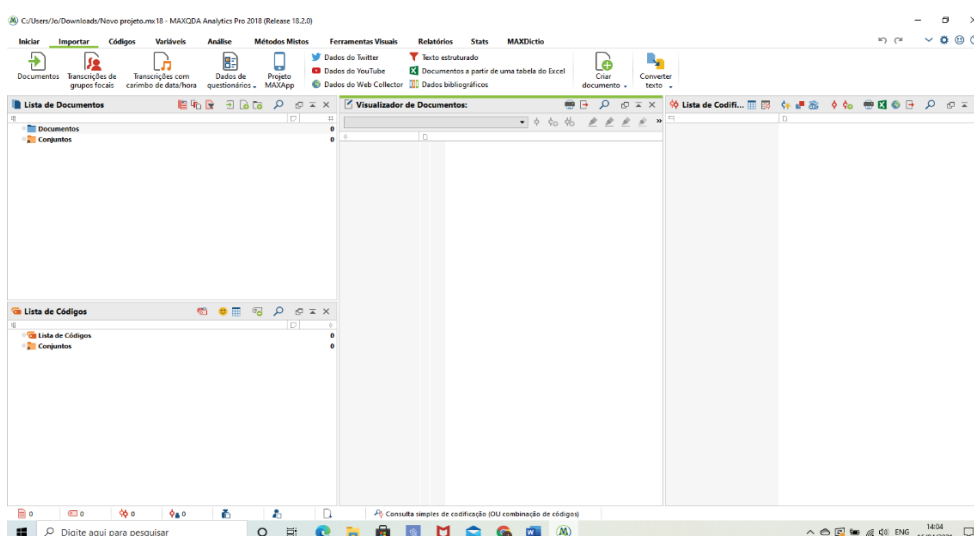
4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Para a realização da pesquisa, optou-se pelo software MAXQDA versão de 2018, pacote educacional por apresentar uma solução melhor para os anseios da pesquisa e resultados possíveis.

O MAXQDA possui, como vantagem, a indexação de textos, imagens, áudio e vídeo, com boa qualidade na busca e recuperação de informação. Além de conexão com um software para análise de questionários *Survey Monkey* também utilizado na pesquisa. Permite ao usuário, conforme a abordagem teórica e metodológica que usa como fundamentação para o processo de análise, implementar categorias e subcategorias em diversos níveis de profundidade, fazer quadros de correlação e estratificação, correlação com outros recursos (planilhas, softwares estatísticos etc.), importar dados de formatos DOC, RTF, PDF, MPEG, MP3 e fazer a utilização integrada desses recursos, fazer anotações em partes do texto e memorandos diversos, elementos importante para o processo de pesquisa. Além disso, possui uma comunidade mundial de utilizadores para troca de experiência, métodos, recursos, técnicas e facilidades.

A seguir a tela básica do MAXQDA, representada pela figura 19 e composta pelos elementos essenciais para uso da Análise Qualitativa de Dados:

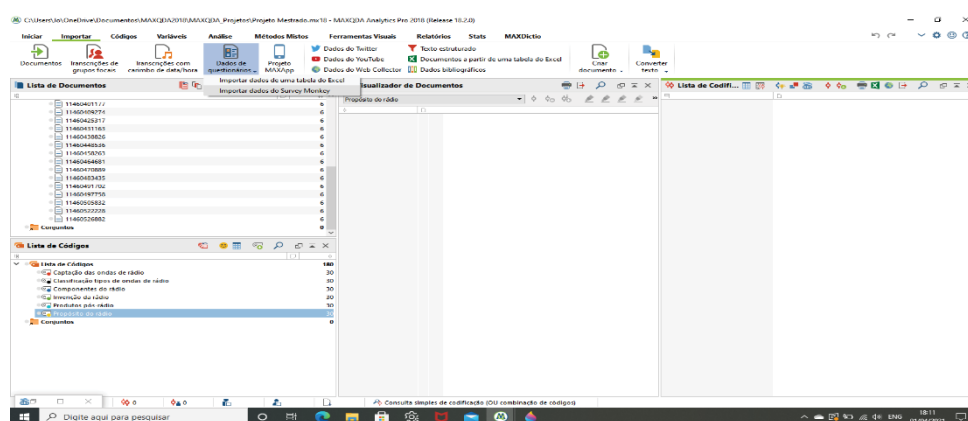
FIGURA 18 – TELA BÁSICA DO MAXQDA



FONTE: Verbi (2020)

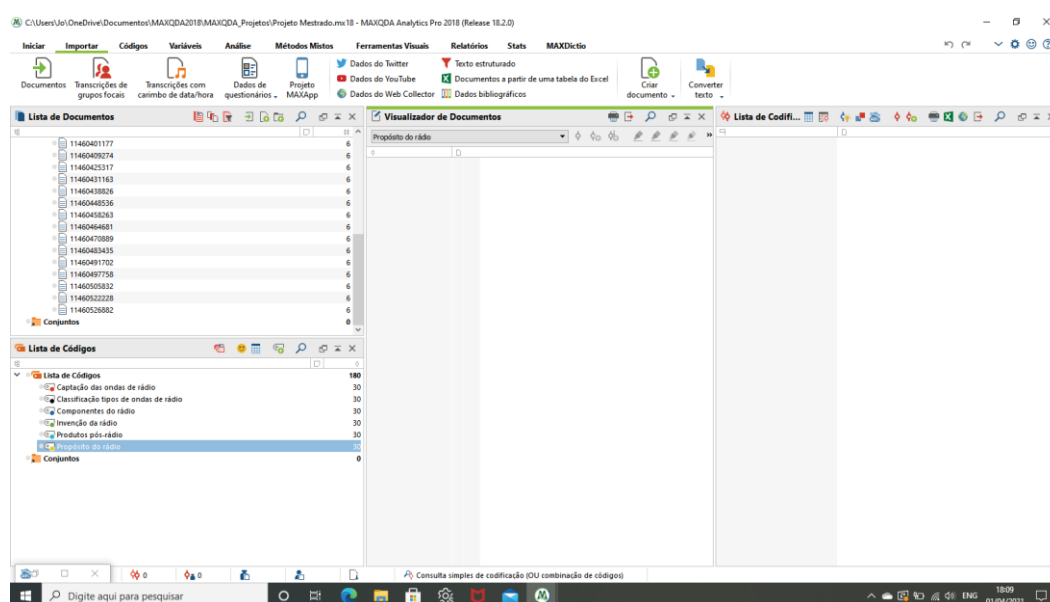
Com o suporte do *software* MAXQDA em conjunto com o questionário eletrônico *Survey Monkey*, na primeira etapa denominada clichê os alunos após assistirem um filme e instigados a apontar um tema norteador que chamasse atenção responderam um questionário, já mencionado no capítulo anterior, sobre alguns aspectos sobre o tema norteador – o rádio – e sua relação com eletromagnetismo. A figura 19 e a figura 20, mostram o procedimento do uso dos softwares para compor o resultado com a nuvem de palavras que será discutida adiante:

FIGURA 19 – TELA COM COMANDO DE IMPORTAÇÃO DE QUESTIONÁRIO DO SURVEY MONKEY PARA O MAXQDA.



FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2021)

FIGURA 20 – INSERÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS RESPONDIDOS PELOS ESTUDANTES



FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2021)

Após o uso de dois softwares: o *Survey Monkey* para coleta de dados dos questionários e o software analítico *MAXQDA* que auxilia na análise qualitativa fornecendo uma visualização dos dados de forma qualitativa e quantitativa.

Os resultados serão apresentados conforme a sequência desenvolvida a partir da IIR, como mostra o quadro 5 abaixo:

QUADRO 5 – ETAPAS DA IIR E UNIDADES DE REGISTRO PARA ANÁLISE

Etapas da IIR	Unidade de Registro
Fazer um clichê da situação estudada.	Questionário individual.
Panorama espontâneo.	Levantamento de perguntas sobre o assunto estudado.
Consulta às especialidades e especialistas.	Encontro com o professor especialista em eletrônica, professor de História e professor de Física.
Ida à Prática.	Construção de um rádio de galena – análise das imagens, fotos.
Abertura aprofundada de algumas caixas pretas.	Perguntas e relatos dos alunos sobre as dificuldades ao realizar a etapa 3 da IIR (Ida à prática).
Esquematização global da tecnologia.	Croqui do circuito elétrico com suas funcionalidades.
Abrir algumas caixas pretas sem a ajuda dos especialistas.	Mapa conceitual.
Síntese da Ilha de Racionalidade Produzida.	Texto final produzido.

FONTE: O pesquisador (2021)

4.1 Análise dos dados

Para a análise dos dados, foram utilizadas as etapas da construção das IIR sobre as concepções dos estudantes sobre eletromagnetismo, as quais buscam identificar as impressões da realidade organizacional estudada. Para a etapa inicial foram extraídas as informações através da codificação do questionário aplicado aos alunos, dos questionamentos elaborados pelos alunos acerca do objeto de estudo em questão, das conversas e relatos quando buscaram ajuda junto a especialistas,

das imagens dos alunos, do relato das dificuldades apresentadas, do constructo teórico da tecnologia envolvida, do mapa conceitual acerca do tema e do texto final produzido a fim de responder à pergunta inicial. Sendo que o quadro 6 representa as subcategorias encontradas na IIR:

QUADRO 6 –CONCEPCÇÕES DOS ESTUDANTES EM RELAÇÃO AO ELETROMAGNETISMO ENCONTRADAS NA IIR

Não sabe descrever
Conteúdo interdisciplinar
Conteúdo de Física
Algo visível, palpável ou ligado à tecnologia

FONTE: O pesquisador (2021)

4.2 Concepções dos alunos sobre Eletromagnetismo

O quadro 7 a seguir mostra o instrumento de coleta de dados, o procedimento de registro de dados e a organização dos dados utilizados para a 1 fase da IIR – o clichê.

QUADRO 7 – DIVISÃO ORGANIZACIONAL PARA ANÁLISE DOS DADOS DA ETAPA 1 – CLICHÊ DA IIR

Instrumentos de coleta de dados	Procedimento de registro de dados	Organização dos dados
Questionário de questões abertas	Pelo respondente	Transcrição e tabulação dos dados, utilização dos softwares Survey Monkey e Maxqda

FONTE: O pesquisador (2021)

Nesta fase foi aplicado um questionário de perguntas abertas acerca do objeto de estudo, como o tema norteador era sobre o rádio, as perguntas envolviam ideias prévias sobre o que os alunos poderiam estudar com este tema. A ideia era perceber se em algum momento encontraríamos referência ao eletromagnetismo e se esta referência poderia ser categorizada. Percebe-se que a categoria analisada são as

concepções dos estudantes sobre o eletromagnetismo e suas subcategorias, conforme tabela 1 abaixo:

TABELA 1 – CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES ACERCA DO ELETROMAGNETISMO – ETAPA 1 – CLICHÊ IIR.

	Quantidade	Porcentagem
Algo visível, palpável ou ligado à tecnologia	91	61,49%
Conteúdo da Física	27	18,24%
Não sabe descrever	29	19,60%
Conteúdo interdisciplinar	1	0,67%
Total	148	100%

FONTE: O pesquisador (2021)

Além desta tabela 1, com o auxílio do software Maxqda foi gerada uma nuvem de palavras resultante das respostas dos estudantes acerca do tema norteador, conforme a figura 21 a seguir:

FIGURA 21 – NUVEM DE PALAVRAS GERADA A PARTIR DO REFINAMENTO DE DADOS DO QUESTIONÁRIO



FONTE: O pesquisador (2021)

Com o uso dos softwares foi possível também a geração da frequência das palavras geradas a partir das respostas que foram pelos alunos, sendo o termo “não

sei” correspondendo a 5,79%, aparecendo em 29 (vinte e nove) citações feita pelos estudantes e por isso ocupando o espaço central desta nuvem de palavras, já o termo eletromagnetismo ou similar ocupam apenas 0,77% o que representa apenas 4 citações feitas pelos estudantes, apesar de apresentar outras citações próximas ao termo e ao tema norteador vemos que os alunos não estavam familiarizados com conceitos sobre o eletromagnetismo – conteúdo estruturante que compreende o tema norteador da IIR.

4.3 Análise do Panorama Espontâneo, consulta aos especialistas e especialidades e ida à prática

Para estas etapas foram utilizadas para a análise, as anotações feitas pelo professor-pesquisador quando os alunos tomaram a decisão de elaborar um rádio de galena no panorama espontâneo e suas perguntas durante a presença do especialista, a ida à prática dos alunos na construção efetiva do rádio de galena, suas dúvidas e frustrações durante o processo da elaboração do rádio de galena, extraindo conceitos importantes do eletromagnetismo, como: circuito elétrico, campo elétrico e magnético, ondas eletromagnéticas e outras situações que ocorreram e que foi preciso a intervenção do especialista, bem como buscar soluções em grupo sem a presença do professor.

Os estudantes nestas etapas acabaram verificando primeiramente vídeos do *Youtube* para a construção do rádio de galena, sem a preocupação da veracidade do experimento, o que acabou alongando estas etapas. Para tal, a análise dos dados foi construída a partir do que os alunos realizaram nestas etapas: a escolha por fazer um rádio de galena, perguntas anotadas pelo professor – pesquisador quando os estudantes entraram em contato com os especialistas e a ida à prática.

A tabela 2, a seguir, traz as categorias levantadas nestas etapas citadas, diferentes da primeira etapa citada na tabela 1, que só referia-se às concepções que os estudantes tinham sobre o eletromagnetismo.

TABELA 2 – ETAPAS DO PANORAMA ESPONTÂNEO, CONSULTA AOS ESPECIALISTAS E ESPECIALIDADES E IDA À PRÁTICA.

	Quantidade	Porcentagem
Interdisciplinaridade	1	8,33%
Eletromagnetismo entendido como teoria e prática	6	50%
Tomada de decisão - Autonomia	5	41,67%
Total	12	100%

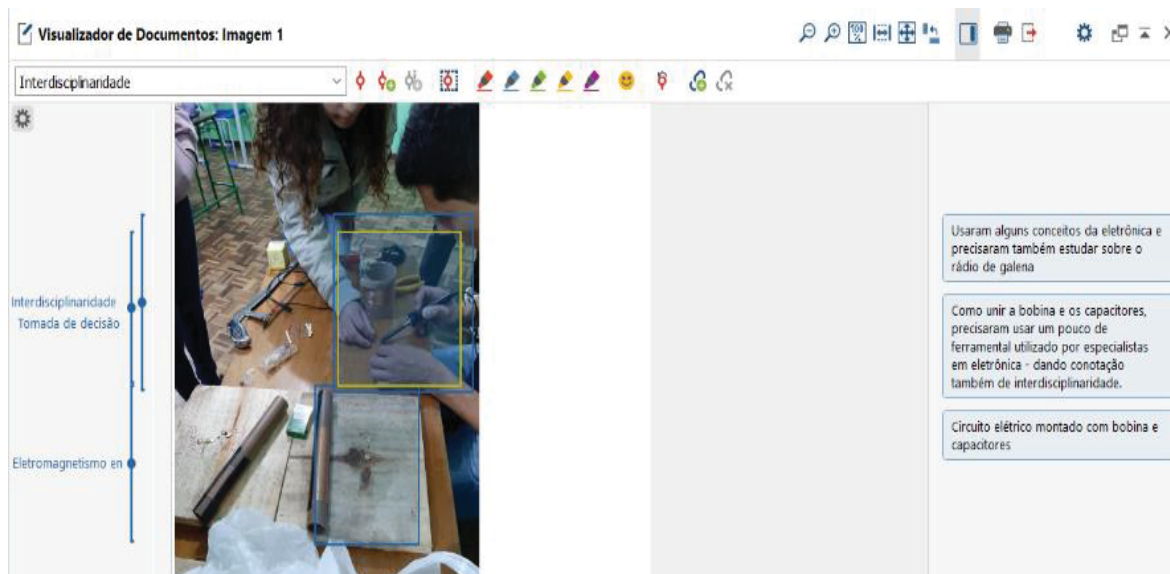
FONTE: O pesquisador (2021)

Nestas etapas e seguintes, os trabalhos não foram mais individuais e sim distribuídos em grupos, por este motivo, a quantidade é menor, porém, o número de participantes é o mesmo.

Nas figuras 22, 23, 24 e 25 a seguir, temos as anotações feitas no programa *Maxqda* bem como as ações dos alunos diante dos desafios ao construírem o rádio de galena, afim de responderem à questão inicial do problema a eles apresentado, sobre o funcionamento de um rádio e sua ligação com eletromagnetismo e outras disciplinas.

A partir da análise desta fotografia mostrada na figura 22, foi percebido que os alunos utilizaram alguns conceitos da eletrônica e precisaram estudar sobre a construção do rádio de galena, precisaram entender como unir bobina e capacitores e usar um pouco do ferramental que os especialistas usam em eletrônica dando certa guinada a interdisciplinaridade, precisaram também entender conceitos sobre circuito elétrico, elementos de um circuito elétrico como capacitores, para que servem e onde são utilizados.

FIGURA 22 – ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO DO RÁDIO DE GALENA COM MAXQDA

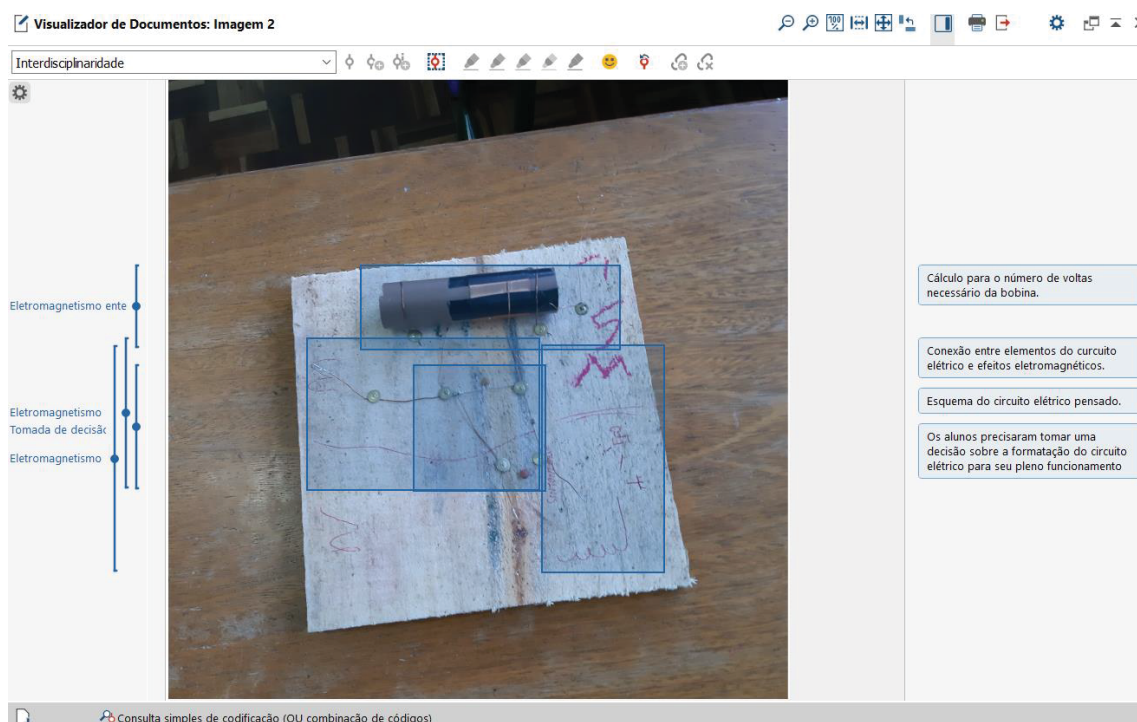


FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2021)

A figura acima mostra a tela do software *Maxqda* e a possibilidade de análise a partir de figuras, neste caso, na figura 22 mostra os alunos montando o rádio de galena e aplicando conceitos do eletromagnetismo após se depararem com o problema na montagem do circuito elétrico. Era preciso de solda para fazer as junções, há elementos de tomada de decisão, um dos objetivos da ACT, pois é nesta perspectiva que se constrói a IIR e elementos de interdisciplinaridade, pois estão construindo um rádio de galena, o mesmo que foi usado na primeira guerra mundial para comunicação entre os soldados.

Outra fotografia que podemos usar para análise e anotações, a figura 23 traz componentes específicos da disciplina de Física, como cálculo do número de voltas em uma bobina para que se encaixasse no problema, os elementos do circuito elétrico para montagem, os alunos ainda precisaram pensar o circuito elétrico e tomar uma decisão sobre o melhor formato/apresentação do mesmo para um melhor funcionamento, conforme figura 23 a seguir:

FIGURA 23 – ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO DO ESQUEMA DO RÁDIO DE GALENA COM MAXQDA

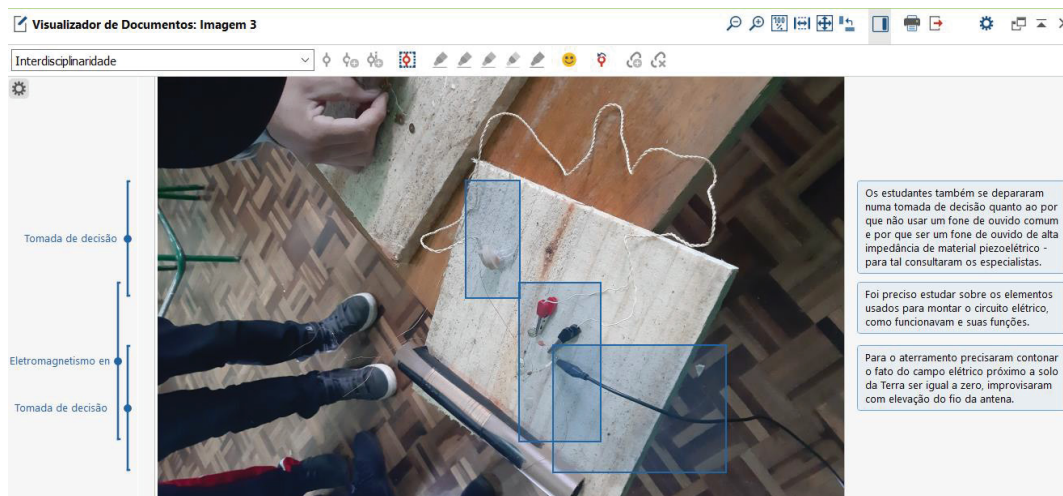


FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2021)

Os estudantes precisaram tomar decisões para montagem do circuito elétrico, compreender sobre alguns aspectos de magnetismo, como por exemplo, saber o número de voltas de fio número 26 para compor a bobina do indutor para construção do rádio de galena e compreender sobre os elementos do circuito elétrico. Nesta fase ocorreram idas e vindas de fases anteriores, por isso, foi usada na análise dos dados justamente esta imagem que trazia riquezas de informações contendo elementos de fases anteriores.

A fotografia seguinte representada na figura 24, traz a montagem completa do rádio de galena, com os fones de ouvido piezoelétricos, os alunos procuraram elaborar conforme o que acharam na plataforma do *YouTube*, porém, perceberam que era necessário um fone de ouvido de alta-impedância pelo fato de que não seria este fone ligado a uma fonte elétrica direta, desta forma tendo que tomarem uma decisão no uso deste equipamento, bem como a disposição da antena sem o contato direto com o solo da Terra.

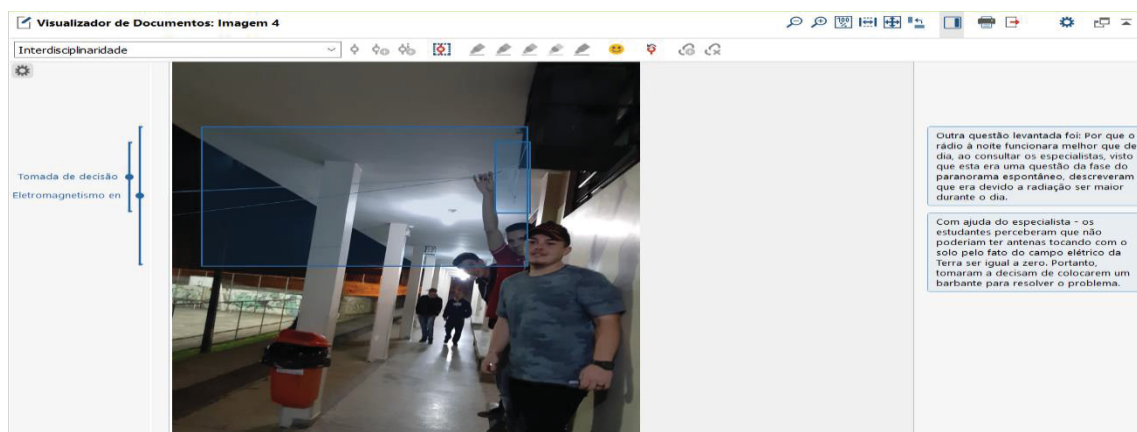
FIGURA 24 – ANÁLISE DO RÁDIO DE GALENA EM FUNCIONAMENTO COM MAXQDA



FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador (2021)

E por fim a última fotografia representando a figura 25 traz alguns elementos interessantes, voltando a fases anteriores em que o aluno busca responder algumas questões, como se depararam nesta situação, eles perceberam que durante o dia era possível apenas a captação de um sinal estático enquanto de noite era possível a sintonização, o que foi uma volta a fases anteriores e um avanço para fases posteriores, como veremos.

FIGURA 25 – ANÁLISE DA ANTENA EM DETALHE COM MAXQDA



FONTE: Arquivo pessoal do pesquisador

4.4 Análise das etapas: Abertura aprofundada de algumas caixas pretas, esquematizando a situação pensada e abrir algumas caixas pretas sem a ajuda dos especialistas

Nestas etapas o estudante necessitava da ajuda dos especialistas para compreender alguns conceitos disciplinares, tanto para a disciplina de Física, quanto para eletrônica e em História. Também o estudante precisaria estar já com o domínio destes princípios para poder resolver o problema proposto, lembrando que domínio é um dos objetivos da ACT (Alfabetização Científica e Técnica) o que foi observado nestas fases. O estudante deveria elaborar um esquema da tecnologia estudada e a partir destes dados que foram coletados através de representações em forma de mapa conceitual e pictórica do circuito e descrever com clareza a tecnologia.

A partir destes dados encontramos outras categorias, conforme apresentado na tabela 3 a seguir:

TABELA 3 – ABERTURA APROFUNDADA DE ALGUMAS CAIXAS PRETAS, ESQUETIZANDO A SITUAÇÃO PENSADA E ABERTURA DE ALGUMAS CAIXAS PRETAS SEM A AJUDA DOS ESPECIALISTAS.

	Quantidade	Porcentagem
Interdisciplinaridade	5	27,78%
Eletromagnetismo entendido como teoria e prática	5	27,78%
Domínio mediano dos princípios disciplinares	4	22,22%
Domínio aprofundado dos princípios disciplinares	4	22,22%
Total	18	100%

FONTE: O pesquisador (2021)

Observando estas etapas que ocorreram concomitantemente é possível observar certa evolução ao longo da aplicação do projeto já observando objetivos importantes da ACT que é sobre esta perspectiva que as Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade se estruturam, ainda que em algumas situações os estudantes não tenham atingido o pleno domínio sobre o problema apresentado.

A interdisciplinaridade aparece com maior frequência, indicando que houve observância que não se trata de disciplinas estanques, embora ainda haja esta separação quando o eletromagnetismo em alguns documentos traz elementos apenas da disciplina de Física com alguma interdisciplinaridade junto com eletrônica.

4.5 Análise da etapa: Síntese da Ilha de Racionalidade Produzida

Esta é a última etapa da IIR proposta e nesta fase contamos com um texto ou relato final sobre as questões trabalhadas ao longo do projeto, deste texto ou relato final podemos extrair alguns avanços ao que diz respeito a outro objetivo da ACT que é a comunicação ou o diálogo que o estudante pode ter a respeito do assunto ou acerca de uma teoria, também há uma imersão maior na interdisciplinaridade apesar de vir de forma estanque no texto ou relato, com parágrafos específicos para as disciplinas escolhidas – História e Física e há certamente uma comunicação melhor no tratamento do tema relacionado ao eletromagnetismo e suas aplicações e implicações no projeto.

A tabela 4 a seguir mostra as categorias observadas no texto final ou relato final feito pela equipe de estudantes.

TABELA 4 – ETAPA DA SÍNTESE DA ILHA INTERDISCIPLINAR DE RACIONALIDADE.

	Quantidade	Porcentagem
Interdisciplinaridade História – Física	12	46,15%
Eletromagnetismo entendido como teoria e prática	10	38,46%
Autonomia, domínio e Comunicação	4	15,39%
Total	26	100%

FONTE: O pesquisador (2021)

A fase final também foi elaborada em equipes, e verificamos que diante da primeira fase a interdisciplinaridade se apresenta com mais robustez, bem como o conteúdo da Física não é apenas algo palpável, algo ligado a tecnologia e sim um

conjunto entendido como teoria e prática agregando conceitos. A primeira fase também trazia muitos documentos em que o estudante não sabia descrever conceitos básicos do eletromagnetismo aparecendo em 19,6% das vezes nos documentos, o que não acontece na fase final da síntese da IIR.

Também foi gerado uma nuvem de palavras retirada dos textos e relatos dos estudantes, e é visível a diferença desta nuvem de palavras com a nuvem de palavras inicial a qual pode ser vista na figura 26 a seguir:

FIGURA 26: NUVEM DE PALAVRAS – ETAPA: SÍNTESE DA IIR



FONTE: O pesquisador (2021)

A nuvem traz elementos do eletromagnetismo, alguns termos da eletrônica e elementos da interdisciplinaridade com a disciplina de História. No campo central a palavra que mais aparece é rádio. A expectativa seria que Eletromagnetismo ocupasse este ponto central, apesar de muitos elementos do circuito elétrico e conceitos espalhados na nuvem de palavras remeta esta ideia de que o Eletromagnetismo seja o ponto forte das Sínteses da IIR elaborada pelos alunos, também é possível observar elementos da História contidos na nuvem de palavras. É certo de que forma espalhada, mas conexa com a realidade estudada durante a elaboração da IIR.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A interdisciplinaridade proposta por Fourez que é entendida como uma posição política, uma negociação entre diferentes pontos de vista para uma melhor representação adequada da situação apresentou evolução entre as fases, sendo que na primeira fase da IIR ela era entendida apenas como um termo e foi sendo construída ao longo da IIR. Nas fases do Panorama espontâneo em que os estudantes faziam perguntas acerca do que pretendiam estudar ou que caminho a seguir a fim de responder a pergunta do problema proposto, também não observamos a presença marcante da interdisciplinaridade como tema norteador, sempre foi mais relacionado ao rádio e seu circuito elétrico e funcionamento que uma conexão com a História e outras áreas do saber. Na fase seguinte, a fase que consistia na consulta aos especialistas e especialidades a interdisciplinaridade se tornou mais presente. Os alunos puderam tirar suas dúvidas junto aos especialistas e receber em troca novas perguntas como sugestão de avançar no projeto.

A fase 4 da IIR referente a ida à prática houve mais interesse de aproximação com a disciplina de História, por conta da construção do rádio de galena, o qual foi uma forma de comunicação entre soldados na primeira guerra mundial referente a questões do front e também pela passagem triste histórica que os povos de origem judaica tiveram na segunda guerra mundial em que eram impossibilitados e terem notícias e saberem o horário em que se encontravam e isso acabou impulsionando a construção do rádio de galena.

A fase 5, abertura aprofundada de alguma caixa preta – princípios disciplinares com ajuda dos especialistas, a fase 6 da IIR a esquematização da situação pensada e a fase 7 da IIR abertura de algumas caixas pretas sem auxílio dos especialistas trouxeram a interdisciplinaridade como um dos temas norteadores, incluindo questões da Física, da História ainda que de forma tímida, mas entrelaçadas pelo fato de ter nos textos dos alunos certa linha histórica de acontecimentos e a tecnologia do rádio relacionando-se.

A fase 8 que diz respeito a Síntese da IIR a interdisciplinaridade apareceu em todos os textos analisados, conversando a História com o Eletromagnetismo, portanto, atingindo um dos objetivos do projeto.

Com relação ao que diz respeito ao eletromagnetismo, é visível a diferença entre as fases, enquanto que na fase 1 – clichê o eletromagnetismo é entendido como algo palpável, visível ou ligado com a tecnologia, nas fases seguintes os conceitos vão se construindo a medida que o aluno avança seu estudo consultado aos especialistas, indo à prática, abrindo a caixa preta com princípios disciplinares, elaborando um esquema da situação pensada e por fim realizando a síntese da IIR em que o estudante já consegue pormenorizar de uma forma mais límpida os conceitos de eletromagnetismo, atingindo outro objetivo do projeto.

Com relação à ACT (Alfabetização Científica e Técnica) que para Fourez engloba 3 objetivos: **A autonomia** (tomada de decisões frente a uma situação-problema), **o domínio** (responsabilidade frente a situações concretas) e **a comunicação** (diálogo e debate e capacidade de construir teorias), é possível observar claramente na fase 4 da IIR a ida à prática, inclusive aparece nas categorias elencadas e observadas durante a execução desta fase, em que o aluno tem certa autonomia ao enfrentar certas questões para resolver impasses como por exemplo, as antenas precisarem estar longe do contato com o solo da Terra, o fone de ouvidos ser de material piezoelétrico e as antenas estarem a uma distância considerável para captação do sinal e a diferença entre a captação do sinal entre o experimento durante o dia e durante a noite, gerando discussão e uma busca pelos especialistas para sanar o problema para depois apresentar uma resposta.

Nas fases 5, 6 e 7 da IIR aparece outro objetivo da ACT, o domínio em que o aluno mostra certa responsabilidade frente a situações trazendo um maior aprofundamento sobre a teoria e prática do eletromagnetismo e nas diferentes fases, mas especificamente na fase final da IIR, a comunicação dialogando sobre as teorias envolvidas, atingindo parcialmente outro objetivo do projeto.

Por fim, as categorias observadas ao longo da análise dados, elas pouco diferem em alguns aspectos, com exceção à primeira fase em relação às outras

fases da IIR, pois trata especificamente de como os alunos enxergam o eletromagnetismo e sua relação com o cotidiano e se há alguma interdisciplinaridade, mas não traz elementos que aparecem nas fases seguintes, já citados anteriormente, como a autonomia, o domínio e comunicação.

Em todas as outras fases aparecem o eletromagnetismo como algo associado a teoria e prática, a experimentação se dá evidentemente na fase 4, ida à prática e sempre associado a busca de respostas pelos erros cometidos pelos estudantes ao usarem plataformas da internet que traziam outras respostas para o problema, nesta fase ocorreu uma maior responsabilidade do aluno para resolver problemas e aumentou esta responsabilidade para as outras fases para melhor comunicar e dialogar com as teorias do eletromagnetismo.

Após apresentar todas as discussões sobre os resultados por meio de comparações, bem como as observações e anotações do professor e opiniões dos alunos, obtidos através dos questionários e demais atividades utilizadas nas fases da IIR é possível dizer que houve aprendizagem dos alunos e que possivelmente se aplicado com outras turmas e por outros professores as Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR) proposta por Fourez, atingirá o objetivo da aprendizagem.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho trouxe primeiramente a oportunidade de conhecer a metodologia das IIR (Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade), percebi que houve mais engajamento dos estudantes na aprendizagem em relação ao eletromagnetismo.

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo sobre a utilização da IIR (Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade) e sua implicação na aprendizagem dos estudantes para o Ensino do Eletromagnetismo, objetivo que foi alcançado e que dá uma abertura para aplicação no Ensino da disciplina de Ciências da Natureza, bem como em outras áreas do conhecimento.

O primeiro passo do trabalho foi identificar os conhecimentos prévios dos alunos, com a etapa do clichê, o que foi percebido que não haviam conexões com a interdisciplinaridade e muito menos com o eletromagnetismo como se espera de um estudante do terceiro ano secundário, depois na fase do panorama espontâneo os alunos trouxeram questões para serem respondidas ao longo do projeto.

Ao entrar em contato com os especialistas os estudantes tiraram algumas de suas dúvidas para responder a questão central do projeto e foram à prática construindo um rádio e entendendo melhor os mecanismos de funcionamento abrindo caixas pretas e tendo idas e vindas durante o processo, resolveram questões de forma autônoma e por fim construíram uma síntese do trabalho.

O trabalho buscou através da IIR mostrar os alunos novas possibilidades de aprendizagem diferente da tradicional – puramente disciplinar, com pouca contextualização e descolada da realidade.

6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Uma possibilidade para trabalhos futuros consiste na aplicação da metodologia para análise na formação inicial de professores nos cursos de licenciatura em uma disciplina de Metodologia e Prática de Ensino buscando medir o percurso de formação do professor no ambiente acadêmico e externalizando para o ambiente de trabalho.

REFERÊNCIAS

AULER, D. e DELIZOICOV, D. **Alfabetização Científico-Tecnológica Para Que?**. Revista Ensaio – Pesquisa em Educação, v.03, n.1, p. 01-13, jun. 2001.

BRASIL. Ministério da educação (MEC). **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006, v. 2. 135 p.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria da Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica Bases Legais**. Brasília: MEC/Semtec, 2013.

BECKER, J. **Jakob, o mentiroso**. 2ªed. São Paulo: Companhia de Bolso, 2011.

FOUREZ, G. **A Construção das Ciências. As Lógicas das Invenções Científicas**. Lisboa: Instituto Piaget, 2002.

_____ **Alphabétisation Scientifique et Technique et Ilôts de Rationalité**. Actes JIES XVI, Chamonix – France, 1992.

_____ **Crise no Ensino de Ciências?** Revista Investigações em Ensino de Ciências, v. 8, n.2, p.109 - 123, ago. 2003.

_____ **El movimiento ciencia, tecnología, sociedad (CTS) y la enseñanza de las ciencias**. Perspectivas, vol. XXV, nº 1, 1995a.

_____ **Qu'entendre par 'îlot de rationalité' et par 'îlot interdisciplinaire de rationalité**, In revue Aster, nº25, 1997.

FOUREZ, G. et al. **Saber Sobre Nuestros Saberes: un léxico epistemológico para la enseñanza**. Traducción: Elsa Gómez de Sarría. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 1997a.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física** – Volume 3, 3. Ed. São Paulo: Ática, 2016.

MAINGAIN, A.; DUFOUR, B. A interdisciplinaridade em sentido estrito. In FOUREZ, G. (Dir.) **Abordagens didáticas da interdisciplinaridade**. Lisboa: Instituto Piaget, 2008.

PIETROCOLA, M. **As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos**. Ensaio – Pesquisa em educação em ciências, v.2, n.1, 2000.

SANTOS, W. L. P. dos. **Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios**. Revista Brasileira de Educação V 12 n.36 Rio de Janeiro Set./dez. p. 474 - 492 2007.

SANTOS, J. R. V. e DALTO, O. J. **Sobre Análise de Conteúdo, Análise Textual Discursiva e Análise Narrativa: investigando produções escritas em Matemática**. IN ATAS DO V SEMNÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, Petrópolis- RJ, 2012.

SASSERON, L. H. e CARVALHO, A. M. P. **Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica**. In: Investigações em ensino de ciências, v.16, n.1, 2011, p. 59-77.

SCHMITZ, C. **Desafio Docente: As Ilhas de Racionalidade e seus elementos Interdisciplinares**. Dissertação de Mestrado. UFSC, Florianópolis, 2004. 260f.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros** - Vol. 3, 5a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

ZABALA, A. **Enfoque globalizador e pensamento complexo**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

ANEXO 1 – AUTORIZAÇÃO PARA USO DE IMAGEM

AUTORIZAÇÃO PARA USO DE IMAGEM

Curitiba, 09 de Março de 2019.

Senhores pais ou responsáveis,

Eu, João Carlos Barumby, professor de Física da turma de 3º ano do Colégio Estadual Juventude de Santo Antonio do município de Balsa Nova-Pr, sou aluno do mestrado acadêmico da Universidade Federal do Paraná sob a orientação do professor Sergio Camargo na linha de pesquisa Ensino de Ciências. Tenho interesse de fazer minha pesquisa ILHA INTERDISCIPLINAR DE RACIONALIDADE COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE ELETROMAGNETISMO, com esta turma e pensei em trabalhar com eles o tema “*eletromagnetismo e suas aplicações e implicações no cotidiano*”.

A ideia surgiu devido a curiosidade dos alunos em saber sobre o tema.

Faremos um trabalho de pesquisa sobre o eletromagnetismo aplicações e implicações em outras disciplinas, O trabalho vai propor pesquisa na internet (na escola), vídeos educativos, experimentos e discussões em torno do tema.

Gostaria de pedir a autorização para fazer fotos e filmagens do seu/sua filho(a) durante as atividades. Essas fotos e filmagens serão utilizadas **somente na pesquisa**, os nomes **não serão divulgados** e após o término da pesquisa, esse material será destruído. A participação do (a) seu/sua filho(a) nas atividades ocorrerá normalmente, mesmo que as gravações não sejam autorizadas. Se no decorrer do trabalho seu/sua filho(a) não quiser mais participar das gravações, será respeitada a vontade dele(a).

Essa pesquisa não terá custo à escola ou aos pais.

☐

AUTORIZO

☐

NÃO AUTORIZO

Nome do aluno(a)

Assinatura do Responsável pelo aluno(a)

ANEXO 2 - QUESTIONÁRIO APLICADO SOBRE IDEIAS PRÉVIAS SOBRE O QUE OS ESTUDANTES SABEM SOBRE O RÁDIO

1 – Qual a importância você dá à invenção da rádio?

- ☐ Extremamente importante.
☐ Muito importante.
☐ Moderadamente importante.
☐ Pouco importante.
☐ Nada importante

2 – Você atribui a invenção da rádio a que propósito.

3 – Você ou alguém da sua casa utilizada a rádio para qual finalidade? Indique o grau de audiência entre 1 e 5 (escala decrescente), em que 5 muito consumido e 1 pouco consumido.

	1	2	3	4	5
Entretenimento.	☐	☐	☐	☐	☐
Programas musicais.	☐	☐	☐	☐	☐
Jornal.	☐	☐	☐	☐	☐
Informação sobre ciência, saúde e bem estar.	☐	☐	☐	☐	☐
Curiosidades.	☐	☐	☐	☐	☐
Esportes	☐	☐	☐	☐	☐

4 – Com a invenção da rádio, o mercado das telecomunicações avançou e alcançou os mais diversos pontos do planeta. Há programas de rádio em variedade, basicamente os listados na pergunta. Hoje se observa um movimento das pessoas substituírem o rádio por outros meios de comunicação. A que você atribui esta mudança?

5 – Que outros produtos de comunicação foram possíveis pós-invenção da rádio?

6 – Há uma série de componentes em um rádio, como também para transmissão precisam de torres e um registro junto a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações). Que conceitos de Física você acha que são possíveis de

explorar usando o rádio como referência? Há como trabalhar outra disciplina ou de forma interdisciplinar?

7 – Nos rádios, por onde são recebidos os sinais emitidos pelas estações transmissoras AM, FM?

8 – Temos uma classificação das rádios: Rádios AM, FM, Onda tropical (120 metros), Onda tropical de faixa alta, Onda curta, Rádio via satélite e rádio.com. Há alguma diferença entre elas? Liste algumas diferenças entre elas de memória.

ANEXO 3 – TEXTOS AUXILIARES PARA O PROJETO

OBSERVAÇÃO DO RÁDIO PORTÁTIL

O estudo de como um rádio consegue captar os sinais transmitidos pelas estações começará com esta atividade, onde identificaremos algumas de suas partes essenciais e as funções que desempenham. Assim, é fundamental ter à mão um 'radinho'. Siga o roteiro de investigação abaixo e faça suas anotações no caderno.

1. Que informações encontram-se no visor das estações?
2. Quais são os comandos com os quais usamos o aparelho?
3. Que fonte de energia ele utiliza?
4. Por onde são recebidas os sinais emitidos pelas estações?



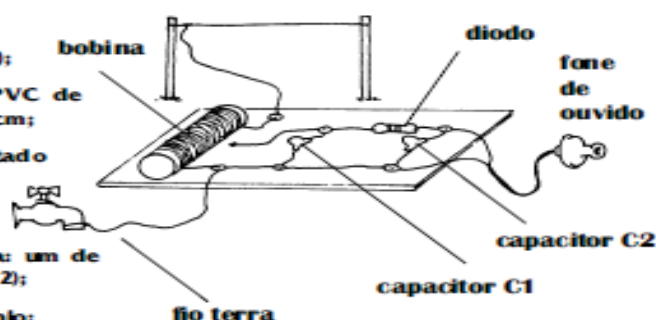
5. Embrulhe um rádio portátil ligado em papel alumínio. O que ocorre?
6. Aproxime o rádio ligado a um liquidificador ligado. O que ocorre?

Rádio *SEM* pilha (sem bateria, sem tomada, ...)

É possível fazer um rádio sem aumentar o consumo na conta de luz ou pilha! Siga as instruções e monte o seu!

Lista de material

- . base de madeira (25x25cm);
- . canudo de papelão ou PVC de 15cm de comprimento de 3cm;
- . 45m de fio de cobre esmaltado número 28 ou 30;
- . fone de ouvido simples;
- . 2 capacitores de cerâmica: um de 250pF (C1) e um de 100pF (C2);
- . diodo de silício ou germânico;
- . 15 percevejos;
- . fita adesiva e lixa fina



DICAS PARA MONTAGEM

antena: use aproximadamente 20 m de fio e coloque a 5m de altura do chão;

bobina: enrole 100 voltas do fio de cobre no canudo de modo que elas fiquem bem juntas; fixe as extremidades com fita adesiva; lixe as pontas e 1 cm de largura ao longo da bobina;

capacitores: C1 é ligado em paralelo à bobina; C2 é ligado no diodo e no fio terra.

diodo é ligado entre os capacitores e o fone nos terminais do C2.

COMO SE PREPARA A INFORMAÇÃO PARA ENVIAR-LA ATÉ AS ANTENAS ONDE ESTÃO OS APARELHOS RECEPTORES E COMO SE RECUPERAM AS INFORMAÇÕES

Primeira etapa: codificação da informação

A primeira transformação por que passam som e imagem na etapa de codificação é a sua transformação em corrente elétrica. Isto é realizado respectivamente pelo microfone e pela câmara de TV conforme já discutimos nas leituras 32 e 34. Tais correntes elétricas têm baixa frequência e por isso, não são apropriadas para serem aplicadas em antenas transmissoras.

Assim sendo, a transmissão das informações referentes a som e imagem requerem um 'veículo' que as transporte a longas e médias distâncias. Este 'veículo' são as ondas eletromagnéticas de alta frequência chamadas de **ondas portadoras**. É justamente através do valor da frequência da onda portadora que sintonizamos a estação desejada e recebemos as informações transportadas por ela.

A etapa que permite o envio das informações através da antena - chamada de modulação - consiste na produção de alterações na amplitude ou na frequência da onda portadora de reproduzi-las de forma idêntica a das correntes elétricas que representam o som ou a imagem. Para visualizar o processo de modulação, podemos representar, por exemplo as ondas sonora e de alta frequência antes (fig. a) e depois (fig. b).

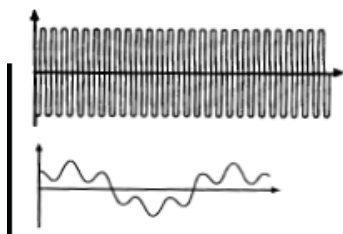
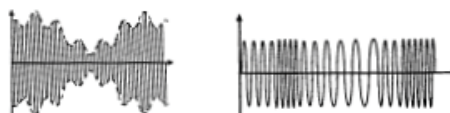


fig. a
representação
da onda
portadora
e da onda
sonora

fig. b representação da onda sonora modulada em amplitude (AM) e em frequência (FM)



Segunda etapa: recuperação da informação

Estando o aparelho receptor ligado e uma vez feita a sintonia com a estação desejada, a onda eletromagnética portadora da informação codificada, reproduz no circuito do aparelho receptor a corrente elétrica correspondente.



Posteriormente, esta corrente elétrica acionará um alto falante, se ela corresponder a um som, ou a um canhão eletrônico se tal corrente corresponder a uma imagem.

exercitando

Elabore 5 questões que foram respondidas neste texto. Não vale usar coisas do tipo: o que é, quem disse..., quem fez..., etc.

ANEXO 4 – ALGUMAS ATIVIDADES REALIZADAS PELOS GRUPOS AO LONGO DAS ETAPAS DA IIR.

- 1) Que informações encontram-se no visor das estações?
AM e FM, Número das estações
- 2) Quais são os comandos com os quais usamos o aparelho?
Desligar e regular as estações e o volume por botões, regular a antena.
- 3) Que fonte de energia ele utiliza?
Energia elétrica (Plug na tomada ou pilhas)
- 4) Por onde são recebidos os sinais emitidos pelas estações?
Pela antena
- 5) O que acontece se embrulharmos um rádio portátil ligado em papel alumínio?
Ele deixa de receber sinal
- 6) O que ocorre se aproximarmos um rádio ligado de um líquidoificador ligado?
Interferência no sinal

-
- 1) AM ou FM, AM - kilohertz e FM - megahertz.
 - 2) Refere-se à transmissão de ondas com variação na frequência (FM)
Processo de transmissão através do rádio usando a modulação em amplitude (AM)
 - 3) A - normal
 - FM - normal
 - C - normal
 - 2 - Para de receber sinal
 - 4) Para o rádio ligar / funcionar
 - 5) Capacitor, Bobinas, fio, bateria, placas condutoras.
 - 6) Ligando o capacitor conectado a uma bobina, 

surge e corrente elétrica varia no circuito, serve para obter as ondas.

1) A carga e descarga do capacitor resulta uma corrente elétrica do tipo alternada. Podemos obter correntes alternadas de qualquer frequência.

8) Poder, selêlito

9) * Ondas sonoras atingem o microfone

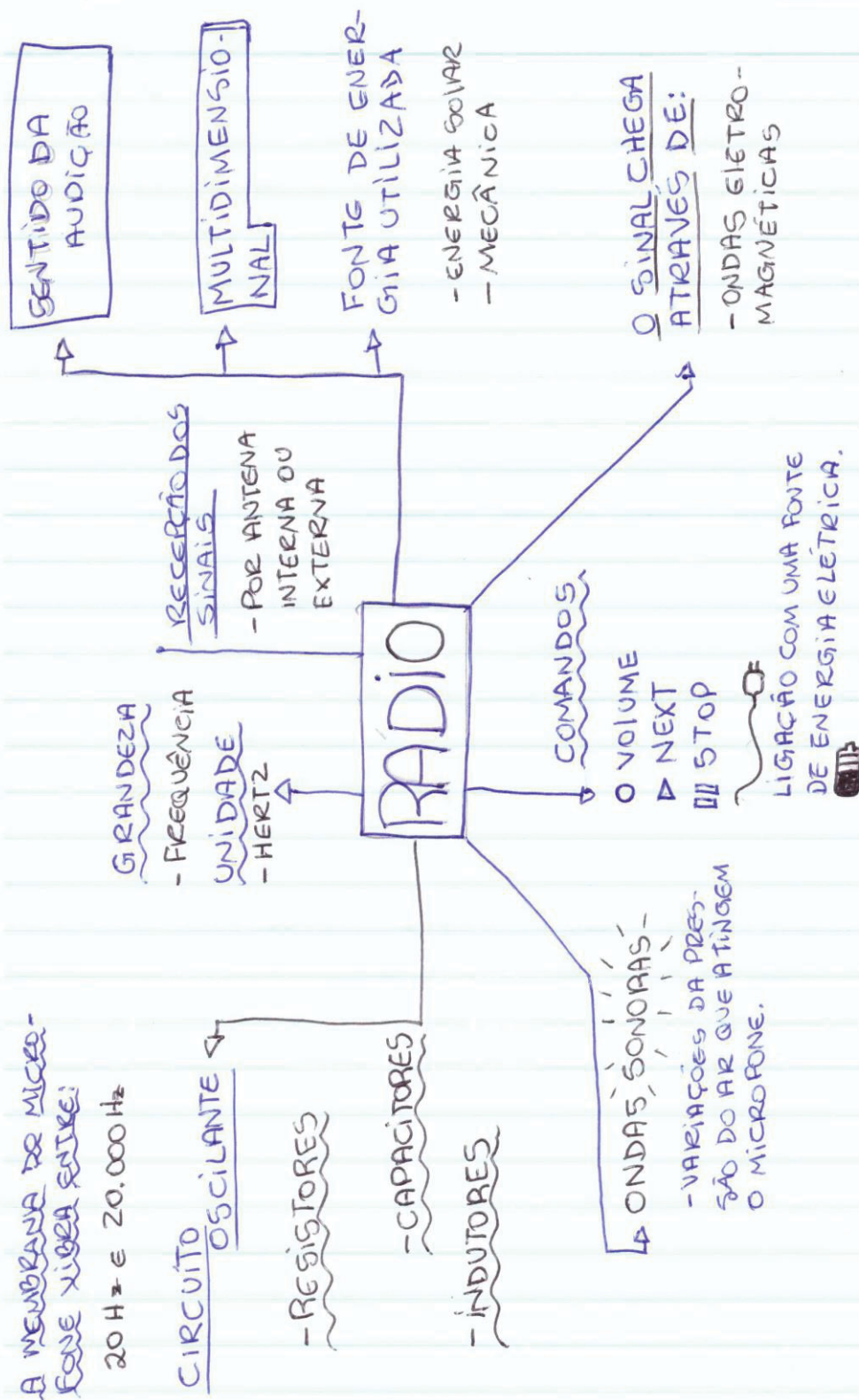
* no microfone o som é convertido em corrente elétrica alternada de baixa frequência.

* esta corrente é misturada com uma corrente de alta frequência, que também serve para "transportar" ondas do espaço entre os aparelhos de rádio.

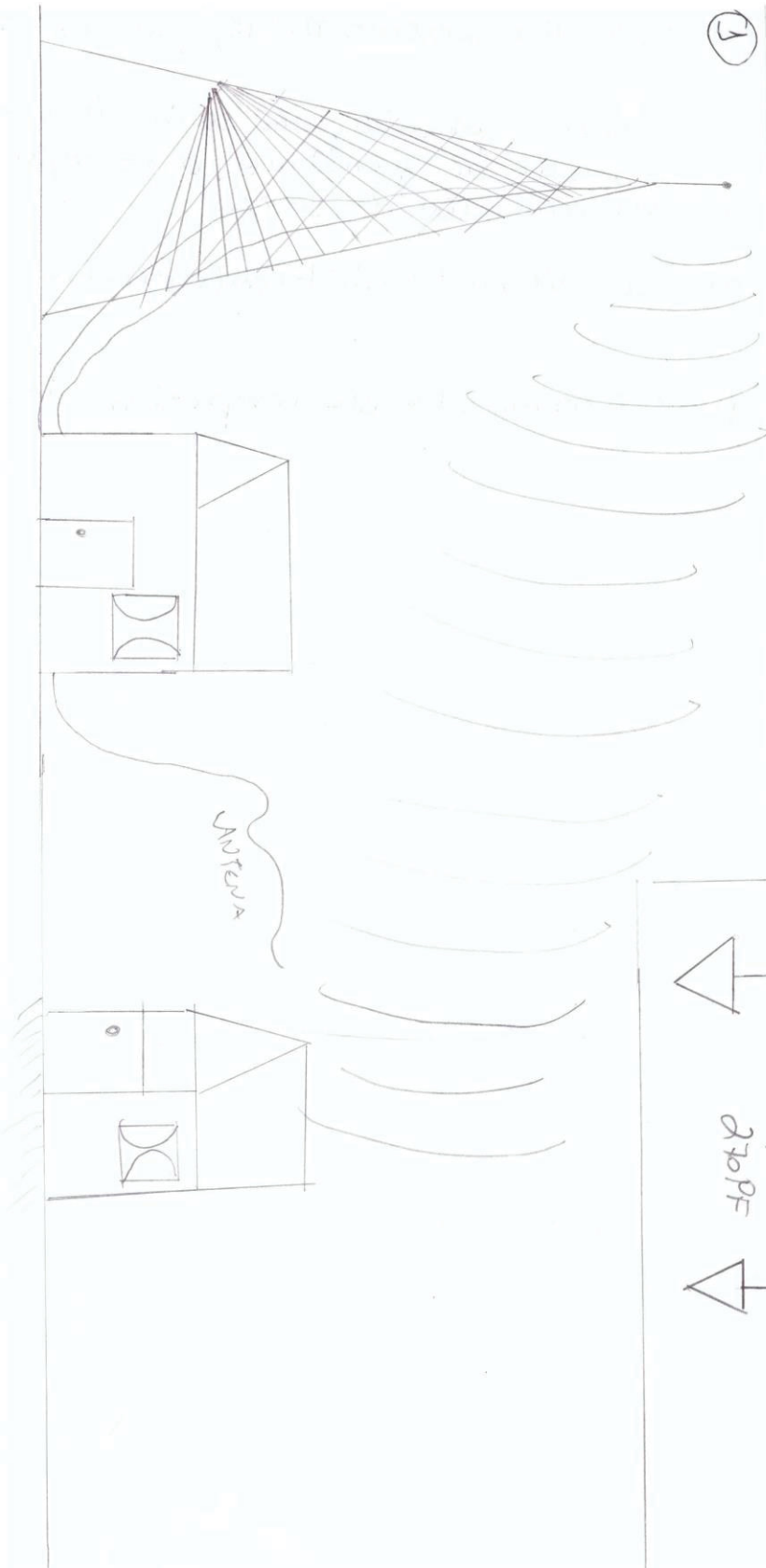
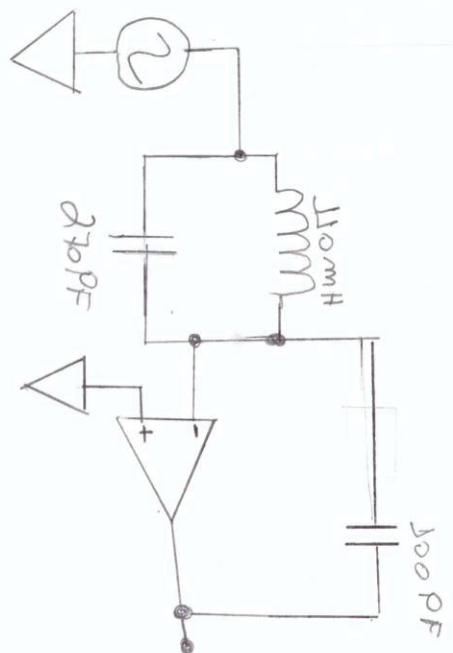
* Essa "nova" corrente se estabelece na antena transmissora e a informação se propaga em todas as direções.

* A antena do rádio capta essas informações.

* se o aparelho estiver sintonizado na frequência de corrente, o som poderá ser ouvido pelo alto-falante.



Se tivermos um sistema de antenas nos
podemos um sistema que possa ser usado para
os fins de teste e um plano de antena para ser
usado e usado, mas não é este.



No experimento de rádio, foi utilizado um circuito elétrico com um diodo de germânio, dois capacitores e mais a bobina com fio de cobre.

① Fazer o esquema do circuito elétrico (desenho esquemático).

② Explicar o funcionamento do experimento.

1- Há alguma legislação que permite ou proíbe a utilização em certas frequências de rádio? Que frequências são estas? Por que são proibidas?

Resolução nº 67 de 12 de mar de 1988 - aprova o Regulamento Técnico para emissoras de Radiodifusão Sonora em FM. Há algumas frequências proibidas, por serem do exército ou da polícia e conter segredos, etc.

2- Hoje, o rádio foi praticamente dispensado do cotidiano, mas ainda é um veículo de comunicação em massa que substitui os jornais impressos. O que substitui o rádio, ou ainda há um espaço para este veículo comunicador? A internet e a televisão substituíram o rádio em larga escala, porém o rádio ainda é o principal meio de informação em áreas rurais, onde o sinal de internet não é acessível.

3- Na história apresentado pelo filme "Um sinal de esperança". Qual o principal motivo para que o G.S. proibiu o uso do rádio para judeus? O rádio já foi proibido em algum país? Como o principal meio de comunicação era o rádio, eles queriam manter os judeus longe das informações sobre a guerra. Os judeus eram também proibidos de qualquer meio de entretenimento, como ouvir música, etc. Já, no período de guerra para os prisioneiros.



Elabore um texto informativo sobre o tema "Rádios, um sinal de esperança". Explicando a importância deste veículo de comunicação e respondendo a pergunta sobre porque a invenção da tecnologia é importante?

Rádios

Uma quantidade enorme de ondas eletromagnéticas é produzida a todo instante pelas estações de rádio, em diversas frequências (entre 100 KHz e 300 000 KHz).

Essas ondas podem ser captadas por um receptor elétrico simples e reproduzidas por um fone de ouvido, utilizando-se apenas a energia que elas mesmas transportam. Assim, não é necessário o uso de energia fornecida pela rede elétrica ou mesmo por pilhas.

A partir do início do século XX, foram introduzidas nos receptores de rádio freqüência certos cristais que permitem a passagem de corrente elétrica num sentido, mas e impedem a passagem de corrente elétrica num sentido oposto. Esses cristais são conhecidos como semicondutores.

Um dos primeiros semicondutores utilizados foi o galena, minério de chumbo mais abundante na natureza. Galena é a denominação vulgar do sulfeto de chumbo (PbS), que contém 86,6% de chumbo (Pb) e 13,4% de enxofre.

(5) O cristal de gelena foi utilizado durante muito tempo devido a sua grande eficiência na detecção das ondas de rádio, sendo inclusive empregado na construção de receptores improvisados durante a Segunda Guerra Mundial, em toda a Europa.

Mais recentemente, substituiu-se o gelena por semicondutores de germânio e silício. Entretanto, por falta de hólitas, qualquer receptor pequeno e simples, como o que propomos adiante, continua sendo chamado "radio-gelena", mesmo que o semicondutor utilizado seja outro.

A tecnologia é importante porque ela move o mundo por exemplo: O óleo é transformado em usinas até mesmo feito pela água e passa por várias cidades que se alimentam desta energia, fazendo com que várias pessoas utilizem.