

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A
CIÊNCIA E A MATEMÁTICA

EDERSON CARLOS GOMES

ONDAS ELETROMAGNÉTICAS: POSSIBILIDADES DA APLICAÇÃO
NO ENSINO MÉDIO A PARTIR DAS RELAÇÕES CTS

MARINGÁ - PR
2017

EDERSON CARLOS GOMES

**ONDAS ELETROMAGNÉTICAS: POSSIBILIDADES DA APLICAÇÃO
NO ENSINO MÉDIO A PARTIR DAS RELAÇÕES CTS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência e a Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Orientadora: Profa. Dra. Polônia Altoé Fusinato

Coorientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

MARINGÁ - PR

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

G633o Gomes, Ederson Carlos
Ondas eletromagnéticas : possibilidades da aplicação no ensino médio a partir das relações CTS / Ederson Carlos Gomes. -- Maringá, 2017.
197 f. : il. color., figs., grafs., quadros

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Polônia Altoé Fusinato.
Coorientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, 2017.

1. Física - Ensino médio. 2. Ondas eletromagnéticas - Ensino médio. 3. Mapas conceituais - Ondas eletromagnéticas. 4. Aprendizagem significativa - Física. 5. CTS (Ciência, tecnologia e sociedade). I. Fusinato, Polônia Altoé, orient. II. Batista, Michel Corci, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática. IV. Título.

CDD 21.ed. 530.07

AMMA-003427

EDERSON CARLOS GOMES

Ondas eletromagnéticas: possibilidades da aplicação no Ensino

Médio a partir das relações CTS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em *Ensino de Ciências e Matemática*.

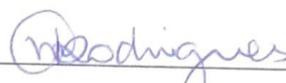
BANCA EXAMINADORA



Profª. Dra. Polônia Altoé Fusinato
Universidade Estadual de Maringá – UEM



Prof. Dr. Gilson Junior Schiavon
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR



Profª. Dra. Maria Aparecida Rodrigues
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Maringá, 06 de Fevereiro de 2017.

Dedicatória

Dedico esse trabalho aos meus pais, irmãos, parentes e a todos os meus amigos, pelo incentivo, compreensão e credibilidade depositada, pois eles são as razões de minha alegria e minha fonte de energia na luta por uma educação de qualidade e valorização do ser humano.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida pela vida e por ter me proporcionado condições e forças para a realização deste estudo.

Aos meus pais Luiz Carlos Gomes e Maria de Lourdes Maraya Gomes que tanto me apoiaram para a concretização deste sonho.

A minha irmã Edivânia Gomes e meu irmão Luiz Carlos Gomes Filho pela parceria e compreensão, assim como meus demais familiares.

À professora Dr^a Polônia Altoé Fusinato, pela paciência, compreensão, carinho, apoio e por compartilhar suas experiências e conhecimentos em suas orientações.

Ao professor Dr. Michel Corci Batista pela dedicação, apoio, amizade, conhecimento e acreditar na concretização deste trabalho por meio de sua orientação.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática que tanto contribuíram para minha formação em cada uma das disciplinas cursadas.

À secretaria do curso Sandra Grzegorzcyk, pela prestatividade, cooperação e amizade.

Aos meus amigos de curso: Cleiton, Eliane, Franciely Fabrícia, Roze Luz, Angélica, Ourídes, etc... que tornaram o curso mais alegre e contribuíram pela troca de experiências ou pelas companhias e boas risadas.

Aos meus amigos do Colégio Cultura Universal de Farol-PR pelo apoio, amizade, compreensão e permitirem a realização desta pesquisa, assim como os alunos e alunas participantes.

Enfim, a todos, meu muito obrigado!

“Escola é...O lugar onde se faz amigos, não se trata só de prédios, salas, quadros, programas, horários, conceitos... Escola é, sobretudo, gente, gente que trabalha, que estuda, que se alegra, se conhece, se estima. O diretor é gente, o coordenador é gente, o professor é gente, o aluno é gente, cada funcionário é gente. E a escola será cada vez melhor na medida em que cada um se comporte como colega, amigo, irmão. Nada de “ilha cercada de gente por todos os lados”. Nada de conviver com as pessoas e depois descobrir que não tem amizade a ninguém, Nada de ser como o tijolo que forma a parede, indiferente, frio, só. Importante na escola não é só estudar, não é só trabalhar, é também criar laços de amizade, é criar ambiente de camaradagem, é conviver, é se “amarrar nela”! Ora, é lógico... numa escola assim vai ser fácil estudar, trabalhar, crescer, fazer amigos, educar-se ser feliz.

(PAULO FREIRE)

Ondas Eletromagnéticas: Possibilidades da Aplicação no Ensino Médio a Partir das Relações CTS

RESUMO

A disciplina de Física infelizmente tem a fama de ser uma das maiores vilãs do processo de ensino e aprendizagem no Ensino Médio. A sua interpretação e os cálculos são vistos por muitos alunos, como uma das grandes barreiras, que influenciam negativamente o aprendizado dessa ciência. Visando desenvolver subsídios para superar esse problema, esta pesquisa teve como objetivo verificar em que medida a inserção do conteúdo físico: ondas eletromagnéticas, por meio de uma sequência didática elaborada numa perspectiva CTS pode proporcionar uma aprendizagem significativa. Na busca de respostas, desenvolvemos uma pesquisa qualitativa com um grupo de 13 alunos do 3º ano do Ensino Médio, de um colégio público da cidade de Farol, no Estado do Paraná. Buscando potencializar a aprendizagem de ondas eletromagnéticas, elaboramos e aplicamos uma sequência didática com enfoque CTS, para investigar elementos que evidenciassem a aprendizagem significativa, por meio do uso de questões problema, notas de campo, mapas conceituais iniciais e finais. Analisamos os dados coletados, utilizando a análise de conteúdo de Bardin e a teoria de Gowin e Novak para verificar elementos teóricos da aprendizagem significativa de Ausubel como: organização hierárquica, diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Por fim, constatamos que a sequência didática com enfoque em CTS, desenvolvida integralmente com participação do aluno para a construção de seu próprio conhecimento, de modo flexível e dinâmico, favoreceu o aprendizado da Física, pois, os dados coletados apresentam elementos que nos possibilitam inferir a ocorrência da aprendizagem significativa. Acreditamos que, esta flexibilidade de trabalho, pode enriquecer a prática pedagógica do professor, que busca apresentar aulas diferenciadas e mais atrativas para os seus alunos, propiciando o interesse e participação dos mesmos, superando a aprendizagem mecânica.

Palavras-chave: Ensino de Física. Mapas Conceituais. Aprendizagem Significativa.

Electromagnetic waves: Possibilities of the Application in the High School from the Relations CTS

ABSTRACT

The discipline of Physics unfortunately has the reputation of being one of the greatest villains of the process of teaching and learning in High School. Their interpretation and calculations are seen by many students as one of the great barriers that negatively influence the learning of physics. The aim of this research was to verify the extent to which the insertion of the physical content: electromagnetic waves, through a didactic sequence elaborated in a CTS perspective, can provide significant learning. In the search for answers we developed a qualitative research with a group of 13 students of the 3rd year of High School of a public school in the city of Farol, in the State of Paraná. In order to leverage the learning of electromagnetic waves, we developed and applied a didactic sequence with a CTS approach, to investigate elements that evidenced significant learning, through the use of problem questions, field notes, initial and final conceptual maps. We analyzed the data collected using Bardin's content analysis and Gowin and Novak's theory to verify theoretical elements of Ausubel's meaningful learning such as: hierarchical organization, progressive differentiation and integrative reconciliation. So, we found that the didactic sequence with a CTS focus, developed integrally with the student's participation in the construction of his / her own knowledge, in a flexible and dynamic way, favored the learning of Physics, since, the collected data present elements that allow us to infer the Occurrence of significant learning. We believe that this flexibility of work can enrich the pedagogical practice of the teacher who seeks to present differentiated and more attractive classes for his students, propitiating their interest and their partialization, surpassing the mechanical learning.

Keywords: Physics Teaching. Concept Maps. Meaningful Learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Lista de figuras:

Figura 1 - Sequência para o ensino em CTS.....	38
Figura 2 - Modelo de mapeamento conceitual segundo a teoria de Ausubel...	46
Figura 3 - Representação reduzida das etapas da sequência didática.....	54
Figura 4 - Ondas eletromagnéticas.....	58
Figura 5 - Representação de onda eletromagnética.....	65
Figura 6 - Espectro eletromagnético.....	68
Figura 7 - Espectro da luz visível.....	72
Figura 8 - Mapa conceitual inicial da aluna C ₁	107
Figura 9 - Mapa conceitual final da aluna C ₁	108
Figura 10 - Mapa conceitual inicial da aluna D ₁	109
Figura 11 - Mapa conceitual final da aluna D ₁	110

Lista de quadros:

Quadro 1 - Roteiro de implementação da sequência didática.....	80
Quadro 2 - Categorias estabelecidas para a questão 1.....	87
Quadro 3 - Categorias estabelecidas para a questão 2.....	90
Quadro 4 - Organização dos grupos.....	95
Quadro 5 - Relatos iniciais dos alunos de acordo com as categorias.....	96
Quadro 6 - Resultados numéricos das categorias entre os MCI e MC.....	105
Quadro 7 - Resultados da pontuação dos MCI e MCF.....	121

Lista de gráficos:

Gráfico 1 - Comparação de nível hierárquico entre MCI e MCF.....	111
Gráfico 2 - Comparação do número de conceitos entre MCI e MCF.....	113
Gráfico 3 - Comparação do número de ligações entre MCI e MCF.....	114
Gráfico 4 - Comparação do número de ligações cruzadas entre MCI e MCF...	116
Gráfico 5 - Comparação do número de exemplos entre MCI e MCF.....	118

LISTA DE ABREVIATURAS

CFCs – Clorofluorcarbonos

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

DCE – Diretrizes Curriculares da Educação Básica do Estado do Paraná

DCNEM – Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação

MCF – Mapas Conceituais Finais

MCI – Mapas Conceituais Iniciais

OCNEM – Orientações Curriculares para o Ensino Médio

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PCN+ – Orientações Curriculares Complementares aos PCN

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PPP – Projeto Político Pedagógico

RIV – Radiação Infravermelha

RUV – Radiação Ultravioleta

SERE – Sistema de Registro Escolar do Estado do Paraná

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	14
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
1.1 O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO.....	19
1.2 O ENSINO DE FÍSICA E AS RELAÇÕES CTS.....	33
1.3 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E MAPAS CONCEITUAIS NO ENSINO DE FÍSICA.....	40
1.4 A UTILIZAÇÃO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICAS NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA.....	49
2 INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS.....	57
2.1 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS.....	58
2.1.1 Breve histórico da junção onda e luz.....	59
2.1.2 Equações de Maxwell.....	63
2.2 O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.....	67
2.2.1 Ondas de rádio.....	71
2.2.2 Micro-ondas.....	71
2.2.3 Radiações de infravermelho.....	72
2.2.4 Luz visível.....	72
2.2.5 Ultravioleta.....	73
2.2.6 Raios X.....	73
2.2.7 Raios Gama.....	74
2.2.8 Radiações não ionizantes.....	75
2.2.9 Radiações ionizantes.....	75
3 PERCURSO METODOLÓGICO.....	77
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	77
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO COLÉGIO, DOS SUJEITOS E ENCAMINHAMENTOS DA PESQUISA.....	79
3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DOS DADOS.....	81
3.4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	82
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	86

4.1 ANÁLISE DAS QUESTÕES INICIAIS.....	86
4.2 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA: RELATO DE EXPERIÊNCIA.....	94
4.2.1 Ações desenvolvidas nos encontros e análise dos dados.....	95
4.3 ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS.....	103
4.3.1 Discussão dos resultados do quadro 6.....	111
4.3.2 Pontuação dos mapas conceituais.....	119
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	124
REFERÊNCIAS.....	128
REFERÊNCIAS DAS FIGURAS.....	133
APÊNDICES.....	135
Apêndice A -- Quadro com todas as respostas referente a 2ª questão problema.....	136
Apêndice B – Sequência didática desenvolvida e implementada.....	138
Apêndice C – Mapas conceituais iniciais e finais analisados.....	188
ANEXOS.....	194
Anexo A – Modelo do termo de consentimento livre e esclarecido.....	195
Anexo B – Modelo do termo de autorização institucional.....	196

INTRODUÇÃO

Ao ingressarem no Ensino Médio, os jovens chegam estimulados pela mudança e ingresso nessa etapa de estudo, pois, conforme Bonadiman e Nonemachr (2007), eles estão motivados para compreender novos horizontes científicos, tendo uma grande expectativa em relação a disciplina de Física. Porém, sabe-se que entre outros fatores, o pouco tempo de estudo, (duas aulas por semana), são insuficientes para que os alunos possam se apropriar dos conceitos físicos e compreendê-los em toda sua complexidade.

É bastante comum também, que grande parte dos estudantes e professores considere a disciplina Física, como uma extensão da Matemática, tornando seu entendimento mais difícil e menos atrativo, constituindo-se um problema de influência negativa para o aprendizado.

No entanto, esse é um paradigma que deve ser superado, pois em pleno século XXI, os educandos precisam muito mais que apenas domínios matemáticos, visto que atualmente é exigido que os indivíduos se aperfeiçoem continuamente em prol de seu desenvolvimento.

Devemos lembrar que “*Ensinar não é transmitir conhecimentos, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção*” (FREIRE, 1992 p 25), pois os aprendizes vivem em um mundo onde os meios de comunicação de massa estão continuamente bombardeando-os com fatos, que nem sempre são imediatos a sua experiência de vida (SALTO PARA O FUTURO, 1999).

Nesse sentido, o professor sendo o mediador da construção do aprendizado, deve trabalhar com a vivência, trazendo para a sala de aula, problemas do cotidiano dos estudantes, mas que estejam relacionados e contextualizados com as informações que o mundo lhes apresenta diariamente.

Assim, os educadores devem investigar e propor recursos que facilitem a compreensão de conceitos Físicos e a presença desses no cotidiano dos discentes, contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem e a construção do conhecimento individual do cidadão.

Infelizmente, muitos alunos concluem essa etapa da Educação Básica sem compreender de fato o que é a Física ou veem-na superficialmente, sem agregar

conhecimentos da mesma para suas vidas. Não tendo noção do quanto desses saberes Físicos estão presentes em seus cotidianos e nem que influenciam a sua qualidade de vida.

Quando pensamos nessa, devemos recordar que o desenvolvimento científico influencia diretamente a vida de todos os seres humanos, não sendo possível desvincular a perspectiva de ciência, tecnologia e sociedade (CTS) desse contexto.

Isso ocorre em vários setores da sociedade (medicina, agricultura, comunicação, segurança, etc.), que se apropriam de muitos conhecimentos do campo da Física para proporcionar essa almejada qualidade de vida, como no caso da medicina, que os utilizam para a realização de exames preventivos, diagnósticos e tratamentos de saúde, sendo esses de grande importância para os seres humanos.

Diante dessas considerações, a presente pesquisa tem como foco o ensino de Física no Ensino Médio, haja vista que, os conteúdos de Física são considerados muito importantes para os educandos, conforme estabelecido em Paraná (2008a). Porém, a dificuldade de compreensão dos conceitos, por parte dos discentes, acaba retardando ainda mais o trabalho do professor, que já é árduo em virtude da dificuldade de mostrar, em sala de aula, a relação entre teoria e prática.

As complexidades podem ser aumentadas, porque grande parte dos professores, que ministram aulas de Física no Ensino Médio, cerca de 61,5% segundo Brasil (2014a), não possuem formação específica em licenciatura em Física, podendo não ter aprendido ou sequer visto, em sua graduação, muitos dos conteúdos que fazem parte do currículo desta disciplina.

Diante disso, na presente investigação, desenvolvemos uma sequência didática, explorando os conceitos físicos presentes na temática de ondas eletromagnéticas, utilizando recursos como: questionários, textos de complementação científica, leituras, criação de tirinhas, experimentos, relatórios, mapas conceituais, multimídia, trabalho em equipe, observações e discussões.

Segundo Zabala:

“as sequências didáticas, como conjunto de atividades, nos oferecem uma série de oportunidades comunicativas, mas que por si mesmas não determinam o que constitui a chave de todo o ensino: as relações que se

estabelecem entre os professores, os alunos e os conteúdos de aprendizagem” (ZABALA, 1998, p. 89).

A utilização desses recursos para a implementação da sequência didática objetivou identificar e verificar a construção do conhecimento conceitual de estudantes da terceira série do Ensino Médio, em uma Escola da Rede Pública de Educação do Estado do Paraná, localizada no município de Farol, região Centro-Oeste do Paraná, para responder a seguinte questão de pesquisa:

“A inserção do conteúdo físico: ondas eletromagnéticas, por meio de uma sequência didática elaborada em uma perspectiva CTS pode proporcionar uma aprendizagem significativa?”

Utilizando as relações CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) esta pesquisa teve como objetivo geral investigar o potencial contributivo de uma sequência didática para a promoção da aprendizagem significativa baseada nos pressupostos teóricos de David Ausubel (MOREIRA, 2010; MOREIRA; MASINI, 2001; NOVAK; GOWIN, 1999).

Para subsidiar tal investigação, estabelecemos a elaboração dos seguintes objetivos específicos:

- (i)** Identificar elementos na estrutura cognitiva do discente que demonstre a existência de conhecimentos prévios sobre o tema ondas eletromagnéticas.
- (ii)** Promover por meio da sequência didática um ambiente colaborativo entre alunos que estimule a motivação para o aprendizado de Física e execução das atividades.
- (iii)** Verificar a ocorrência da aprendizagem significativa por meio da análise dos resultados dos MCI e MCF confeccionados pelos estudantes participantes.

Dessa forma, coletamos os dados, por meio de questões problemas, mapas conceituais iniciais (MCI), mapas conceituais finais (MCF) e também por notas de campo. Pois a participação e envolvimento dos educandos, a partir de situações problemas, que necessitavam de investigação para a solução das mesmas, foram de extrema importância, sendo tomadas pelo investigador.

Portanto, esta pesquisa foi desenvolvida qualitativamente, numa perspectiva de pesquisa participante conforme Demo (1982), Peruzzo (2003), Thiollent (1985) que alicerçam e fundamentam essa metodologia, na qual consistiu em o professor pesquisador fazer parte do desenvolvimento do trabalho.

Os dados coletados foram utilizados para verificar se houve a ocorrência de mudança de postura do aluno, frente ao aprendizado de Física, quando ele foi submetido a uma proposta diferenciada de ensino.

As respostas das questões problemas e as notas de campo foram analisadas de acordo com a Análise de Conteúdo de Bardin (1977), de modo que pudessem fornecer informações sobre as percepções, que os discentes tiveram em relação ao desenvolvimento dessa pesquisa, por meio da “categorização” do material.

Foram analisadas, qualitativamente, a produção de cinco mapas conceituais iniciais (MCI) e finais (MCF), dentre os treze confeccionados pelos aprendizes participantes, conforme a metodologia de Novak e Gowin (1999) adaptada.

Dessa forma, consistiu em analisar os mapas dos termos de hierarquia, conceitos, número de ligações, ligações cruzadas e exemplos. Assim como determinar suas pontuações, para buscar elementos que evidenciassem a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel como: organização hierárquica, diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

Logo, essa pesquisa buscou mecanismos, que pudessem favorecer o processo de ensino e aprendizagem, dos conteúdos de ondas eletromagnéticas, a partir de uma proposta metodológica diferenciada, que levassem em conta, as compreensões e aproveitamento dos educandos.

Assim, esse trabalho buscou possibilitar maior entendimento desse conteúdo ao aluno, e, ao mesmo tempo, a aquisição de uma consciência crítica, que lhe ampliasse a visão de mundo, com enfoque na ciência, tecnologia e sociedade.

Em relação à organização, neste trabalho, consta além da introdução e conclusão, mais quatro capítulos.

No primeiro capítulo, fizemos um estudo bibliográfico sobre o ensino de Física no Ensino Médio, as suas relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade; a aprendizagem significativa e mapas conceituais e a utilização de sequência no processo de ensino e aprendizagem de Física.

No segundo capítulo, realizamos um breve estudo bibliográfico sobre o tema “ondas eletromagnéticas”, procurando ressaltar os principais conhecimentos, que devem ser abordados no Ensino Médio.

No terceiro capítulo, apresentamos os fundamentos metodológicos, que sustentaram esta pesquisa, bem como as estratégias e técnicas para a coleta de dados e análises.

Finalmente no quarto capítulo, retomamos a questão central da pesquisa, descrevemos e analisamos as concepções prévias dos estudantes participantes sobre a temática da sequência didática e as suas motivações a partir da implementação de uma proposta diferenciada de estudo.

Analisamos e discutimos, também, os resultados dos dados coletados nos mapas conceituais iniciais e finais para inferência da aprendizagem significativa.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Podemos afirmar que a Física é a área da Ciência que investiga o Universo, e segundo Bonjorno et. al. (2013), quando ela é associada com outras áreas tem importância fundamental no desenvolvimento tecnológico, que proporciona, principalmente a nós, seres humanos, conforto, praticidade e qualidade de vida. Essa Ciência *“sistematiza ou desenvolve tecnologias que têm promovido o progresso da vida em sociedade e sua presença hoje está praticamente em qualquer ação que realizamos”* (MENEZES, et. al, 2013, p. 2).

Esses autores concordam que a Física não deve ser apresentada de forma descontextualizada no mundo, onde pareça ser imutável, com produtos acabados. Mas pelo contrário, o desafio de ensinar a mesma está em mostrar que a atividade científica, seja entendida com seus erros e acertos, defeitos e virtudes. Ou seja, uma atividade essencialmente humana.

Conforme Sanches e Neves (2011, p. 9), ela *“é uma das ciências que investiga, por excelência, a natureza dos fenômenos da natureza e, além do seu próprio campo de pesquisa, ela age como ciência transversalizadora para outras áreas do conhecimento”*.

Portanto, a necessidade de compreender sua linguagem está associada ao aumento da curiosidade e vontade de agregar novos conhecimentos, à estrutura cognitiva do educando.

Auxiliando o mesmo, a desenvolver sua autonomia e habilidades para trabalhar, expondo suas opiniões e convicções, para compreender melhor a vida em sociedade e seus próprios recursos de trabalho, não importando qual será sua escolha profissional futura.

1.1 O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

A preocupação com o ensino de Ciências não é recente no Brasil. Ao longo de anos, muitas pesquisas sobre o assunto foram desenvolvidas no país, de acordo

com Fernandes (1997), na tentativa de uma renovação, principalmente do ensino de Física.

Essa inquietação e preocupação são evidenciadas pelo número significativo de trabalhos, que abordam os mais variados aspectos relativos ao ensino da Física, porém, poucos foram utilizados para um melhor direcionamento do ensino dessa disciplina no Ensino Médio.

Muitos, naturalmente, não chegaram às mãos dos professores, que atribulados por inúmeros fatores não contributivos ao desempenho da docência e a consequente melhoria do ensino e aprendizagem de Física.

De acordo com a mesma autora: *“apesar de seu indiscutível valor, as pesquisas na área do ensino de Física contribuíram muito pouco para modificações práticas na sala-de-aula”* (FERNANDES, 1997, p. 5), pois, ainda constata-se que grande parte das aulas são focadas na resolução de problemas de física, em que se evidenciam os cálculos matemáticos, em detrimento dos conceitos científicos da Física, que se fazem tão presentes em situações do cotidiano e são poucos compreendidos por falta de uma abordagem direcionada para cada situação.

Esses problemas estão presentes na educação brasileira, desde que essa disciplina foi inserida no sistema educacional de nosso país, com a chegada da família Real Portuguesa. Isso pode ser constatado ao realizarmos um breve estudo sobre o histórico da inserção desta disciplina no Brasil, até os dias atuais.

Conforme as Diretrizes Curriculares da Educação Básica do Estado do Paraná (DCE) para a disciplina de Física, o ensino da mesma foi inserido na escola secundária brasileira a partir de 1808, com a vinda da família Real para o Brasil. A inserção dos conhecimentos desta área no currículo *“visava atender os anseios da corte para a formação de uma intelectualidade local”* (PARANA, 2008a, p. 45).

Este documento também afirma que, por volta de 1837, foi fundado o Colégio Dom Pedro II com intenção de servir de modelo para as demais Escolas Secundárias que ainda seriam criadas no país. Assim a Física ensinada nesse período seguia um modelo de manuais franceses, sendo quantitativa e matematizada.

Segundo Rosa e Rosa (2012, p.3) *“Ao lado dos estudos literários clássicos e modernos, e da matemática, surgiram às ciências físicas e naturais, a história e a*

geografia, embora ainda com um papel muito pouco saliente". Esse colégio permaneceu sendo referência até a década de 1960 e, de acordo com os autores supracitados, esse período foi marcado pela desvinculação entre o Estado e Igreja.

Nesse período, a escola brasileira sofreu influência da escola positivista, porém, o ensino de Ciências foi aos poucos sendo inserido no sistema educacional, que estava em construção e passou por muitas influências políticas e socioeconômicas da época.

Mesmo diante de tantas influências, o ensino desta área do conhecimento permaneceu baseado nos livros didáticos estrangeiros. *"Essa predominância por materiais didáticos traduzidos ou adaptados dos manuais europeus perdurou até meados do Século XX, quando começaram surgir outras produções, inclusive nacionais"* (PARANÁ, 2008a, p.46).

Diante do cenário do final da segunda Guerra Mundial e início da Guerra Fria, esses autores afirmam que várias iniciativas foram tomadas para o desenvolvimento das disciplinas científicas no Brasil, mas, pelo fato de muitas dessas terem sido copiadas de outras nações, elas se mostraram inadequadas em nossa realidade educacional, principalmente pela formação precária dos docentes.

Nardi (2005) fala que muitas propostas foram elaboradas por instituições públicas e privadas na busca de melhorar o ensino de Ciências no Brasil naquele período, tanto para o treinamento de professores, quanto para o desenvolvimento de materiais (livros-texto, materiais para laboratórios). Na década de 1970, a educação, especialmente *"o ensino de Ciências foi chamada à responsabilidade de levar o Brasil ao desenvolvimento e a modernidade"* (PARANÁ, 2008a, p. 48).

Em seu estudo sobre o desenvolvimento do ensino de Ciências no Brasil naquele período, Nardi nos diz:

"que a análise das atividades dessas instituições no período de 1950 a 1980 revela dois momentos distintos no movimento de renovação curricular do ensino de Ciências no Brasil: um primeiro momento, que correspondeu à tradução e adaptação de materiais didáticos produzidos nos Estados Unidos e Inglaterra na década de 50 e um segundo momento que se caracterizou pela produção de materiais didáticos elaborados para atender às necessidades das escolas brasileiras" (NARDI, 2005, p.70).

Na década de 1980, em meio à euforia pelo fim da ditadura militar e pelos movimentos democráticos, muitos cidadãos puderam manifestar seus discursos

políticos em defesa dos menos favorecidos, conforme a DCE de Física, e isso influenciou o meio educacional.

Foi nesse contexto, que surgiu a pedagogia histórico-crítica, que no Estado do Paraná favoreceu a criação do Currículo Básico e reestruturação do 2º Grau, inclusive da disciplina de Física.

Essa reestruturação *“buscava propiciar ao aluno uma sólida educação geral voltada à compreensão crítica da sociedade para enfrentar as mudanças e atuar sobre elas, condição improvável sem a aquisição do conhecimento científico”* (PARANÁ, 2008a, p. 48).

Segundo o mesmo documento, esse processo foi interrompido, porque na década seguinte, a educação, no Brasil, passou a ser orientada por instituições financeiras internacionais, voltadas para a competitividade em mundo cada vez mais permeado por recursos tecnológicos.

Diante desse contexto, houve a promulgação da atual Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB: 9394/96 e para nortear o Ensino Médio, foram elaboradas as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM), que propuseram organizar esta etapa de ensino em áreas do conhecimento: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.

Essa organização, segundo Carneiro (2007, p.33) *“seriam fundamentadas no desenvolvimento de competências e habilidades, que estariam inclusas num ambiente interdisciplinar e contextualizado”*.

Nesse sentido, a disciplina de Física faria parte da área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, e sua aprendizagem deveria ser construída na interação e contribuição de outras áreas, visando que o estudante entendesse que as disciplinas escolares estão no seu cotidiano e se inter-relacionam.

Carneiro (2007) argumenta, que apesar de todas as orientações propostas nas DCNEM, estas não foram suficientes para a organização do ensino, ocorrendo certo distanciamento entre o Ensino Médio proposto nas Diretrizes e o ensino realmente praticado nas escolas.

Logo, outros documentos foram produzidos com a intenção de reforçar as propostas das DCNEM, visando divulgá-las nas escolas e para os docentes.

Foi a partir desse contexto, que os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM) foram elaborados em mil novecentos e noventa e nove (1999), para reforçar essa integração entre as áreas do conhecimento (Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias), fundamentados na Pedagogia das Competências. Em dois mil e dois (2002), esses documentos norteadores foram reelaborados como os Parâmetros Curriculares Nacionais Mais (PCN+), onde segundo Rosa & Rosa (2012), detalhavam a questão da interdisciplinaridade.

Conforme (PARANÁ, 2008a), nesses documentos defendia-se que o ensino de Física fosse trabalhado como um conjunto de competências específicas, para que o aluno compreendesse como lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, que poderiam ser do seu cotidiano mais imediato ou na compreensão do universo distante, desde que partisse de princípios, de leis e modelos que foram construídos por essa área do conhecimento.

“Pode-se dizer, então, que o ensino de Física deverá ser guiado por competências, dentro de uma proposta de interdisciplinaridade e de contextualização, sendo tais elementos eixos norteadores das propostas curriculares, dos conteúdos e das metodologias de ensino presentes nas escolas” (ROSA & ROSA, 2012, p. 10).

Sobre os PCN e PCN+, Resquette (2013) investigando pesquisas sobre a implementação dos mesmos, apontou diversos fatores para o seu insucesso, como a falta de material didático e bibliográfico compatíveis com os mesmos, falta de cursos de formação continuada, contrato temporário de trabalho, e, até mesmo, a resistência de professores em rever sua prática pedagógica.

Outro fator identificado, segundo essa autora, baseada em outras pesquisas, pode ter sido, a falta de compreensão integral destes documentos pelos professores da Educação Básica, assim como poucas discussões sobre esses documentos pelos professores, que atuam na formação inicial e nos grupos de apoio do Ensino Básico.

Diante dessa situação, a partir do ano de dois mil e três (2003), no Estado do Paraná, foi anunciado a retomada do Currículo Básico e realizada uma mobilização coletiva para a construção de Diretrizes Curriculares Estaduais, cuja função foi e ainda é orientar a prática pedagógica nas escolas da rede estadual. Segundo

Paraná (2008a), esse documento diretivo trouxe os professores para as discussões curriculares no seu campo de conhecimento, pois eles estiveram um bom tempo a margem dessas, valorizando sua formação inicial e os conhecimentos específicos de sua disciplina, procurando estabelecer práticas de ensino que contemplassem as relações interdisciplinares.

“Estas Diretrizes buscam construir um ensino de física centrado em conteúdos e metodologias capazes de levar os estudantes a uma reflexão sobre o mundo das ciências, sob a perspectiva de que esta não é somente fruto da racionalidade científica” (PARANÁ, 2008a, p. 49-50).

Conseqüentemente, com esse documento, almeja-se que a Física, e/ou outras disciplinas, possa formar o discente para exercer sua cidadania, pois o ensino de física “*deve buscar a formação do cidadão, conectar o conhecimento à vida, dar ao aluno condições para entender o mundo a sua volta*” (MENEZES, 2003, p. 19) e esse conectar, acontecerá de maneira definitiva, quando o educando deixar suas concepções empíricas de mundo, substituindo-as por conhecimentos científicos, que se iniciam em sala de aula, da escola básica.

Concordando com essa ideia, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCNEM) afirmam que:

“ [...] a Física deve buscar no ensino médio assegurar que a competência investigativa resgate o espírito questionador, o desejo de conhecer o mundo em que se habita. Não apenas de forma pragmática, como aplicação imediata, mas expandindo a compreensão do mundo, afim de propor novas questões e, talvez, encontrar soluções” (BRASIL, 2006, p.53).

Esse mesmo documento afirma que, essa disciplina, tem o dever de assegurar que a população tenha acesso aos saberes historicamente construídos, por meio da escola.

Para que isso aconteça, Rosa & Rosa (2012) afirmam que muitos materiais devem ser utilizados, na busca de desenvolver a autonomia intelectual dos nossos estudantes.

Porém, não se restringindo a um único modelo fechado, mas, buscar alternativas que contribuam para esse processo, tais como o uso da internet, revistas e livros paradidáticos, aulas experimentais e a inserção das novas tecnologias em sala de aula.

Assim, tudo isso deve fazer parte do planejamento pedagógico do professor, se ele almejar mudanças no ensino de Física, para que deixe de ser apenas resolução de exercícios para o vestibular.

Vários autores (ROSA & ROSA, 2012; NARDI, 2005; OSTERMAN e MOREIRA, 2000), mostram que uma quantidade significativa de pesquisas, sobre o ensino de Física, foram desenvolvidas no Brasil, porém, as mesmas não propiciaram resultados satisfatórios nas práticas pedagógicas dos professores, pois há um certo distanciamento entre o que se produz no meio acadêmico e a sala de aula.

Nesse sentido, Rosa & Rosa (2012) afirmam que essas pesquisas devem estar próximas das práticas docentes, se vinculando aos problemas de aprendizagem de Física em sala de aula.

Percebemos que o processo de ensino e aprendizagem em Física, tem sido objeto de pesquisas por aqueles que se interessam ou se identificam com o mesmo.

É possível constatar uma maior preocupação com o estudante, com a finalidade de encontrar subsídios, que propiciem melhores resultados na apropriação do conhecimento dessa Ciência.

Segundo os mesmos autores *“em outras palavras, a questão emergente na investigação dos pesquisadores está relacionada à busca por um real significado para o estudo dessa Ciência na educação básica - ensino médio”* (ROSA & ROSA, 2005, p. 2).

A fim de contribuir para a superação dessa realidade, acreditamos que cabe ao professor de Física procurar desenvolver e propor metodologias de que estejam de acordo com os documentos regimentais citados anteriormente.

A partir disso, que possa aproximar o conhecimento científico do conhecimento escolar, pois *“a ciência envolve linguagens importantes que contribuem para a formação do cidadão e não somente para a compreensão de processos. Saber o que estamos fazendo amplia nossa capacidade de ser cidadão”* (MENEZES, 2003, p. 20).

Portanto, devemos almejar metodologias diferenciadas que possam facilitar o aprendizado de Ciências, porque a mesma subdivide-se em algumas linhas de estudo ao chegar ao Ensino Médio, na qual se procura entender o meio.

Particularmente, a Física tem como característica compreender o universo, a partir de leis que regem os movimentos da natureza, possibilitando o seu entendimento pelos seres humanos.

Dessa forma, a Física permite conhecer as leis gerais da natureza, que regulam o desenvolvimento dos processos, que se verificam tanto no universo circundante como no universo geral. Tendo como objetivo descobrir as leis gerais e esclarecer, com base nelas, processos concretos.

Para que esses processos ocorram, a DCE para a disciplina de Física recomenda que se parta dos conhecimentos prévios dos estudantes, identificando suas concepções alternativas, em relação aos fenômenos físicos do seu dia-a-dia e que são trazidos para sala de aula, quando inicia seu processo de aprendizagem.

O documento afirma que a partir do momento, que o aluno ingressa na escola, ele deverá ter acesso a concepção científica, que envolve um saber historicamente construído e sistematizado.

Isso requer metodologias específicas no ambiente escolar, para que o estudante se aproprie destes saberes (PARANA, 2008a).

Para que haja essa apropriação, o aluno deve aprender a aprender e para isso, é necessário a integração de muitos fatores, que estão envolvidos nesse processo, pois:

“Aprender a aprender requer, antes de qualquer coisa, uma pedagogia centrada em situações didáticas favorecedoras a ela. Não se aprende a aprender apenas ouvindo, escrevendo, memorizando e reproduzindo conhecimentos em provas, é preciso algo mais dinâmico, que ative os alunos, não apenas fisicamente, mas acima de tudo, intelectualmente. É necessário que ele, o aprendiz, ponha em funcionamento toda a sua estrutura cognitiva durante o ato de aprender, e consiga ir além dela, refletindo e retomando cada ação efetivada em busca do conhecimento” (ROSA & ROSA, 2012, p.12).

Se os estudantes devem aprender a aprender, a escola não tem obtido sucesso, pois, há muitas lacunas e falhas no processo de ensino e aprendizagem, que torna o ensino pouco efetivo na formação com qualidade dos mesmos.

Segundo Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007) o ensino de Ciências, e, principalmente, o ensino de Física, não tem acompanhado o desenvolvimento da Ciência e suas aplicações tecnológicas, se distanciando, a cada dia, das necessidades dos alunos, em relação ao estudo de conhecimentos científicos atuais.

Ainda não conseguimos aproximar o conhecimento científico físico do conhecimento científico escolar, para que o discente perceba tanto a importância dessa disciplina, quanto a aplicabilidade em seu cotidiano.

O ensino da Física encontra muitas dificuldades, em torno de seu aprendizado, principalmente por que:

“O currículo obsoleto, desatualizado e descontextualizado representa um problema tanto para os professores quanto para os estudantes e torna a prática pedagógica, que normalmente se resume ao quadro de giz, monótona e desinteressante para os atores envolvidos nesse processo” (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007, p. 1).

Neste sentido, percebemos a necessidade de uma atualização curricular urgente, porque esses conteúdos são de suma importância para um melhor entendimento dos conceitos físicos, pois, conforme esses autores:

“A lacuna provocada por um currículo de física desatualizado resulta numa prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno. Isso não permite que ele compreenda qual a necessidade de se estudar essa disciplina que na maioria dos casos, se resume em aulas baseadas em fórmulas e equações matemáticas, excluindo o papel histórico e social que a física desempenha no mundo e que vive” (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007, p. 2).

Além dos problemas relacionados ao currículo da Física praticado no Brasil, também não podemos desvinculá-lo da maneira como é utilizado na escola de Ensino Médio, já que, isso tem influência direta no processo de ensino e aprendizagem do aluno.

Nos dias atuais, o recurso didático mais utilizado em sala de aula, ainda é o livro didático.

Essa cultura vem desde os anos de 1960, que diante da falta de equipamentos e formação adequada dos professores, foram realizados vários projetos, que visavam estruturar as instituições escolares.

De acordo com Rosa & Rosa (2012), nesse período, se inseriu o livro didático nas escolas, sendo ele resultado do treinamento de professores e que serviu de guia-mestres para o ensino, que, por sua vez, limitou o de Ciências e outras disciplinas. Desse modo,

“os livros didáticos de Física dirigidos ao Ensino Médio, de uma maneira geral, apresentam a Física como uma ciência que permite compreender uma imensidade de fenômenos físicos naturais, indispensável para a formação

profissional, a preparação para o vestibular e a compreensão e interpretação do mundo pelos sujeitos” (PARANÁ, 2008a, p.63).

Entretanto, muitos destes livros didáticos apresentam os conhecimentos de Física como “algo pronto e acabado”, pouco evocando a história da Ciência na construção dos saberes ao longo dos tempos.

Várias vezes, esses manuais trazem os conteúdos de Física em uma linguagem pouco atrativa e desestimulante aos olhos dos aprendizes.

Isso acontece porque, em muitos, a ênfase recai nos aspectos quantitativos em detrimento dos qualitativos e conceituais, privilegiando a resolução de “Problemas de Física” que, quase sempre, se traduzem em exercícios matemáticos com respostas prontas, os quais não estimulam o estudante a pensar e relacionar tais fatores com o mundo real.

“Não é leviano afirmar que as estruturas curriculares se valem dos livros didáticos para se organizarem. A opção de tal e tal livro didático determinará, a princípio, a constituição das disciplinas que assumem seu espaço curricular, demarcado pelo tempo (número de aulas) e profundidade. Mesmo que o discurso didático do professor seja amplo, abrangente e propicie contextualizações, em geral, ele fará uso de exercícios e problemas do livro didático e sua avaliação terá como base a literatura disciplinar do livro adotado” (PIETROCOLA; ALVES; PINHEIRO, 2003, p. 135).

Percebemos que, apesar de se falar muito em diversificação do ensino de Física, que devemos utilizar vários recursos didáticos, notamos que, ainda continua dependente dos livros didáticos e nem sempre estimulam o discente a pensar sobre os conceitos físicos em estudo. Trazendo em geral, definições prontas, que não estimulam o desenvolvimento do pensamento crítico em sala de aula.

Como o livro didático não é o único recurso, que deve ser usado, acreditamos na importância de incentivar os alunos, para ampliarem seus conhecimentos, por meio da pesquisa, como atitude cotidiana e na busca de soluções.

Para tanto,

“será útil distinguir entre pesquisa como atitude cotidiana e pesquisa como resultado específico. Como atitude cotidiana, está na vida e lhe constitui a forma de passar por ela criticamente, tanto no sentido de cultivar a consciência crítica, quanto no de saber intervir na realidade de modo alternativo com base na capacidade questionadora. (...). Como resultado específico, pesquisa significa um produto concreto e localizado, (...), de material didático próprio, ou de um texto com marcas científicas. (...). Os

dois horizontes são essenciais, um implicando o outro. No segundo caso, ressalta muito mais o compromisso formal do conhecimento reconstruído, enquanto o primeiro privilegia a prática consciente” (DEMO, 1997, p. 12-13).

Neste sentido, almejamos que o educando possa assumir o papel de construtor de seu próprio conhecimento e a educação pela pesquisa pode ser uma alternativa que favoreça a viabilização dessa construção.

Quanto ao docente, ele deve ser o mediador das ações dos aprendizes, servindo de guia para os estudos e levantando os questionamentos, quando necessário.

É nesse contexto, que a problematização ganha espaço, porque sua utilização, no ensino de Ciências, favorece a inserção do pensamento do estudante no campo de estudo científico. Assim, a mesma consiste em lançar desafios, necessitando de respostas para determinadas situações.

Segundo SAVIANI (1993 p.25-26), *“a essência do problema é a necessidade (...), um obstáculo que é necessário transpor, uma dificuldade que precisa ser superada, uma dúvida que não pode deixar de ser dissipada”*. As dúvidas são ocorrências comuns na Física, todavia, serão aproveitadas para as reflexões sobre o problema a ser analisado.

Pois não se trata de erros ou acertos, mas *“um processo de transformação, de construção de um novo olhar sobre aquilo que aparentemente, já nos é familiar, e não, como acesso a algo que já vem pronto”* (CAPECHI, 2013, p. 25).

Acreditamos que esse processo contribua para o educando reformular suas ideias, tendo em vista, o aprendizado científico, percebendo a existência de muitos conteúdos da Física em seu dia-a-dia.

Capechi (2013) ressalta que devemos tomar cuidado, para não reduzir a problematização à apresentação de enunciados instigantes para os discentes, porque ela deve compreender um processo de aproximações sucessivas a determinado fenômeno, para servir de ponto de partida ao processo de aprendizagem.

Entretanto, os professores, que trabalham com a disciplina de Física, sabem das dificuldades encontradas cotidianamente em sala de aula, para proporcionar ao aluno um ensino de qualidade, no qual contribua significativamente para sua formação integral, enquanto cidadão.

Pois, a cada dia que se passa, é exigido das escolas e dos docentes um ensino, que faça parte da vivência dos educandos, que seja significativo; que eles percebam os conteúdos estudados, em situações úteis de suas vidas.

Sabemos que, somente o uso do livro didático é insuficiente, para atender todas as demandas e necessidades observadas no Ensino Médio. Assim, estratégias como leitura contextualizada, experimentação, recursos didáticos, presentes nos modernos meios de comunicação, são alternativas possíveis de serem aplicadas.

Conforme Sedano (2013), se a leitura contextualizada estiver com objetivos bem definidos e amparados nas propostas pedagógicas da escola, estimulará o protagonismo do aprendiz, como construtor de seu conhecimento.

Logo, nas aulas, que têm por objetivo trabalhar a problematização, o uso do texto favorecerá a aproximação entre o discente e os conceitos científicos.

A autora, supracitada, ressalta que, o uso de diversas estratégias pode favorecer uma mudança de postura, perante o aprendizado de Ciências.

Acreditamos que, no ensino de Física, especificamente, possa acontecer, porque concordamos com essa visão integradora.

Assim,

“Temos a oportunidade de oferecer aos alunos um currículo de ensino de Ciências que promova a enculturação científica por meio de atividades desafiadoras, experimentos a partir de questões problematizadora, leitura, discussão e escrita, tendo os conceitos científicos como base para as aulas e construção das explicações causais dos fenômenos estudados” (SEDANO, 2013, p. 81).

Partilhando dessas ideias, entendemos que elas podem ser aplicadas no Ensino de Física, contribuindo para a apropriação de leis e conceitos presentes no cotidiano do aprendiz, possibilitando a compreensão, com naturalidade, do universo e da natureza que os rodeiam.

Nesse sentido, compreender os princípios, as concepções, linguagens e outros elementos, que oportunize aos alunos uma constante alfabetização científica, *“...significa oferecer condições para que possam tomar decisões conscientes sobre os problemas de sua vida e da sociedade relacionados a conhecimentos científicos”* (SASSERON, 2013, p. 45).

Entendemos que o discurso e a prática do professor permitirão ao estudante, perceber as diferenças entre a forma empírica e a forma utilizada pela Ciência, para explicar um determinado fenômeno e, também, a sua aplicabilidade cotidiana, em nosso caso, relacionamos ao estudo das ondas eletromagnéticas.

Quando falamos, propriamente, sobre os conteúdos de ondas eletromagnéticas, observamos que esses têm sido pouco explorados no Ensino Médio, devido a uma série de fatores, que interferem nesse contexto, como por exemplo, o despreparo dos professores na abordagem dos mesmos, onde a maioria se pauta nos livros didáticos, da terceira série, para organizar seus planos de trabalhos docentes.

Grande parte dos docentes não aborda esse assunto em sala de aula, e, quando faz, nem sempre trabalha com o grau de profundidade conveniente ou desejado.

Essa aplicabilidade do ensino tem ocorrido e afeta tanto os professores quanto os estudantes, que vivem inseridos, em situações, que envolvem a física, mas não as percebem por não terem conhecimentos suficientes para entendê-las ou não buscá-los.

Quando se trata, propriamente, de ondas eletromagnéticas, percebe-se maior complexidade na falta de abordagem desse tema em sala de aula, principalmente pelo despreparo da maioria dos docentes do Ensino Médio, por não terem apropriado esse conhecimento em sua formação inicial.

Seria interessante que estas lacunas fossem corrigidas, por uma formação continuada, já que não tiveram acesso a esse conhecimento em sua formação.

É importante lembrar, que esse assunto está relacionado à Física Moderna e Contemporânea, e, também, fazem parte diuturnamente da realidade da maioria das pessoas.

Isso é fato, seja pela natureza ou na tecnologia eletrônica, que está a nossa disposição, podendo ser desde um simples movimento de cargas ou até mesmo um robô, mas que são permanentemente utilizados de uma forma ou de outra, influenciando a vida de todos os cidadãos.

Então, cabe à disciplina de Física no Ensino Médio, apresentar noções de como toda esta tecnologia foi, e é desenvolvida, pertencendo até às atividades mais simples do cotidiano.

Diante da situação preocupante, esses conteúdos passaram a fazer parte dos conteúdos estruturantes na rede Estadual de Educação Pública do Estado do Paraná.

Segundo a DCE (2008a, p. 57) *“Entende-se por conteúdos estruturantes os conhecimentos e as teorias que hoje compõem os campos de estudo da Física e servem de referência para a disciplina escolar”*, ou seja, são eles que sustentam a forma de abordar os conteúdos escolares, para que o estudante compreenda qual é o seu objeto de estudo.

Nesse sentido, os conteúdos sobre ondas eletromagnéticas estão presentes nos conteúdos estruturantes de Eletromagnetismo, e de acordo com DCE de Física, a abordagem dos mesmos, no ensino de Física, contribui *“para a compreensão dessa ciência como algo em construção, cujo conhecimento atual é a cultura científica e tecnológica deste tempo em suas relações com as outras produções humanas”* (PARANÁ, 2008a, p. 61).

Conforme esse documento, o professor ao desenvolver sua aula, deve ter consciência, de que o conhecimento científico não é uma cópia fiel do mundo ou da realidade perceptível pelo senso comum, mas uma construção racional, uma aproximação daquilo, que se entende ser o comportamento da natureza.

Por isso, deve levar em consideração que:

O processo de ensino-aprendizagem, em Física, deve considerar o conhecimento trazido pelos estudantes, fruto de suas experiências de vida em suas relações sociais. Interessam, em especial, as concepções alternativas apresentadas pelos estudantes e que influenciam a aprendizagem de conceitos do ponto de vista científico” (PARANÁ, 2008a, p.56).

Diante dessas considerações, o docente deve refletir sobre aula, ir além do uso do livro didático em sala, pois a maioria enfatiza os aspectos quantitativos em detrimento dos qualitativos e conceituais.

Eles privilegiam a resolução de “Problemas de Física” que, quase sempre, se traduz em exercícios matemáticos com respostas prontas, nos quais não estimulam o aprendiz a pensar e relacionar tais fatores com o mundo real.

Percebemos que, existe um interesse em melhorar o ensino de Física no Brasil, por isso, há o desenvolvimento de pesquisas nessa área, em relação aos recursos didáticos, aos problemas da Física no Ensino Médio, à elaboração de documentos oficiais e regimentais, que sustentem essa discussão.

Diante dos fatos, há toda uma estrutura organizacional, na qual busca superar essa visão tradicionalista e fragmentada do conhecimento, que infelizmente, ainda, se perpetua em muitas aulas de Física em pleno Século XXI.

1.2 O ENSINO DE FÍSICA E AS RELAÇÕES CTS

As discussões a respeito da aproximação entre os diferentes níveis de ensino da Física, oferecidos nas escolas brasileiras e a realidade dos educandos, não é nova.

Apesar das pesquisas, sobre o ensino dessa disciplina no Brasil, terem avançado significativamente nas últimas décadas, “*o ensino de física real ministrado na maioria das escolas, ainda se resume a um emaranhado de fórmulas*” (SENRA, 2011, p. 9).

Nesse sentido, Rosa & Rosa se manifestam dizendo que:

“entende-se que o ensino de Ciências, e, neste caso específico, o de Física, precisa ser redimensionado, iniciando-se por uma real e efetiva proposta curricular [...], ultrapassando a visão de disciplina vinculada à memorização de nomenclaturas e as listas intermináveis de fórmulas”.(Rosa & Rosa, 2012, p. 1).

Concordando com essa constatação, Sanches e Neves (2011) afirmam que a escola não está preparada para propiciar ao estudante o entendimento para uma nova construção de mundo, quanto mais um ensino de Ciências que possa ser utilizado em sua vida cotidiana.

Diante disso, os autores supracitados afirmam que repensar o currículo do Ensino Médio é a peça chave para tornar o aluno um cidadão pleno, consciente e participativo.

Entretanto, o que se verifica é que:

A situação, hoje, na educação pública brasileira demonstra que os professores possuem formação deficiente, conseqüentemente, os alunos

não consolidam uma base suficiente para a construção não somente do conhecimento da física, mas do conhecimento como uma trama interdisciplinar e doadora de significados ao mundo que os rodeia” (SANCHES; NEVES, 2011, P. 9).

Como uma possibilidade de minimizar tais problemas, surgiu, a partir de 1950, um movimento que buscava aproximar o que se ensina na escola, da sociedade em uma perspectiva CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade, devido o contexto social no mundo naquele período.

Segundo Santos e Mortimer (2000), após a Segunda Guerra Mundial, os trabalhos curriculares em CTS surgiram, devido à necessidade de formar o cidadão em Ciência e Tecnologia, o que não estava acontecendo satisfatoriamente pelo ensino convencional de Ciências.

De acordo com Resquette (2013), esse movimento CTS foi iniciado diante da constatação, de que o desenvolvimento científico e tecnológico estava atrelado à degradação ambiental, pelo uso de fertilizantes químicos e pesticidas, para aumento significativo da produção de alimentos.

Mas, por outro lado, alguns anos depois, foram realizadas alertas sobre o uso indiscriminado desses produtos agrícolas e suas consequências danosas ao meio ambiente e aos seres humanos.

Conforme a autora, essas atitudes promoveram intenso debate entre representantes da indústria química, políticos, cientistas e ativistas. Chegando ao ponto, dos representantes industriais acusarem os defensores da natureza de serem contra o progresso mundial.

A partir de situações como a citada anteriormente, os países industrializados passaram a incorporar a tendência CTS nos seus currículos escolares, enfatizando a alfabetização científica e tecnológica, como parte essencial na formação de todos os cidadãos (RESQUETTE, 2013).

Assim, Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007, p. 72) afirmam que “*Esse movimento tem se manifestado desde 1970, tendo sido base para construir currículo em vários países, em especial os de ciências, dando prioridade a uma alfabetização em ciência e tecnologia interligada ao contexto social*”.

Entretanto, pelo fato do Brasil ter sido uma colônia de Portugal (AULER; BAZZO, 2001), sofreu um grande atraso em relação ao seu desenvolvimento de

Ciência e Tecnologia, devido ao fato de que, em se tratando de educação, os nossos governos priorizaram a importação de conhecimento científico estrangeiro, motivados pelo suprimento do imediatismo e de pressões internacionais em detrimento do reconhecimento dos cientistas nacionais.

No Brasil, os primeiros indicativos sobre CTS surgiram a partir do ano de 1970 (ROSA & ROSA, 2012), pois a Ciência passou a ser vista, como um dos fatores essenciais para o desenvolvimento do país, já que, estava em um período intenso de industrialização.

De acordo com Angotti e Auth (2001), na década de 1970 ocorreram várias manifestações em relação ao meio ambiente, pois de um lado havia as nações bastante preocupadas/cautelosas e do outro lado, os despreocupados/agressivas.

Diante deste cenário, começaram a aparecer às preocupações em relação ao meio ambiente no Brasil, que de acordo com Santos (2007), foram a partir delas, que surgiram as primeiras proposições de inclusão de CTS no currículo de Ciências brasileiro.

Naquele momento, no Brasil, vivenciava-se a ditadura militar, que tinha por foco a industrialização e seguia a ordem de crescimento intensivo a qualquer custo, conforme Angott e Auth (2001).

Neste sentido:

“[...] o ensino de ciências, apoiado nos grandes projetos traduzidos e/ou elaborados no país, nos anos 60 e 70, em que pesam os avanços em conteúdos e metodologias, propunha-se mais a identificar e a seduzir os alunos para as carreiras científicas e tecnológicas do que para induzir discussões de fundo sobre CTS” (ANGOTTI; AUTH, 2001, p. 7).

Percebemos que, apesar de surgirem algumas preocupações, a respeito do ensino de Ciências em relação aos temas ambientais, ainda permanecemos com um ensino propedêutico.

Esse não favorecia o desenvolvimento de uma consciência crítica no aluno, nem levá-lo a pensar em sua realidade circundante em termos de CTS.

Ainda mais, naquele momento, em que visava formar mão de obra barata pela educação profissional técnica.

Nesse contexto, (RESQUETTE, 2013), ainda tiveram grande peso, fatores como a formação deficitária de professores, falta de apoio financeiro às escolas e aumento da diversidade entre os estudantes.

Esses fatores contribuíram para que o ensino de Ciências tivesse baixa aceitação e pouca efetividade em torno dessa perspectiva.

Por volta de 1980, *“o ensino de ciências tomou uma dimensão de produção do conhecimento voltada para os avanços tecnológicos”* (ROSA; ROSA, 2012, p. 8), devido ao vínculo entre Ciência e Tecnologia, foi iniciada a discussão em torno dos benefícios da associação das mesmas para os seres humanos e a sociedade.

Assim, questões que faziam parte do meio social foram elencadas e discutidas, de modo que a sua solução apontasse para uma necessidade de melhora do ensino de Ciências e sua aproximação aos problemas do ambiente, no qual o indivíduo estava inserido.

Em relação ao Brasil, segundo os autores, o ensino de Ciências não conseguiu atingir os níveis desejados em CTS, mantendo-se tradicional e desconectado das concepções modernas de educação daquele momento.

Auler (2002), em sua tese citando Cachapuz, classificou o ensino de três modos e conforme o período que ele foi desenvolvido no sistema educacional brasileiro: até os anos 1980, tivemos o primeiro modo, o ensino era proposto por “aquisição conceitual” pautado na memorização e tradicional.

A segunda teve seu auge nos anos 80 e foi designada de ensino por “mudança conceitual”, baseado em uma concepção progressista de educação, que tentava atuar a partir dos conhecimentos prévios do educando, mas pouco mudou em relação ao tradicionalismo vigente no período anterior.

Na década de 1990 ocorreu o terceiro modo e foi denominado de orientação “pós-mudança conceitual” e, foi nesse último que surgiu efetivamente o enfoque CTS com mudança para o enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), ou seja, o mesmo foi complementado para dar conta de todos os fatores que estavam sendo discutidos em prol do ensino naquele momento.

Auller (2002), também aponta uma série de fatores que influenciaram o ensino de CTS no Brasil, como: a desvinculação da investigação científico-tecnológica do setor produtivo-industrial, a não definição de uma política científico-

tecnológica, obstáculos estruturais, concentração de renda, a globalização e a abertura neoliberal e obstáculo institucional.

Diante desse contexto, o enfoque CTS foi inserido tardiamente e constatado no currículo escolar brasileiro a partir das reformas curriculares da década de 1990 (RESQUETTE, 2013), pois as discussões influenciaram a reformulação dos documentos que regulamentariam a educação brasileira desse período.

“Até então a orientação do ensino de Ciências era bastante tradicional, limitando-se à transmissão de conteúdos através de aulas quase sempre expositivas e ao uso do livro didático como único recurso em sala de aula. A ênfase das atividades ministradas pelo professor recaía na resolução excessiva de exercícios memorísticos e algébricos, desvinculados da realidade do aluno” (RESQUETTE, 2013, p. 40).

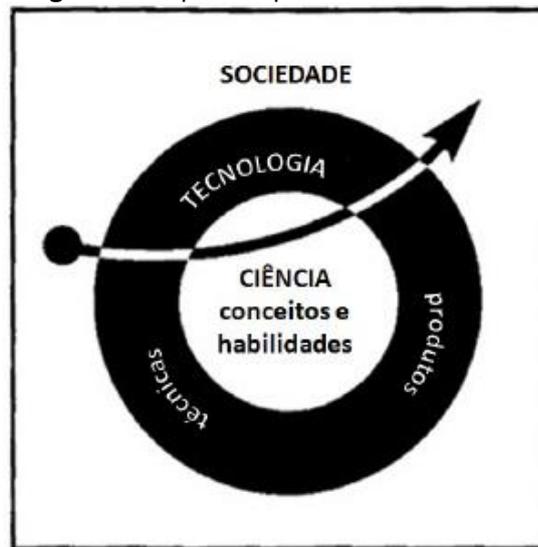
Essas estruturas curriculares tradicionais (ANGONTTI; AUTH, 2001) representam a reprodução de certos valores historicamente determinados, como a cultura da passividade, que reforça uma concepção de sociedade com uma nítida relação de exploração e exclusão.

De acordo com Resquette (2013) a constatação do enfoque CTS se deu no texto dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) para o Ensino Médio, que foi publicado em 1998, trazendo em seu corpo às competências que deviam ser desenvolvidas no ensino de Física e nas demais disciplinas.

Santos e Mortimer (2000) afirmam que a reforma curricular do Ensino Médio, proposta no final da década de 1990 incorporou, em seus objetivos e fundamentos, elementos dos currículos com ênfase em CTS.

Em relação à Diretriz Curricular de Física do Estado do Paraná, constatamos que propõe um ensino que esteja bastante próximo à realidade do educando, e, em alguns momentos, ela apresenta muitos pontos comuns com os objetivos propostos nos PCNs. Entretanto não faz menção alguma sobre o enfoque CTS, reforçando os estudos de Resquette (2013).

Brasil (2014b) defende a inserção do enfoque CTS em sala de aula e que o mesmo seja desenvolvido a partir de uma sequência bem organizada e planejada. Na figura 1, a seguir, apresentamos um esquema simplificado de implementação do enfoque CTS para estudantes do Ensino Médio e que tem sido defendido por esse mesmo autor.

Figura 1: seqüência para o ensino em CTS

Fonte: Brasil (2014b, p.25) apud (AIKENHEAD, 1994, p.57)

Segundo Brasil (2014b), a origem da seta na área branca da figura 2, representa a Sociedade e indica que ao trabalhar com o enfoque CTS, devemos partir de um problema social levantado, incluindo as necessidades ou controvérsias que envolva a comunidade, na qual se atribui algo as Ciências da Natureza (Biologia, Física e Química).

A coroa circular preta representa a Tecnologia, e sugere, de acordo com Brasil (2014b), que para compreender questões sociais é preciso inserir elementos da mesma e suas consequências, quando utilizadas inadequadamente.

O círculo central branco, da figura 2, representa a Ciência com seus conceitos específicos, a tecnologia estudada, e, que ajudam o aprendiz a compreender as dimensões sociais e tecnologias do problema (BRASIL, 2014b).

Para finalizar temos a seta, referente à mesma figura, que termina no domínio da sociedade, consistindo na retomada do problema inicial.

Diante do exposto, é solicitado ao estudante tomar decisões, discutindo, inclusive, políticas que devam ser usadas para determinadas tecnologias.

Acreditamos que o ensino de Física, na perspectiva CTS, deva contribuir para a construção, de uma visão, voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade.

Desta forma,

“[...] para que o ensino de Física contribua na participação do aluno na sociedade de forma mais efetiva, ela não deve ter como objetivo apenas a aprendizagem de fatos, teorias e leis, pois é preciso proporcionar ao aprendiz uma compreensão crítica da natureza da ciência e da tecnologia” (SENRA, 2011, p. 19).

Nesse sentido, Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007), afirmam que é preciso buscar um ensino que propicie condições, para o desenvolvimento de habilidades, por meio de estratégias, muito bem estruturadas e organizadas, levando em conta os conhecimentos prévios dos alunos.

Esses podem ser acessados mediante a contextualização dos temas sociais, a partir do problema que se apresenta, mesmo que sejam discutidos antes do ponto de vista do conhecimento, sejam eles, matemáticos, físicos, químicos, biológicos, etc.

Entretanto, Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007) ressaltam que a utilização do enfoque CTS no Ensino Médio, não pode ser reduzido a mudanças organizativas e de conteúdos curriculares.

Necessita mudanças na metodologia educativa, com objetivo de promover atitude criativa e crítica, na qual será necessária nova postura, perante os conteúdos a serem estudados, pois, a pretensão do ensino CTS é maximizar a participação dos discentes e minimizar a do professor.

Para isso, Azevedo et. al. (2013) afirma que os docentes necessitam de uma formação, que proporcione condições de desenvolver saberes, com significado científico, social e cultural para atender as diferentes realidades, interesses e formas de aprender, o que possibilitará no aprendiz a construção de atitudes e valores para agir no mundo com uma visão mais responsável, cidadã e democrática.

Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007), dizem que o professor é o grande articulador, no ensino que adote o enfoque CTS, pois é ele quem deve garantir a mobilização dos saberes, para o desenvolvimento do processo e a realização de projetos.

Portanto, o docente deve proporcionar ao aluno, meios que estabeleçam conexões entre o conhecimento adquirido e o pretendido, com o objetivo de resolver situações problemas, que estejam de acordo com as condições intelectuais, emocionais e contextuais dos mesmos.

Para que aconteça,

“[...] precisamos de uma imagem de ciência e tecnologia que possa trazer à tona a dimensão social do desenvolvimento científico-tecnológico, entendido como produto resultante de fatores culturais, políticos e econômico. Seu contexto histórico deve ser analisado e considerado como uma realidade cultural que contribui de forma decisiva para mudanças sociais, cujas manifestações se expressam na relação do homem consigo mesmo e com os outros” (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO. 2007, p. 73).

Assim, as aulas de Física estarão abertas ao debate e a discussão sobre o papel e as influências exercidas pelo conhecimento científico na sociedade. Enfatizando a busca da emancipação cultural do educando, conduzindo-o a ser sujeito ativo na construção da sua própria história.

Diante do exposto *“É preciso estimular o aluno a desenvolver adaptabilidade e flexibilidade, formando-o como pessoa que tome decisões humanas na determinação da sobrevivência e da vida na sociedade futura”* (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007, p.79).

Concordando com os autores supracitados, acreditamos que a abordagem CTS em sala de aula, em uma perspectiva crítica, ajudará a ampliar o olhar sobre qual é o papel da ciência e da tecnologia na sociedade, proporcionando discussões sobre questões econômicas, políticas, sociais, culturais, éticas e ambientais.

Contribuindo para a auto formação do aprendiz, estimulando-o a assumir sua condição humana e incentivando-o a tornar-se um cidadão em uma democracia, na qual ele deverá ser solidário e responsável pelas suas atitudes.

1.3 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E MAPAS CONCEITUAIS NO ENSINO DE FÍSICA

O ensino de Física, nos dias atuais, ainda apresenta muitos resquícios de décadas de ensino tradicional e memorístico, tornando-se desgastante e desestimulante para aqueles que não têm muita afinidade com essa área do conhecimento.

Essa visão tradicional e memorística da Física, predominou até a década de 1970, pela *“repetição mecânica de conhecimentos, onde o professor era tido como o retentor das verdades científicas, e o aluno era concebido como mero receptor do conhecimento Físico estabelecido”* (CARVALHO JUNIOR, 2002, p.57).

De acordo com Witkovski (2013), essa concepção começou a ser superada com as teorias críticas e as tendências progressistas em educação.

Foram iniciadas as reflexões entre Ciência e sociedade, sobre o processo de construção do conhecimento científico e os reflexos desses no ensino de Ciências.

Conforme Moreira, Caballero e Rodríguez (1997), os conceitos da teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel são compatíveis com essas tendências, como, por exemplo, com a teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget e a sócio-interacionista de Vygotsky.

Segundo os autores supracitados, as palavras de ordem são aprendizagem significativa, mudança conceitual e construtivismo em termos de ensino e aprendizagem, pois, *“um bom ensino deve ser construtivista, promover a mudança conceitual e facilitar a Aprendizagem Significativa”* (p. 19).

De acordo com esses autores, podemos falar em aprendizagem significativa em distintos referenciais teóricos construtivistas, sendo, imaginada a construção cognitiva dos subsunçores de Ausubel, dos esquemas de assimilação de Piaget, da internalização de instrumentos e signos de Vygotsky, dos constructos pessoais de Kelly, ou dos modelos mentais de Johnson-Laird.

Entretanto Novak vai além e apresenta a aprendizagem significativa como uma integração construtivista de pensamento, sentimentos e ações.

Já Gowin vê uma relação triádica entre docente, materiais educativos e aprendiz, na qual um episódio de ensino-aprendizagem se caracteriza pelo compartilhar de significados entre aluno e professor.

“Aprendizagem Significativa é aquela em que as ideias simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva não quer dizer literal, não ao pé da letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende” (MOREIRA, 2010, p. 2).

Infelizmente, o ensino de Física nas escolas ainda está pautado em resolução de equações, buscando aplicação de conceitos e leis, muito longe do cotidiano dos estudantes e esvaziado de significados.

Ele é chamado por Moreira (2010) de aprendizagem mecânica, praticamente sem significado, puramente memorística, que serve apenas para responder as provas, sendo esquecida e apagada logo após.

Em um linguajar cotidiano, é a conhecida decoreba, tão utilizada pelos discentes e ainda incentivada nas escolas, que no caso da física, foca-se a resolução de exercícios, ressaltando a matematização da mesma.

Essa aprendizagem, na visão de Ausubel, apresenta novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva (MOREIRA; MASINI, 2001).

O autor, mencionado, aponta que a vantagem da aprendizagem significativa sobre a mecânica é a compreensão, o significado, a capacidade de transferência a situações novas.

Posteriormente, a vantagem está na maior retenção e na possibilidade de reaprendizagem em menos tempo do que a aprendizagem original.

Segundo Carvalho Junior (2002), há várias concepções de ensino de Física nos níveis fundamental e médio, porém, podemos dicotomizá-las em Conceitual e Matematizada.

A primeira busca a compreensão dos fenômenos físicos por meio da discussão, do debate e do enfrentamento de posições, na qual as equações físicas são um auxílio no entendimento dessas.

A segunda enfatiza as equações que permeiam a Física, sendo importante memorizar leis e fórmulas que possam ser usadas na resolução de problemas.

Concordamos que, a concepção Conceitual no ensino de Física esteja de acordo com a formação, que queremos proporcionar aos nossos educandos, pois ela pode despertar o interesse do aluno, quando se trabalha próximo da sua realidade.

Busca-se compreender seus conhecimentos prévios sobre o assunto abordado e proporcionar uma aprendizagem significativa.

Conforme Carvalho Júnior (2002, p. 58), *“o trabalho de construção de conceitos valoriza os conhecimentos prévios dos alunos e parte deles para a construção de saberes mais sistematizados”*.

“Em termos de aprendizagem escolar, esta nova concepção sobre a produção do conhecimento em ciências apontou para a importância de considerar, no processo de apropriação do conhecimento, as ideias prévias ou concepções alternativas dos estudantes” (ROSA & ROSA, 2012, p. 15).

Essas concepções prévias podem ser entendidas como os conhecimentos, que o estudante já possui, e que, segundo Moreira, Caballero e Rodríguez (1997), são os chamados de subsunçores por Ausubel, servindo de matriz ideal e organizacional para a incorporação, compreensão e fixação de novos conhecimentos.

Sendo indicativo que o conhecimento, potencialmente significativo, não é arbitrário.

Eles seriam, então, conhecimentos prévios especificamente relevantes para a aprendizagem de outros.

Outro fator é a substantividade, que seria algo novo incorporado à estrutura cognitiva, sendo a substância do novo conhecimento e das novas ideias.

De acordo com Moreira e Masini (2001), o uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva a fim de facilitar a aprendizagem significativa.

Seriam materiais introdutórios apresentados antes do próprio material a ser aprendido, utilizados para facilitar a aprendizagem, na medida, em que funciona como pontes cognitivas.

Para que essa concepção se efetive, em termos de aprendizagem, o professor deverá estar preparado para transgredir, questionar e contrapor vários mitos a respeito do ensino de Física (CARVALHO JUNIOR, 2002).

Proporcionando modos diferenciados de ensino, porque *“a ciência envolve linguagens importantes que contribuem para a formação do cidadão e não somente para a compreensão de processos. Saber o que estamos fazendo amplia nossa capacidade de ser cidadão”* (MENEZES, 2003, p. 20).

Assim, Moreira (2010), afirma que existem duas condições para que a aprendizagem significativa aconteça; a primeira diz que o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e a segunda é que o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender.

Em relação ao material Moreira e Masini (2001), nos diz, que *“O problema, pois da aprendizagem em sala de aula está na utilização de recursos que facilitem a captação da estrutura conceitual do conteúdo e sua integração à estrutura cognitiva do aluno, tornando o material significativo”* (p.47).

Nesse sentido, as Diretrizes Curriculares de Ciências do estado do Paraná apontam que alternativas diferenciadas, tendem facilitar a aquisição dos conhecimentos científicos escolares, tendo em vista que,

“O educando, nos dias atuais, tem mais acesso a informações sobre o conhecimento científico, no entanto, constantemente constrói suas representações a partir do conhecimento cotidiano, formando as bases para a construção de conhecimentos alternativos, úteis na sua vida diária” (PARANÁ, 2008b, p.59).

Assim, não basta buscar, apresentar e trabalhar os conteúdos que estão presentes nas Diretrizes Curriculares, sem mostrar a necessidade dos mesmos na vivência do aluno.

Visto que, para acontecer à aprendizagem significativa, é necessário que esses sejam analisados e abordados, de modo, que, possam formar uma rede de significados.

Essa aprendizagem se efetiva quando o aluno constrói o conhecimento e forma conceitos sólido sobre o mundo, que possibilitarão a agir e reagir diante da realidade (WITKOVSKI, 2013).

“A aprendizagem significativa pressupõe a existência de um referencial que permita aos alunos identificar e se identificar com as questões propostas. Essa postura não implica permanecer apenas no nível de conhecimento que é dado pelo contexto mais imediato, nem muito menos pelo senso comum, mas visa a gerar a capacidade de compreender e intervir na realidade, numa perspectiva autônoma e desalienante. [...] toda aprendizagem significativa implica uma relação sujeito-objeto e que, para que esta se concretize, é necessário oferecer as condições para que os dois polos do processo interajam” (BRASIL, 1999, p.22).

Portanto, se compreender é aprender o significado, e que para aprender o significado de um conceito e/ou de um acontecimento, é preciso entendê-los em suas relações com objetos ou acontecimentos.

Diante disso, o ensino de física deve permitir que o educando conheça as leis gerais da natureza, que regulam o desenvolvimento dos processos, que se verificam, tanto no universo circundante como no universo geral.

Segundo Silva Junior (2010), para ajudar os discentes a construírem conceitos cientificamente corretos, é preciso expô-los a variadas situações para que suas concepções espontâneas aflorem, favorecendo o entender das leis gerais da natureza e esclarecer, com base nelas, processos concretos a partir dessa ciência.

Conforme Witkovski (2013), buscar novas metodologias, que gerem mudanças em sala de aula, é nosso desafio, pois, as mudanças sociais, políticas, econômicas estão acontecendo e o aluno já não é mais o mesmo de décadas atrás.

É nesse contexto, que a autora indica que os mapas conceituais podem ser uma ferramenta útil para favorecer uma aprendizagem significativa, pois, eles, além de auxiliar uma boa hierarquização de conceitos e ajudar na retenção da aprendizagem por um tempo mais prolongado, podem promover maior percepção e capacidade de abordar um problema sobre várias possibilidades.

Portanto, uma revolução significativa para a aprendizagem no processo de educação na área de Física.

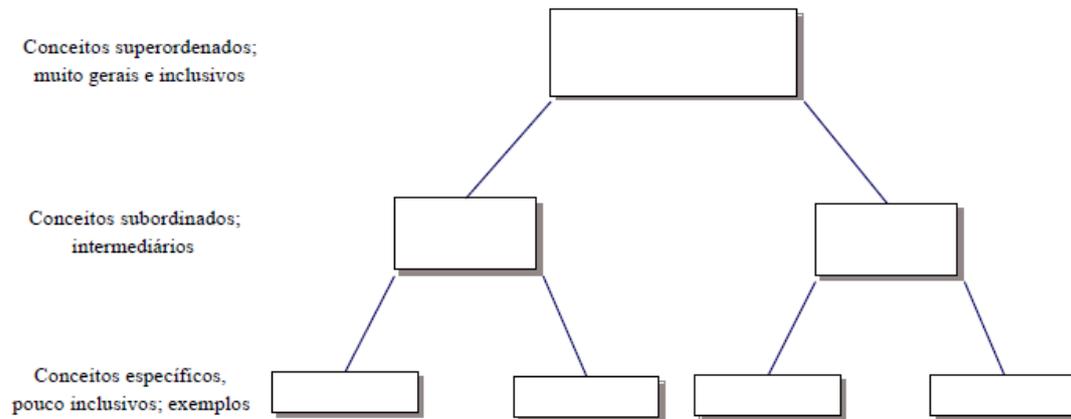
Os mapas conceituais, de acordo com Moreira e Masini (2001), em um sentido amplo, podem ser entendidos como diagramas que indicam relações entre conceitos, mais especificamente, podem ser vistos como diagramas de ordem hierárquica, que refletem a organização conceitual de uma disciplina ou parte da mesma.

Na figura 2, apresentamos um modelo esquemático para nortear a elaboração de um mapa conceitual, de modo que os conceitos mais gerais e abrangentes aparecem no topo do mapa.

Segundo Moreira (2006), utilizando o princípio da diferenciação conceitual progressiva de Ausubel, no eixo vertical, de cima para baixo, aparece outros conceitos descendentes de generalidade e inclusividade, até que na base do mapa, chegamos aos conceitos mais específicos, inclusive com exemplos.

As linhas que aparecem, no modelo da figura 2, ou em outro mapa conceitual qualquer, de acordo com Moreira (2006), sugerem relações entre conceitos, sejam elas verticais, horizontais ou diagonais.

Figura 2: modelo de mapeamento conceitual segundo a teoria de Ausubel



Fonte: Moreira (2006, p. 11)

Os Mapas Conceituais podem ter uma, duas ou três dimensões.

O unidimensional apresenta-se, como uma lista de conceitos, que tendem a apresentar uma organização linear vertical, dando apenas uma visão grosseira da organização conceitual de uma disciplina ou subdisciplina.

O bidimensional é mais utilizado, por ser mais simples e familiar, tendo uma visão horizontal e vertical, permitindo uma representação mais completa das relações, que existem entre os conceitos de uma disciplina.

Já os tridimensionais, de acordo com os autores, seriam abstrações matemáticas de utilidade limitada, para fins instrucionais, perdendo a ideia de representações concretas de estruturas conceituais.

Por se tratar de uma ferramenta metodológica, não existe um único jeito de construir um Mapa Conceitual, pois pode ser usado para uma disciplina toda ou apenas para um conteúdo específico (MOREIRA; MASINI, 2001). Também, existem várias maneiras de traçá-lo, pois não há um modo único de concebê-lo.

Desse modo, especialistas da mesma área produzem mapas conceituais diferentes, pelo fato de cada um ter um entendimento e interpretação diferente para os conceitos chave desta área.

Assim Moreira e Masini (2001) indicam que,

“um mapa conceitual deve ser sempre visto como “um mapa conceitual” e não como “o mapa conceitual” de um dado conjunto de conceitos. Ou seja, qualquer mapa conceitual deve ser visto como apenas uma das possíveis

representações de uma certa estrutura conceitual” (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 52).

Moreira (2010) afirma que essa ferramenta, também pode não alcançar os resultados almejados, quando for utilizada de forma errônea ou equivocada.

Pois, *“Mapas conceituais, por exemplo, também podem incentivar a aprendizagem mecânica na medida em que houver um “mapa correto”, ou um “mapa padrão” que os alunos devem aceitar e memorizar”* (MOREIRA, 2010, p. 23).

Logo, enquanto profissional, o professor precisa lançar mão de recursos diferenciados, que levem o aprendiz a questionar, a construir seu próprio conhecimento e não o conhecimento que reproduza as falas do professor ou textos dos livros didáticos.

Como recurso instrucional, esses mapas podem ser utilizados para mostrar as relações hierárquicas entre os conceitos, seja eles para uma única aula, uma unidade de estudos ou mesmo para todo um curso (MOREIRA; MASINI, 2001). Mostrando relações de subordinação e superordenação, que provavelmente influenciam a aprendizagem de conceitos.

Entretanto, eles não dispensam explicações do docente, como em alguns textos e materiais instrucionais, e podem, segundo esses autores, até serem inseridos no início dos estudos, para dar uma visão prévia aos educandos. Mas esses mapas conceituais devem ser preferencialmente usados, quando há uma familiaridade dos alunos com o assunto desenvolvido.

Dessa forma, o uso de mapas conceituais, segundo Moreira e Masini (2001), está de acordo com o princípio da diferenciação progressiva, proposta por Ausubel, e do ponto de vista instrucional, deve explorar relações entre proposições e conceitos.

Assim,

“embora de acordo com a abordagem ausubeliana se deva com os conceitos mais gerais, é necessário que se mostre logo como estão relacionados os conceitos subordinados a eles e, então, se volte por meio de exemplos, a novos significados para os conceitos de ordem mais alta na hierarquia” (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 56).

Silva e Chirlo (2014), falam que na diferenciação progressiva o conteúdo, dever ser programado, de forma, que os conceitos gerais e inclusivos da disciplina,

sejam apresentados primeiro e progressivamente distinguidos, por meio dos conhecimentos específicos.

Ou seja, os discentes adquirem conhecimentos mais significativos, à medida que são estabelecidas novas relações entre os conceitos apresentados.

Em relação à reconciliação integradora, eles apontam que a apresentação do material deve ser feita por meio da exploração das relações entre as ideias, demonstrando as semelhanças e as diferenças significativas encontradas nos conteúdos estudados.

De certa forma, seria o processo, que o estudante reconhece novas relações entre conceitos, que antes eram vistos isoladamente.

Ao utilizar essa estratégia, do ponto de vista instrucional, Moreira e Masini (2001), afirmam que esses diagramas são vantajosos, porque enfatizam a estrutura conceitual de uma disciplina e o papel dos sistemas no seu desenvolvimento.

Mostram que esses conceitos se diferem em grau de inclusividade e generalidade, pois os apresentam em uma hierarquia, que facilita a aprendizagem, retenção e promovem uma visão integrada, do que foi abordado nos materiais instrucionais.

Por outro lado, podem ser desvantajosos, se não tiver significado para os alunos, sendo encarado como mais alguma coisa a ser memorizada.

Também há o risco ser muito complexos ou confusos, o que dificulta a aprendizagem e a retenção do conhecimento. E se receberem estruturas prontas, propostas pelo docente, poderão inibir a habilidade dos educandos em construir suas próprias hierarquias conceituais.

Ao estudar essa disciplina, o educando será apresentado a princípios, concepções, linguagem, entre outros elementos utilizados pela Física, em que o discurso do professor deve possibilitar a percepção das diferenças entre a sua forma e a forma utilizada pela Ciência, para explicar um determinado fenômeno e os mapas conceituais podem favorecer esse processo.

Assim, *“a facilitação da aprendizagem significativa depende muito mais de uma nova postura docente, de uma nova diretriz escolar, do que de novas metodologias, mesmo modernas tecnologias de informação e comunicação”* (MOREIRA, 2010, p. 23).

Nesse sentido, Paraná (2008a) e Paraná (2008b), em seus textos, afirmam que a Ciência é uma atividade humana complexa, histórica e coletivamente construída, que influencia e sofre influências de questões sociais, tecnológicas, culturais, éticas e políticas.

Esse processo contribuirá para que o aprendiz reformule as suas ideias, tendo em vista o aprendizado científico, verificando a existência de muitos conteúdos que lhes são ensinados na escola, em seu cotidiano.

Principalmente na disciplina de Física, que estuda os movimentos da natureza, sendo importante, que eles compreendam que esses conhecimentos estão em constante transformação.

1.4 A UTILIZAÇÃO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA

Na busca de superar a visão tradicional mecânico e matematizado do ensino de Física, entendemos que, há necessidade de buscarmos e criar novas estratégias, recursos didáticos, que alcancem e favoreçam o aprendizado dessa e das demais disciplinas propostas curricularmente.

Pois *“uma aprendizagem compreensiva, requer que o professor conheça o processo de pensamento do aprendiz, apresente problemas que lhe pareçam interessantes e para os quais ele possa oferecer resposta”* (GOULART, 1985, p.16).

Cabe ao docente pensar e propor recursos metodológicos, favorecendo a compreensão dos conhecimentos escolares ensinados em sala de aula.

Tendo em vista, que não é possível desenvolver uma aula, sem pensar nos recursos didáticos e métodos que serão utilizados, para que a mesma deixe de ser apenas resolução de exercícios.

Logo, Carvalho Júnior (2002), diz que a partir do contexto de uma educação libertária, o ensino de Física não pode se contentar em simplesmente solicitar ao aluno, que memorize equações e utilize-as em problemas elaborados, fora de qualquer contexto.

Pois devemos lutar por um ensino que seja pautado por discussões amplas, com um constante diálogo com o mundo, com a sociedade e com os atores do processo educativo.

Dessa maneira, pensar e planejar torna-se fundamental nesse processo de ensino e aprendizagem e *“correspondem a uma escolha de hipóteses de aprendizagem, de valores e de finalidades no interior das quais se inscreve toda instituição escolar”* (ASTOLFI, 1990, p. 109).

Essas hipóteses referem-se aos mecanismos didáticos utilizados, para que a aprendizagem significativa aconteça e são essas questões, que serão discutidas sobre o ensino de Física.

Em sala de aula, devemos promover a participação do estudante, no envolvimento coletivo de ações, que aproxime e estimule a cooperação mútua entre os alunos, possibilitando o crescimento intelectual e a convivência pacífica, resultando em um ensino e aprendizagem com resultados positivos.

Carvalho (2013), afirma que, atualmente, não é mais possível, simplesmente, transferir o conhecimento de uma geração para outra. Isso porque ocorreu um aumento exponencial do conhecimento produzido.

Portanto, não tendo como ensinar tudo e a todos. Privilegiando os conhecimentos mais fundamentais e também como obtê-los.

Para isso, o docente deverá obter meios, os quais poderão interagir na estrutura cognitiva do aprendiz.

De modo que, o conhecimento prévio do mesmo interaja de forma significativa, com um novo conhecimento que lhe é apresentado, provocando mudanças em sua estrutura cognitiva, para que ocorra a aprendizagem significativa.

Almejando essa interação *“o professor deve dispor de ferramentas que lhes permitam esta gestão do complexo e a rápida tomada de decisão”* (ASTOLFI, p. 122, 1990).

É por meio dessa tomada de decisão, que o professor deve selecionar o método e os recursos didáticos, que favoreçam o aprendizado.

Também que possa dominar os conteúdos a se ensinar, não apenas os que constam nos currículos, previamente postos, mas ter uma visão geral da disciplina, desde a conceituação quanto à aplicação cotidiana dos mesmos.

Pois se pode ganhar o discente, quando ele se interessa pelo seu objeto de aprendizado.

Logo, acreditamos que, a utilização de sequências didáticas pode favorecer o aprendizado da Física, pois, de acordo com Zabala,

“as sequências didáticas, como conjunto de atividades, nos oferecem uma série de oportunidades comunicativas, mas que por si mesmas não determinam o que constitui a chave de todo o ensino: as relações que se estabelecem entre os professores, os alunos e os conteúdos de aprendizagem” (ZABALA, 1998, p. 89).

Assim, a utilização de uma sequência didática em sala de aula englobará todos os possíveis atores e meios que perfazem o processo de ensino e aprendizagem, que não é uma tarefa simples ou fácil para o professor desenvolvê-la.

Sua complexidade se dá porque,

“uma sequência didática pode ser entendida como um recurso metodológico para o ensino, pois possui uma série de atividades devidamente planejadas e inter-relacionadas entre si, sustentada por uma teoria de aprendizagem que permite ao educando a construção dos saberes necessários para uma aprendizagem efetiva” (BATISTA, 2016, p. 41).

De acordo com Carvalho (2013), o planejamento de uma sequência de ensino de Ciências deve objetivar a construção do conhecimento de um conceito pelo aluno.

Necessitando ser iniciado por atividades manipulativas, as quais podem ser um problema apresentado com um experimento, um jogo, ou até mesmo um texto.

Essa ação precisa ser acompanhada pelo docente, para orientar o discente, por meio de questionamentos a tomar consciência de como se resolveu, a partir de suas próprias ações.

Carvalho (2013) aponta que não é uma tarefa fácil, o aluno converter a ação manipulativa para a intelectual. Por isso, o professor necessita compreender a importância do erro na construção de novos conhecimentos.

Assim, o docente deve refletir sobre a aula e por meio da sua interação direta com os alunos, acompanhar os processos realizados.

Em uma perspectiva construtivista, o professor carece promover atividade mental autoestruturante, que possibilite ao aprendiz estabelecer relações, generalizar, descontextualizar e ser autônomo.

Isto é, entenda o que e por que faz em qualquer nível, que esteja seguindo. Porém, se for necessário, ele poderá solicitar ajuda para sanar suas dificuldades. E ao permitir, que ele perceba que aprende, motivá-lo para seguir se esforçando (ZABALA, 1998). “*A interação professor-aluno será produtiva desde que o educando não tenha receio de perguntar e responder*” (RESQUETTE, 2013, p. 121).

“Durante as discussões em sala de aula, as contribuições dos grupos e as conclusões obtidas permitem ao professor introduzir os conceitos, as leis, os modelos e os princípios físicos envolvidos. É importante realizar generalizações das conclusões, de modo a aprofundar a compreensão dos conteúdos” (RESQUETTE, 2013, p. 121).

Diante disso, Sedano (2013), afirma que as sequências didáticas têm por filosofia de trabalho, uma proposta de ensino, com base na investigação, problematização, levantamento das hipóteses, experimentos, trabalhos em grupo, registro por escrito e por desenho das ideias, na pesquisa e socialização dos dados.

De acordo com a autora supracitada, elas são respostas aos pedidos dos professores e contradizem as propostas didáticas para o ensino de Ciências que, ainda privilegiam a quantidade de “conteúdos passados”.

Trata-se de aliar o experimento científico, ao trabalho em grupo e à sistematização do conhecimento com os textos e atividades teóricas.

Portanto, uma sequência didática “*dever ser organizada de acordo com os objetivos que o professor quer alcançar para a aprendizagem de seus alunos, elas envolvem diversas atividades de aprendizagem e avaliações*” (BATISTA, 2016, p. 41-42).

Logo, Zabala (1998) aponta algumas considerações a respeito das diferentes sequências didáticas, para que possamos reconhecer sua validade e que nos dê indicativos para reforçar algumas atividades e/ou acrescentar outras novas.

Assim essas sequências didáticas devem ter atividades:

- as quais permitam determinar os *conhecimentos prévios*, que cada discente possui em relação aos novos conteúdos a serem aprendidos;

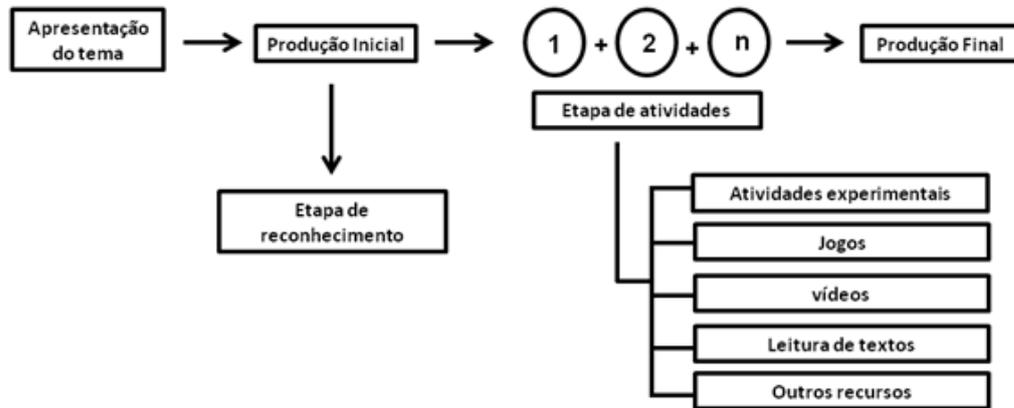
- nas quais os conteúdos são propostos, de forma, *significativa e funcionais* para os educandos;
- adequadas ao *nível de desenvolvimento* de cada aprendiz;
- que apresentem *desafio alcançável* ao aluno, levando em conta, suas competências atuais, possibilitando avançar com o auxílio necessário;
- que provoquem um *conflito cognitivo* e promovam a atividade mental do estudante, estabelecendo relações entre os conhecimentos prévios e os novos conteúdos;
- motivadoras para a aprendizagem dos novos conteúdos, ou seja, promovam uma *atitude favorável*;
- nas quais o discente perceba que seu esforço valeu a pena, ou seja, estimule a *auto-estima* e o *autoconceito*;
- que ajudem o aluno *aprender a aprender*, favorecendo o ganho de habilidades, permitindo ser mais autônomo em suas aprendizagens.

A vantagem, das sequências didáticas para a análise da prática em sala de aula, é permitir o estudo e a avaliação sob a perspectiva processual, pois inclui as fases de planejamento, aplicação e avaliação (ZABALA, 1998).

A respeito desse planejamento, não existe uma maneira específica para o desenvolvimento de uma sequência didática, mas alguns passos são importantes a serem seguidos, para que ele possa atingir os objetivos almejados.

A figura 3, a seguir, apresenta quatro etapas sugeridas por Batista (2016) e que devem fazer parte de uma sequência didática, para atingir seus objetivos.

Figura 3: representação reduzida das etapas da sequência didática



Fonte: Batista (2016, p. 42)

A primeira etapa, segundo Batista (2016), consiste na apresentação do tema por parte do professor.

A segunda é chamada pelo autor de etapa de reconhecimento, pois, é o momento, em que tenta-se mapear, quais são conhecimentos prévios dos educandos.

E nessa, realiza-se a produção inicial em relação ao trabalho, podendo lançar mão de diversas estratégias e recursos, para que os aprendizes possam se expressar acerca do tema (BATISTA, 2016).

Na terceira, ocorre a organização e sistematização dos conhecimentos, portanto, o momento em que o aluno deverá estudar o conteúdo propriamente dito.

Batista (2016), afirma que é o momento mais difícil de ser planejado, pois é aqui que os conteúdos serão desenvolvidos e o professor deve ter clareza sobre o que e como, os estudantes deverão aprender com a sequência didática.

Em relação aos conteúdos, Zabala (1998) nos diz que esse termo, foi muito utilizado, para expressar o que se deve aprender, principalmente, em relação aos conhecimentos das disciplinas clássicas, como conceitos de conhecimentos, de nomes, princípios, enunciados e teoremas.

O autor acima mencionado, afirma que devemos abandonar essas concepções restritas e entender o termo “conteúdo”, como tudo quanto se tem que aprender, para alcançar determinado objetivo, sendo ele de capacidade cognitiva,

mas também capacidades motoras, afetivas, de relação interpessoal e de inserção social.

“As condições de uma aprendizagem de conceitos ou princípios coincidem exatamente com as que foram descritas como gerais e que permitem que as aprendizagens sejam o mais significativa possível. Trata-se de atividades complexas que provocam um verdadeiro processo de elaboração e construção pessoal do conceito” (ZABALA, 1998, p. 43).

De acordo com Batista (2016), Zabala (1998) classifica os conteúdos em três diferentes categorias, a fim de responder “*o que os alunos devem aprender ao final de uma sequência didática*”?

São conteúdos conceituais (o que se deve fazer), os conteúdos procedimentais (o que se deve saber fazer) e os conteúdos atitudinais (como se deve ser).

Zabala (1998), afirma que há priorização dos conteúdos conceituais, pois esses estabelecem relações para uma construção pessoal, sendo que, sua aprendizagem, quase nunca, pode ser dada como acabada.

Pois há, sempre, a possibilidade de ampliar e aprofundar o conhecimento e fazê-lo mais significativo.

Em relação aos conteúdos procedimentais, o autor afirma que são um conjunto de ações ordenadas e com um fim, quer dizer, dirigidas para a realização de um objetivo.

Dessa maneira, a realização de ações, que formam os procedimentos é uma condição para que aprendizagem, assim como a exercitação múltipla é imprescindível para o domínio.

E por último, Zabala (1998) trata dos conteúdos atitudinais, que agrupam valores, atitudes e normas.

Valores são os princípios ou ideias éticas, que permitem as pessoas emitir um juízo sobre as condutas e seu sentido.

As atitudes são as formas como cada pessoa realiza sua conduta, de acordo com os valores determinados.

As normas são as regras, que todos os pertencentes do grupo social devem seguir.

Segundo Batista (2016), se todas essas etapas estiverem contempladas na proposta da sequência didática, a mesma atingirá o fim educacional, para a qual foi planejada.

O autor afirma que, nessas etapas, serão utilizadas as diversas estratégias didáticas, a fim de contemplar os tipos de conteúdos, que foram descritos, pois,

“procura-se trabalhar os problemas que apareceram na produção inicial e dar aos alunos os instrumentos necessários para superá-los. O professor nesse momento da atividade avalia as principais dificuldades da expressão oral ou escrita dos alunos, construindo diversas atividades e estratégias para trabalhar a superação de cada problema” (BATISTA, 2016, p.44).

Ao surgir dúvidas, que são ocorrências muito comuns na Física, elas poderão ser aproveitadas, para as reflexões sobre o problema a ser analisado.

Por outro lado, o professor não deve esquecer que ao trabalhar com a vivência do aprendiz, deverá problematizá-la. Fazer dela, ponto de partida, para trazer à sala de aula, os conhecimentos científicos, aproveitando os empíricos, que o educando possui, mediando, de modo, que haja uma superação desses.

A quarta e última etapa, é o momento em que ocorre a avaliação final de toda a sequência didática, por isso, Batista (2016) chama-a de produção final.

Nessa, o professor analisará os avanços obtidos pelos alunos em relação a sua produção inicial.

Para isso, poderá utilizar mapas conceituais, produção de histórias em quadrinhos, júri simulado, entre outros recursos, que julgar necessário, para verificação das novas representações dos educandos, acerca do conteúdo estudado, sua autonomia, seus questionamentos, a sua interação com os colegas de classe, ou seja, sua capacidade de síntese em relação aos conhecimentos estudados.

2 INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

O avanço científico contribuiu muito para o desenvolvimento da sociedade na busca do conhecimento.

Se atualmente podemos usufruir de equipamentos e tecnologias, que só eram vistos em filmes de ficção científica futurista, é porque no passado, esses foram sonhos tecnológicos de pessoas, que almejavam falar a longas distâncias, transmitir informações com rapidez e/ou produzirem uma simples luz artificial.

Hoje soa como algo tão simples aos nossos sentidos, entretanto, no início do século XIX, era um mundo ainda a ser descoberto.

Segundo Santa'Anna et. al (2013, p. 219), *“até o século XIX, eletricidade e magnetismo ainda eram vistos como dois campos responsáveis por fenômenos que pouco se relacionavam”*, embora estudos, sobre esses dois campos do conhecimento, foram desenvolvidos concomitantemente.

O autor afirma que, pelos estudos e as descobertas de Oersted, Ampère e de Faraday, percebeu-se que esses conceitos se entrelaçavam, necessitando encontrar uma formulação teórica, que unificasse essas duas áreas do conhecimento, porque, de acordo com Torres et. al. (2012, p.125), *“Apesar da significativa contribuição de Oersted, Ampère e Faraday para o desenvolvimento da Eletricidade e Magnetismo, suas descobertas formavam um conjunto de fatos isolados, destituídos de base teórica”*.

Os cientistas da época, conforme Bonjorno et. al (2013), procuravam consolidar os conhecimentos teóricos e experimental sobre a Eletricidade e Magnetismo, nas universidades, e, paralelamente a isso, fora desse meio, inventores e laboratórios de empresas privadas, já buscavam a aplicação prática e comercial.

Bonjorno et. al. (2013, p. 144), afirma que a partir daí, *“foram desenvolvidos aparelhos e dispositivos elétricos que começaram a mudar completamente a vida das pessoas”*.

Sabemos que o Eletromagnetismo tem um campo vasto de aplicações na vida do homem contemporâneo, que é difícil pensar, como seriam nossas vidas, sem o desenvolvimento desse conhecimento.

Entretanto, sua aplicação exigiu e exige muitos estudos em vários campos.

A partir de agora, estudaremos uma área de fundamental importância nesse meio, que são as ondas eletromagnéticas.

2.1 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Um dos fenômenos eletromagnéticos mais importantes e conhecidos, a indução eletromagnética, foi descoberta e estudada, quase simultaneamente por Faraday e Henry, por volta de 1830, mesmo esses trabalhando separados.

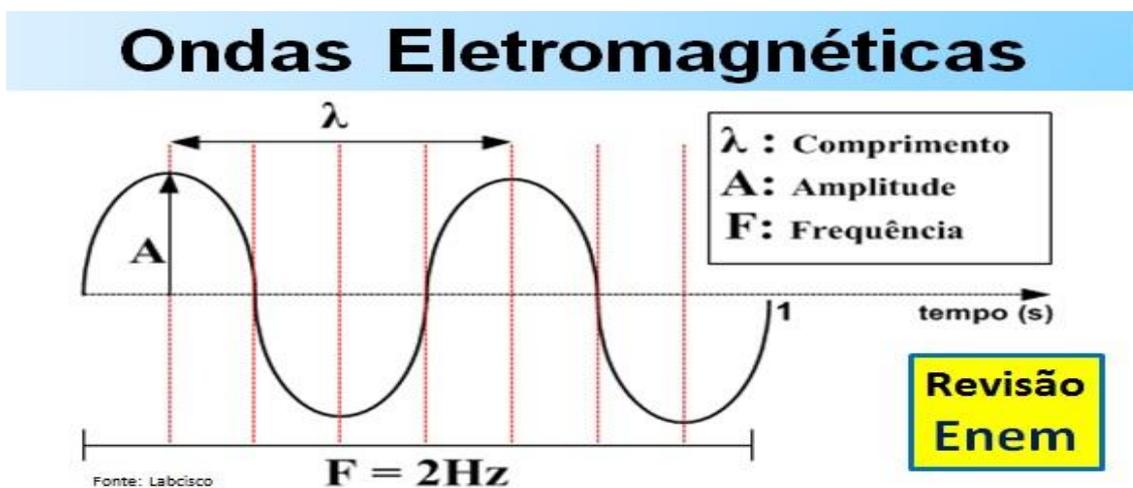
Conforme Torres et. al. (2013), a indução eletromagnética pode ser simplificada dita, como a geração de uma corrente elétrica, a partir da variação do fluxo magnético.

Se há corrente elétrica, também, se produz um campo elétrico, que impulsiona as cargas elétricas, ou seja, um campo elétrico é gerado pela variação do fluxo magnético sem a presença de cargas elétricas nas proximidades.

O autor supracitado, diz que esse fenômeno é à base de quase toda a tecnologia eletroeletrônica, que desfrutamos, como motores, geradores, transformadores.

Para melhor compreender uma onda eletromagnética, devemos observar a figura 4, a seguir, e compreender alguns de seus conceitos fundamentais, tais como comprimento, frequência e amplitude, que estão bem representados na mesma.

Figura 4: ondas eletromagnéticas



Fonte: web 1

Observando a figura 4, verificamos as características de uma onda qualquer, que se estendem às ondas eletromagnéticas e serão apresentadas a seguir, conforme Hewitt (2009).

A linha tracejada é utilizada como ponto intermediário das vibrações de uma onda, que facilita identificar seus componentes, nos quais os pontos mais altos acima são chamados de cristas e os mais baixos de ventres.

A partir desses conseguimos mostrar que:

- 1- Comprimento de onda (λ): é a distância que vai de uma crista/ventre adjacente até outra(o), ou de forma equivalente, a distância entre quaisquer duas partes idênticas e sucessivas da onda;
- 2- Amplitude (**A**): é a distância máxima da linha tracejada, seja pela crista ou pelo ventre, em outras palavras, podemos dizer que a amplitude é igual ao máximo afastamento em relação ao equilíbrio;
- 3- Frequência (**F**): é a taxa de repetição de uma determinada vibração ou o número de execuções (ciclos, oscilações) por unidade de tempo.

Apesar de não aparecer na figura 4, devemos, também, tratar do período (**T**), que é o tempo necessário, para uma vibração (frequência) completa, ou um ciclo completo, mantendo uma relação direta com a mesma. O período pode ser calculado a partir da frequência, e vice versa a partir da relação: período = $1/F$ ou frequência = $1/T$.

A unidade de frequência no Sistema Internacional de Unidades é o hertz (**Hz**), em homenagem a Heinrich Hertz, que demonstrou a existência das ondas de rádio em 1886.

Portanto uma vibração por segundo equivale a **1 hertz**, duas vibrações por segundo, a **2 hertz**, e assim por diante como quilohertz (**kHz**), mega-hertz (**MHz**) e etc.

2.1.1 Breve histórico da junção onda e luz

A luz pode ser o fenômeno físico mais remoto da humanidade. De acordo com Silva (2006), as questões relacionadas à sua origem e natureza, têm sido causa de muitas reflexões.

Ela está presente, cotidianamente, na Terra e sua existência está associada, de certa forma, a existência de todas as coisas do Universo.

O autor, acima mencionado, ainda diz que na civilização ocidental, os gregos já afirmavam ser a matéria constituída por partículas e a concebiam como parte de um dos quatro elementos, que ao lado do calor, seria uma manifestação do fogo.

Na escola pitagórica, a luz teria origem no olho, saindo dele e atingindo os objetos e regressando ao mesmo, sendo, portanto a visão.

Já Platão, propôs uma concepção intermediária, na qual os raios eram emitidos tanto no olho quanto nos objetos luminosos e a sensação da visão era atribuída ao encontro desses.

Silva (2006), argumenta que Aristóteles tinha uma visão contrária e defendia a teoria que o objeto luminoso vibrava, colocando em vibração, um meio indefinido, o qual, por sua vez, provocariam movimentos que entrariam na composição do olho.

O questionamento a respeito da natureza da luz, sempre foi um campo de grandes disputas.

Segundo Silva (2006), estão registrados por mais de quatrocentos anos, uma disputa, que, em alguns momentos, teve conotação mais política do que científica a respeito das teorias corpuscular e ondulatória.

No presente trabalho, não faremos um estudo mais profundo, sobre esse tema naquele período.

De uma maneira geral, qualquer coisa que oscile, em qualquer direção e de qualquer modo, pode-se dizer que está vibrando, isto é, realizando uma oscilação em função do tempo.

Essa oscilação, em função do tempo e também do espaço, é o que podemos chamar de onda.

Hewitt (2009) diz que a luz e o som são vibrações, que se propagam, através do espaço como ondas, mas que são dois tipos bem diferentes, pois o som se propaga apenas no meio material, enquanto que a luz se propaga nesses meios e também no vácuo, como uma vibração de pura energia.

Mas essa concepção de som e luz fazendo parte das ondas eletromagnéticas, não se deu ao acaso. Muitos estudos foram realizados por meio do tempo, até que

ela fosse realmente aceita e fundamentada, no campo do conhecimento científico, e, para isso, grandes nomes fizeram parte da construção.

Um dos cientistas a se interessar pelos assuntos relacionados à luz foi Isaac Newton, que no Século XVII, realizou várias experiências sobre a formação de cores e a propagação da luz.

Em um livro intitulado *Opticks*, ele explicou a formação e a separação de cores por um prisma, afirmando por meio de experimentos, que a luz seria composta de partículas submicroscópicas, que se propagaram sempre em linha reta.

Segundo Horowicz (1999), desde que Newton apresentou sua teoria corpuscular da luz, muitos pesquisadores passaram a questioná-la.

Um dos primeiros a fazer isso foi Robert Hooke (1635-1703), pois acreditava que a luz se propagava como uma onda.

Para justificar a propagação no espaço interplanetário, supôs que esse não era vazio, e sim, preenchido com uma substância chamada de éter, que fora inventada, na realidade, para justificar a hipótese ondulatória da luz.

O autor, acima mencionado, ressalta ainda, que o problema dessa teoria era não haver qualquer evidencia da existência do éter.

De acordo com Horowicz (1999), outro a questionar a teoria corpuscular da luz foi o astrônomo holandês Christiaan Huygens (1629-1695), descrevendo que a luz era uma onda, que se propagava em todas as direções (tridimensional) e fez essa constatação, observando a chama de uma vela acesa.

Francesco Grimaldi (1613-1669) observou que em certas condições a luz poderia contornar um obstáculo. Esse efeito foi chamado de difração, sendo um fenômeno conhecido no som, mas que era difícil de ser observado na luz.

Horowicz (1999) afirma que esse fenômeno, descoberto por Grimaldi, poderia ter colocado em “xeque” os argumentos, que a luz se propagava em linha reta, descritos na teoria corpuscular.

Entretanto, como Newton, naquela época, tinha uma grande importância na comunidade científica, às teorias ondulatórias encontraram muita resistência, devido sua oposição à teoria corpuscular descritas na obra *Opticks*.

Horowicz (1999) aponta que foram necessários mais de cem anos, para que a teoria ondulatória pudesse ser satisfatoriamente demonstrada por Thomas Young (1773-1829).

Ele sendo físico e médico, estudou a natureza da luz, por se interessar pela visão, que o levou em 1803 a realizar uma experiência, hoje conhecida como experiência de Young (Dupla Fenda), que mostrou de forma eloquente a natureza da luz.

“Na experiência de Young foi observado nitidamente faixas claras e escuras, conhecidas como *franjas de interferência*, o que não deixava dúvidas da natureza ondulatória da luz: se a luz fosse constituída de partículas, quando duas “partículas de luz” chegassem juntas num ponto poderiam talvez produzir uma intensidade maior, mas é difícil imaginar duas “partículas de luz” resultando numa sombra. Três séculos e meio depois de formulada, a teoria corpuscular da luz caía por terra!” (HOROWICZ, 1999, p. 19).

A grande mudança, conforme Horowicz (1999), ocorreu em 1860, quando o físico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879) concluiu, que a luz era uma forma de radiação eletromagnética.

No período entre 1864 e 1873, ele formulou uma teoria, que descrevia, por meio das mesmas leis, os fenômenos de eletricidade e os de magnetismo, criando, assim, o que chamamos, hoje, de Eletromagnetismo.

Logo, a unificação das teorias elétricas e magnéticas possibilitou mostrar, que os efeitos aparentemente diferentes como, por exemplo, a atração de um ímã e a corrente elétrica, são apenas faces de um mesmo fenômeno.

De acordo com Torres et. al. (2013, p. 125),

“desde o início do século XIX, em virtude dos fenômenos da interferência, da dispersão e da polarização, já se sabia que a luz era uma manifestação ondulatória que, de algum modo, estava ligada à eletricidade e magnetismo. Além de demonstrar formal e definitivamente que a luz, eletricidade e magnetismo estão intimamente relacionados, o trabalho de Maxwell também anunciou a possibilidade de campo elétricos e magnéticos oscilantes se propagarem pelo espaço com velocidade igual à da luz. Nascia, assim, a ideia das ondas eletromagnéticas”.

Maxwell foi capaz de deduzir, a partir de suas equações, que as ondas podem se propagar no vácuo (caindo à teoria do éter) e pôde calcular, qual seria a velocidade dessas, chegando a um valor muito próximo ao da velocidade da luz, no qual já era conhecido na época.

Afirmar que a luz, também, era uma radiação eletromagnética, que se propagava no vácuo, segundo o autor Torres et. al. (2013), foi mostrado vinte anos depois.

A teoria de Maxwell, de acordo com Horowicz (1999), previa ainda outro fenômeno desconhecido naquele período, pois da mesma forma, que podíamos ter ondas em frequências visíveis, deveríamos ter “ondas invisíveis” em outras frequências, ainda não identificadas.

O autor supracitado diz que a compreensão do fenômeno da luz, não se encerrou com as observações de Young, porque já no início do século XX, a teoria quântica viria a revolucionar vários conceitos, contradizendo os conhecimentos estabelecidos à época.

Atualmente, a luz é descrita se comportando ora como partícula (fóton) ora como onda, isto é, depende da experiência que esteja se fazendo.

Segundo Hewitt (2009), o fato de que a luz exiba tanto comportamento ondulatório quanto corpuscular foi uma das mais interessantes surpresas, do início do século XX.

2.1.2 Equações de Maxwell

Seria difícil imaginar a sociedade atual sem as facilidades proporcionadas por dispositivos como o rádio, a televisão, o telefone e os aparelhos de Raios-X.

De acordo com Stefanovits (2013), o funcionamento de todos esses dispositivos tem relação direta com as ondas eletromagnéticas, cuja primeira conceituação foi sugerida por Maxwell, com base em suas equações.

O autor, acima mencionado, afirma que muitas descobertas foram realizadas no mesmo período histórico, entre os séculos XVIII e XIX. Entretanto o trabalho mais importante da época, possivelmente, foi publicado na segunda metade do século XIX, as chamadas equações ou leis de Maxwell.

Logo, Torres et. al. (2013), afirma que no artigo, de 1873, Maxwell estabeleceu uma forma simples de escrever o que se sabia, até então, sobre Eletricidade e Magnetismo.

Foi um método para resumir com precisão, todos os resultados dos experimentos realizados com fios, correntes elétricas e ímãs.

Surgiram, assim, as quatro equações de Maxwell, para descrever o comportamento da Eletricidade e do Magnetismo, em um meio material, podendo ser expresso, de forma relativamente simples, o significado de cada uma delas:

$\oint_S \mathbf{E} \cdot \mathbf{n} \, dA = \frac{q}{\epsilon_0}$, o fluxo elétrico fora do volume arbitrário é igual a $\frac{1}{\epsilon_0}$, vezes a carga total dentro do volume.

$\oint_S \mathbf{B} \cdot \mathbf{n} \, dA = 0$, o fluxo magnético fora do volume arbitrário é igual a carga magnética total no volume. O fluxo deve ser zero devido à inexistência de cargas magnéticas. Portanto, os fluxos para dentro e para fora do volume devem sempre ser iguais.

$\oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = - \frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot \mathbf{n} \, dA$, a integral de linha de $\mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$ em torno de uma trajetória fechada é igual a razão de variação no tempo do fluxo magnético através da área encerrada pela trajetória.

$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \left(i_c + \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int_S \mathbf{E} \cdot \mathbf{n} \, dA \right)$, a integral de linha de $\mathbf{B} \cdot d\mathbf{l}$ em torno de uma trajetória fechada é igual a μ_0 vezes a soma das correntes de condução e deslocamento "(MCKELVEY e GROTH, p.1280,1981).

Essa teoria tinha uma sólida argumentação matemática e conseguia dar conta dos fenômenos conhecidos sobre a luz, até aquele momento, produzindo um resultado, que poderia ser verificado experimentalmente.

De acordo com Torres et. al. (2013), as equações foram resultados, de uma inumerável quantidade de experiências de laboratório realizadas por cientistas.

Essa descrição vaga, qualitativa, que apresentamos, pode ser representada, de maneira exata e quantitativa, com as demonstrações dessas equações, mas que não é o objetivo desta pesquisa.

Ao reunir as descobertas de Ampère, Faraday e Gauss, Maxwell acrescentou sua contribuição fundamental, para o avanço dos conhecimentos, naquele momento, propondo a hipótese, de que a variação de um campo elétrico poderia produzir em campo magnético induzido.

Fazendo as relações entre campos elétricos e magnéticos e suas fontes, formulou a base de Eletromagnetismo Clássico.

Por meio de suas equações, foi prevista a existência das ondas eletromagnéticas, desconhecidas até aquele momento.

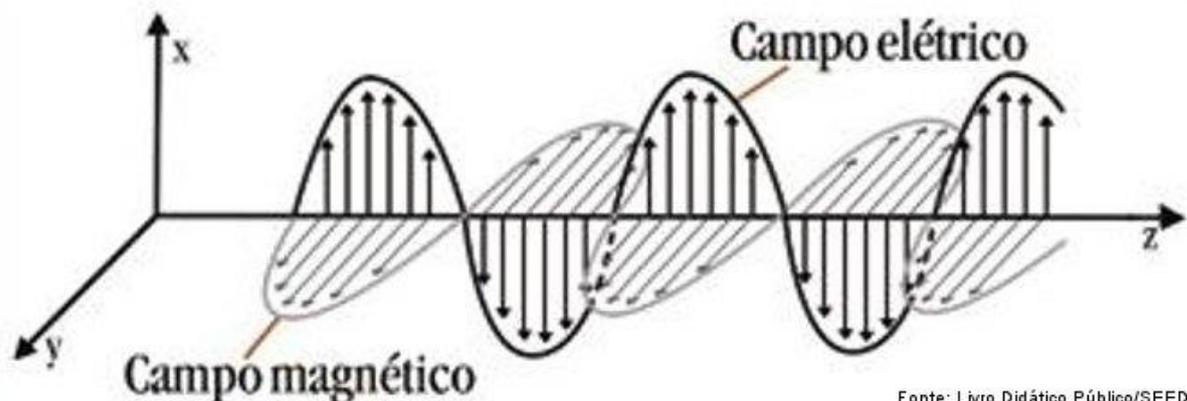
Descobriu que elas se assemelhavam às características da luz, que já eram estudadas por outros físicos.

Diante disso, Stefanovits (2013, p. 177) diz que Maxwell “*propôs que a luz seria um tipo de onda eletromagnética, ele unificou não somente a eletricidade e o magnetismo, mas também a óptica*”.

Quando aplicou suas equações, a perturbações de campo elétrico variável, que produziu campo magnético induzido e vice-versa, ele “*percebeu que elas incorporavam um caráter ondulatório, transportavam energia e estavam sujeitas aos fenômenos de reflexão, refração, difração e interferência, como quaisquer ondas conhecidas*” (STEFANOVITS, 2013, p. 178).

A figura 5 apresenta um modelo de representação dessa onda eletromagnética, mostra que o campo magnético e campo elétrico são perpendiculares entre si e ambos são perpendiculares na direção de propagação.

Figura 5: representação de onda eletromagnética



Fonte: web 2

De acordo com Stefanovits (2013), os módulos dos campos oscilam em concordância de fase, pois, quando um apresenta módulo máximo, o outro está em mínimo.

A distância entre dois pontos do campo magnético e/ou do elétrico, que têm o mesmo módulo, mesma direção e mesmo sentido é definida, como o comprimento de onda.

Ao aplicar suas equações a esses campos, Torres et. al. (2013, p. 126), afirma que:

[...] Maxwell descobriu que o resultado da interação desses campos variáveis era a produção de ondas de campos elétricos e magnético. Essas ondas poderiam propagar-se até mesmo pelo vácuo e apresentavam propriedades típicas de uma onda mecânica, como reflexão, refração, difração interferência e transporte de energia. A essas ondas Maxwell deu o nome de **ondas eletromagnéticas**.

Essas ondas, previstas pelo cientista, foram chamadas de ondas eletromagnéticas.

Considerando que elas eram transversais e movimentavam-se com a velocidade da luz.

Observando a figura 5, podemos verificar que a distância entre dois pontos de máximo vizinhos, sejam eles do campo elétrico ou do campo magnético, correspondem ao que chamamos de comprimento de onda (λ), da onda eletromagnética, valendo assim, a equação fundamental das ondas: $v = \lambda \cdot f$, em que f é a frequência, que os campos variam.

Torres et. al. (2013) afirma que a partir das equações, Maxwell pôde estabelecer uma relação entre a intensidade **E** do campo elétrico e a intensidade **B** do campo magnético: $E/B = v$, onde v é a velocidade de propagação da onda eletromagnética.

Ele ainda demonstrou que, no vácuo, seja qual for a onda eletromagnética considerada, sua velocidade de propagação era constante e com o valor de $v = 3.10^8$ m/s, valor esse idêntico ao valor de propagação da luz no vácuo, que era conhecido com grande precisão naquela época.

Assim, *“No vácuo, toda onda eletromagnética se propaga com o mesmo valor. Elas diferem entre si em suas frequências”* (HEWITT, 2009, p. 289). Esse valor de propagação é de aproximadamente $c = 3.10^8$ m/s, onde c é indicada para representar a velocidade da luz no vácuo.

A partir dos trabalhos de Maxwell, ficou evidenciada a natureza eletromagnética da luz, pois unificou as teorias, não só da Eletricidade e do Magnetismo, mas também a da Óptica, que, até então, eram estudados separadamente.

Esses três campos passaram a ser entendidos como aspectos de um único fenômeno: **as Ondas Eletromagnéticas**.

2.2 O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Os trabalhos de Maxwell obtiveram evidências experimentais, segundo Torres et. al. (2013), com o físico alemão Heinrich Rudolf Hertz em 1887.

Esse detectou experimentalmente as ondas eletromagnéticas, oito anos após a morte de Maxwell.

Suas pesquisas levaram-no a produzir ondas eletromagnéticas, detectá-las e até mesmo descobrir suas frequências.

De acordo com Vargas (1996), Hertz realizou experiências sobre a propagação das ondas eletromagnéticas, utilizando como transmissor pontas metálicas, pela quais saltavam faíscas elétricas e como receptor, utilizou espiras metálicas, demonstrando que suas ondas refletiam-se contra placas metálicas.

O autor, supracitado, diz que Hertz tentou medir, se a velocidade de propagação dessas ondas era igual à velocidade de propagação da luz. Mas isso só foi provado depois, por outros pesquisadores.

Em 1888, Hertz apresentou os resultados de seus experimentos ao Congresso da Sociedade Alemã para o Progresso da Ciência, que os reconheceu imediatamente.

Conforme Torres et. al (2013), esse reconhecimento tornou-se ainda maior, quando as ondas passaram a ser conhecidas como ondas hertzianas.

Elas, por muito tempo, receberam esse nome e tiveram grande importância para a confirmação da teoria de Maxwell, sendo conhecidas, atualmente, como ondas de rádio.

De acordo com Horowicz (1999, p. 20), *“a onda eletromagnética não apresenta um movimento material que possamos acompanhar, todos os conceitos introduzidos para as ondas mecânicas continuam válidos”*, pois, a onda eletromagnética tem características de uma onda, ou seja, frequência, período e uma velocidade de propagação.

Porém, existem várias faixas de frequências eletromagnéticas, desde as ondas de rádio, até os raios gama.

Observando que a luz é considerada uma radiação na “faixa do visível” para o ser humano e que se difere para outros animais.

Toda essa faixa de comprimento de onda é conhecida como espectro eletromagnético.

“O espectro eletromagnético é constituído por ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda que variam numa faixa extremamente ampla. As várias faixas de comprimento de onda ou frequência receberam denominações especiais” (OKUNO; VILELA, 2005, p. 9).

Ainda sobre o espectro, Hewitt (2009, p. 290) argumenta que,

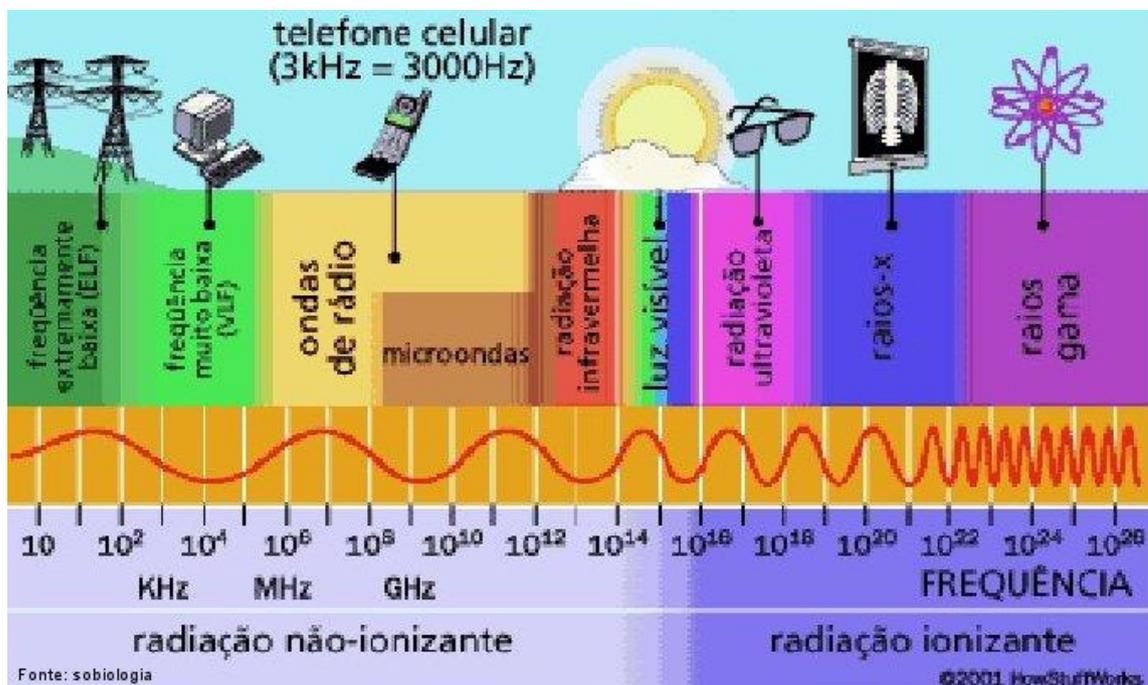
“é uma faixa contínua de ondas que compreende desde ondas de rádio até os raios gama. Os nomes descritivos de suas várias partes constituem simplesmente uma classificação histórica, pois todas as ondas são de mesma natureza básica, diferindo principalmente em frequência e comprimento de onda; todas as ondas eletromagnéticas tem o mesmo valor de velocidade”.

Essas denominações podem ser observadas na figura 6, que apresenta uma organização do espectro eletromagnético, com algumas aplicações cotidianas.

O autor, acima mencionado (p. 289), informa que “A *classificação das ondas eletromagnéticas de acordo com a frequência é o espectro eletromagnético*”.

Isso fica bem evidente, quando observamos a próxima figura:

Figura 6: espectro eletromagnético



Fonte: web 3

Okuno e Vilela (2005, p. 9) afirmam que “*A separação entre as faixas não é muito rigorosa, podendo sobrepor, uma vez que ela foi feita por motivos históricos do que propriamente físicos ou biológicos*”.

Entretanto Sant’anna (2013), argumenta que, costuma-se dividir o espectro eletromagnético em faixas de frequências, na qual se agrupam as ondas, com propriedades semelhantes.

Assim, o espectro eletromagnético é constituído por ondas de rádio, de TV, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, Raios X e raios gama.

Cronologicamente, Okuno e Vilela (2005) informam que a primeira onda descoberta foi à radiação infravermelha em 1880, em sequência, a luz.

Em 1881 descobriu-se a radiação ultravioleta; alguns anos mais tarde, respectivamente, em 1888 as ondas de rádio, em 1895 a radiação X, em 1900 a radiação gama e as micro-ondas em 1932.

Analisando a figura 6, podemos notar que as ondas eletromagnéticas também são separadas em dois tipos de radiações: não **ionizantes e ionizantes**.

Essas autoras nos dizem que, a radiação é classificada ionizante, quando a radiação eletromagnética interage com a matéria e tem energia suficiente, para arrancar elétrons dos átomos, que a constituem, transformando-os em íons.

Entretanto, quando a energia da radiação não for suficiente para a produção desses íons, ela é classificada como não ionizante.

Diante disso, Okuno e Vilela explicam que,

“Um outro tipo de interação que ocorre é a excitação, em que um elétron não é arrancado do átomo, mas é excitado, passando de seu nível fundamental para níveis mais energéticos, denominados níveis excitados. Este elétron volta ao estado fundamental em um intervalo de tempo da ordem de 10^{-8} s, emitindo um fóton de luz” (OKUNO; VILELA. 2005, p. 17).

Assim, dentro do espectro eletromagnético, apenas os Raios X e Raios gama são considerados ionizantes, ou seja, possuem uma alta frequência, o que lhes concerne uma alta quantidade de energia, capaz de realizar a retirada de elétrons dos átomos.

A caracterização das ondas eletromagnéticas, na região de frequência baixa, que compreende desde zero (0) **hertz** (Hz), até o início da radiação infravermelha é comumente feita em termos de frequência.

A região contendo a radiação conhecida como óptica, que é composta por radiação infravermelha (**RIV**), luz visível e raios ultravioletas (**RUV**), é usualmente caracterizada pelo comprimento de onda.

Isso é confirmado por Hewitt (2009), pois segundo ele,

“As frequências mais baixas de luz que podemos enxergar aparecem como luz vermelha. As frequências mais altas de luz visível são aproximadamente duas vezes maiores do que da vermelha, e aparecem como violeta. Frequências ainda mais altas constituem o ultravioleta. Essas ondas de frequência mais alta são mais energéticas e causam queimaduras na pele” (p. 290).

Hewitt (2009), afirma *“que a frequência com a qual uma onda eletromagnética varia no espaço é idêntica à carga elétrica oscilante que a produziu”*, dessa forma, para cada uma das frequências existe um comprimento de onda correspondente, e, como podemos observar na figura 6, baixas frequências produzem longos comprimentos de ondas e vice-versa.

Então *“quanto maior for à frequência da carga oscilante, menor será o comprimento da radiação”* (HEWITT, 2009, p.290).

Em relação isso, Figueiredo e Pietrocola (2000) argumenta que, existe uma relação de frequência versus comprimento de onda, pois,

“...no estudo de Física Ondulatória, representa-se o comprimento de onda, isto é a distância entre duas cristas consecutivas de uma onda, pela letra grega λ . A frequência é representada pela letra **f** ou pela letra grega η . As frequências das ondas eletromagnéticas são em geral, muito altas... E a velocidade da luz é representada genericamente por **v**. Para uma onda qualquer, essas grandezas se relacionam da forma representada pela fórmula: $v = f \times \lambda$ ou $f = v / \lambda$. Se pensarmos na luz no vácuo, a velocidade de qualquer cor é de **300000 km/s** e a representamos por **c**. ... Como a velocidade da luz é sempre a mesma, é fácil observar a relação inversamente proporcional entre a frequência **f** e o comprimento de onda λ . Isto é, para determinada onda, quanto menor a frequência, maior seu comprimento de onda” (FIGUEIREDO; PIETROCOLA. 2000, p.14).

Logo, podemos verificar no espectro eletromagnético, que frequência e comprimento de ondas eletromagnéticas são inversamente proporcionais, com características das ondas e também da luz.

De acordo Sant’anna (2013), algumas décadas após a descoberta das ondas eletromagnéticas, teve início uma revolução tecnológica, que as utilizava nas mais diferentes formas, e, por isso, o conjunto de todas essas ondas constituem o chamado espectro eletromagnético.

A seguir, apresentamos um breve relato de cada uma dessas faixas de ondas eletromagnéticas, que também são chamadas de radiações e algumas de suas aplicações.

Ressaltamos que todas as informações, que constarão a seguir, foram embasadas em Stefanovits (2013).

2.2.1 Ondas de rádio

Essas são ondas eletromagnéticas com frequências muito baixas, entre **10^2 a 10^7 hertz**. Recebem esse nome, por serem usadas pelas estações de rádio, para suas transmissões, que são realizadas por meio de antenas muito potentes.

Fazem parte dessa faixa, as ondas radiofônicas, de TV, Fax, telefones, celulares e internet.

Elas são, mais comumente, empregadas nas comunicações, quando estão entre dois pontos fisicamente distantes, podendo ser utilizadas em satélites meteorológicos, controles remotos e até mesmo nas ondas emitidas pelo Sol.

2.2.2 Micro-ondas

São ondas eletromagnéticas, cuja frequência varia de **10^8 a 10^{11} hertz**, o que corresponde a comprimentos de onda de **1m a 1mm**.

As micro-ondas têm frequência maior, que as ondas de rádio, isto é, oscilam mais rapidamente, de modo que, transmite uma maior quantidade de informações por unidade de tempo.

São muito utilizadas em radares, para a localização de objetos como aeronaves e navios, também para mapeamento da superfície da Terra e do relevo do fundo do mar, além de serem utilizadas em fornos de micro-ondas domésticos, em processos industriais de secagem, como catalisadores de reações químicas.

2.2.3 Radiações de infravermelho

Essas ondas receberam esse nome por ter a sua frequência abaixo da luz vermelha, na faixa entre **10^{12} a 10^{14} hertz**, o que corresponde a comprimentos de onda de **1mm a $1\mu\text{m}$** .

A radiação infravermelha, emitida por um corpo, depende de sua temperatura, pois são ondas geradas pela agitação térmica das partículas, que compõem o mesmo, portanto, são às vezes, chamadas de ondas de calor.

São exemplos dessas o corpo humano, o Sol, uma fogueira, uma lâmpada e um motor aquecido.

Entretanto, não são apenas corpos muito quentes, que emitem esse tipo de onda, pois, todo corpo, acima do zero absoluto, emite ondas de infravermelho.

2.2.4 Luz visível

Embora, sejam muito importantes para os seres vivos, as ondas eletromagnéticas de luz visível ocupam uma estreita faixa do espectro eletromagnético, entre o infravermelho e o ultravioleta.

No espectro, a frequência dessas ondas eletromagnéticas está compreendida entre $4,28 \cdot 10^{14}$ hertz (vermelho) e $7,5 \cdot 10^{14}$ hertz (violeta), com comprimentos de ondas variando entre **700nm e 400nm** respectivamente.

Como no espectro eletromagnético total, o espectro da luz visível é contínuo, com cores mais perceptíveis ao olho humano, no qual foi dividido e outras que são mais difíceis de classificar.

Observando a figura 7, podemos verificar a região da luz visível, que é perceptível aos seres humanos.



Fonte: web 4

Logo, podemos definir a luz visível, como a radiação que é capaz de sensibilizar os órgãos visuais humanos. Apesar de ser uma faixa estreita do espectro eletromagnético, todas as informações, a respeito do mundo e do universo, até pouco tempo atrás, foram obtidas por meio dela.

2.2.5 Ultravioleta

As radiações nesta faixa têm frequências maiores, que as do violeta, que é a última faixa do espectro da luz visível.

Estão situadas na faixa de frequência entre $7,5 \cdot 10^{14}$ hertz e $7,5 \cdot 10^{16}$ hertz, e podem ser divididas em três subfaixas: **UVA, UVB e UVC**.

Em termos de quantidade de energia, a faixa **UVA** possui menos que a **UVB e UVC**, devido a sua menor frequência.

O Sol é uma das grandes fontes de radiação ultravioleta.

As ondas **UVA** são com menor quantidade de energia, sendo emitidas constantemente pelo astro.

Elas são responsáveis pela produção da melanina na pele humana. Essa substância, produzida no corpo humano, é um mecanismo de proteção contra a própria luz do Sol.

Porém, o excesso dessa radiação pode ocasionar envelhecimento e alguns tipos de alergia.

Os raios **UVB** apresentam maior incidência no verão, que se de um lado, podem ocasionar queimaduras e câncer de pele, por outro, induzem o organismo a produzir vitamina do complexo D, que é importante para evitar algumas doenças ósseas, como o raquitismo.

A radiação **UVC** é mais nociva para o homem. A maior parte é absorvida pela camada de ozônio. Entretanto, com o excesso de poluentes emitidos, pelo uso dos CFCs (Clorofluorcarbonos), causa a redução dessa proteção natural do planeta, fazendo com que, uma maior quantidade de raios UVC atinja a superfície da Terra.

Assim, aumentando a incidência de câncer de pele e outras doenças dermatológicas, na população mundial.

Mas, por outro lado, devido sua alta energia, essas radiações, produzidas por aparelhos devidamente controlados, servem para a esterilização de materiais de uso medicinal e odontológico.

2.2.6 Raios X

São ondas eletromagnéticas de frequências aproximadas, entre 10^{16} a 10^{20} hertz e comprimento de ondas, que variam entre 10^{-12} a 10^{-8} m. Podem ser emitidos

em tubo de vácuo, onde um feixe de elétrons é acelerado contra um alvo feito de material metálico.

Ao atingir esse alvo, os elétrons ganham mais energia, saltando para as órbitas mais externas. Ao retornarem para suas órbitas originais, esses elétrons devolvem a energia excedente, emitindo radiação eletromagnética de alta frequência, os chamados Raios X.

Logo após, serem descobertos, em 1895, por Roentgen, os Raios X tiveram grande aceitação, quanto a sua utilidade muito rápida, e, hoje, são usados na medicina para radiografias, tratamentos de alguns tipos de câncer; na análise química de materiais, indústria aeronáutica, controle alfandegários, entre outros.

2.2.7 Raios Gama

São as ondas do espectro eletromagnético, que possuem mais energia, devido a sua maior frequência, que é superior a 10^{19} hertz e seu comprimento de onda é menor que 10^{-11} m.

Segundo Stefanovits (2013), inicialmente, a distinção entre raios gama e Raios X eram feitas com base na frequência dessas radiações. Porém, com produção de Raios X mais energéticos, essa distinção deixou de ser nítida, por ocorrer sobreposição de faixas.

Logo, em algumas, no espectro eletromagnético, essas radiações foram classificadas, de acordo com suas fontes, porque são produzidas de maneiras diferentes.

Os Raios X são gerados pela transição de elétrons, pelas órbitas próximas ao núcleo dos átomos, enquanto que, os raios gama são resultantes de reações, que ocorrem propriamente, nos núcleos dos átomos, como a fusão nuclear, fissão nuclear e o decaimento radioativo.

Esses raios, também, são muito utilizados na medicina, para tratamento de diversos tipos de câncer. Com suas altas frequências são direcionados, por uma máquina, para atingir as células cancerígenas, com o intuito de destruí-las.

Por não possuírem massa e nem carga elétrica, e, também, por causa de sua grande energia, são capazes de penetrar a maioria dos materiais.

Quando são absorvidos por seres vivos, produzem efeitos bastante danosos aos mesmos.

2.2.8 Radiações não ionizantes

As radiações do espectro eletromagnético, desde as ondas de rádio, até o final da luz visível, ou seja, até a cor violeta, é classificada como não ionizante.

Segundo Hewitt (2009), essas radiações não possuem energia suficiente, para arrancar elétrons dos átomos, do meio por onde está se deslocando. Porém, elas possuem o poder de quebrar moléculas e ligações químicas.

As radiações não ionizantes têm menos energia, do que a radiação ionizante e inclui formas como micro-ondas ou ondas de rádio e televisão.

Seu efeito geralmente é limitado à geração de luz ou calor.

Segundo Stefanovits (2013), campos eletromagnéticos estão presentes em todos os lugares em nosso ambiente, embora eles sejam invisíveis ao olho humano.

Esses campos são criados por ondas elétricas e magnéticas. Elétricos são, por exemplo, produzidos pelo acúmulo local de cargas elétricas na atmosfera, associadas às tempestades. O campo magnético da Terra, que faz com que a agulha de uma bússola oriente no sentido Norte-Sul, sendo também utilizado por aves e peixes para navegação.

Os campos eletromagnéticos, conforme Hewitt (2009), surgem sempre, que a energia elétrica é usada, que é emitidos por eletrodomésticos da cozinha (por exemplo: micro-ondas) e de telefones celulares, rádio, TV, antenas wireless e dispositivos de detecção de segurança.

2.2.9 Radiações ionizantes

Acima da luz violeta, até o final do espectro com os raios Gama, temos a região classificada com as radiações ionizantes do espectro eletromagnético.

Elas possuem energia suficiente, para ionizar átomos e moléculas, ou seja, podem alterar o estado físico de um átomo e causar a perda de elétrons, tornando-os eletricamente carregados (HEWITT, 2009).

Essas fazem parte do nosso ambiente, existindo na Terra, por meio de fontes naturais, ou vindas do espaço com a luz solar.

Logo, somos permanentemente expostos às radiações ionizantes, sendo que os Raios X, usados em equipamentos radiológicos, são bem conhecidos para fins médicos, como por exemplo, no diagnóstico e tratamento de alguns tipos de câncer.

Entretanto, existe, ainda, a radiação alfa (α), a beta (β) e gama (γ), que são produzidas por núcleos de átomos instáveis e possuem poder de penetração, de acordo com seu tipo e energia.

Segundo Stefanovits (2013), as partículas alfa podem ser bloqueadas por uma folha de papel, por ter energia baixa.

Já, as partículas beta requerem alguns milímetros de, por exemplo, alumínio, para bloqueá-las.

Enquanto que, a radiação gama, que tem alta energia, requer materiais densos para bloqueá-la, como por exemplo, chumbo ou concreto.

Hewitt (2009) afirma que é possível medir a radiação em materiais, mesmo em níveis muito baixos, devido à ionização resultante.

Pois a quantidade de material radioativo encontrado no ar, água, solo, grama, alimentos, etc., podem ser detectados.

A quantidade de radioatividade medida é expressa como uma concentração, que geralmente, é medida em unidades denominadas rem e milirem.

No Sistema Internacional de Unidades, a dose é medida em unidades chamadas Sieverts (Sv) e miliSieverts (mSv), assim um Sievert equivale a 100 rem.

3 PERCURSO METODOLÓGICO

Partindo da definição de pesquisar, que significa informar-se, indagar bem, perguntar, inquirir, procurar por toda a parte (DICIONÁRIO, 2001), e, para que, uma proposta de trabalho com caráter investigativo, se efetive, é necessário explanar sobre todos os princípios metodológicos e métodos, que foram utilizados para o desenvolvimento da mesma.

Então, nesse capítulo, apresentamos a fundamentação, que estruturou o desenvolvimento desse trabalho; também o caminho que foi percorrido para a efetivação do mesmo.

Assim, formulamos esse capítulo, apresentando a metodologia em quatro seções.

Primeiramente, temos a caracterização da pesquisa, seguida pela descrição da coleta de dados.

Logo após, serão expostas as ações, que foram realizadas, finalizando com a descrição do método de tratamento e análise dos dados.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Para a efetivação e validação de uma pesquisa, a escolha, do método a ser utilizado, dependerá principalmente das questões, as quais se procuram obter respostas e, também, de como ocorrem os fenômenos, que estão envolvidos na mesma.

Dessa forma, estudar, entender e escolher a opção mais adequada para a análise da pesquisa é de grande importância, pois, é a partir desse procedimento, que o pesquisador norteará todo o seu trabalho.

Assim, devemos escolher uma metodologia, que venha dar suporte, para a validação das informações coletadas. Ocupando um lugar neutro, dentro das teorias, mas que sempre esteja referida a elas.

É pela metodologia, que o pesquisador optará por este ou aquele instrumento, considerando-a, responsável pelo caminho do pensamento e da prática exercida na abordagem da realidade (WEBER, 2013).

Portanto, é por meio da metodologia, que o investigador, utilizando seu potencial criativo, inclui as concepções teóricas de abordagem e empregará o conjunto de técnicas, que possibilitam a construção da realidade (DESLANDES et. al., 1994).

Dessa maneira, o desenvolvimento do trabalho está de acordo com os pressupostos teóricos da pesquisa qualitativa, por considerar a inter-relação entre o mundo real com o sujeito, não podendo ser traduzida em números.

Assim, ela deve, apenas, considerar a interpretação dos fenômenos e quais são os significados, que o pesquisador, venha captar ou perceber em relação às ações do sujeito.

Investigar qualitativamente é ter o cuidado com a busca, pelo entrevistado, e, também, com o trabalho para a coleta de dados, garantindo o rigor dessa perspectiva.

Esse cuidado deve ser tomado pelo pesquisador, que deve agir com constante cautela, de forma coerente e ética, a cada passo da investigação, procurando ter clareza dos significados de suas escolhas.

Com a intenção de desenvolver um estudo sobre a construção do conhecimento, nos propusemos a trabalhar com um ambiente natural, como fonte direta para coleta de dados.

Desenvolvendo uma série de atividades, que foram planejadas, em uma sequência didática, para a implementação em sala de aula, com uma turma do terceiro ano do Ensino Médio, sendo esse o ambiente da pesquisa.

Também ressaltamos que, o pesquisador foi o instrumento chave para a realização em sala de aula e, por meio da pesquisa participante assumiu o compromisso de fazer parte dela.

Assim, a investigação como ação conjunta, lhe possibilitou o envolvimento direto pelas suas ações, observações e reflexões.

A partir desse envolvimento, o pesquisador teve condições de coletar os dados e informações, que foram obtidos por questionários, mapas conceituais, observação sistemática, entre outros, tornando o processo de coleta e o seu significado, o foco principal da abordagem qualitativa.

Logo, essa pesquisa pode ser considerada descritiva e que, ao usar algumas técnicas padronizadas de coleta de dados, visou caracterizar determinada população ou fenômeno.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO COLÉGIO, DOS SUJEITOS E ENCAMINHAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa foi toda desenvolvida no ano de 2016, em um colégio público, localizado no município de Farol, região centro oeste do Estado do Paraná.

Os critérios para a escolha e definição da escola, onde realizamos todas as etapas desse trabalho, se deram devido à localização, perfil dos alunos, da turma e série e, principalmente, porque o pesquisador ministrava aulas de Física em todas as turmas de Ensino Médio, dessa instituição, desde o ano de 2015, como professor efetivo da rede estadual pública de educação.

Esse colégio é o único no município, que oferta turmas de Ensino Médio. De acordo com o Sistema Estadual de Registro Escolar (SERE), possui um total de cento e cinquenta e três (153) alunos, divididos em oito (8) turmas (sendo duas do Ensino Fundamental e seis de Ensino Médio), com o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) em 3,6 pontos.

Com base nas informações contidas no Projeto Político Pedagógico (PPP), percebemos que os estudantes desse estabelecimento de ensino apresentam a faixa etária de 13 a 18 anos, estando distribuídos do nono ano do Ensino Fundamental (nos períodos matutino e vespertino) à terceira série do Médio (distribuídas nos três períodos).

Por ser o único colégio a ofertar o Ensino Médio no município, seus discentes têm perfis heterogêneos.

A maioria dos educandos é oriunda de famílias de baixa renda, da zona rural e/ou moradores da cidade, mas que seus pais estejam ligados em atividades agropecuárias.

Assim, a sequência didática foi desenvolvida em uma turma composta por treze (13) aprendizes de ambos os gêneros (quatro masculinos e nove femininos), que cursavam a terceira série do Ensino Médio, no período vespertino.

Uma vez definido o colégio e os participantes, apresentamos a proposta da pesquisa para a direção e equipe pedagógica, solicitando aprovação e autorização para implementação na turma, anteriormente descrita.

De imediato informamos que a pesquisa não interferiria na rotina dos estudantes, pois, todas as atividades seriam desenvolvidas no período normal de aula.

Assim, os dados foram coletados com o consentimento dos alunos envolvidos, pais e/ou responsáveis e também da direção da escola, que concordaram com a realização de todas as etapas dessa pesquisa.

O quadro 1 apresenta resumidamente o planejamento e implementação da sequência didática desenvolvida (apêndice B).

Quadro 1: roteiro de implementação da sequência didática

ATIVIDADES	TEMAS	Nº DE AULAS
Atividade 01	Questões problemas iniciais Mapas conceituais iniciais (MCI) Organização das equipes	1
Atividade 02	Texto 1: Quem pinta o mundo Texto 2: Ondas eletromagnéticas Experimento: Blindagem eletromagnética Tarefa: Pesquisa sobre os principais nomes da teoria das ondas eletromagnéticas.	2
Atividade 03	Apresentação de relatório Discussão sobre a pesquisa Texto 3: Espectro eletromagnético Questões Sorteio dos Temas dos seminários	2
Atividade 04	Construção do espectrômetro Apresentação dos seminários em grupos	2
Atividade 05	Texto 4: Radiações não ionizantes e ionizantes Discussão sobre vantagens e desvantagens das radiações eletromagnéticas Produção de mapa conceitual em grupo Produção de mapa conceitual coletivo no quadro	2
Atividade 06	Texto 5: Maravilhas do Século XX Texto 6: Raio X Questionário Produção de panfletos	2

	Retorno a temática inicial com mapas conceituais individuais	
Total		11

Fonte: autoria própria

3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados é o momento, em que o investigador utilizará técnicas para registrar informações sobre o seu trabalho.

Assim, iniciamos o trabalho, com o desenvolvimento da sequência didática e a aplicação de duas questões problema, cujo objetivo era diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos.

Também fizemos a elaboração de mapas conceituais iniciais e finais para coletar elementos, que evidenciassem a aprendizagem significativa.

Logo, a coleta de dados ocorreu com registro de notas de campo do pesquisador em cada aula ministrada, para a verificação da motivação dos discentes, quando foram submetidos à implementação de uma sequência didática com enfoque CTS.

Entretanto, o questionário inicial foi nosso primeiro instrumento de coleta de dados. Formulado com apenas duas questões discursivas, que relatavam situações problema, envolvendo conceitos indiretos sobre ondas eletromagnéticas.

A intenção para a utilização dessa ferramenta foi para averiguar quais seriam as concepções prévias dos participantes da pesquisa em relação ao tema abordado.

Essas questões foram elaboradas pelos investigadores e pensadas para representar situações, em que, hipoteticamente, o aluno deveria ter o conhecimento conceitual para respondê-las cientificamente.

Porém, isso não foi explicitado e poderia levar o participante a refletir e descrever os seus saberes cotidianos sobre a situação problema.

Isso decorre do fato, que aquilo que o aprendiz já sabe, é o fato isolado mais importante, que influencia a aprendizagem subsequente (MOREIRA E MASINI, 2001).

Utilizamos a técnica de notas de campo, como o nosso segundo instrumento. Permitindo descrever os sujeitos, objetos, lugares, acontecimentos, atividades e debates.

Nessas descrições, registrar-se as ideias do pesquisador, suas reflexões e estratégias sobre os dados de seu estudo qualitativo (BATISTA, 2016).

Portanto, esse instrumento representou todos os dados coletados durante o desenvolvimento da pesquisa.

Nesse trabalho, as notas de campo foram entendidas como o registro por escrito, do que o pesquisador ouviu, observou, experienciou e pensou durante o desenvolvimento da pesquisa e coleta de dados. Possibilitando averiguar a evolução e envolvimento dos sujeitos pesquisados, diante das situações vivenciadas.

O terceiro instrumento utilizado foi, a elaboração de mapas conceituais, *“que podem ser utilizados para se obter uma visualização da organização que o aprendiz atribui a um dado conhecimento”* (MOREIRA, 2010, p.17).

Esses foram confeccionados pelos estudantes, em dois momentos: mapas conceituais iniciais (MCI), que foram confeccionados pelos aprendizes, quando o investigador falou sobre a proposta de trabalho e lançou o tema da sequência didática; e mapas conceituais finais (MCF), que foram traçados trinta dias após o desenvolvimento das últimas atividades da sequência didática.

Ambos foram planejados para ocorrer em dois momentos distintos, com ações para provocar atitudes reflexivas dos participantes.

Pois o uso de mapas conceituais pode ser utilizado como recurso para todas as etapas e também para a obtenção de evidências de aprendizagem significativa, o que não significa a avaliação da aprendizagem (MOREIRA, 2010).

Nesse sentido, o uso desse instrumento, também possibilitou analisarmos os resultados, em relação ao desenvolvimento da aprendizagem dos sujeitos participantes.

3.4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Os dados dessa pesquisa foram coletados utilizando procedimentos como a aplicação de questionário, observações, produção de documentos, notas de campo.

Porém, os principais instrumentos de coleta de dados, entre todos, foram os mapas conceituais iniciais (MCI) e os mapas conceituais finais (MCF) confeccionados pelos alunos, sob a orientação do professor pesquisador.

Todos os recursos utilizados ocorreram durante o desenvolvimento de ações pedagógicas, que foram planejadas com o objetivo de estimular a reflexão dos aprendizes em relação à construção do conhecimento.

As ações pedagógicas desenvolvidas, visando à coleta de dados, foram planejadas prevendo quatro momentos de execução, como:

O primeiro momento ocorreu, quando trabalhamos em sala de aula os mapas conceituais, suas utilidades e objetivos como ferramenta de aprendizagem.

Nessa etapa, construímos um exemplo de mapa conceitual, e, posteriormente, traçamos outro no quadro negro, com a participação de todo o grupo, abordando um tema presente no cotidiano dos educandos.

Em seguida, os estudantes tiveram a oportunidade de confeccionar, seus primeiros mapas conceituais individualmente, com base em leitura orientada pelo professor de um texto complementar do livro didático.

Nesse dia, eles também foram informados, que fariam parte de uma pesquisa, com a implementação de uma sequência didática, composta de atividades, como as que acabaram de participar.

O segundo momento ocorreu dentro da sala de aula, onde iniciamos a implementação da sequência didática apresentando duas questões problema dissertativas, que envolviam o conceito de onda.

Orientamos os discentes a solucionar questões, com o objetivo de levantar as concepções prévias de cada participante sobre o tema, que seria desenvolvido durante todo o período de desenvolvimento do trabalho.

O terceiro momento ocorreu na mesma aula, dando continuidade na implementação da sequência didática, com a confecção de um mapa conceitual inicial (MCI).

Esse deveria ser produzido individualmente, com o tema “onda”, que fora indicado pelo pesquisador.

Nesse mesmo momento, foram consideradas todas as atividades realizadas em âmbito escolar (intra e extraclasse).

Desde a apresentação aos alunos de todas as etapas da pesquisa e implementação da sequência didática com leituras de textos científicos, informativos até produção de texto em grupo e individual, apresentação de seminários, vídeos de apoio, realização de experimento e produção de relatórios, ou seja, todas as situações que foram propostas e desenvolvidas durante as aulas.

O quarto momento foi a avaliação final dos alunos com a confecção do mapa conceitual final (MCF) a respeito do tema “onda” após o desenvolvimento de todas as atividades programadas na sequência didática envolvendo conceitos físicos sobre onda.

Assim, os dados obtidos com as questões problema, notas de campo e com os MCI e MCF serão apresentados de uma maneira descritiva para serem analisados e compreendidos.

Além dos mapas conceituais, tivemos a produção de relatórios em grupos, discussões em sala de aula, produção de panfletos e até “memes” sobre o assunto.

Esses materiais serão apresentados na medida, em que mostrarmos os resultados da pesquisa.

Para análise das questões problema e das notas de campo utilizamos os pressupostos teóricos e metodológicos de Bardin (1977). Método que se baseia em categorizações por análise de conteúdo.

Os MCI e MCF obtidos também foram analisados, de acordo com essa mesma autora, como base para classificação e categorização, e, também, de acordo com Novak e Gowin (1999), que sugerem critérios para a análise dos mapas conceituais, para a verificação da aprendizagem significativa.

Com relação às notas de campo, apresentaremos alguns trechos escritos nas seguintes categorias: (i) motivação para o estudo de Física, (ii) trabalho em equipe e (iii) cumprimento da atividade proposta.

Para que os dados se mantivessem no anonimato dos sujeitos da pesquisa, atribuímos aos aprendizes nomes fictícios.

Por uma questão de organização, esses foram separados de acordo com os seus grupos de trabalho em sala de aula, já que, os grupos se mantiveram com os mesmos integrantes durante todo o desenvolvimento do trabalho.

Assim ficaram: grupo A (A_1, A_2, A_3), grupo B (B_1, B_2, B_3), grupo C (C_1, C_2, C_3) e grupo D (D_1, D_2, D_3, D_4), totalizando os treze alunos participantes.

Em relação aos MCI e MCF traçados, escolhemos aleatoriamente os mapas conceituais dos alunos A_2, B_1, C_1, D_1, D_2 , perfazendo um total de dez mapas (05 iniciais e 05 finais) para nossa análise.

De acordo com os autores Novak e Gowin (1999), os mapas são separados em três categorias, para a constatação da aprendizagem significativa:

(i) Organização hierárquica da estrutura cognitiva, pois os estudantes organizam os conceitos dos mais amplos e delimitando para os mais específicos.

(ii) Diferenciação progressiva dos conceitos das estruturas, na qual demonstra que os conceitos adquirem novos significados, à medida que novas relações vão se formando, isto é, as ideias mais inclusivas devem estar no topo da estrutura conceitual do discente, que progressivamente, vai incorporando proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados.

(iii) reconciliação integradora, a qual demonstra a real interação entre os conceitos no cognitivo do estudante, ou seja, a relação, que o aprendiz faz dos novos conceitos com aqueles já existentes em sua estrutura cognitiva, pois à medida que, novas informações são adquiridas, os elementos na estrutura cognitiva podem reorganizar-se e adquirir novos significados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo, apresentaremos os dados coletados, os relatos obtidos e a análise dos resultados, que alcançamos com o desenvolvimento dessa pesquisa.

Os objetos de análise constituíram-se em questionários, notas de campo, mapas conceituais, e demais produções dos aprendizes que permitiram avaliar, identificar e analisar o potencial pedagógico dessa sequência didática, pautada em uma perspectiva construtivista com um viés aprendizagem significativa.

4.1 ANÁLISE DAS QUESTÕES INICIAIS

Nessa etapa, analisamos as respostas dadas pelos alunos nas questões problema.

Para isso, separamos as mesmas e estabelecemos categorias, para analisar as respostas coletadas.

Primeiramente, analisamos as respostas referentes à questão 1, que envolvia a seguinte situação:

“Supondo que, no início de cada mês, você tenha que ir ao caixa do banco de sua cidade para receber seu salário. Em um dia chuvoso, que você estava com muita pressa, não lembrou-se que estava com o aparelho celular no bolso e usava alguns acessórios (correntes, relógio, cinto) e foi barrado(a) na porta giratória desse estabelecimento pelo detector de metais, tendo que retirá-los, para conseguir adentrar nesse estabelecimento. Explique como funciona o detector de metais.”

Para melhor observação das respostas sobre essa questão, procuramos estabelecer três categorias, em que as respostas podem ser visualizadas: (i) Saberes de senso comum, (ii) Conceitos físicos imprecisos e, (iii) Conceitos físicos aceitáveis.

Na sequência, apresentamos o quadro 2, com as respostas de todos os treze discentes participantes, de acordo com as categorias anteriormente estabelecidas:

Quadro 2: categorias estabelecidas para a questão 1

Categorias	Número de alunos	Respostas
(i)	8	<p>Aluna A₁ – “No momento que você entra com algum metal, ela trava e você tem que ver o que de metal te pertence no momento e retirá-la, se não, não consegue entrar. E essas portas detectora de metais serve como proteção para os bancos, se acaso ocorrer de um bandido tentar roubar o banco e esteja com uma arma, o detector de metais não permite a entrada do indivíduo. Evita todo e qualquer transtorno”.</p> <p>Aluna A₂ – “Ele serve para evitar que alguém entre armado dentro da agência bancária e cause frustração, um meio de proteção”.</p> <p>Aluna A₃ – “Ela serve para se estiver com algum metal e para você conseguir passar deve por tudo na bolsa, inclusive o celular, correntes e relógios entre outros isso ajuda por causa de roubo muitas vezes ajuda para que os assaltantes não consiga entrar com arma dentro do local”.</p> <p>Aluna B₁ – “O detector de metal serve para a segurança e proteção do banco, pois eles detectam se a pessoa entra com algum objeto que não teria função naquele momento. Quando a porta gira ela indica que tem algo de metal com a pessoa. O segurança se dirige a pessoa e para maior segurança do banco ele analisa o que fez a porta apitar”.</p> <p>Aluno B₂ – “Ele funciona de forma para proteger quem está no banco, porque pelo fato de se tratar de um banco eletrônico, alguém mal intencionado, pode querer entrar armado, com armas de fogo e facas, e esses objetos são metais. E esse detector é programado, para detectar tudo o que for de metal”.</p> <p>Aluna D₂ – “Detector de metais: é uma proteção para o banco pois ele detecta metais e barra a pessoa não deixando-a entrar isso acaba sendo uma forma de segurança para o banco e as pessoas que estão lá dentro, pois não teria possibilidades de um</p>

		<p>ladrão passar com uma arma pois ele já seria Barrado na porta por causa do metal tendo que retirar Todos seus objetos de metal e deixando-o dentro de uma caixa ao lado. Acaba sendo uma questão de segurança”.</p> <p>Aluna D₃ – “O detector de metais funciona como se fosse uma barragem em que você não pode passar caso estiver com acessórios de metais. Isso serve como proteção para que os bancos são sejam assaltados”.</p> <p>Aluna D₄ – “O detector de metais trava porque seria mais seguro e eficiente para o detector se uma pessoa estivesse armada, para uma tentativa de assalto.”</p>
(ii)	3	<p>Aluno B₃ – “Eu acho que na beira da porta giratória tem um imã adaptado com algum sistema eletrônico que quando a pessoa passa com algum objeto metálico (acessórios) o imã é atraído e com isso acionando o sistema eletrônico (ligando ele) e assim sinalizando que ali tem algo metálico”.</p> <p>Aluna C₁ – “O detector de metais, funciona como um ‘alerta’. E uma espécie de campo magnético responsável por detectar se passou algum metal por ali, manda um sinal que é emitido através de um som/ apito/voz”.</p> <p>Aluno D₁ – “Uma tecnologia que fica acoplada nos lados da porta assim como um imã puxa uma moeda esse detector dispara impedindo assim a pessoa de entrar no banco. Essa porta tem uma aparelhagem que puxa sinais detectando assim os metais para evitar assaltos”.</p>
(iii)	2	<p>Aluno C₂ – “Nunca fui muito a fundo sobre o assunto mas creio eu que ele funciona a fins de segurança, pois se um indivíduo vai ao banco armado ele já fica automaticamente barrado. Creio que é um sensor que fica no teto lançando ondas sensoriais que quando passa algo metálico o aparelho apita ou algo do tipo travando a porta”.</p> <p>Aluno C₃ - “Em minha percepção, o material que compõe as armas, relógios, aparelhos celulares é um maior portador de</p>

		energia em relação ao nosso corpo. Assim, forma-se um campo magnético ao redor destes objetos, fazendo com haja a possibilidade da máquina detectora registrar a presença deste materiais e suas energias”.
--	--	---

Fonte: autoria própria

A partir da análise do quadro 2, constatamos que oito discentes apresentaram apenas respostas envolvendo senso comum ou situações cotidianas para o problema levantado, perfazendo um total de 61,7% da amostra na categoria (i).

Em relação à categoria (ii), verificamos que três estudantes apresentaram alguns conceitos físicos em suas respostas, mesmo que imprecisos, representando 23% do grupo analisado.

Ainda em relação ao quadro 2, identificamos que a categoria (iii) foi composta por apenas dois aprendizes, que responderam a questão com conhecimentos físicos aceitáveis, representando 15,3% do total de alunos.

Quando foi entregue essa atividade, uma estudante argumentou dizendo:

“eu nunca imaginei que uma porta de banco tinha algo a ver com a física” (Aluna D₁).

Essa fala fornece indícios, de que os discentes vivem cercados de situações, que envolvem os conhecimentos físicos, mas não refletem sobre o assunto ou a situação, dando margem a inferir, que essa aluna, poucas vezes nas aulas, foi estimulada a pensar na física aplicada em situações cotidianas.

Percebemos, por meio da fala da estudante, D₁, que ela possui saberes cotidianos sobre a situação analisada, no entanto, em momento algum, relacionou o conhecimento físico aplicado a esse dispositivo.

Isso ocorre, muitas vezes, pelo fato de que os professores, durante suas aulas, não aproximam os conteúdos escolares de situações ou equipamentos, que fazem parte da vivência dos educandos.

A seguir, apresentamos a questão 2, que também teve como objetivo, analisar as concepções prévias, em relação ao assunto abordado, no início da sequência didática.

Questão 2: “Imagine que em uma aula de educação física, um aluno caiu e começou a sentir muita dor no tornozelo, o professor acompanha o aluno até o hospital e o primeiro procedimento feito foi um “Raio X”. Quando o técnico em radiologia vai tirar o Raio X ele se esconde atrás de uma parede de chumbo. Explique porquê o técnico ficou atrás da parede.”

Para as respostas dessa questão, realizamos um procedimento análogo ao que fizemos na anterior, estabelecendo as seguintes categorias: (i) Aplicações, (ii) Saberes cotidianos e (iii) Conceitos físicos.

No quadro 3, apresentamos os resultados das respostas referentes as categorias, que mencionamos anteriormente:

Quadro 3: categorias estabelecidas para a questão 2

Alunos	Aplicações	Saberes cotidianos	Conceitos físicos
A ₁	X	X	X
A ₂	X	X	X
A ₃		X	
B ₁		X	
B ₂		X	X
B ₃		X	X
C ₁		X	X
C ₂	X	X	X
C ₃	X	X	X
D ₁	X		X
D ₂	X	X	
D ₃			X
D ₄			X

Fonte: autoria própria

Diferentemente, do que ocorreu na primeira, conseguimos perceber, por meio das informações do quadro 3, que as respostas, na maioria das vezes, puderam ser agrupadas, em mais de uma das categorias, possibilitando inferir, que o tema abordado estava mais presente na vida dos sujeitos pesquisados.

Em relação ao quadro 3, primeiramente, analisamos quantas vezes cada uma das categorias foram marcadas, independentemente de outras relações.

Percebemos que seis respostas na categoria (i), representando um equivalente percentual de 46,1%, dez respostas nas (ii) e (iii), que em termos percentuais representaram uma frequência de 76,9%.

Em relação à exclusividade de resposta, para apenas uma das categorias, não constatamos alguma resposta, referente à categoria (i), mas, obtivemos duas à questão (ii) e duas à (iii), representando 15,3% das respostas para cada uma delas.

Quanto à relação entre elas, verificamos uma indicação entre as categorias (i) e (ii), e uma entre (i) e (iii), o que representou 7,7% das respostas para cada.

Entre as categorias (ii) e (iii), obtivemos três respostas, fornecendo um percentual de 23%.

Por fim, constatamos quatro com inferências nas três categorias, que representou 30,8% da amostra.

Totalizando a soma desses resultados, alcançamos os 100% de análise das categorias estabelecidas e foi nítida, a percepção conceitual maior, em relação à primeira questão.

Isso permite afirmar que, os estudantes, em sua maioria, já possuíam conhecimentos prévios sobre os Raios X, ou seja, esses conceitos se faziam presentes na estrutura cognitiva desses sujeitos.

As informações apresentadas, no quadro 3, são confirmadas, a partir das respostas, que mostraremos, em seguida, para algumas das situações e que foram escolhidas aleatoriamente, para corroborar com essa análise.

Porém, todas as respostas referentes a essa questão, se encontram no apêndice A.

Das explanações obtidas, nenhuma se enquadra exclusivamente na categoria 1, porém para as (ii) e (iii) apresentamos respectivamente:

“Por causa do eletromagnetismo então ele fica atrás do chumbo para não trazer problemas para ele, quem vai fazer o raio X não é afetado porque ele não convive lá mas a pessoa

que faz o procedimento tem que se aposentar mais cedo por causa do eletromagnetismo”(Aluna A₃). (ii)

“O técnico em radiologia faz isso para não ter contato com a radioatividade diariamente” (Aluna D₄). (iii)

Percebemos que, as respostas das alunas A₃ e D₄ situaram-se em apenas uma das categorias, ou seja, na primeira, tivemos uma com saberes cotidianos (categoria ii), ainda que, apareçam alguns termos físicos, e, na segunda, apenas a que cita um conhecimento físico (categoria iii), porém vazia de explicações.

As explicações dos estudantes A₁, A₂, B₂, B₃, C₁, C₂, C₃, D₁ e D₂ apresentam, pelo menos, duas categorias e corroboram com quadro 2.

A explanação a seguir, apresenta elementos para as categorias (i), (ii) e (iii):

“Penso que a máquina de Raio X lança ondas magnéticas que em excesso podem se prejudiciais a saúde do ser humano influenciando a ter doenças como o câncer ou algo do tipo. Como o técnico trabalha diretamente com isso ele não pode ficar diretamente exposto a esta radiação. Então no momento do Raio X o profissional fica atrás da parede de chumbo pois acredito que as ondas não ultrapassam ou até mesmo batendo na parede e voltando. Esses técnicos até recebem insalubridade por ficar exposto a radiação”(Aluno C₂). (i; ii; iii)

Percebemos que, apesar de não haver um conhecimento científico sistematizado, o aprendiz apresenta elementos satisfatórios, que permeiam as três categorias, isto é, traz aplicações vinculadas ao seu cotidiano, utilizando-se de alguns conceitos físicos a respeito do tema.

Em relação às respostas, que se enquadram em duas alternativas, apresentamos uma que envolveu as (i) e (ii), e as (ii) e (iii) respectivamente.

“A pessoa se esconde pra não ficar exposto as ondas ao reflexo que acabaria prejudicando sua visão por isso que ela não pode ficar exposta as ondas do Raio X e nem o paciente pode ver”(Aluna D₂). (i; ii)

“Para que ele não fique exposto aos raio X com a mesma intensidade do que o paciente pois é muito forte a frequência das ondas”(Aluno B₃). (ii; iii)

Observamos, que a primeira, somente apresenta elementos de saberes cotidianos associados a aplicações, enquanto a segunda, trouxe elementos do dia a dia relacionados aos conhecimentos físicos.

Isso nos permite inferir, que os discentes já trazem consigo conhecimentos adquiridos, a partir de suas vivências e esses devem ser utilizados, como ponto de partida, para o desenvolvimento de qualquer assunto e matéria.

Diante do exposto, Novak e Gowin (1999) afirmam que, os estudantes trazem sempre algo deles próprios e não são uma tabula rasa para se escrever ou um contentor vazio para nele se encher.

Nesse sentido, partir dos conhecimentos prévios, se torna uma atitude essencial para a construção de um aprendizado significativo.

Devemos utiliza-los, como ponto de partida, para inserção dos conteúdos a serem desenvolvidos, contribuindo na diferenciação progressiva do que se aprende, reorganizando suas estruturas cognitivas, por meio da reconciliação integradora.

Após a aplicação e recolhermos as questões iniciais respondidas pelos aprendizes, desenvolvemos a sequência didática, (apêndice B), sobre o tema ondas eletromagnéticas, visando à construção do conhecimento dos estudantes no ambiente escolar.

Para a implementação da sequência didática, propusemos diversas atividades teóricas e práticas, como leitura de texto teatral, científico e informativo, experimentos, seminários, produção de panfletos e tirinhas, mapas conceituais, entre outros.

Para isso, utilizamos diversos recursos didáticos, como quadro e pincel, multimídia, materiais para experimentos, construção e análise de escalas, entre outros.

4.2 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA: RELATO DE EXPERIÊNCIA

A sequência didática, sobre o tema “ondas eletromagnéticas”, foi implementada com treze alunos, da terceira série do Ensino Médio, de um colégio público da rede estadual de educação do Estado do Paraná.

Esse colégio tem a missão de ensinar e preparar o estudante para a vida e tem também a função de incluir todos os discentes, dessa etapa da educação básica, por ser o único a ofertar a mesma.

Um dos objetivos do colégio é aumentar o seu Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB).

A direção e equipe pedagógica estão sempre abertas para quaisquer propostas de trabalho diferenciadas, que possam favorecer o aprendizado, bem como reduzir a quantidade de aprovações por “Conselho de Classe”.

Assim, ao apresentarmos os objetivos e metodologia da sequência didática, fomos prontamente atendidos e autorizados a desenvolver a pesquisa.

Todos os aprendizes da turma selecionada, foram convidados a participar da implementação da sequência didática.

Falamos abertamente dos objetivos e da quantidade de encontros, que foram previamente agendados, para ocorrer no turno de aula.

Porém, tivemos que usar o horário de duas aulas de outras disciplinas por semana, além das duas de Física, que fazem parte da carga horária da disciplina.

Esses duraram duas semanas e meio, perfazendo um total de onze aulas.

Assim, organizamos os grupos de trabalho e enfatizamos que eles deveriam permanecer com os mesmos integrantes até o fim dos trabalhos.

No quadro 4, apresentamos a organização em sala de aula, para o desenvolvimento de toda a sequência didática.

Quadro 4: organização dos grupos

Grupo	Nº de alunos	Composição do grupo
A	3	3 meninas (A ₁ , A ₂ , A ₃)
B	3	1 menina, 2 meninos (B ₁ , B ₂ , B ₃)
C	3	1 menina, 2 meninos (C ₁ , C ₂ , C ₃)
D	4	4 meninas (D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ .)

Fonte: autoria própria

Com o intuito de verificar como os discentes se mobilizariam, diante de uma proposta diferenciada de ensino, nessa etapa, analisamos os dados obtidos pelo docente pesquisador, por meio das notas de campo, que foram coletadas durante a implementação da sequência didática.

Para essa análise, procuramos no diário de campo, elementos que evidenciassem as seguintes categorias:

- (i) motivação para o estudo de Física;**
- (ii) trabalho em equipe;**
- (iii) cumprimento da atividade proposta.**

4.2.1 Ações desenvolvidas nos encontros e análise dos dados

A implementação da sequência didática ocorreu, entre as datas de 26/08/16 à 14/09/2016.

O primeiro fator positivo, constatado nesse período, foi à ausência de faltas dos estudantes envolvidos, possibilitando inferir, que eles apresentaram elementos para a categoria (i), ou seja, sentiram-se motivados em participar das atividades da sequência didática, e, para o estudo da Física.

Na sequência, apresentaremos os relatos e os dados obtidos por notas de campo de cada um dos encontros e suas respectivas análises.

- 1º Encontro: (01 aula)

Nesse encontro solicitamos aos aprendizes, que respondessem as questões problema iniciais e traçassem os MCI. No final da aula, indicamos dois voluntários para fazer um estudo em casa e apresentação do texto 1 (apêndice B) “Quem pinta o mundo” de Figueiredo e Pietrocola (2000), para apresentarem na aula seguinte.

Quando sugerimos o tema “onda” e a confecção do mapa conceitual inicial, surgiram vários questionamentos, principalmente sobre a própria ferramenta de ensino.

Algumas notas tomadas, a partir das falas iniciais, são apresentadas no quadro 5, a seguir:

Quadro 5: relatos iniciais dos alunos de acordo com as categorias

Categorias	Fala dos alunos
(i)	Aluno B ₃ - “É aquele negócio dos quadradinho professor, mas posso escrever qualquer coisa que penso mesmo sobre isso”. Aluno C ₂ – “Mas qualquer onda, faz parte da Física professor, até essas do celular e wi-fi”. Auna D ₄ – “ Só de sabe que num vai te conta eu já gostando”
(ii)	Auno C ₃ – “Ah já que nós vamos faze tudo em equipe, porque o senhor não deixa isso hoje”.
(iii)	Auna D ₁ – “Professor tem certeza que posso ponha qualquer coisa, o senhor não vai rir e nem mostrar pra ninguém né”.

Fonte: autoria própria

Percebemos uma inquietação dos discentes a respeito dos trabalhos a serem desenvolvidos, principalmente, em ter a correção imediata de suas respostas ou constatações, porque são acostumados com esse sistema em sala de aula.

Quanto as respostas do quadro 5, identificamos poucas inferências, que ressaltam as categorias, porém, por meio dessas notas, foi possível averiguar a identificação e interesse pela sequência didática, desde o início dos trabalhos.

Observamos que, mesmo sendo um momento inicial, alguns conceitos físicos começaram a surgir e algumas indagações foram feitas ao docente pesquisador. Esses questionamentos foram devolvidos aos alunos, novamente, em forma de uma nova pergunta.

- 2º Encontro: (02 aulas)

Inicialmente, os estudantes fizeram a leitura do texto "Quem pinta um mundo", para coletar as respostas de cada uma das questões propostas na sequência didática (apêndice B). A partir das discussões de cada equipe.

Durante as discussões, notamos uma boa interação nos grupos, mas, em todo momento, os aprendizes solicitavam a confirmação de suas respostas.

O que mostrou uma boa participação na aula de Física, no entanto, um sentimento de insegurança diante dos colegas de grupo.

Requeremos a produção de um pequeno texto sobre luz e observamos que os participantes a relacionaram, principalmente, com situações cotidianas, tais como o ato de enxergar as cores, que lhes são visíveis e formação de imagens, ambos os assuntos discutidos na série anterior, no conteúdo de óptica.

Em seguida, apresentamos o vídeo 1 (aproximadamente 4 minutos), que iniciou formalmente o tema "ondas eletromagnéticas".

Após a visualização do mesmo, os aprendizes fizeram a leitura do texto 2: "Ondas Eletromagnéticas" (apêndice B).

Assim, conseguiram estabelecer uma relação, com suas respostas, das questões iniciais e com o MCI produzido na aula anterior.

"Agora já vi que fiz um monte de coisa errada naquele mapinha da aula passada" (Aluno B₂).

Percebemos, por meio da fala do estudante, uma tomada de consciência sobre suas concepções espontâneas, apresentadas no início do trabalho.

De acordo com Novak e Gowin (1999) é o primeiro passo, para que o processo de aprendizagem ocorra no aluno.

No término desse encontro, solicitamos que os grupos fizessem uma pesquisa, sobre os principais cientistas envolvidos no desenvolvimento do tema "onda eletromagnética", a fim de verificar o engajamento do aprendiz com o estudo da Física, contemplando as categorias (i), (ii) e (iii) anteriormente apresentadas,

pois, muitos discentes dificilmente fazem pesquisas em casa sobre temas de Física, mesmo quando o professor solicita.

- 3º Encontro: (02 aulas)

Nesse encontro, iniciamos discutindo as pesquisas sobre quais foram os principais cientistas, que contribuíram para o desenvolvimento do tema “onda eletromagnética”.

Ficamos satisfeitos, pois, todos os grupos apresentaram os trabalhos prontos, com nomes diferentes, mas alguns foram recorrentes como: Lenz, Faraday, Maxwell, Huygens e Hertz.

Cada equipe teve um tempo para apresentar seus autores pesquisados e discutir sobre o assunto, nós apenas conduzimos o debate.

Verificamos com essa atividade, que os alunos estavam motivados com a sequência didática, e, por esse motivo, cumpriram as tarefas promovendo uma boa discussão. Que a nosso ver, contemplou as três categorias.

Em seguida, propomos a leitura do Texto 3: “Espectro Eletromagnético” (apêndice B) para responder as questões, que estavam propostas no final desse.

Orientamos que o texto 4 (apêndice B), com o mesmo nome, que estava em seus livros didáticos, pode servir de subsídio para a solução da tarefa.

Explicamos na lousa, por meio de uma aula expositiva e dialogada, alguns conceitos teóricos como frequência, período, amplitude, comprimento de onda, velocidade de propagação, energia transportada pela onda e suas respectivas equações.

Durante o trabalho no grupo, para responder as atividades propostas, percebemos maiores dificuldades pelos alunos nas questões argumentativas do que naquelas necessitando de cálculos matemáticos.

Em seguida, realizamos os sorteios de alguns assuntos sobre radiação, para que os grupos preparassem seminários, que seriam apresentados por eles na aula seguinte e fechamos mais um encontro da sequência didática.

A partir da descrição dos encaminhamentos anteriores, constatamos que as três categorias foram elencadas, pois, verificamos elementos, que motivaram o

estudo da Física, trabalho em equipe, e, principalmente, um grande empenho dos discentes em cumprir as atividades propostas.

Nessa aula, observamos na fala de uma estudante, que dizia:

“Eu prefiro cálculo nas aulas, porque da bem menos trabalho do que fazer esse monte de coisa, porque não gosto de ler também”(Aluna B₂).

Com esta fala, notamos que apesar da aprendiz não estar satisfeita com as atividades, ela demonstrou que o ato de pensar e refletir a incomodava, ou seja, deduzimos que os trabalhos estavam mexendo com suas estruturas cognitivas, que é um dos primeiros fatores para ocorrer à aprendizagem significativa.

- 4º Encontro: (02 aulas)

Esse encontro foi iniciado com a realização de uma atividade experimental: a construção de um espectrômetro, com os materiais, já preparados pelo pesquisador.

A atividade teve como objetivo permitir ao aluno, manusear diferentes materiais, seguir procedimentos e discutir no grupo as hipóteses levantadas. Conseqüentemente, avaliar os resultados obtidos, contemplando, assim, de acordo com Zabala (1999), os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Os discentes participantes se mostraram satisfeitos em realizar a atividade experimental e alguns fotografaram os resultados obtidos com a dispersão da luz branca.

Muitos utilizaram as imagens em seus perfis de rede social, o que, mais uma vez, corrobora com a questão da motivação do aprendiz para o estudo da Física.

Esse ato, de acordo com Boruchovitch e Bzuneck (2001), é uma motivação extrínseca causada pela atividade proposta, e, principalmente, pelo ambiente de aprendizagem gerado com a sequência didática.

Em seguida, foram realizadas as apresentações dos seminários, todos os discentes realizaram essa atividade em seus respectivos grupos, alguns com maior profundidade e afinco na explicação do tema, outros nem tanto.

Percebemos uma organização satisfatória das equipes em relação a essa atividade, o que mostrou inferência para a categoria (ii), pois teve senso de trabalho coletivo, divisão de tarefas e comprometimento durante a apresentação.

No decorrer das apresentações, fizemos algumas contribuições e até correções de erros, nas falas e conteúdos, porém, enaltecemos a organização dos alunos e motivando-os a trabalhar em grupos.

Nessas deduções, aproveitamos para discorrer sobre radiações ionizantes e não ionizantes, pois percebemos que as apresentações das equipes foram focadas, principalmente, na história da descoberta das radiações, saúde, bem estar social e comunicação, o que vai ao encontro do enfoque em CTS.

Isso permitiu constatar que, o coletivo estava mais voltado para uma Física aplicável, em situações do dia a dia, os riscos e benefícios, levando-os a pensar que, além de desenvolver elementos verificáveis nas três categorias, também compreenderam esses conteúdos em uma perspectiva CTS.

Como as apresentações se estenderam além do planejado, parte das atividades desse encontro foi prorrogada para a aula seguinte. Aumentando de dez para onze aulas, para vencer todo o planejamento da sequência didática.

- 5º Encontro: (02 aulas)

Realizamos uma discussão sobre os perigos das radiações ionizantes para o cotidiano das pessoas.

Para isso, cada uma das equipes apresentou os seus argumentos, a partir de estudos realizados em casa.

Em seguida os estudantes assistiram o Vídeo 5: “Vida e obra de vida de Marie Curie” (apêndice B), no qual abordou a importância da cientista, no contexto científico, sua contemporaneidade para estudos posteriores, no campo das radiações.

Foi interessante quando uma aprendiz fez a seguinte fala:

“Nossa para uma mulher fazer essas coisas ela deve ter enfrentado muitos problemas né prof., porque a gente num vê se falar de mulher que foi grande cientista, acho que da Física

foi a primeira, porque eu só lembro de nome de homem” (Aluna A₁).

Compreendemos, com essa fala, que a discente tinha em seus pensamentos uma série de indagações, que antes não havia se dado conta, favorecendo que entendêssemos como indícios referentes à categoria (i).

Propomos que, cada grupo construísse novamente um mapa conceitual, a fim de promover o diálogo sobre o tema, e, principalmente, familiarizar os mesmos, com o processo de elaboração de mapas conceituais.

Conforme Novak e Gowin (1999), a prática da construção do mapa conceitual leva o aluno a estabelecer novas relações cognitivas.

Foi um momento muito interessante, pois, a partir das discussões dos educandos, percebemos as posições dos conceitos e suas relações na estrutura dos mapas conceituais.

Esses dizeres nos propiciaram inferir elementos referentes, em todas as categorias, pois ocorreu maior aprofundamento cognitivo dos aprendizes, em prol do assunto e maior motivação para a realização das tarefas.

Veja isso, a seguir:

“Essa radiação não é ionizante, lembra que nós viu que ela vibra menos que luz que nós enxerga” (Aluna D₄).

Nesse comentário, percebemos que a aluna apresentou base de conhecimento físico de frequência, espectro, energia.

Mostrando uma predisposição para entender os conceitos físicos e motivação para o estudo dessa ciência.

Assim, como estabelece o diálogo para o trabalho em equipe, discutindo os conceitos.

Esses indicativos demonstram a reflexão da aprendiz sobre o assunto estudado, proporcionando conhecimentos, que são mostrados em seu discurso.

Em outro relato, uma estudante fez o seguinte comentário:

Eu gostei prof. desses mapas, agora eu estou usando ele pra fazer resumos pra estudar pra provas de outras matérias, fica bem mais fácil de ver as coisas pra entender” (Aluna D₁).

Constatamos, por meio desse argumento, que a estratégia desenvolvida, durante a sequência didática, tornou-se viável, para além das aulas de física e lhe permitiu encaminhar seu próprio método de estudo.

Antes de terminar a aula, propomos a elaboração de um mapa conceitual coletivo na lousa, sobre a temática produzida anteriormente, pelos grupos.

Foi um momento, em que, rapidamente, o quadro ficou cheio de conceitos e muitas contribuições foram dadas, quanto à posição dos mesmos na estrutura.

Demonstrando que não há um método único e nem correto de fazê-los, mas que cada um constrói, de acordo com sua estrutura cognitiva e conhecimentos (MOREIRA, 2012; MOREIRA; MASINI, 2001; NOVAK; GOWIN, 1999).

- 6º Encontro: (02 aulas)

Iniciamos os trabalhos, mais uma vez, em grupo, lendo o texto 5: “Maravilhas do Século”, (apêndice D), para discutir como uma notícia publicada há mais de um Século, se fazia tão comum nos dias atuais.

Em seguida, estudamos o texto 6: “Raios X” (apêndice D), produzido pelo pesquisador, para, na sequência, responder algumas questões problema.

Para auxiliar as discussões referentes ao estudo dos Raios X, foi apresentado o vídeo 6: “Raios X” e vídeo 7: “Histórico, produção, utilização” (apêndice D).

Nas discussões para a formulação das respostas, presenciamos muitos questionamentos a respeito dos conceitos físicos.

Indicando para nós, uma pré-disposição para categoria (i), pois, falavam em grande fonte de energia, profundidade de penetração das radiações ionizantes, porque nas chapas radiográficas os ossos apareciam claros e os tecidos moles não.

“Eu acho que os Raios X não passam porque eles são fracos, não atravessando os ossos, só as partes de carnes”....”mas como é que se usa eles pra ver dentro de motores ou nos

aerportos, aquele lá são mais fortes professor? Ou é uma outra espécie de raios” (Aluno C₂).

Com esse argumento, percebemos que, o educando apresentou elementos de conhecimentos satisfatórios sobre a energia das radiações ionizantes e o que levaram a estender seus pensamentos, além do conteúdo conceitual, que estava sendo ministrado.

Por outro lado, nesse momento, fizemos a devolutiva de seu questionamento, utilizando assuntos que foram estudados nas aulas anteriores, tais como espectro eletromagnético e radiações ionizantes.

Ao término do encontro, os discentes produziram, individualmente, um novo mapa conceitual referente ao tema ondas, a fim de organizar suas ideias sobre os conteúdos discutidos, durante a aplicação da sequência e praticar o uso da estratégia didática.

Trinta dias após a implementação da sequência didática, solicitamos novamente aos aprendizes participantes, a elaboração individual de um novo mapa conceitual, que chamamos de mapa conceitual final (MCF), com o objetivo de verificar indícios de aprendizagem significativa por parte dos alunos.

4.3 ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS

A principal fonte de dados, dessa pesquisa, consistiu na produção de mapas conceituais pelos sujeitos participantes.

Esses mapas foram confeccionados, em três momentos distintos do desenvolvimento da sequência didática.

Os primeiros mapas conceituais iniciais (MCI) foram confeccionados antes de começar a sequência didática.

Após os estudantes participantes terem respondido as questões iniciais, solicitamos que elaborassem, individualmente, um mapa conceitual com o tema “onda”. Não permitimos a comunicação entre si, nem acrescentamos informação alguma em relação ao tema.

Na oitava aula, propusemos que, cada uma das equipes construísse, no pequeno grupo, um mapa conceitual, novamente, com o tema “onda”, visando à familiarização dos alunos com essa ferramenta.

Em seguida, com a ajuda dos discentes, traçamos coletivamente um mapa na lousa, sobre o assunto discutido durante a aula, enfatizando a participação de todos.

No final da décima primeira, quando terminamos o desenvolvimento dos conteúdos da sequência didática, mais uma vez, sugerimos o tema “onda” para a produção individual de um novo mapa conceitual, para praticar o uso dessa ferramenta e a fixação dos conteúdos.

Um mês após a sequência didática, solicitamos aos aprendizes, mais uma vez, a confecção de mais um mapa conceitual, que identificaremos aqui, como mapa conceitual final (MCF).

Esse mapa foi produzido individualmente com o mesmo tema dos mapas anteriores, visando verificar o potencial pedagógico da sequência didática, para a aprendizagem significativa do conteúdo de ondas eletromagnéticas.

Assim, para a análise dos dados coletados, realizamos um estudo comparativo entre os mapas conceituais iniciais (MCI), que os estudantes confeccionaram antes dos conteúdos ministrados e os mapas conceituais finais (MCF), que foram produzidos um mês depois da aplicação da sequência didática.

Essa comparação objetivou averiguar, se ocorreu à construção significativa do conhecimento, na estrutura cognitiva dos educandos participantes.

Após a realização de toda a pesquisa, tivemos um total de vinte e seis mapas conceituais para a análise, sendo treze MCI e treze MCF, consequência da participação dos estudantes, durante todas as etapas da sequência didática.

Nessa análise, foram escolhidos aleatoriamente os MCI e MCF de um integrante de cada um dos grupos com três participantes (A_2 , B_1 e C_1) e do grupo com quatro integrantes selecionou-se os mapas iniciais e posteriores de duas participantes (D_1 e D_2), porque estiveram em número maior de pessoas durante as aulas.

Assim, geramos um conjunto de dez mapas conceituais (cinco iniciais e cinco finais) para serem analisados.

Para inferir os dados apresentados no quadro 6, utilizamos Novak e Gowin (1999), que sugerem alguns itens para serem verificados nos mapas conceituais, como: proposições (conteúdos), hierarquia, ligações cruzadas e exemplos.

Segundo esses autores:

“os mapas conceituais são instrumentos poderosos para observar as alterações de significados que o estudante dá aos conceitos que estão incluídos no seu mapa. Quando os mapas conceituais são conscientemente elaborados, revelam extraordinariamente bem a organização cognitiva dos estudantes”. (NOVAK, GOWIN, 1999, p.51).

No quadro 6, organizamos as categorias propostas para a análise dos mapas conceituais, conforme Novak e Gowin (1999), juntamente com os resultados encontrados com a aplicação do MCI e MCF.

Quadro 6: resultados numéricos das categorias entre os MCE e MCF

Alunos	Nível hierárquico		Número de conceitos físicos		Número de ligações		Número de ligações cruzadas		Número de exemplos	
	MCI	MCF	MCI	MCF	MCI	MCF	MCI	MCF	MCI	MCF
A₂	2	4	5	19	10	22	0	3	0	3
B₁	2	4	4	11	10	25	0	4	1	3
C₁	3	6	4	15	17	21	2	2	6	5
D₁	2	5	0	13	15	22	1	2	5	5
D₂	1	5	2	18	17	29	1	2	2	7

Fonte: autoria própria

Apesar de sugerirem essas categorias, os autores afirmam que os pesquisadores podem utilizar seus próprios critérios para a pontuação e aperfeiçoamento da avaliação dos mapas conceituais.

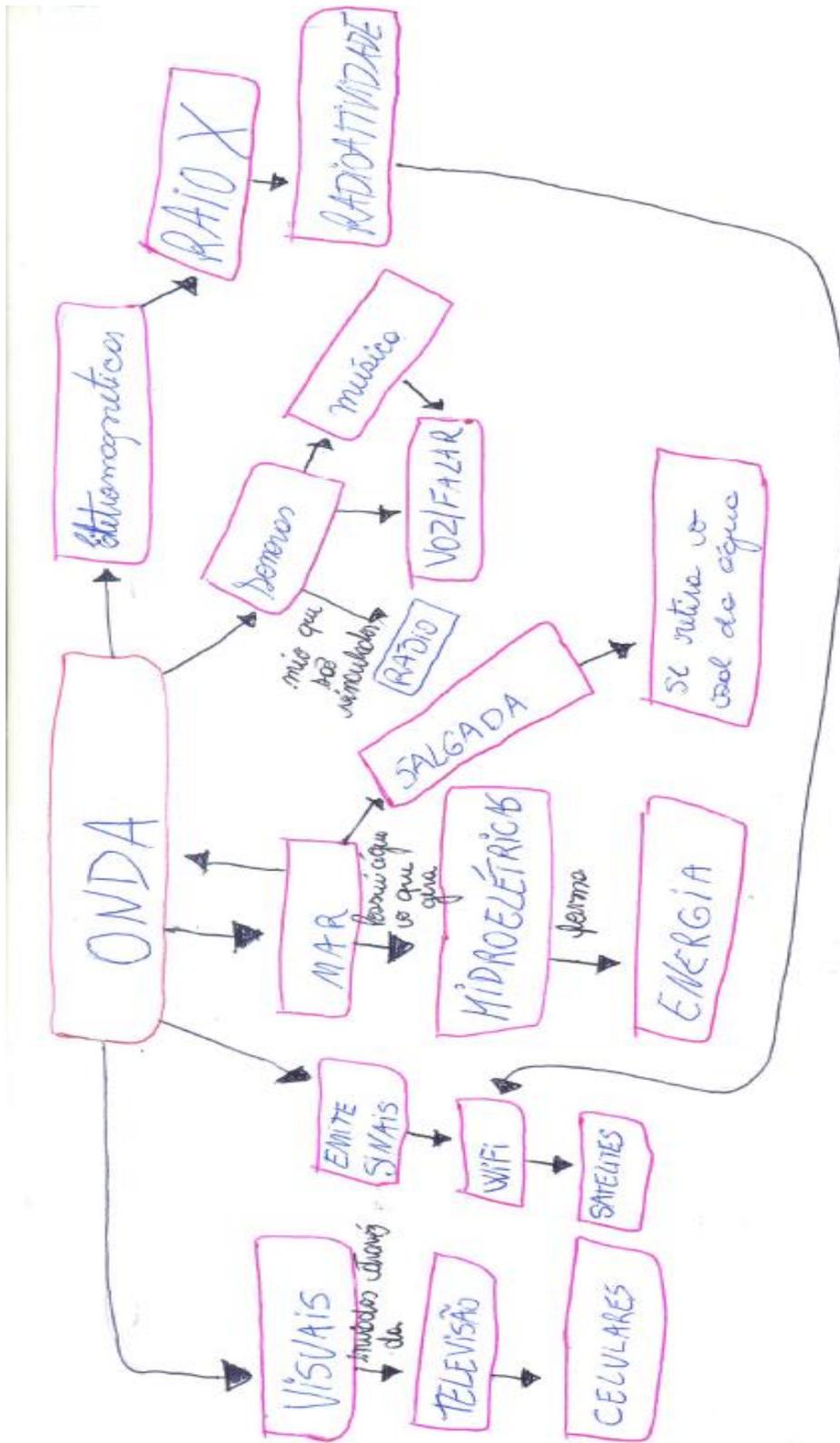
Assim, os resultados apresentados no quadro 6 são oriundos de uma interpretação da teoria de Novak e Gowin (1999).

Para tanto, fizemos os seguintes procedimentos:

- Realizamos uma planificação de cada um dos MCI e MCF, com o intuito de deixar todos os mapas conceituais com formato semelhante, permitindo a visualização do conjunto de informações e suas relações, já que não existe um padrão para a confecção dessa ferramenta;
- Fizemos a contagem dos elementos de acordo com cada uma das categorias constantes no quadro 6;
- Analisamos os dados individuais para cada uma das categorias.

As figuras 8, 9, a seguir, representam respectivamente o mapa conceitual inicial e final da aluna C₁.

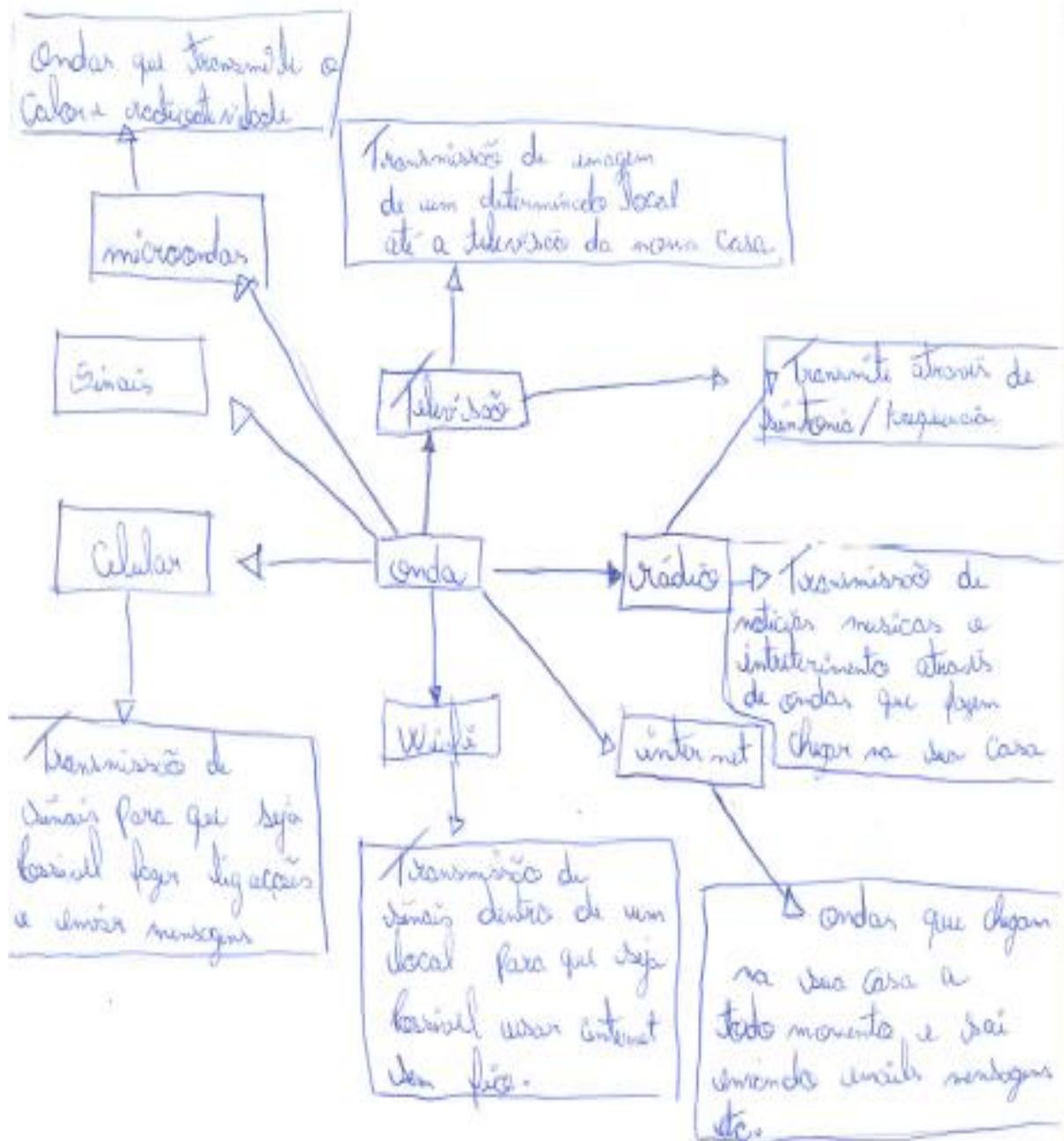
Figura 8: mapa conceitual inicial da aluna C₁



Fonte: arquivo do pesquisador

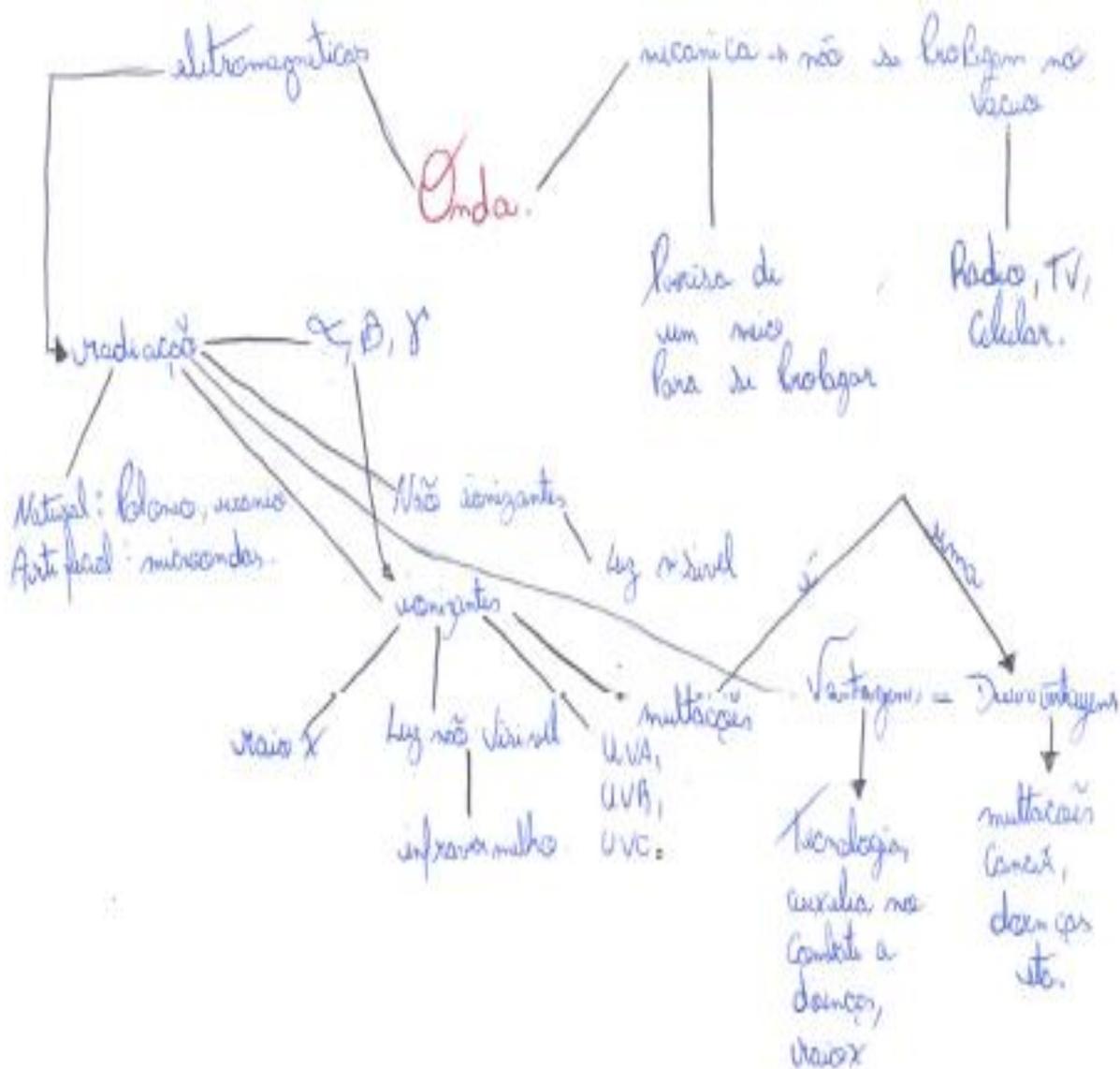
As figuras 10 e 11 apresentadas, a seguir, são respectivamente dos mapas conceituais iniciais e finais da aluna D₁ e os demais, que foram analisados se encontram no apêndice C.

Figura 10: mapa conceitual inicial da aluna D₁



Fonte: arquivo do pesquisador

Figura 11: mapa conceitual final da aluna D₁



Fonte: arquivo do pesquisador

Conforme Novak e Gowin (1999), a ideia de planificar o assunto ou o conteúdo em um mapa conceitual é a preparação de um esquema desse material, pois é preciso avançar no caminho didático sequencial, para esquemas e desses para mapas conceituais.

Contribuindo para a organização hierárquica dos conteúdos, em mapas hierárquicos.

4.3.1 Discussão dos resultados do quadro 6

As categorias, que foram elencadas, no quadro 6, serão descritas individualmente, por apresentarem resultados, que permitem a comparação dos dados obtidos nos MCI e MCF, apresentando resultados pertinentes à teoria da análise de mapas conceituais de Novak e Gowin (1999).

Para facilitar a análise, enumeramos as categorias da seguinte forma: (i) nível hierárquico, (ii) número de conceitos físicos, (iii) número de ligações, (iv) número de ligações cruzadas e (v) número de exemplos.

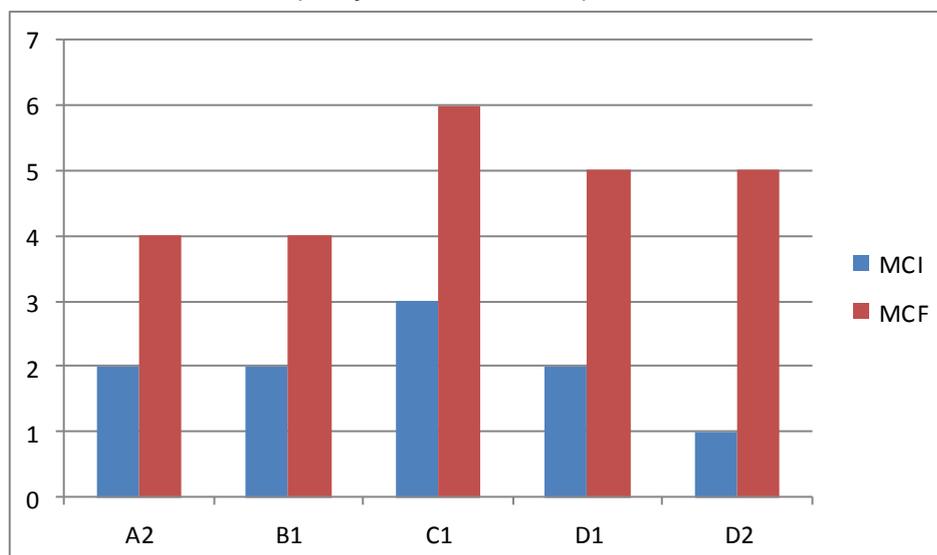
Assim, cada uma dessas categorias tiveram seus resultados e discussões analisados individualmente e esses são apresentados a seguir:

(i) Nível hierárquico

Segundo Novak e Gowin (1999), os mapas conceituais devem ser hierárquicos, ou seja, precisam apresentar os conceitos mais gerais no topo e os mais específicos, menos inclusivos, colocados sucessivamente abaixo deles.

No gráfico 1, apresentamos os dados referentes ao nível hierárquico dos MCI e MCF, no qual podemos comparar os resultados obtidos:

Gráfico 1: comparação de nível hierárquico entre MCI e MCF



Fonte: autoria própria

Observando o gráfico 1, podemos afirmar que os alunos apresentaram no MCI baixo nível hierárquico, ressaltando que, para essa pesquisa, a hierarquia foi

categorizada, a partir da maior ramificação do mapa conceitual, com ligações corretas, no nível mais abrangente para o mais específico.

Comparando os resultados dos MCI com os resultados dos MCF em relação a essa categoria, os dados apresentaram um crescimento significativo nas hierarquias.

Esse aumento do nível hierárquico foi de 100% para os alunos A₂, B₁, C₁, de 150% para D₁ e de 400% para a aluna D₂.

O crescimento hierárquico, conforme Novak e Gowin (1999), mostra o conjunto de relações entre um conceito e outros subordinados a ele, o que requer do aprendiz um pensamento cognitivo ativo.

Com esses resultados, verificamos que ocorreu uma grande evolução em relação organização hierárquica dos conhecimentos.

Acreditamos que esse resultado, se tornou possível, devido a estrutura da sequência didática implementada, bem como a familiarização dos estudantes com a técnica de elaboração de mapas conceituais, que esteve presente em alguns momentos durante o processo.

(ii) Número de conceitos físicos

Para fazer parte dessa categoria, classificamos somente os conceitos, que diretamente ou indiretamente estavam relacionados com as ondas eletromagnéticas.

“Os conceitos se referem ao conjunto de fatos ou símbolos que tem características comuns, os principais se referem às mudanças que se produzem num fato, objeto ou situação em relação a outros fatos, objetos ou situações e que normalmente descrevem causa-efeito ou de correlação” (ZABALA, 1998, p. 42).

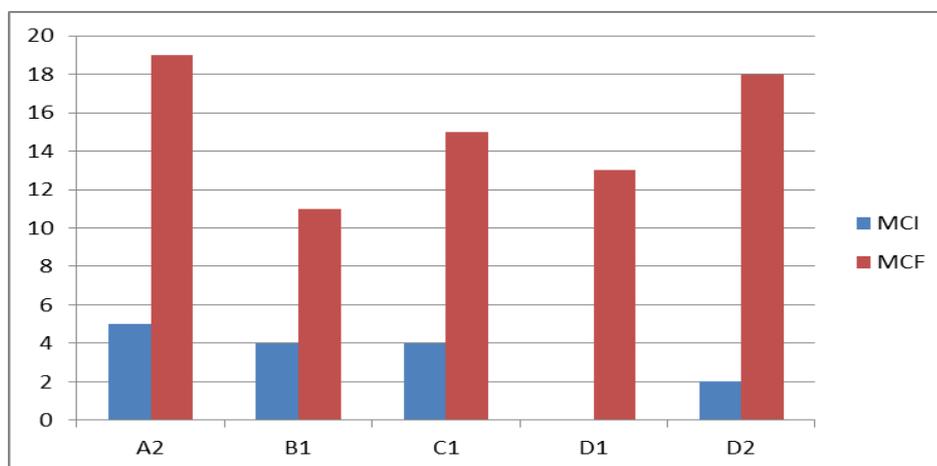
De acordo com Novak e Gowin (1999), os mapas conceituais constituem uma representação explícita e manifesta dos conceitos e das proposições, que uma pessoa possui permitindo aos docentes e discentes trocar seus pontos de vista sobre a validade de determinada ligação preposicional.

Portanto, são ideias categóricas representadas por símbolos únicos, e, quando são combinados para formar proposições, representam conceitos em vez de objetos ou situações particulares (MOREIRA, 2010).

Analisando o gráfico 2, constatamos que a quantidade de conceitos aumentaram significativamente, quando comparamos os MCI e MCF, o que permitiu

inferir que houve retenção, ou que passaram a ser mais significativos para as estruturas cognitivas dos educandos participantes.

Gráfico 2: comparação do número de conceitos entre MCI e MCF



Fonte: autoria própria

O aumento de conceitos apresentado no gráfico se mostrou muito importante para a pesquisa, pois à medida que os alunos se familiarizam com os mapas conceituais e com os conteúdos, eles se arriscaram mais para apresentar os conceitos, que foram por eles compreendidos.

Nessa pesquisa, esses conceitos foram contabilizados, a partir da relação com o tema central das aulas, mantendo uma relação hierárquica.

Foi nítida a evolução da quantidade de conceitos apresentados pelos estudantes, após a sequência didática.

Verificamos um crescimento de 275% da aprendiz C₁, e, no caso da discente D₁, que não havia apresentado nenhum conceito no MCI, podemos afirmar que sua evolução foi excelente, visto que no seu MCF apresentou treze conceitos considerados corretos.

De alguma forma, a estrutura cognitiva dessa estudante mudou durante a proposta desenvolvida.

À medida que, outros conceitos foram apresentados na comparação dos MCI com os MCF com maior hierarquização, também revelaram maior significado, quando alcançaram novas relações mais explícitas e inclusivas, mostrando-se progressivamente diferenciado.

É nesse sentido, que a aprendizagem significativa surge como o resultado de uma mudança de significado da experiência.

Segundo Novak e Gowin (1999), os mapas conceituais se constituem como um método, que possibilita a verificação da reorganização cognitiva.

Ela favorece a aprendizagem significativa (WEBER, 2013), por se tratar de um processo contínuo, no qual novos conceitos adquirem renovados significados, à medida que são alcançadas relações.

Assim, os MCI foram fundamentais para identificarmos os conhecimentos prévios dos educandos.

A partir dos conceitos iniciais apresentados por eles, planejamos os encaminhamentos para as discussões dos conteúdos a serem ministrados.

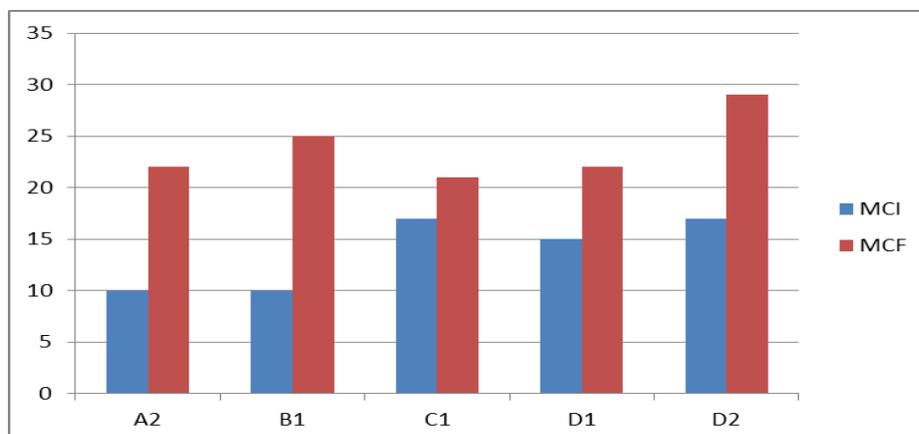
Segundo Moreira (2012), pode-se afirmar que o conhecimento prévio é a variável, que mais influencia a aprendizagem significativa de novos conhecimentos, o que não significa que é sempre uma variável facilitadora.

(iii) número de ligações

Nessa categoria, procuramos analisar o número de ligações apresentadas nos mapas conceituais, independentemente de estarem corretas ou incorretas.

No gráfico 3, mostramos esse número de ligações e percebemos que houve avanço significativo, quando comparamos os resultados dos MCI com os MCF, em termos numéricos e percentuais, porém não ocorreu diferença muito discrepante nos resultados.

Gráfico 3: comparação do número de ligações entre MCI e



Fonte: autoria própria

Dessa forma, fizemos a contagem simples das ligações constantes e constatamos que a aluna C1 apresentou um aumento de 24% e a estudante D1 apresentou uma diferença de 47% de aumento das ligações entre o momento inicial e o final analisado.

Os demais aprendizes obtiveram desempenho maior na elaboração das ligações nos mapas conceituais.

Mesmo com uma melhora significativa dos discentes A2, B1 e D2, esse resultado parece não ser tão diferente quanto os obtidos nos gráficos 1 e 2.

Porém, percebemos uma reorganização da estrutura dos mapas conceituais entre esses momentos, pois, nos MCI, verificamos um percentual muito alto das ligações, que estavam presentes em conhecimentos de senso comum. Nos MCF foram reduzidos significativamente e/ou excluídos.

Em relação às junturas, que inferimos como erradas, se mantiveram praticamente inalteradas, entre os mapas dos dois momentos.

Mas devemos levar em consideração, que no MCF o número de conceitos apresentados foi muito maior que no MCI.

Essas ligações podem assumir um conjunto de conceitos ou preposições, que ligam elementos, estabelecendo uma relação entre eles.

À medida que, o aluno substitui a conexão do senso comum por conceituais, é possível afirmar, que o mesmo reconheceu novas relações, sendo capaz de perceber, de forma integradora, suas ideias mais antigas com as mais recentes, que é fator determinante para a aprendizagem significativa.

Novak e Gowin (1999) discorrem que o estudante precisa descobrir suas concepções alternativas e substituí-las por ligações proposicionais.

A partir do momento, que ocorre a reconciliação integradora, tornando capaz de diferenciar, mais profundamente, os conceitos relacionados.

Nesse sentido, os mapas conceituais revelaram interligações válidas entre o conjunto de conceitos, que podem sugerir a reconciliação integradora dos mesmos pelo aprendiz.

Assim, ocorrendo à reconciliação integradora, que é sempre correlacionada com a diferenciação progressiva, Moreira (2010) afirma que, ocorreu a aprendizagem significativa.

No caso dessa pesquisa, está na substituição das ligações de senso comum pelas ligações entre conceitos científicos e no aumento do número de ligações entre os mesmos.

(iv) número de ligações cruzadas

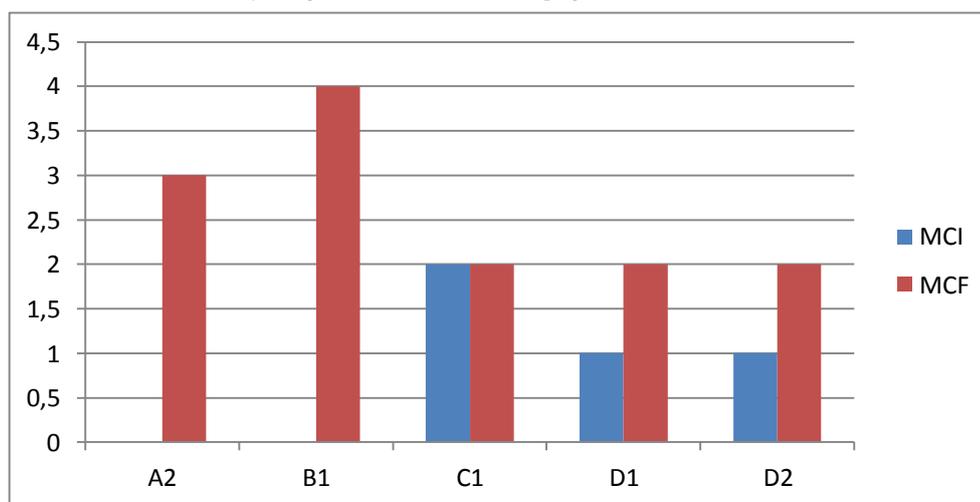
Em relação a essa categoria, percebemos uma quantidade pequena de ligações cruzadas e até ausência das mesmas nos MCI.

Já no segundo momento, todos os MCF apresentaram os elementos dessa categoria, o que demonstrou uma familiaridade com a ferramenta.

Essas conexões são elementos difíceis de aparecer no mapa conceitual, por demandarem domínio de quem o traça e por esses motivos, Novak e Gowin (1999) afirmam que elas são mais valorizadas, quando se vai atribuir nota numa avaliação.

No gráfico 4, mostramos a quantidade de ligações cruzadas entre os MCI e MCF do grupo analisado:

Gráfico 4: comparação do número de ligações cruzadas entre MCI e MCF



Fonte: autoria própria

Notamos, pelo gráfico 4, que no primeiro momento, os discentes A₂ e B₁ não apresentaram ligação cruzada nos MCI e que nos MCF apareceram em quantidade até maior, quando comparou-se com os demais estudantes do grupo.

A aluna C₁ manteve a mesma quantidade de elementos dessa categoria entre os dois momentos e as alunas D₁ e D₂ apresentaram um crescimento de 100% na mesma comparação.

Essa categoria ajuda na interpretação em relação à aprendizagem significativa do educando, pois é nessa etapa, que verificamos como o aprendiz está relacionando um determinado conceito com outros da mesma ou de diferentes hierarquias.

Novak e Gowin (1999) afirmam que as ligações correspondentes a essa categoria mostram que os alunos buscam unir conceitos em seus mapas conceituais, que de outra forma não se considerariam relacionados.

Elas também podem ser chamadas de integração de significados conceituais, pois favorecem a retenção e o uso posterior de conceitos, que é um fator relevante para a aprendizagem significativa e que não se percebe, quando a aprendizagem é mecânica (MOREIRA, 2010).

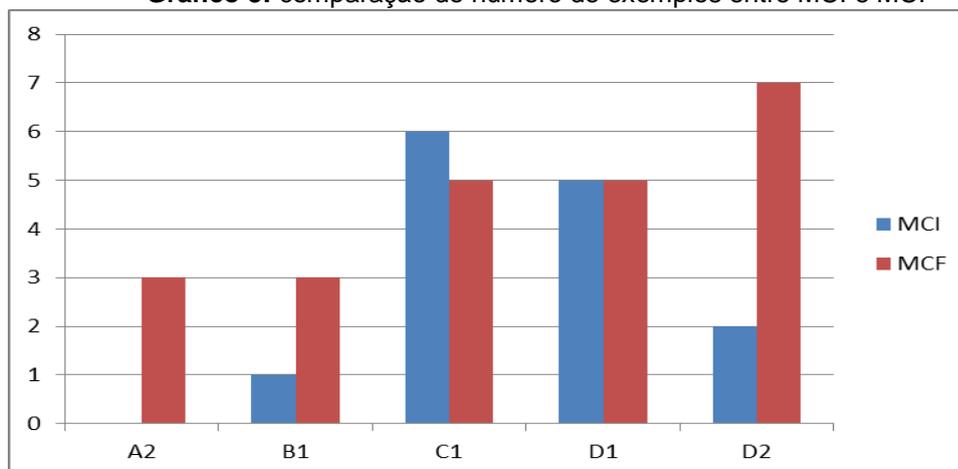
(v) número de exemplos

Os exemplos elencados nos mapas conceituais necessitam ser subordinados à toda hierarquia, apresentando-se como os conceitos menos inclusivos (NOVAK; GOWIN, 1999).

Por esse motivo, precisam ser elencados ao final da hierarquia e não podem ser rodeados, por não serem conceitos.

Nesse trabalho, os exemplos mencionados nos MCI e MCF foram essenciais para verificarmos as relações dos conceitos físicos estudados em sala de aula, mediante a implementação da sequência didática, com situações do seu dia a dia e/ou aplicações práticas dos conceitos.

No gráfico 5, mostramos o número de exemplos, que foram escolhidos pelos participantes por meio dos seus MCI e MCF.

Gráfico 5: comparação do número de exemplos entre MCI e MCF

Fonte: autoria própria

Verificamos pelo gráfico 5, que não houve uma regularidade dos resultados dessa categoria entre os MCI e MCF, pois nem todos os aprendizes participantes apresentaram exemplos no momento inicial.

No caso da aluna A_2 , inicialmente ela não apresentou exemplo conceitual relevante para a pesquisa e no MCF mostrou um crescimento expressivo.

As discentes B_1 e D_2 foram as que apresentaram maior crescimento, o que permite inferir que ambas conseguiram relacionar as situação cotidianas com o conteúdo estudado.

No caso da educanda C_1 houve uma redução de 17% nos exemplos, pois ela pode ter substituído-os por conceitos.

A aluna D_1 manteve a mesma quantidade nos dois momentos.

Diante dos resultados apresentados, podemos inferir que a abordagem CTS trabalhada nessa sequência didática, contribuiu para que os estudantes conseguissem perceber algumas aplicações importantes da Física discutida em sala de aula.

Os exemplos mostrados pelos aprendizes, em sua maioria, estiveram relacionados à fatores como a comunicação e a saúde dos seres humanos, focando principalmente nos perigos das radiações solares em excesso e também dos benefícios e malefícios das radiações ionizantes.

Afirmamos que houve uma contextualização dos conteúdos ministrados entre o momento inicial e final, e essa, segundo Santos (2007), pode ser vista, com

objetivos de desenvolver atitudes e valores em uma perspectiva humanística, diante das questões sociais relativas à Ciência e a tecnologia.

Também auxiliam na aprendizagem de conceitos científicos e de aspectos da natureza e da Ciência, para encorajar os educandos a relacionar suas experiências escolares em Ciências com problemas do cotidiano.

4.3.2 Pontuação dos mapas conceituais

Mantendo a perspectiva de comparação dos resultados obtidos entre os mapas conceituais iniciais (MCI) e mapas conceituais finais (MCF), procuramos subsídios, que evidenciassem a evolução da estrutura cognitiva do discente e viessem a mostrar, que realmente a aprendizagem desses foi significativa, baseada nos pressupostos teóricos de Ausubel.

Analizamos e avaliamos os mapas conceituais, de acordo com os critérios especificados por Novak e Gowin (1999), que estabelecem uma pontuação para o mapa.

Conforme os autores, essa pontuação está ligada a:

1 - Proposições: é a relação de significado entre dois conceitos, que é indicada pela linha que une e pelas palavras de ligação correspondentes, desde que, essas sejam válidas ou corretas (1 ponto para cada uma).

2 - Hierarquia: se o mapa revelar uma hierarquia do conceito mais geral para o mais inclusivo, ou uma subordinação, que o nível abaixo apresente uma especificação menos geral, que o acima dele (5 pontos para cada nível).

Valendo-se desses critérios, em cada um dos mapas analisados, contou-se a hierarquia com o maior nível de ramificação de conceitos válidos.

3 - Ligações cruzadas: essa categoria visa mostrar as ligações significativas entre um segmento da hierarquia conceitual e outro. Assim, se a relação for válida, deve ser atribuído 10 pontos para cada uma das ligações cruzadas entre hierarquias conceituais e 2 pontos para cada conexão cruzada que seja válida, mas não traduza em síntese, entre grupos de proposições ou relação de conceitos.

4 - Exemplos: se forem válidos, dentro da proposta de trabalho, que se designem dos termos conceituais, pode-se atribuir 1 ponto para cada, e, geralmente, estarão localizados ao final da hierarquia conceitual.

Novak e Gowin (1999) afirmam que o professor ou especialista pode confeccionar um mapa conceitual de referência, elencando conceitos e as relações pertinentes, que estejam de acordo com a proposta de trabalho.

Mas esses autores ressaltam que não existe mapa conceitual certo ou errado, mas pontos de vista diferentes para uma mesma interação conceitual.

Assim, o avaliador segue os critérios de pontuação, tanto do mapa conceitual de referência como dos mapas analisados.

Em seguida, esses autores sugerem que, devemos realizar uma divisão dos pontos alcançados pela avaliação dos mapas conceituais dos estudantes, pelos pontos conquistados em seu mapa, favorecendo uma referência em termos percentuais.

De acordo com Novak e Gowin (1999), alguns podem apresentar valores superiores a 100% do mapa de referência, o que demonstra uma grande familiarização com essa estratégia de ensino.

Nessa pesquisa, optamos em não fazer a comparação de notas com o mapa de referência, porém, atribuímos pontos para os MCI e MCF de cada sujeito participante e fizemos a comparação das pontuações para verificar se houve mudança.

Isso seria mais um indicativo da viabilidade de desenvolver sequências didáticas com enfoque em relações CTS, visando uma aprendizagem significativa.

Segundo Moreira (2012), a avaliação da aprendizagem significativa implica outro enfoque, pois, o que se deve avaliar é a compreensão, captação de significados, capacidade de transferência do conhecimento à situações não conhecidas, não rotineiras, devendo ser predominantemente formativa e recursiva.

Entretanto a avaliação não pode ocorrer somente nos momentos iniciais e finais para uma simples comparação de valores, ela deve ser coletiva e individual, sendo necessária tanto para o aprendiz quanto para o professor.

Para o discente, é importante que o leve a reflexão sobre os conteúdos abordados e que possa perceber se aprendeu efetivamente, principalmente, que seu esforço valeu a pena.

Para o professor, deve utilizar toda a sequência didática como instrumento de aprendizagem, que contribua para a construção de novos saberes pelos educandos (RESQUETTE, 2013).

Assim, para obtenção dos dados, que constam no quadro 7, realizamos a planificação dos mapas conceituais iniciais e finais para elencar os critérios de pontuação.

A análise dos dados referentes aos pontos dos MCI e MCF foi baseada nos mesmos grupos de alunos (A_2 , B_1 , C_1 , D_1 e D_2).

As pontuações serão apresentadas individualmente, entre dois momentos, para melhor visualização e discussão dos resultados alcançados. Para a pontuação de cada mapa conceitual, estabelecemos pesos diferentes para as categorias, os mesmos estão em consonância com o grau de importância, estabelecidos por Novak e Gowin (1999), para cada.

Quadro 7: resultados da pontuação dos MCE e MCF

Categorias	Peso	A_2		B_1		C_1		D_1		D_2	
		MCI	MCF	MCI	MCF	MCI	MCF	MCI	MC F	MCI	MCF
Ligações simples (linhas e palavras de ligação)	1	10	22	10	25	21	32	15	23	18	39
Hierarquia	5	2	4	2	4	3	6	2	5	1	5
Ligação cruzada simples	2	0	3	0	4	2	1	1	2	1	2
Ligação cruzada entre hierarquias	10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Exemplos	1	0	3	1	3	6	5	5	5	2	7
Total de pontos	-----	20	51	21	56	46	79	32	57	27	75

Fonte: autoria própria

Observando os dados do quadro 7, verificamos um aumento significativo na pontuação alcançadas pelos aprendizes participantes.

Isso apontou indícios de uma evolução cognitiva, pois, o mapa conceitual proporciona tanto uma visão global de conjunto como uma ideia das relações entre conceitos, em segmentos de estruturação mais reduzidos (NOVAK: GOWIN, 1999).

Percebemos um aumento de 155% na pontuação da aluna A₂, 167% na pontuação da estudante B₁, 72% para a discente C₁, 78% para aprendiz D₁ e 178% para a educanda D₂.

Ressaltamos que, não foi objetivo comparar as pontuações obtidas entre os educandos, mas sim, as do momento inicial com as do final de cada estudante, para verificar o quanto esse aprendeu do conteúdo ministrado com a sequência didática. Isso porque, segundo Moreira (2010), a aprendizagem significativa implica, necessariamente, atribuição de significados idiossincráticos, pois cada um dos mapas conceituais confeccionados apresentam significâncias próprias.

“A aprendizagem significativa processa-se quando o material novo, ideias e informações que apresentam uma estrutura lógica, interage com conceitos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, sendo por eles assimilados, contribuindo para sua diferenciação, elaboração e estabilidade” (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 17).

As notas obtidas dos MCI seriam as ideias âncoras, que os discentes participantes teriam sobre o assunto, ondas, ou seja, os chamados subsunçores que, segundo Moreira (2012), são conhecimentos estabelecidos na estrutura cognitiva do sujeito, que aprende, e, permite por interação, dar significados a vários conhecimentos.

Outro fator relevante à aprendizagem significativa é a própria relação entre os subsunçores, pois à medida que eles também adquirem novos significados levam a reorganização da estrutura cognitiva do sujeito (MOREIRA, 2010).

Por isso, nenhum dos mapas analisados, em qualquer um dos momentos, foi considerado como “correto”.

Mas cada um deles evidenciaram os conteúdos significativos e suas relações ao pensamento de quem os elaboraram. O avanço da pontuação corrobora para indicar que efetivamente ocorreu uma aprendizagem significativa, baseada nos pressupostos teóricos de Ausubel.

Os conhecimentos prévios dos alunos nos MCI também podem ser usados como instrumentos de avaliação, não no sentido de atribuir notas (MOREIRA; MASINI, 2001), mas como de se obter informações sobre o tipo de estrutura, que o aprendiz possui para um dado conjunto de conceitos, que nessa pesquisa mostrou um crescimento relevante (quadro 7), quando comparados com os MCF.

A transformação das pontuações desses mapas com um aumento significativo permitiu inferir que os aprendizes participantes mudaram o curso da aprendizagem, porque os mapas conceituais permitem uma dinamização na sua confecção.

Assim, se a aprendizagem é significativa, a estrutura cognitiva constantemente se reorganiza, por diferenciação progressiva e reconciliação integradora, que por consequência, mostram que mapas traçados hoje serão diferentes dos traçados amanhã, mesmos que sejam pelos mesmos autores e sobre os mesmos temas (MOREIRA, 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da atual situação da educação pública do Brasil, os professores, de modo geral, têm dificuldades para manter o interesse dos estudantes nas salas de aula.

Pois estamos vivenciando uma época, que esses têm acesso a muitas informações, que vão muito além, do que se trabalha no espaço escolar.

Por isso, é necessário planejar aulas, que se aproximem da realidade dos educandos.

Nesse sentido, o desenvolvimento de sequências didáticas bem estruturadas pode contribuir satisfatoriamente com o processo de ensino e aprendizagem.

Elas podem despertar nos alunos o desejo de participar das aulas, de ficar mais próximo do docente, em um processo amplo, que proporcione uma maior compreensão e significado do que se estuda no âmbito escolar.

Sabe-se, que as aulas expositivas com um único recurso didático pedagógico, o livro texto, não tem sido suficiente para estimular um aprendizado de Física com qualidade.

Com o desenvolvimento dessa sequência didática, percebemos que, os indícios de aprendizagem apresentados pelos sujeitos pesquisados, se deram a partir da motivação dos aprendizes e do professor pelo ambiente de aprendizagem estabelecido e pelo assunto abordado.

Essa motivação pode ter advindo da associação entre teoria, prática e aplicação cotidiana, com conteúdos voltados para a vivência dos educandos.

Nesse sentido, a perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), apresenta-se como um bom viés para o favorecimento de um ensino potencialmente significativo.

Quando propusemos a implementação da sequência didática, percebemos uma boa aceitação dos estudantes, principalmente, porque, segundo alguns comentários, não teriam que fazer contas.

Esse foi um fator positivo, no entender de alguns estudantes, principalmente, por aqueles, que sempre tiveram dificuldades na área das Ciências exatas.

Por serem informados que estavam sendo avaliados, em todo o processo, a turma se envolveu na realização das atividades, uns mais que os outros, principalmente nos trabalhos em equipe, que, geralmente, um educando assume como líder e organiza a cooperação para a realização dos trabalhos.

Com a análise das questões problema foi constatado que muitos tinham um conhecimento bem vago sobre “onda eletromagnética”.

Conseqüentemente seus mapas conceituais iniciais apresentaram-se limitados estruturalmente e também com número de conceitos, julgados como corretos, muito baixo.

Ao implementar toda a seqüência didática, e, por algumas vezes, retomar a estratégia de elaborar mapas conceituais, verificamos uma melhora significativa tanto conceitual quanto estrutural dos aprendizes.

Os mapas conceituais analisados (MCF) apontaram elementos que nos permitiram inferir que os alunos tiveram uma aprendizagem significativa.

Essas análises ainda permitem concluir que, por processos bem definidos, os alunos conseguiram modificar sua estrutura cognitiva, apresentando ao final, subsunçores diferentes dos que apresentaram inicialmente sobre o conteúdo abordado.

Por meio das falas tomadas no diário de campo, também verificamos uma motivação para o cumprimento de todas as atividades, organização dos trabalhos em equipe e predisposição para estudar os conteúdos de Física.

Isso foi avaliado positivamente, pois nenhum dos discentes participantes obteve nota abaixo da média, algo que nunca havia se constatado pelo professor pesquisador durante a sua rotina normal de trabalho.

Alguns educandos sempre afirmavam sentir dificuldades em entender os conteúdos dessa disciplina, por não conseguirem interpretar as informações dos exercícios tradicionais.

Podemos aqui inferir, que a única mudança no contexto escolar nesse período foi à postura do professor em relação à turma.

Nessa proposta de seqüência didática, o aluno se tornou um participante ativo da aula, interagindo todo tempo com seu pequeno grupo, com os demais grupos e com o professor. E a postura desse foi de facilitador, de mediador dos debates.

Alguns alunos ofereceram certa resistência, no início do desenvolvimento da sequência didática, visto que estavam acostumados com um ensino tradicional, alegando que preferiam fazer contas.

Essa postura foi superada no decorrer das aulas, pois os mesmos, quando se deram conta, estavam apresentando seminários e discutindo suas ideias nos pequenos grupos.

Diante das análises realizadas, pode-se considerar que a implementação da sequência didática, devidamente planejada e estruturada, com diferentes recursos didáticos pedagógicos, e, sob uma perspectiva das relações CTS, gerou um ambiente de aprendizagem, completamente diferente, do tradicionalmente adotado por muitos docentes, permitindo assim, que os alunos em um estágio de motivação, se tornassem corresponsáveis pelo processo de ensino e aprendizagem.

Os resultados alcançados mostraram que a sequência didática aplicada, pode ser considerada como um material potencialmente significativo, sendo indicada como um bom recurso didático para professores, que se interessem em ministrar aulas diferentes das convencionais.

Espera-se que, esse trabalho possa estimular outros professores a pensarem um ensino de Física diferente, criando e produzindo outros materiais potencialmente significativos, capazes de tornar a Física, uma disciplina menos temida e um ensino mais prazeroso, assumindo o compromisso com uma educação formativa.

Para isso, devem-se fornecer conhecimentos físicos úteis para a vida cotidiana dos estudantes, favorecendo o desenvolvimento de uma visão ampla das Ciências, para que os mesmos venham exercer a sua cidadania completa, nessa sociedade, que está em constante transformação.

Assim, a implementação de sequências didáticas, com enfoque em CTS, para o ensino de Física podem favorecer o desenvolvimento da capacidade crítica dos educandos, para tomar decisões em relação ao desenvolvimento da Ciência.

Portanto, é necessário que os aprendizes tornem-se coparticipante da construção de seus próprios conhecimentos, ciente de seus direitos e deveres, sendo proativo em exercer sua cidadania, de modo que, os conhecimentos científicos adquiridos, no espaço escolar, levem-no a refletir e agir para transformar a realidade que o cerca.

Isto é, que eles estejam formados e preparados, para modificar o seu meio, com a visão plena da relação existente entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

REFERÊNCIAS

ANGOTTI, J. A. P.; AUTH, M. A.. Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da Educação. **Revista Ciência & Educação**. V. 7, nº 1, p. 15-27, 2001.

ASTOLFI, J.P; DELEVAY, M. **A didática das ciências**: Tradução: Magda S.S Fonseca. Campinas: Papirus, 1990.

AULER, D.. **Interações entre ciência-tecnologia-sociedade no contexto da formação de professores de ciências**. Tese de Doutorado. 2002, 257 f. Tese (Doutorado em Educação: Ensino de Ciências Naturais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

AULER, D.; BAZZO, W. A.. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Revista Ciência & Educação**. V. 7, nº 1, p. 1-13, 2001.

AZEVEDO, R. O. M. et. al. O enfoque na formação de professores de ciências e a abordagem de questões sociocientíficas, In: IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – IX ENPEC, Águas de Lindóia/SP, 2013, **Atas...**, São Paulo: 2013. <Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0325-1.pdf> acesso em: 04/12/2016>.

BARDIN, L.. **Análise de conteúdo**. Trad. Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Rio de Janeiro: Edições 70, 1977.

BATISTA, M.C.. **Um estudo sobre o ensino de astronomia na formação inicial de professores dos anos iniciais**. Tese de Doutorado. 2016, 183f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.

BONADIMAM, H.; NONENMACHER, S. E. B.. **O gostar e o aprender no ensino de física**: uma proposta metodológica. Caderno Brasileiro de Ensino de Física: vol. 24, nº 2, p.194-223, 2007. <Disponível em: <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5165466.pdf> Acesso em: 23/11/2015>.

BONJORNO, J. R. et. al. **Física, eletromagnetismo, física moderna**: 3º ano. 2ª ed. São Paulo: FTD, 2013.

BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A. (orgs.). **A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea**. 3ª ed. Petrópolis: Vozes, 2001

BRASIL, MEC. **Indicador de adequação da formação do docente da educação básica**. INEP: Brasília, 2014a. <Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/enem_por_escola/2014/nota_tec

nica indicador adequa%C3%A7%C3%A3o formacao docente.pdf Acesso em: 17/03/2016>.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica. **Formação de Professores do ensino médio, Etapa II – Caderno III: Ciências da Natureza**. Curitiba: UFPR/ Setor da Educação, 2014b.

BRASIL. Ministério da Educação, (MEC). Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Secretária de Educação Básica, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM)**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, 1999. <Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>, Acesso em 22/08/2016>.

CAPECHI, M. C. V.. Problematização no Ensino de Ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (org). **Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARNEIRO, N. L.. **A prática docente nas escolas públicas, considerando o uso do laboratório didático de física**. 2007, 90f. Monografia (Graduação em Licenciatura em Física) -- Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2007. <Disponível em: http://www.uece.br/fisica/index.php/arquivos/cat_view/46-monografias?limit=10&order=name&dir=DESC&start=15>.

CARVALHO, A. M. P. (org). O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino Investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (org). **Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO JUNIOR, G. D.. As concepções de ensino de Física e a construção da cidadania. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. V. 19, nº 1, p. 53-66, 2002.

DEMO, P.. **Pesquisa Participante: Mito e Realidade**. UNB/INEP. Brasília, 1982.

DEMO, P.. **Educar pela pesquisa: 2ª ed.** Campinas: Autores Associados, 1997.

DESLANDES, S.F.; CRUZ NETO, O.; GOMES, R.; MYNAYO, C. S.. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 17 ed. Petrópolis: Vozes, 1994.

DICIONÁRIO DE LATIM-PORTUGUÊS. 2ª ed.. o. Porto Editora, 2001.

FERNANDES, S. G. P.. Algumas considerações sobre o ensino de Física no Brasil e seus reflexos na formação de professores. **Mimesis**. Bauru, V. 18, nº.1, p. 53-63, 1997. <Disponível em:

http://www.usc.br/biblioteca/mimesis/mimesis_v18_n1_1997_art_04.pdf, acesso em 22/08/16>.

FREIRE, P.. **Pedagogia da Esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido**. 7ª ed. Rio de Janeiro : Paz e Terra, 1992.

FIGUEIREDO, A; PIETROCOLA, M.. **Luz e Cores**. São Paulo: FTD, 2000.

GOULART, I. B.. **Piaget, experiências básicas para a utilização pelo professor**: 3ª ed. Petrópolis: Vozes, 1985.

HEWITT, P. G.. **Fundamentos de física conceitual**. tradução Trieste Ricci. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HOROWICZ, R. J.. **Luz, Cores – ação: a ótica e suas aplicações tecnológicas**. São Paulo: Moderna, 1999.

MCKELVEY, J. P.; GROTCHE, H.. **Física V.3**. Ed. Harbra, 1981.

MENEZES, L. C. (et al). **Quanta física**: 3º ano. 2ª ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

MENEZES, L. C.. Mais paixão no ensino de Ciências. **Revista Nova escola**: Ano 18, nº. 159, p. 19-21, fev. 2003.

MOREIRA, M. A.. **O que é afinal aprendizagem significativa**. Aula inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais - Instituto de Física - Universidade Federal do Mato Grosso. Cuiabá- MT. 2010. Aceito para publicação, *Curriculum, La Laguna, Espanha*, 2012.

MOREIRA, M. A.. **Mapas Conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro, 2010.

MOREIRA, M. A.. **Mapas Conceituais e Diagramas V**. Porto Alegre: Edição do autor, 2006. <Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Livro_Mapas_conceituais_e_Diagramas_V_COMPLETO.pdf , acesso em: 03/12/2016>.

MOREIRA, M.A.; CABALLERO, M. C.; RODRÍGUEZ, M. L. (orgs). Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Actas del Encontro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, Espanha, p. 19-44, 1997.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S.. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.

MOURÃO, A. P.; OLIVEIRA, F. A.. **Fundamentos de radiologia e imagem**. São Caetano do Sul – SP: Difusão Editora, 2009.

NARDI, R.. **Memórias da educação em ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de física**. Investigações em Ensino de Ciências . Vol. 10, p. 63-101, 2005. <Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID124/v10_n1_a2005.pdf , acesso em: 22/08/2016>.

NOVAK, J. D.; GOWIN, B.. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano, 1999.

OKUNO, E.; VILELA, M. A. C.. **Radiação Ultravioleta: características e efeitos**. 1ª ed. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S.. Física Moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Física**. V. 29, nº. 3, p. 447 – 454, 2007.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A.. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**. V. 5, nº 1, p. 23-48, 2000.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. Curitiba: SEED-PR, 2008a.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Ciências**. Curitiba: SEED-PR, 2008b.

PERUZZO, C. M. K.. Da Observação Participante à Pesquisa-Ação em comunicação: pressupostos epistemológicos e metodológicos. In: INTERCOM – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação, XXVI Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação, 2003, Belo Horizonte/Minas Gerais. **Anais...** Belo Horizonte/Minas Gerais, 2003. <Disponível em: http://www.intercom.org.br/papers/nacionais/2003/www/pdf/2003_COLOQUIO_peruzzo.pdf. Acesso em: 21 jun. 2015>.

PIETROCOLA, M.; ALVES, J. de P. F.; PINHEIRO, T. de F.. Prática interdisciplinar na formação disciplinar de professores de ciências. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**. V. 8, p. 131-152, 2003.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A.. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Revista Ciência & Educação**. V. 13, nº 1, p. 71-84, 2007.

RESQUETTE, S.O.. **Uma sequência didática para o ensino da radioatividade no nível médio, com enfoque na história e filosofia da ciência e no movimento cts**. Tese de Doutorado. 2013, 281f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

ROSA, C. W da; ROSA, A. B. da.. O Ensino de Ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações Educacionais. **Revista Ibero-americana**. Nº 58/2, 24

p. 2012. <Disponível em:
https://www.google.com.br/?gws_rd=ssl#q=Situa%C3%A7%C3%A3o+atual+do+ensino+de+f%C3%ADsica+no+brasil >.

ROSA, C. W. da; ROSA, A. B. da.. Ensino de física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Eletrônica de Ensenanza de las Ciencias**. V.4, nº 1, 2005.

SALTO PARA O FUTURO. **Educação de Jovens e Adultos**: Secretaria de educação à distância. Brasília: Ministério da Educação, SEED, 1999.

SANCHES, M. B.; Neves, M. C. D. S.. **A Física moderna e contemporânea no ensino médio: uma reflexão didática**. Maringá: Eduem, 2011.

SANT'ANNA, B. (et. al). **Conexões com a física: 3 eletricidade, física do século XXI**. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2013.

SANTOS, W. L. P. dos.. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Revista Ciência & Ensino**. V. 1, número especial de 2007.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F.. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência- Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. V. 2, nº 2, p. 110-132, Dez, 2000.

SAVIANI, D.. **Do senso comum à consciência filosófica**: Campinas: Autores Associados, 1993, p. 20-28.

SASSERON, L. H.. Interações discursivas e Investigação em sala de aula: o papel do professor. In: CARVALHO, A. M. P. (org). **Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

SEDANO, I.. Ciências e Leitura: um encontro possível. In: CARVALHO, A. M. P. (org). **Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

SENRA, C. P.. **Uma proposta para enriquecer o ensino de física: os projetos de pesquisa e a abordagem cts**. Dissertação de Mestrado. 2011, 80f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ, Rio de Janeiro, 2011.

Disponível em:
 <https://www.google.com.br/?gws_rd=ssl#q=Situa%C3%A7%C3%A3o+atual+do+ensino+de+f%C3%ADsica+no+brasil>:

SILVA JUNIOR, E. F. (intr). **Física**: ensino médio 1ª série. Curitiba: Positivo, 2010.

SILVA, O. H. M.. A natureza da Luz e suas propriedades. In: SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO - PR: **Física ensino médio**. 2ª ed. Curitiba: SEED-PR, 2006.

SILVA, S. de C. R. da. SCHIRLO, A. C.. Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel: Reflexões para o ensino de física ante a nova realidade social. **Revista Imagens da Educação**. V. 4, nº 1, p. 36-42, 2014.

STEFANOVITS, A. (org.). **Ser protagonista: Física, 3º ano: ensino médio**. 2ª ed. São Paulo: Edições SM, 2013.

THIOLLENT, M.. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. São Paulo: Cortez, 1985.

TORRES, C. M. A. (et. al). **Física: ciência e tecnologia- 3 eletromagnetismo, física moderna**. 3ª ed. São Paulo: Moderna, 2013.

VARGAS, M.. **História da matematização da natureza**. Estud. av. vol.10 nº. 28, p. 249-276. São Paulo : Sept./Dec. 1996. <Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141996000300011>.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

WEBER, M. M.. **Aulas práticas no ensino de ciências: a construção do conhecimento científico sobre protozoários por alunos do 7º ano do Ensino Fundamental**. Dissertação de Mestrado. 2013, 90f. Tese (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

WITKOVSKI, S. M. F. **Fibra óptica – telecomunicações**. Curitiba: Caderno PDE, 2013.

REFERÊNCIAS DAS FIGURAS

Figura 1:

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica. **Formação de Professores do ensino médio, Etapa II – Caderno III: Ciências da Natureza**. Curitiba: UFPR/ Setor da Educação, p. 25, 2014b..

Figura 2:

MOREIRA, M. A.. **Mapas Conceituais e Diagramas V**. Porto Alegre: Edição do autor, p.11, 2006. <Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Livro Mapas conceituais e Diagramas V COMPLETO.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Livro%20Mapas%20conceituais%20e%20Diagramas%20V%20COMPLETO.pdf) , acesso em: 03/12/2016>.

Figura 3:

BATISTA, M.C.. **Um estudo sobre o ensino de astronomia na formação inicial de professores dos anos iniciais**. Tese de Doutorado. 2016, 183f. Tese (Doutorado

em Educação para a Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, p. 46, 2016.

Figura 4:

Web1:

<<https://www.google.com.br/search?q=imagens+ondas+eletromagneticas&biw=1366&bih=677&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwiuo8nxo8nOAhXNqZAKHXOrBskQ7AkINg#imgrc=pk8LfGVHAWLkdM%3a>>, acesso em 14/08/16.

Figura 5:

Web2:

<http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=70&evento=2>>, acesso em 17/08/16.

Figura 6:

Web3:

<<http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=118&evento=2>>, acesso em 17/08/16.

Figura 7:

Web4:

<https://www.google.com.br/?gws_rd=ssl#q=imagem+espectro+da+luz+vis%C3%ADvel>, acesso em 20/08/16.

Figura 8:

Arquivo do pesquisador

Figura 9:

Arquivo do pesquisador

Figura 10:

Arquivo do pesquisador

Figura 11:

Arquivo do pesquisador

APÊNDICES

**APÊNDICE A – QUADRO COM TODAS AS RESPOSTAS REFERENTE A 2ª
QUESTÃO PROBLEMA**

Categorias	Número de alunos	Respostas
(ii) Saberes cotidianos	2	<p>Aluna A₃ – “Por causa do eletromagnetismo, então ele fica atrás do chumbo, para não trazer problemas para ele quem vai fazer o raio X não é afetado porque ele não convive la, mas pessoas que faz o procedimento tem que aposentar cedo por causa do eletromagnetismo”.</p> <p>Aluna B₁ – “Por causa das correntes elétricas magnéticas que o aparelho possui, com o ‘raio de luz’ que ele solta as correntes se espalham/propagam pelo ambiente ele fica atrás da parede de chumbo para se proteger”.</p>
(iii) Conceitos físicos	2	<p>Aluna D₃ – “Ele fica atrás da parede de chumbo par que não seja atingido pela radioatividade de aparelho”.</p> <p>Aluna D₄ – “O técnico em radiologia faz isso para não ter contato com a radioatividade diariamente”.</p>
(i) Aplicações e (ii) Saberes cotidianos	1	<p>Aluna D₂ – “A pessoa se esconde pra não ficar exposto as ondas ao reflexo que acabaria prejudicando sua visão por isso que ela não pode ficar exposta as ondas do Raio X e nem o paciente pode ver”.</p>

<p>(i) Aplicações e (iii) Conceitos físicos</p>	1	<p>Aluna D₁ – “Ele se esconde para que a radiação (ondas que estão exposta), mas que não vemos não prejudique sua saúde, pois se toda essa onda de todos os raios X pesgasse nele isso ia interferir na saúde dele”.</p>
<p>(ii) Saberes cotidianos e (iii) Conceitos físicos</p>	3	<p>Aluno B₂ – “Por causa da alta intensidade do raio X e também por causa das ondas eletromagnéticas, como esse técnico fica ali na sala toda hora, ele te que se proteger”.</p> <p>Aluno B₃ – “Para que ele não fique exposto aos raio X com a mesma intensidade do que o paciente pois é muito forte a frequência das ondas”.</p> <p>Aluna C₁ – “Para não ficar exposto a radiação uma vez que a parede será um agente inibidor, que não deixará a radiação atingir o profissional que está se expondo para realizar o Raio X”.</p>
<p>(i) Aplicações, (ii) Saberes cotidianos e (iii) Conceitos</p>	4	<p>Aluna A₁ – “O técnico se esconde, porque a onda de radiação naquele ambiente é muito grande, e isso afetaria ele. Até quando uma mulher está grávida, ela não pode fazer o teste porque afeta o bebe. O paciente não sofre essa radiação tão grande como o técnico passaria, porque o paciente faz uma vez só, e se fosse o técnico passaria várias vezes pela mesma irradiação, e ele poderia adquirir um câncer”.</p> <p>Aluna A₂ – “Ele fica escondido por conta das ondas radioativas, pelo fato de ser várias pessoas que fazem raio x ao dia, ele</p>

físicos		<p>acaba se 'escondendo' em forma de proteção ”.</p> <p>Aluno C₂ – “Penso que a máquina de Raio X lança ondas magnéticas que em excesso podem se prejudiciais a saúde do ser humano influenciando a ter doenças como o câncer ou algo do tipo. Como o técnico trabalha diretamente com isso ele não pode ficar diretamente exposto a esta radiação. Então no momento do Raio X o profissional fica atrás da parede de chumbo pois acredito que as ondas não ultrapassam ou até mesmo batendo na parede e voltando. Esses técnicos até recebem insalubridade por ficar exposto a radiação”.</p> <p>Aluno C₃ – “Em salas como esta, com estes aparelhos, o índice de radiação no ambiente é muito alto. No entanto, para que o profissional da área não sofra complicações no futuro ele tem de se refugiar destas ondas magnética atrás desta parede de chumbo”.</p>
---------	--	---

Fonte: autoria própria

APÊNDICE B – SEQUÊNCIA DIDÁTICA DESENVOLVIDA E IMPLEMENTADA

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

FICHA TÉCNICA: ONDAS ELETROMAGNÉTICAS		
TIPO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA: Curta, com metodologia de pesquisa e produto final voltado para o uso cotidiano.		
PÚBLICO ALVO	Alunos da 3ª série do Ensino Médio	DURAÇÃO: 8 aulas
CONTEÚDOS	<ul style="list-style-type: none"> • Ondas eletromagnéticas; • Espectro eletromagnético; • Raio X; • Aplicações do Raio X; 	
OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Entender o conceito de ondas eletromagnéticas; • Compreender a importância radiação eletromagnética e suas aplicações; • Entender o conceito de Raios X e suas diferentes aplicações; • Compreender que a Ciência é uma construção coletiva; 	
PRODUTO FINAL (AVALIAÇÃO)	<ul style="list-style-type: none"> • Produção de mapas conceituais finais, sobre o tema desenvolvido, para elencar elementos da aprendizagem significativa; • Elaboração de panfletos sobre os perigos das radiações; • Desenvolvimento de “memes”, como forma de fixar o conteúdo. 	

Encontro 1: (1 aula - 50 minutos)

MOMENTO INICIAL

“Nesta etapa os estudantes terão a oportunidade de refletir sobre algumas ideias, que já possuem a respeito do tema, que será explorado nas atividades seguintes. Com os resultados obtidos, nessa etapa, o professor pode direcionar, da melhor forma, as atividades que serão desenvolvidas, bem como as discussões que ocorrerão ao longo das mesmas”.

Questões Problema: (20 min)

Questão 1: “ Supondo que no início de cada mês, você tenha que ir ao caixa do banco de sua cidade para receber seu salário. Em um dia chuvoso, no qual você estava com muita pressa, não lembrando que estava com o aparelho celular no bolso e usava alguns acessórios (correntes, relógio, cinto). Foi barrado(a) na porta giratória desse estabelecimento pelo detector de metais, tendo que retirá-los, para conseguir adentrar no local. Como funciona o detector de metais?

Questão 2: Imagine que, em uma aula de educação física, um aluno caiu e começou a sentir muita dor no tornozelo. O professor acompanha-o até o hospital. O primeiro procedimento feito foi um Raio X. Quando o técnico em radiologia vai tirar o Raio X, ele se esconde atrás de uma parede de chumbo. Por que o técnico ficou atrás da parede?

Objetivos:

- Investigar as concepções iniciais dos educandos sobre o tema ondas;
- Produzir individualmente um mapa conceitual inicial com o tema "onda", para identificar os conhecimentos prévios dos participantes.

“Após os alunos responderem as questões norteadoras, o professor escolherá dois para apresentarem um texto na aula seguinte. O texto de Maurício Pietrocola tem como título “Quem pinta o mundo” e pode ser encontrado no livro “Luz e Cores” de Figueiredo e Pietrocola (2000)”.

Encontro 2: (2 aulas - 100 minutos)

Objetivo:

- Inserir os conceitos introdutórios, temáticos da Sequência Didática sobre ondas eletromagnéticas e instigar a curiosidade dos aprendizes para a compreensão do tema estudado.

“Inicialmente o professor separa a turma em pequenos grupos, com três alunos cada, em seguida propõe que os alunos escolhidos no encontro 1 façam a leitura e encenação do texto escolhido para a turma”.

Atividade 1:

TEXTO 1- “Quem pinta o mundo?” (10 min)

- Professor

Com certeza, todo esse colorido, que nos cerca, já lhes causou interrogação algum dia. Que bom, se pudéssemos admirar tal espetáculo entendendo o que se passa com as misteriosas cores!

Quem pinta o mundo? Como um único céu pode ser negro à noite, azul de dia e, às vezes avermelhado na fronteira dos dois períodos? Uma pista muito importante: esses fenômenos só acontecem na presença da luz. E mais: Quando muda a cor da luz, o colorido de determinados objetos também muda.

Que tal responsabilizarmos a luz por esses espetáculos?

Vamos imaginar que você estabeleça o seguinte diálogo com a luz:

Aluno 1- Como você se chama?

Aluno 2 - Luz, somente luz; no entanto, tenho vários apelidos...

- Que apelidos você tem?

- Essa é uma história um pouco longa... Mas vou tentar conta-la.

- Conte-me então.

- Tudo começou no primeiro dia, aliás, e pelas trevas... Já no final desse mesmo dia, fui criada. Desde esse momento, saí por aí, refletindo, refratando, espalhando e fazendo muito mais...

- Mas como você é capaz disso tudo, se é invisível? Que é você? O que você é?

- Pois é... Já falei bastante a meu respeito. Muitos, inclusive, discordam da minha invisibilidade. Mas há uma verdade: só é possível acompanhar o meu rastro quando existe algo no meu caminho.

- Como assim?

- É simples. Quando saio do farol de um carro, num dia de chuva, só se vê o meu rastro porque as gotículas de água me refletem, isto é, me atrapalham. Só é possível ver o meu trajeto quando parto do farol de uma torre porque as partículas de poeira, em

suspensão, se colocam no meu caminho desviando-me para todos os lados.

- Ah, entendi ... Continue sua história.

- No início, os homens pré-históricos não estavam muito interessados nisso. Depois, no século XVII, travou-se uma grande discussão acerca da minha natureza. Uns diziam que eu consistiria em pequenas partículas porque, ao incidir em um aparelho, era refletida como uma bola de bilhar em uma mesa. Outros diziam que eu era onda, pois alguns fenômenos luminosos apresentam características de ondas, como o som produzido por cordas e membranas.

- Quer dizer então que você é uma onda?

- Bem, essa foi a conclusão dos cientistas até o final do século passado. Na verdade, as pesquisas no início desse século apontaram novamente para minha natureza corpuscular.

- E, no final das contas, o que você é?

- Não posso responder, pois só é possível ao homem penetrar minha essência através dos conceitos e das teorias que ele cria. A natureza representa um grande desafio à capacidade humana de compreensão. Os debates e as discussões entre os cientistas são decorrência dessa tentativa de entender a minha essência.

- Isso que dizer que a ciência não chegou a uma conclusão definitiva sobre a sua natureza? Algumas vezes é vista como onda, outras como partículas?

- É, parece que você entendeu o espírito da situação. Hoje, para a Ciência, sou algo com duas faces: uma ondulatória e outra particular. Talvez amanhã cheguem a outra imagem sobre minha natureza. Por enquanto, me apresento com essa dupla identidade, como um agente secreto.

- Afinal, nesse momento devo imaginá-la como partícula ou onda?

- Bom, no caso da nossa conversa que vai se encaminhar sobre o colorido do mundo, vou me apresentar como onda.

- Tudo bem. Mas antes você falou que o som é uma onda produzida por corda, ou membrana. E no seu caso, quem precisa vibrar para que você seja produzida?

- Ah!... Aqui a história começa complicar um pouquinho. Vamos lembrar o modelo que concebemos hoje sobre a constituição do átomo. Ele é constituído de um caroço central, o núcleo (composto de prótons e nêutrons), em torno do qual giram os elétrons.

- Uma vez montamos o modelo do átomo no laboratório da escola...

- Pois é, desenvolvendo esse modelo e realizando algumas experiências, os cientistas chegaram à seguinte conclusão: quando se acelera ou freia uma carga elétrica – o elétron, por exemplo- ela emitirá um tipo de onda. Você pode constatar isso utilizando duas pilhas, um pedaço de fio e um rádio. Ligue o rádio, deixando o volume baixo. Aproxime do rádio, ligando as extremidades do fio às pilhas. Essa ligação consome rapidamente a energia da pilha. Por isso, para economizar energia, desligue uma das extremidades e ligue-a novamente. Toda vez que fizer isso ouvirá um ruído vindo do rádio, conhecido como interferência.

- O que isso comprova?

- Ora, mostra que o fato de você ter acelerado e desacelerado os elétrons, presentes no fio, fez com que ele emitisse algo que interferiu no sistema de recepção do rádio. Esse aparelho é construído para detectar ondas eletromagnéticas emitidas pelas emissoras e transformá-las em músicas e notícias, o que significa que esse “algo” produzido pelos elétrons acelerados no fio é também uma onda eletromagnética.

- E você poderia explicar, de maneira bem clara, o que é uma onda eletromagnética?

- Tentarei. Um transmissor, isto é, uma estação transmissora de ondas de rádio, é constituído fundamentalmente, de um sistema elétrico vibratório. Ou seja, são cargas elétricas vibrando em determinada frequência. Primeiro precisamos recordar que uma carga elétrica modifica o espaço em torno dela; por isso dizemos que cria um campo elétrico. O Campo elétrico provoca uma modificação do mesmo tipo que a gravidade. A esta última dá-se o nome de campo gravitacional, como o produzido pela Terra, por exemplo. Esse campo é responsável pela atração de outras massas em direção à Terra. Já o campo elétrico é responsável pela atração e repulsão de outras cargas. As cargas elétricas têm essa capacidade de modificar o espaço de tal forma que tudo o que também tenha carga interaja com ela, seja pela atração, seja pela repulsão.

- Estou entendendo ...

- Quando a carga elétrica é colocada em movimento, além de perturbar eletricamente o espaço, ela produz outro tipo de perturbação, que pode ser sentida por um imã. Dizemos

que essa carga em movimento produz também um campo magnético no espaço. Resumindo: uma carga elétrica parada produz uma perturbação no espaço chamada campo elétrico; em movimento, perturba, elétrica e magneticamente, esse mesmo espaço. Essa perturbação, ou tensão no espaço, é conhecida como campo eletromagnético.

- Explique melhor, por favor.

- Uma carga elétrica posta em vibração acarreta uma modificação nos campos eletromagnéticos estabelecidos no espaço. Seria como se, durante o período em que a carga vibra, os campos vibrassem junto com ela. Essa vibração, no entanto, não se estabelece de uma vez só em todo o campo. As porções do campo mais próximas da carga recebem a vibração mais rapidamente do que aquelas mais distantes. Assim, se acompanhássemos o caminho da vibração ao longo do tempo, veríamos algo que começa próximo a carga e que se propaga para porções cada vez mais distantes dela. À propagação damos o nome de onda eletromagnética, que nada mais é do que a modificação no campo eletromagnético de uma carga.

- Isso é difícil de entender... Você poderia da um exemplo conhecido?

- Certamente. Num lago, a superfície da água pode ser associada ao campo eletromagnético. Quando algo cai nessa superfície, é criada uma vibração em determinado ponto do lago. Essa vibração, no entanto, não fica restrita ao ponto, mas se propaga em todas as direções. Temos, pois, uma onda.

- E essa onda eletromagnética produzida por uma carga que vibra se propaga rapidamente?

- Sua velocidade é muito grande. Na verdade, é a maior velocidade conhecida na natureza: é de 300 000 km/s (3×10^5 km/s).

- Que coincidência! Essa não é a sua velocidade?!

- Sim! E essa foi uma das razões que levaram os cientistas a suspeitar que eu seria uma onda eletromagnética... Hoje, essa hipótese é tida como correta!

- Mas como você não interage com o rádio? Já tive a chance de observar que um rádio iluminado não sofre nenhuma interferência!

- Ah!... Creio que estamos chegando ao ponto mais importante da nossa conversa. Existem vários tipos de ondas eletromagnéticas. O que nos diferencia é a nossa frequência e o nosso comprimento de onda. Quero dizer o seguinte: as ondas de rádio, de micro-ondas, de infravermelho, de luz visível, de ultravioleta e de raio X são exemplos de ondas eletromagnéticas. Porém, quando uma onda de rádio é enviada, ela parte de uma carga que vibra entre mil (10^3) e 10 milhões (10^7) de vezes por segundo. As micro-ondas partem de uma fonte que oscila cerca de 100 trilhões (10^{11}) de vezes por segundo. Um raio infravermelho tem por trás de si uma vibração de 10 quadrilhões (10^{13}) de vezes por segundo. Uma luz visível, como eu, vibra num intervalo de 10^{14} a 10^{15} vezes por segundo.

- Poxa! Como isso é complicado ... não daria pra explicar melhor?

- Vejamos. Imagine-se sentado no quintal de sua casa, ouvindo um radinho. Imagine, também que fosse possível você segurar um elétron, a carga mais elementar que conhecemos, e começasse a vibrar esse elétron. Se você o fizesse vibrar 100 mil (10^5) vezes por segundo, começaria a perceber uma interferência no seu rádio. Isto é, a onda eletromagnética emitida por esse elétron seria uma onda de rádio. Aumentando ainda mais o número de vibrações por segundo, isto é, chegando a 10^{13} vezes por segundo, você começaria a sentir um calorzinho vindo do elétron: ele estaria emitindo uma onda infravermelha. Continuando esse processo, ao chegar a 4×10^{14} vibrações por segundo, esse elétron pareceria vermelho. Aumentando ainda mais a vibração, ele passaria a parecer amarelo, verde, azul e, quando atingisse uma vibração de 10^{15} vezes por segundo, pareceria violeta.

- Quer dizer então que tudo não passa de uma diferença na frequência de vibração so elétron?!

- Isso mesmo! A frequência de vibração do elétron determina a onda eletromagnética que vai definir sua natureza. Dessa forma, a frequência determina propriedades importantes das ondas eletromagnéticas, como sua capacidade de produzir calor, de atravessar determinados tipos de materiais, de serem dispersadas pelos gases etc. costuma-se também identificar os diversos tipos de ondas pelo seu comprimento, e não pela sua frequência. Em algumas situações as ondas eletromagnéticas são chamadas

radiação eletromagnética ou simplesmente radiação.

- **Continue por favor...**

- Entender o que é comprimento de onda e sua relação com a frequência não é muito difícil. Tome o elétron que você “segurava” há pouco. Cada oscilação executada nele produz uma modificação no campo elétrico existente no espaço. Ela se propagará com velocidade 3×10^5 km/s. Como as oscilações se

sucedem continuamente, as modificações ficarão separadas por certa distância no espaço. Essa distância é chamada comprimento de onda. Tal conceito pode ser aplicado a qualquer forma de onda. Uma torneira gotejando numa pia cheia de água produz uma série de perturbações que se propagam, separadas pela distância que definimos como comprimento de onda.

(FIGUEIREDO; PIETROCOLA, 2000, p.10-15).

➤ Professor:

Pronto! Agora descanse e pense um pouco sobre nossa entrevistada. A luz também se cansou e pediu que continuássemos sem ela.

Que tal! Valeu ou não essa conversa com a luz? Precisamos parar um pouco e refletir sobre essas informações.

Todos os números citados são valores médios de uma escala. Eles serão melhores examinados mais adiante.

“Após o término da leitura, solicita-se que, cada pequeno grupo discuta e coloque em uma folha de papel os pontos, que consideraram mais importantes do texto, do qual acabou de ser apresentado. Logo após, encaminha-se uma discussão com a turma sobre o tema, partindo dos registros dos pequenos grupos. Após as argumentações, o professor recolhe as folhas com as anotações dos grupos”.

(10 min)

“Depois da discussão, o docente apresenta um vídeo aos discentes, de aproximadamente 9 minutos, sobre “ondas eletromagnéticas”. Fazendo com que, os educandos consigam visualizar o que foi discutido. Bem como, compreender algumas importantes aplicações das ondas eletromagnéticas”.

(30 min)

Atividade 2:

- Apresentar o VIDEO 1: “ Ondas eletromagnéticas” – YOUTUBE - Instituto Galileu Galilei – “Grupo Física Vivencial” faz um panorama geral sobre as ondas magnéticas, abordando conhecimentos de física, Educação Ambiental e Arte.

“Após a apresentação do vídeo, os alunos receberão o texto 2, como material de subsídio, que será distribuído aos grupos. Almeja-se que, eles o leiam para alicerçar as informações e auxiliar na respostas das questões, que serão propostas em seguida”.

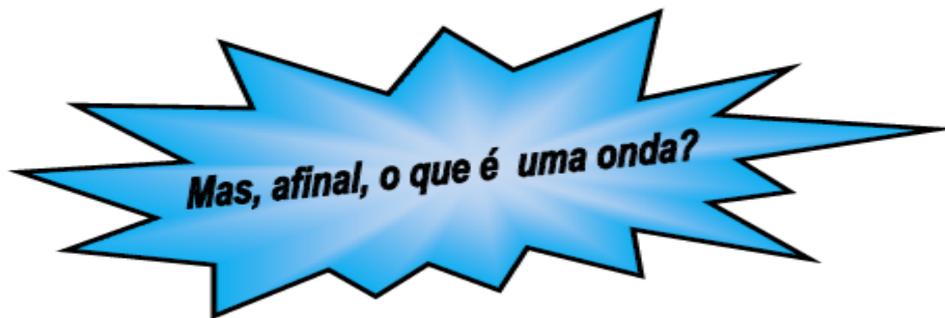
Duração: 8min 52 s



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=zFkaGmFZups>

ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Não temos como falar em radiações, raios X, luz, telecomunicações sem nos referirmos as ondas. Estamos imersos em ondas, mas nem sempre as percebemos, o próprio som que estamos ouvindo nesse momento se refere à propagação de uma onda. A luz para iluminar o ambiente onde você está nesse momento se refere a uma onda. O forno de microondas que muitos já fizeram seu uso hoje tem seu princípio de funcionamento através de uma onda e assim poderíamos ficar durante muito tempo citando exemplos de ondas, pois elas estão em toda parte.



Uma onda é uma perturbação que se propaga em um meio material ou no espaço transportando energia.

Elas podem ser classificadas como:

Ondas mecânicas – Aquelas que necessitam de meios materiais para se propagar, como por exemplo, o som.

Ondas eletromagnéticas- Essas não dependem de um meio material para sua propagação, podem se propagar no vácuo. Sua velocidade de propagação no vácuo é de 300 000 Km/s. A luz visível é um exemplo de onda eletromagnética, podemos citar também como exemplos:



O funcionamento do telefone celular é por meio de uma onda eletromagnética.



A radiação solar é outro exemplo de onda eletromagnética. Você não vê, mas se ficar algum tempo exposto perceberá claramente sua energia.

Fonte: www.todohistorietas.com.ar



Adaptação de: cafehistoria.ning.com/profile/edenilcede

O que será que tem em comum as ondas de rádio, a luz, os raios X...?

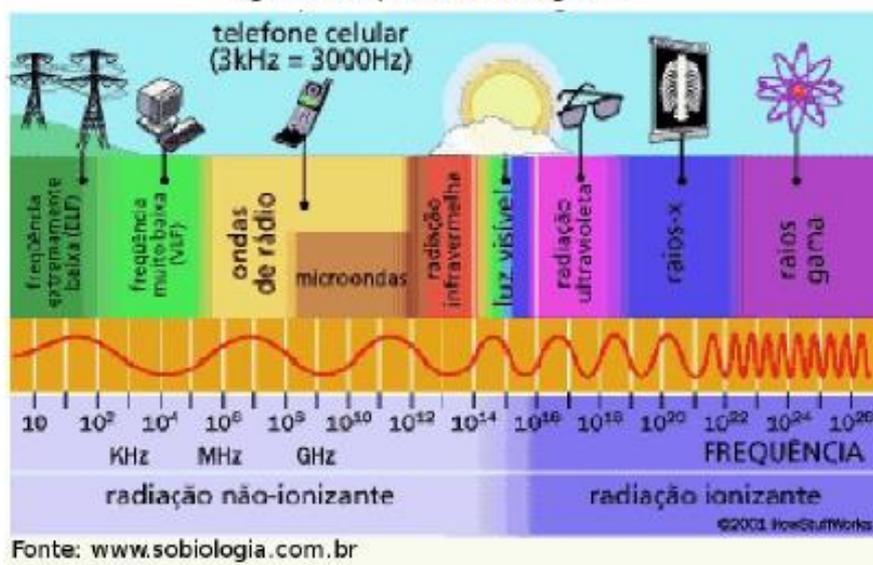
Todas elas são vibrações de campos elétricos e magnéticos cuja propagação no espaço é a mesma que a velocidade da luz, ou seja, 300 000 km/s. Elas apresentam propriedades diferentes, mas são radiações semelhantes e o que diferencia uma da outra é o comprimento de onda.

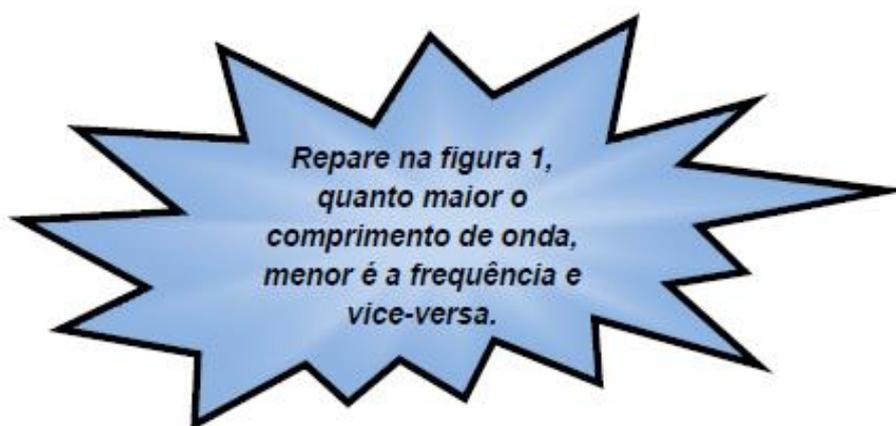
Mas o que é um comprimento de onda?

Observando a figura 1 você notará que para cada objeto existe uma demonstração de onda acompanhando-os para exemplificar que há diferença no seu comprimento, mas isso dependendo da finalidade de uso. Analisando as figuras 3.a e 3.b você entenderá melhor sobre esse assunto.

O conjunto de todas as ondas eletromagnéticas recebe o nome de espectro eletromagnético.

Figura 1 – Espectro eletromagnético





Comprimentos de ondas como as do rádio, dos raios X, raios gamas, infravermelhos e outras não são perceptíveis pela visão, no entanto elas existem e podem ser identificadas por alguns meios.

A televisão, por exemplo, é um decodificador e detector de ondas específicas para faixa de TV.



Adaptação de: www.todohistorietas.com.ar



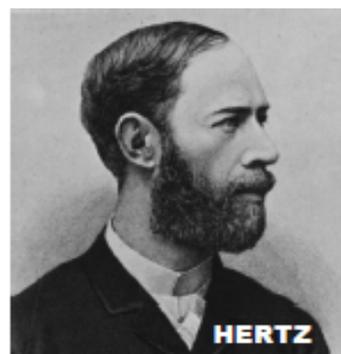
Fonte: astropt.org

Quem descobriu isso não foi uma única pessoa e também não foi por acaso, foram anos de estudos, na verdade séculos de pesquisas.

A primeira previsão da existência de ondas eletromagnéticas foi feita em 1864, pelo físico escocês, James Clerk Maxwell. Ele calculou teoricamente a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética no vácuo. Verificou

que essa velocidade era exatamente igual à velocidade de uma onda luminosa, ou seja, concluiu que a luz era uma onda eletromagnética.

A comprovação experimental das ideias de Maxwell foi feita em 1887 por Heinrich Hertz, ele produziu em seu laboratório um esquema experimental com o qual foi possível emitir, detectar e caracterizar as ondas eletromagnéticas. Com isso Hertz provou que as ondas eletromagnéticas eram nada mais nada menos que luz.



Fonte: sitedecuriosidades.com

A luz que percebemos é apenas uma pequena faixa do espectro eletromagnético. Essa radiação visível da luz compreende uma faixa de comprimento de onda que vai de 700 nanômetros a 400 nanômetros.



Adaptação de: <http://www.infoescola.com/biografias/mafalda/>

Um nanômetro equivale a dividir um metro em um bilhão de vezes.

O espectro visível nos mostra a decomposição da luz nas sete cores do arco íris, dizemos sete cores porque essa é nossa capacidade visual. A luz tem muito mais que sete cores, por isso na região cujo comprimento de onda vai além do vermelho é denominado infravermelho e na região que antecede o violeta foi denominado ultravioleta. A palavra infra vem do latim que significa abaixo. Dizemos abaixo do vermelho ou infravermelho quando relacionamos a luz com sua frequência e dessa forma dizemos ultravioleta para uma maior frequência que seria além do

violeta (ultra no latim significa "além de"). Cada frequência da luz visível é associada uma cor.



Fonte: portaldoprofessor. mec.gov.br

Embora invisível, a radiação infravermelha pode ser percebida, sobre forma de calor devido à radiação térmica emitida pelos corpos. Quando se liga um aquecedor elétrico, por exemplo, sentimos o calor irradiado por ele mesmo antes de a resistência avermelhar-se. Da radiação infravermelha depende o funcionamento de alguns sistemas de alarme, câmeras de infravermelho utilizado para filmagem em ambientes escuros, controles remotos utilizados para abrir portões e acionar televisores, etc. Na medicina tem uso terapêutico, sendo usadas para tratamento de sinusite, dores reumáticas e traumáticas. Existem também aparelhos especiais desenvolvidos para enxergar pessoas ou objetos pela detecção das radiações infravermelhas que eles emitem. As portas dos elevadores utilizam-se desse sistema para evitar que elas se fechem sobre as pessoas.

As radiações ultravioletas estão numa faixa de frequência mais alta que a luz visível. O sol é a principal fonte natural de radiação ultravioleta, mas pode ser produzida também por outras fontes artificiais como as lâmpadas fluorescentes, de descarga de mercúrio e lasers.

REPRESENTAÇÃO DE UMA ONDA E SUAS PROPRIEDADES

Observe as figuras:

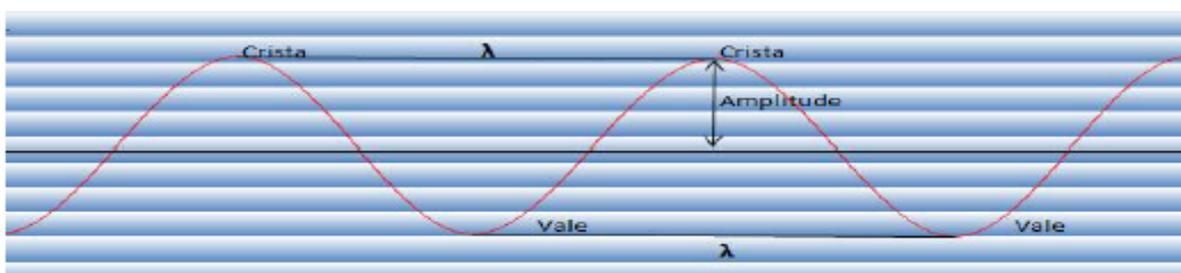
Figura 3.a – representação de onda



A distância entre duas cristas consecutivas ou dois vales é chamada de comprimento de onda e está indicado (Fig. 3. b) pelo λ . Seria a menor distância que separa duas partículas que tem as mesmas características de posição. Sua unidade de medida no SI é o metro. (Fig. 3. b)

A amplitude seria a variação máxima da grandeza física que oscila em relação ao seu valor médio. A maior ou menor amplitude depende respectivamente da maior ou menor energia transportada pela onda.

Figura 3.b – representação de onda



Período é o tempo (em segundos no SI) necessário para se completar o comprimento de onda ou podemos dizer também que é o tempo gasto para a onda fazer uma oscilação completa.

Frequência é o número vezes que o fenômeno periódico se repete a cada intervalo de tempo. Sua unidade de medida no SI é o Hertz que significa uma oscilação por segundo.

Velocidade é a rapidez com a qual uma onda se desloca e essa velocidade depende do meio de propagação.

Responda: (25 min)

- 1- O que é uma onda?
- 2- Diferencie onda mecânica de onda eletromagnética?
- 3- A partir do vídeo 1 e da leitura do texto 2, apresente a maior quantidade de aplicações em seu cotidiano das ondas eletromagnéticas que você percebe.
- 4- O que é o espectro eletromagnético e para que serve?
- 5- O que é um comprimento de onda e uma frequência de onda? Exemplifique com um desenho.
- 6- De acordo com suas respostas da alternativa a, se todos os itens pertencem às ondas eletromagnéticas, quais são os principais fatores de diferenciação entre os mesmos?

Atividade 3: (20 min)

- Realizar o experimento da blindagem eletromagnética em sala de aula e propor que os alunos busquem as respostas, para os possíveis efeitos sobre esses equipamentos.

Experimento 1: Blindagem Eletromagnética:*Materiais:*

- 02 aparelhos celulares
- Diversos objetos como: caixa de leite longa vida, pote de sorvete, papel sulfite, panela de alumínio/ ferro com tampa, Caixa de sapatos de papelão, papel alumínio e caixa de madeira.

Procedimentos:

Inserir um dos aparelhos celular dentro desses locais e realizar ligação com um aparelho externo. Anotar, na tabela a seguir, o que acontece em cada uma das situações:

Material	Resultado (sim ou não)
Caixa de Leite	
Caixa de sapatos	
Panela de Ferro com Tampa	
Panela de Ferro sem Tampa	
Pote de sorvete de plástico	
Folha sulfite	
Folha de Alumínio	
Caixa de madeira	

Para Casa (05 min)

“Propor que cada equipe produza um texto explicando o que ocorreu, baseado em conhecimentos científicos (se for necessário, eles poderão pesquisar em outras fontes para a produção)”.

Sugestões de material de apoio (livros, sites).

- <http://fisicanoja.blogspot.com.br/2009/10/11-ondas.html>
 - <http://www.pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/celular-fora-de-area/750>
 - <http://super.abril.com.br/blogs/supernovas/2015/03/09/alergia-a-radio-isso-existe/>
 - HEWITT, P. G. **Fundamentos de física conceitual**; tradução Trieste Ricci. Porto Alegre: Bookman, 2009.
 - STEFANOVITS, A. (org.). **Ser protagonista: Física, 3º ano: ensino médio**. 2ª ed. São Paulo: Edições SM, 2013.
- Faça uma breve pesquisa sobre quais foram os principais cientistas que contribuíram para o desenvolvimento deste campo de conhecimento em qual época isso ocorreu?

Encontro 3: (2 aulas - 100 minutos)

- Recolher os relatórios referente ao Experimento 1, e, em seguida, perguntar sobre o funcionamento dos celulares em cada uma das situações apresentadas, para verificar se ocorrerá imprecisões nas repostas ou confronto de ideias para que surja o debate. **(10 min)**
- A partir da pesquisa realizada em casa, promover interação para confrontar as informações obtidas quanto aos nomes, datas e conhecimentos físicos pesquisados. **(10 min)**

Objetivo:

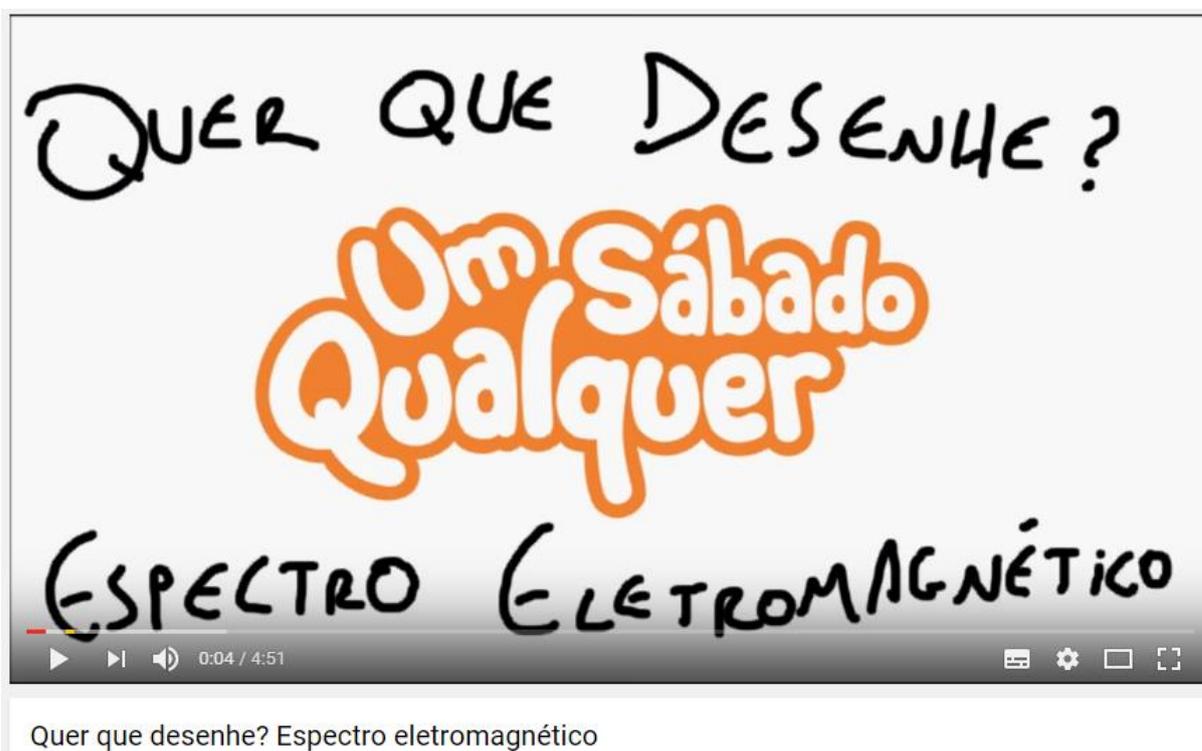
- Proporcionar aos educandos o aprofundamento sobre os conceitos de ondas eletromagnéticas, estudando e espectro eletromagnético.

“Nesta etapa, vamos conhecer mais profundamente o espectro eletromagnético, para isso, será apresentado um vídeo sobre o espectro eletromagnético, de aproximadamente 5 minutos. Em seguida, será realizada leitura do TEXTO 3, produzido pelo professor e distribuído nos pequenos grupos, para o aprofundamento dos conhecimentos sobre o tema”.

Atividade 4: (15 min)

- Apresentar o VIDEO 2: “Espectro Eletromagnético” – YOU TUBE - “Grupo quer que desenhe” trata a respeito das ondas magnéticas e enfatiza o espectro eletromagnético, de maneira contextualizada e formas divertidas e simples.

Duração: 5min 51 s



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=3po0Ek5aPKE>

- Propor o estudo do texto “Espectro Eletromagnético” para prosseguimento das atividades posteriores.

Texto 3 - ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Os diversos tipos de ondas eletromagnéticas recebem diferentes nomes, que variam de acordo com seus respectivos intervalos de frequência, comprimento de ondas ou as formas como são produzidas.

A classificação segundo a frequência é chamada espectro eletromagnético. Os intervalos não são bem definidos e frequentemente se superpõem.

Os trabalhos de Maxwell obtiveram evidências experimentais, segundo Torres et. al. (2013), com o físico alemão Heinrich Rudolf Hertz em 1887, quem detectou experimentalmente as ondas eletromagnéticas, oito anos após a morte de Maxwell. Suas pesquisas levaram-no a produzir ondas eletromagnéticas, detectá-las e até mesmo descobrir suas frequências.

Conforme Vargas (1996), Hertz realizou experiências sobre a propagação das ondas eletromagnéticas, utilizando como transmissor pontas metálicas, pela quais saltavam faíscas elétricas e como receptor utilizou espiras metálicas, demonstrando que suas ondas refletiam-se contra placas metálicas.

Esse autor ainda nos diz que ele tentou medir se a velocidade de propagação dessas ondas era igual à velocidade de propagação da luz, mas isso só foi provado, depois por outros pesquisadores.

Em 1888, Hertz apresentou os resultados de seus experimentos ao Congresso da Sociedade Alemã para o Progresso da Ciência, que os reconheceu imediatamente, e, conforme Torres et. al (2013), esse reconhecimento tornou-se ainda maior, quando as ondas passaram a ser conhecidas como ondas hertzianas.

Essas ondas, por muito tempo receberam esse nome e fora uma grande confirmação da teoria de Maxwell, sendo conhecidas atualmente como ondas de rádio.

De acordo com Horwicz *“a onda eletromagnética não apresenta um movimento material, que possamos acompanhar todos os conceitos introduzidos para as ondas mecânicas continuam válidos”* (1999, p. 20), pois, a onda eletromagnética tem características de uma onda, tem frequência, período e uma velocidade de propagação.

Porém existem várias faixas de frequências eletromagnéticas, desde as ondas de rádio até os raios gama, sendo que a luz é considerada uma radiação na “faixa do visível”, para o ser humano e que se difere para outros animais.

Toda essa faixa de comprimento de onda é conhecida como espectro eletromagnético.

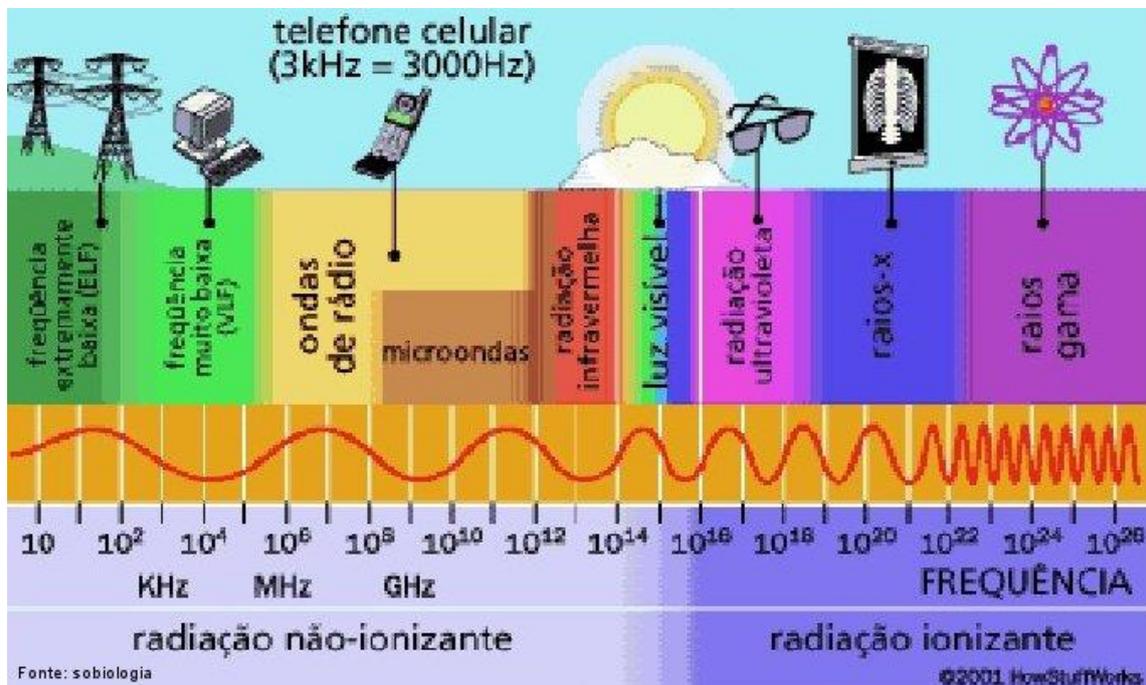
“O espectro eletromagnético é constituído por ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda que variam numa faixa extremamente ampla. As várias faixas de comprimento de onda ou frequência receberam denominações especiais”(OKUNO; VILELA, 2005, p. 9).

Ainda sobre o espectro Hewitt (2009, p. 290) nos diz que:

“é uma faixa contínua de ondas que compreende desde ondas de rádio até os raios gama. Os nomes descritivos de suas várias partes constituem simplesmente uma classificação histórica, pois todas as ondas são de mesma natureza básica, diferindo principalmente em frequência e comprimento de onda; todas as ondas eletromagnéticas tem o mesmo valor de velocidade”.

Essas denominações podem ser observadas na figura 1, em que apresenta uma organização do espectro eletromagnético com algumas aplicações cotidianas. Esse mesmo autor (p. 289) informa que “A *classificação das ondas eletromagnéticas de acordo com a frequência é o espectro eletromagnético*”. Isso fica bem claro, quando observamos a próxima figura:

Figura 1: Espectro eletromagnético



Fonte: <http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=118&evento=2>

Okuno e Vilela (2005, p. 9) diz que “A separação entre as faixas não é muito rigorosa, podendo sobrepor, uma vez que ela foi feita por motivos históricos do que propriamente físicos ou biológicos”.

Entretanto, Sant’anna (2013) afirma que se costuma dividir o espectro eletromagnético em faixas de frequências, na qual se agrupam as ondas com propriedades semelhantes.

Assim, o espectro eletromagnético é constituído por ondas de rádio, de TV, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama.

Cronologicamente Okuno e Vilela (2005) informam que a primeira onda descoberta foi à radiação infravermelha em 1880, depois da luz e assim em 1881 descobriu-se a radiação ultravioleta, em 1888 as ondas de rádio, em 1895 a radiação X, em 1900 a radiação gama e as micro-ondas em 1932.

Olhando para a figura 1, podemos notar que as ondas eletromagnéticas também são separadas em dois tipos de radiações: não ionizantes e ionizantes.

Essas autoras nos dizem que a radiação é classificada ionizante quando a radiação eletromagnética interage com a matéria e tem energia suficiente para arrancar elétrons dos átomos que a constituem, transformando-os em íons. Entretanto, quando energia da radiação não for suficiente para a produção desses íons, ela é classificada como não ionizante.

“Um outro tipo de interação que ocorre é a excitação, em que um elétron não é arrancado do átomo, mas é excitado, passando de seu nível fundamental para níveis mais energéticos, denominados níveis excitados. Este elétron volta ao estado fundamental em um intervalo de tempo da ordem de 10^{-8} s, emitindo um fóton de luz” (OKUNO; VILELA. 2005, p. 17).

Nesse sentido, dentro do espectro eletromagnético, apenas os raios X e gama são considerados ionizantes, ou seja, possui alta frequência, o que lhes concerne alta quantidade de energia, capaz de realizar a retirada de elétrons dos átomos.

A caracterização das ondas eletromagnéticas na região de frequência baixa, que compreende desde 0 Hz até o início da radiação infravermelha, é comumente feita em termos de frequência.

A região que contém a radiação conhecida como óptica composta por radiação infravermelha (RIV), luz visível e raios ultravioletas (RUV), é usualmente caracterizada pelo comprimento de onda.

Isso é confirmado por Hewitt (2009), pois segundo ele:

“As frequências mais baixas de luz que podemos enxergar aparecem como luz vermelha. As frequências mais altas de luz visível são aproximadamente duas vezes maiores do que da vermelha, e aparecem como violeta. Frequências ainda mais altas constituem o ultravioleta. Essas ondas de frequência mais alta são mais energéticas e causam queimaduras na pele” (p. 290).

Esse autor afirma *“que a frequência com a qual uma onda eletromagnética varia no espaço é idêntica à carga elétrica oscilante que a produziu”*, assim, para cada uma das frequências existe um comprimento de onda correspondente, e, como podemos observar que na figura do espectro baixas frequências produzem longos comprimentos de ondas e vice-versa.

Então *“quanto maior for à frequência da carga oscilante, menor será o comprimento da radiação”* (ibid).

Em relação isso, Figueiredo e Pietrocola (2000) afirmam que existe uma relação de frequência versus comprimento de onda.

Pois,

“No estudo de Física Ondulatória, representa-se o comprimento de onda, isto é a distância entre duas cristas consecutivas de uma onda, pela letra grega λ . A frequência é representada pela letra f ou pela letra grega η . As frequências das ondas eletromagnéticas são em geral, muito altas... E a velocidade da luz é representada genericamente por v . Para uma onda qualquer, essas grandezas se relacionam da forma representada pela fórmula: $v = f \times \lambda$ ou $f = v / \lambda$. Se pensarmos na luz no vácuo, a velocidade de qualquer cor é de 300000 km/s e a representamos por c Como a velocidade da luz é sempre a mesma, é fácil observar a relação inversamente proporcional entre a frequência f e o comprimento de onda λ . Isto é, para determinada onda, quanto menor a frequência, maior seu comprimento de onda” (FIGUEIREDO; PIETROCOLA. 2000, p.14).

Nesse sentido, podemos verificar no espectro eletromagnético, que frequência e comprimento de ondas eletromagnéticas são inversamente proporcionais com características das ondas e também da luz.

De acordo Sant’anna (2013), algumas décadas após, a descoberta das ondas eletromagnéticas, teve-se início uma revolução tecnológica que utilizava as mesmas nas mais diferentes formas, e, por isso, o conjunto de todas essas ondas constituem o chamado espectro eletromagnético.

Fonte: autoria própria

“Logo após a leitura, apresentar base teórica e demonstrar na lousa de forma expositiva e dialogada a relação entre frequência, período, velocidade e comprimento de onda, demonstrando a relação entre essas equações”.

(25 min)

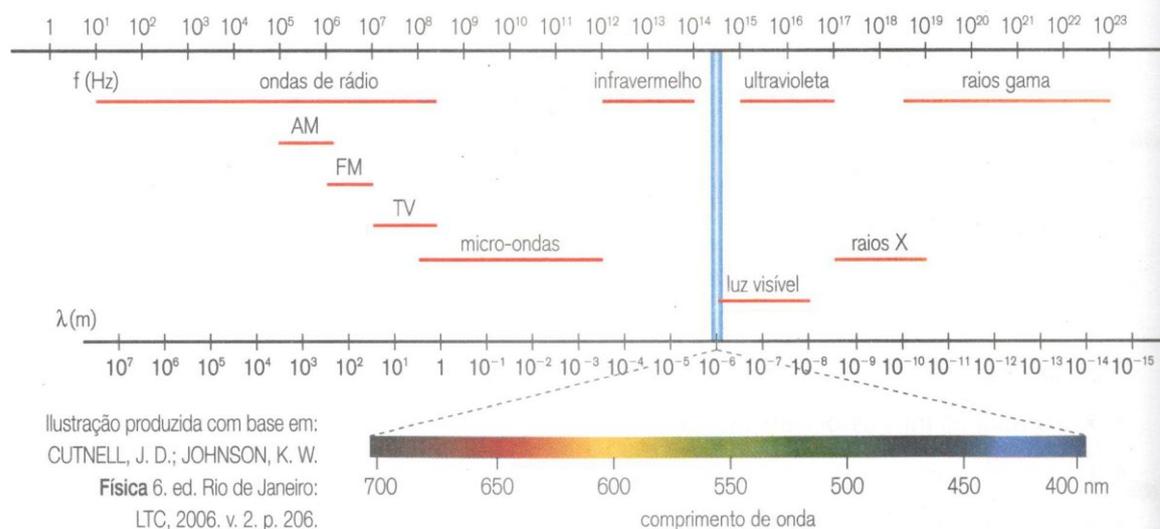
“Propor a leitura sobre o espectro eletromagnético do livro didático Bonjorno et. al. (2013) nas páginas 200 – 209, adotado pela escola e que consta excluindo os textos complementares e responder as seguintes após o mesmo”.

(10 min)

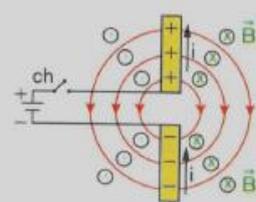
TEXTO 4: ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

3. Espectro eletromagnético

Os diversos tipos de ondas eletromagnéticas recebem diferentes nomes, que variam de acordo com seus respectivos intervalos de frequência, comprimentos de onda ou a forma como são produzidas. A classificação segundo a frequência é chamada **espectro eletromagnético**. Os intervalos não são bem definidos e frequentemente se superpõem, como podemos observar no esquema a seguir:



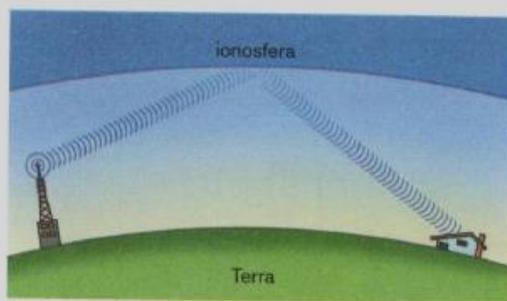
As ondas eletromagnéticas de maior comprimento de onda, como as de rádio e TV, são emitidas pela oscilação de elétrons em antenas ligadas a circuitos, contendo capacitor e bobina, chamados circuitos oscilantes. Na figura ao lado temos uma representação de uma antena emissora formada por duas hastes condutoras que se comportam como antena, ligadas por meio de uma chave nos terminais de uma fonte de voltagem.



O liga-desliga da chave faz aparecer em torno da antena um campo elétrico \vec{E} , no plano da página, e um campo magnético \vec{B} , perpendicular ao plano da figura. Esses campos se propagam pelo espaço como ondas eletromagnéticas.

As ondas de rádio AM (amplitude modulada), cujo intervalo de frequência é da ordem de 10^4 Hz a 10^7 Hz, são utilizadas nas transmissões a longa distância, pois se refletem na ionosfera (camada de íons localizada a uns 80 km de altitude), retornando ao solo.

As ondas de rádio FM (frequência modulada no intervalo de 10^6 a 10^7 Hz) e de TV (com frequências superiores a $5 \cdot 10^7$ Hz) não são refletidas na ionosfera. Essas ondas necessitam de estações retransmissoras para serem captadas a longa distância.



Exemplo de transmissão de ondas de rádio AM.

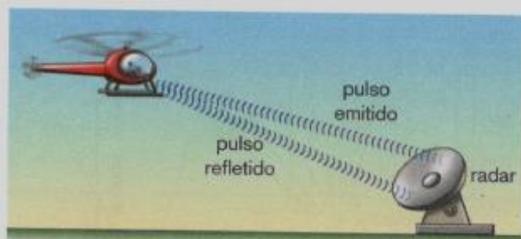


Exemplo de transmissão de ondas de rádio FM e TV, em que as emissões são ampliadas e retransmitidas.

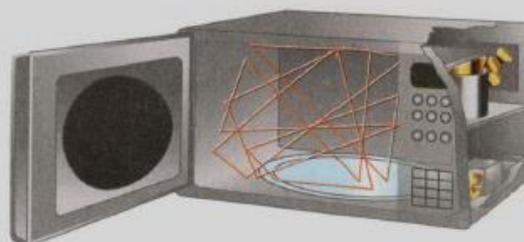
Ilustrações: Editora de Arte/Setup

As micro-ondas, na faixa de frequência compreendida aproximadamente entre 10^8 Hz e 10^{11} Hz, correspondem a um tipo de onda de rádio de menor comprimento. São produzidas por equipamentos eletrônicos e têm aplicações em sistemas de radar para a localização de navios, aeronaves e veículos.

O radar emite pulsos de micro-ondas que refletem no objeto que se quer localizar e retornam, a seguir, para ele. O intervalo de tempo compreendido entre a emissão e a recepção dos pulsos permite determinar a posição do objeto.



Pulsos emitidos pelo radar.

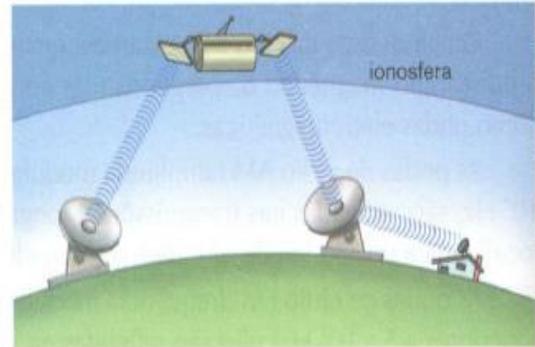


Pulsos emitidos pelo magnétron de um forno de micro-ondas.

Uma aplicação doméstica dessas ondas é o forno de micro-ondas. Dentro dele, as micro-ondas são emitidas por intermédio de um dispositivo eletrônico denominado **magnétron**. As micro-ondas emitidas pelo magnétron têm frequência próxima da frequência natural de vibração das moléculas de água. Isso facilita a absorção dessas ondas por alimentos que contêm água. As moléculas de água, ao absorver essas ondas, vibram mais intensamente, causando elevação da temperatura dos alimentos. Os recipientes de cerâmica e vidro que contêm os alimentos não esquentam por não possuírem, na sua estrutura interna, moléculas de água.

A tela da porta do forno de micro-ondas colocada entre duas placas de vidro tem aberturas muito menores que o comprimento de onda da radiação de micro-ondas emitida pelo magnétron e muito maiores que o comprimento de onda da radiação visível (luz). Desse modo, as micro-ondas não escapam pela tela, mas os alimentos podem ser observados durante o preparo no interior do forno. Para maior segurança, a porta do forno tem um dispositivo que impede seu funcionamento, a menos que ele esteja fechado.

As micro-ondas de frequência superior à das ondas de rádio, entre 10^9 Hz e 10^{11} Hz, são produzidas por dispositivos eletrônicos e apresentam comprimento de onda entre 1 m e 1 mm. Por atravessarem a ionosfera, são amplamente utilizadas em comunicações a longa distância via satélite.



Ilustrações: Editora de Arte/Setup

A comunicação telefônica e a transmissão de TV a longa distância são feitas com o auxílio de satélites artificiais.

Radiação infravermelha

As ondas eletromagnéticas conhecidas como radiação infravermelha ou radiação térmica têm origem na vibração de átomos e moléculas constituintes da matéria. Os intervalos de frequência dessas radiações compreendem valores de aproximadamente 10^{11} Hz a 10^{14} Hz. Esse tipo de radiação tem inúmeras aplicações, abrangendo secagem de pinturas, fisioterapia, fotografias com infravermelho (fotos no escuro), espectroscopia (técnica utilizada para estudo dos elementos químicos de astros, como as estrelas, por exemplo), entre outros. Também é usada nos dispositivos de controle remoto de aparelhos de TV, som, DVD e portões automáticos.

Keith Weller/US Department of Agriculture/SPL/Latinstock



A.J. Photo/SPL/Latinstock

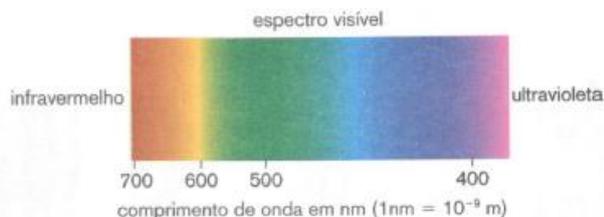


John Moore/Getty Images

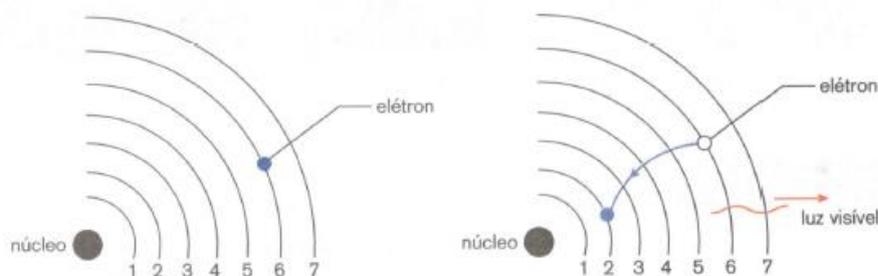
Alguns dos diversos usos da radiação infravermelha: inspeção de alimentos, fisioterapia e visão no escuro.

Luz visível

O olho humano está adaptado para perceber ondas eletromagnéticas de frequências compreendidas aproximadamente no intervalo de $4 \cdot 10^{14}$ Hz a $8 \cdot 10^{14}$ Hz. Esse intervalo corresponde ao espectro luminoso, a luz visível. A menor frequência causa a sensação do vermelho, e a maior, a do violeta. A maior sensibilidade do olho humano ocorre na frequência da cor amarela, cujo valor é aproximadamente $5,5 \cdot 10^{14}$ Hz.



A geração de ondas na faixa visível do espectro ocorre quando elétrons da fonte emissora saltam dos níveis de maior energia para os de menor energia, situados nas camadas externas do átomo, como ilustra a representação a seguir.



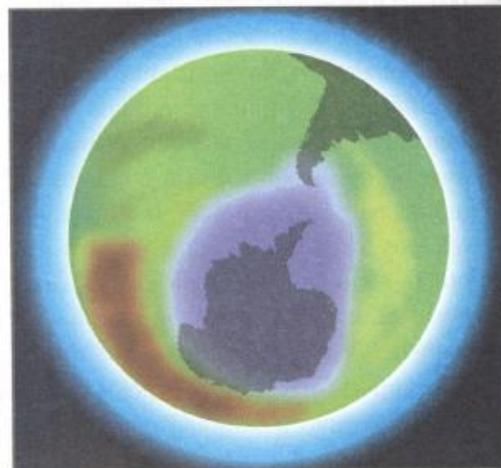
Ilustrações: Editora do Arbr/Solup

Radiação ultravioleta

As ondas eletromagnéticas com frequências da ordem de 10^{15} Hz a 10^{17} Hz denominam-se **radiações ultravioleta**. O Sol é a principal fonte natural dessas radiações. Por transportar grande quantidade de energia, elas causam, em exposições prolongadas, efeitos danosos aos seres humanos, como maior incidência de catarata, perda de elasticidade da pele e até mesmo câncer de pele. As radiações ultravioleta também causam sérios problemas à vegetação, principalmente na fotossíntese e no crescimento.

Felizmente, boa parte dessas radiações são absorvidas pelo ozônio existente na estratosfera (camada superior da atmosfera), que converte sua energia em calor (radiação infravermelha). Por esse motivo, há grande preocupação com as emissões dos produtos químicos que pertencem à classe do clorofluorcarbono (CFC), os quais, permanecendo estáveis durante muito tempo (vários anos), tornam mais fina a espessura da faixa que contém o ozônio, causando sua destruição. É isso que foi denominado **buraco na camada de ozônio**.

Na representação ao lado, a região violeta no globo mostra uma zona da atmosfera com menor concentração de ozônio.



Editora do Arbr/Solup

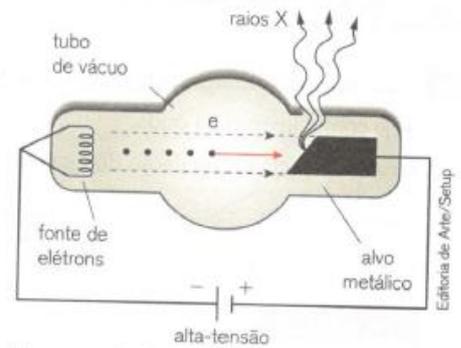
Raios X e raios gama

Os **raios X** são ondas eletromagnéticas de frequências compreendidas entre 10^{17} Hz e 10^{19} Hz, aproximadamente. São produzidos em tubos de vácuo, em que elétrons submetidos a uma alta-tensão são desacelerados ao atingir um alvo metálico.

Por causa do comprimento de onda reduzido, que varia de 10^{-12} m a 10^{-8} m, os raios X atravessam com facilidade determinados tecidos do corpo, enquanto ossos e certos tipos de tumor absorvem de maneira acentuada essas radiações. Os raios que ultrapassam o corpo sensibilizam uma chapa fotográfica que, revelada, mostra de maneira definida a região exposta.

Na Medicina, além de serem usados em diagnóstico, os raios X são empregados no tratamento do câncer, uma vez que as células afetadas parecem ser mais sensíveis à radiação do que as células normais. Na indústria, são utilizados para detectar pequenos defeitos em corpos metálicos.

As ondas magnéticas de frequências superiores às dos raios X recebem o nome de **raios gama**. Esses raios são emitidos pelos núcleos atômicos nas transformações radioativas naturais e nas reações nucleares. Esses raios, intensamente presentes nos reatores nucleares, não são facilmente absorvidos pela maioria das substâncias, mas, quando o são por seres vivos, produzem efeitos bastante danosos.



Na representação, um tubo de raios catódicos no qual os raios X são produzidos.



Na radiografia, as regiões escuras correspondem aos materiais transparentes aos raios X (pele, tecidos), as regiões claras e sombreadas correspondem aos materiais translúcidos (ossos e tecidos conjuntivos fibrosos), e as regiões mais claras correspondem aos materiais opacos aos raios X (metais).

Fonte: Bonjorno et. al. (2013)

Atividade 5: Questões (25 min)

1- (PUC – RJ) Considere o espectro eletromagnético, de acordo com a frequência (em hertz):

Ondas de rádio: 10^8 Micro-ondas: 10^{10} infravermelho: 10^{13}
 Ultravioleta: 10^{16} raios: X 10^{19} raios gama: 10^{22}

Dentre as fontes citadas a seguir, qual produz radiação eletromagnética com maior comprimento de onda no vácuo:

- laser ultravioleta
- forno de micro-ondas
- luz vermelha
- aparelhos de raios X
- laser infravermelho

2- A luz visível constitui uma parte relativamente grande ou relativamente pequena de espectro eletromagnético?

3- Qual é a principal diferença entre uma onda de rádio e uma onda luminosa? E entre uma onda luminosa e uma de raios X?

4- Qual das duas possui o comprimento de onda mais curto: a radiação ultravioleta ou a infravermelha? Qual delas tem a maior frequência?

5- Ouvimos pessoas falando em “luz ultravioleta” e “luz infravermelha”. Por que tais termos são confusos? Por que é menos provável escutar pessoas falando em “luz de rádio” e de “luz de raios X”?

6- Qual o comprimento de onda correspondente a uma estação de rádio:

- a) AM, de frequência 1000 KHz?
- b) FM, de frequência 100 MHz?

7- Uma onda eletromagnética está se propagando no vácuo, com velocidade $3 \cdot 10^8$ m/s. Sendo a frequência dessa onda de 100 MHz, determine para essa onda:

- a) A frequência de oscilação do Campo Eletromagnético B;
- b) O seu comprimento.

8- Apontadores a laser emitem ondas luminosas cujo comprimento de onda é de 670 nm. Qual é a frequência dessa luz?

“Ao fim desta aula solicitar às equipes que tragam para a próxima aula os materiais necessários para a construção do espectrômetro caseiro”.

..

“Cada uma das equipes deverá pesquisar um dos temas a seguir, que será realizada mediante sorteio, para apresentação de um seminário de até 15 minutos em sala por grupo:”.

(05 min)

Tema 1: Radiação e radioatividade;

Tema 2: O que são materiais radioativos e a história das suas descobertas;

Tema 3: A influência da radiação na vida de todos os seres do Planeta;

Tema 4: Acidentes Radioativos

Obs: Eles deverão providenciar um vídeo por equipe, que aborde um dos assuntos e também alguma reportagem impressa, que apresente alguma ideia sobre os mesmos.

Encontro 4:(2 aulas - 100 minutos)

Objetivo:

- Construir um espectrômetro caseiro em sala de aula com materiais de baixo custo, para que o educando possam perceber a difração da luz visível e as cores que a compõem.

ATIVIDADE 6: Construção do espectrômetro e observação da separação das cores da luz. (20 min)

➤ A atividade consistirá em construir um instrumento, que é capaz de separar a luz em seus componentes, semelhante ao que ocorre no arco-íris (separação das luzes componentes da luz branca), tal instrumento é o espectrômetro, que pode ser feito facilmente de forma caseira. Os alunos deverão manter-se em equipes e se dedicar ao processo de construção de tal instrumento. Depois utilizá-lo para observações, pois, para fazer as observações no espectrômetro, deverão apontar o instrumento para uma fonte de luz e olhar através do orifício, o lado a ser direcionado para a fonte de luz a ser observada deve ser o que se tem a fenda estreita, deve-se ter uma determinada angulação para enxergar o espectro, tal angulação é bem fácil de ser encontrada.

Materiais:

- tubo de cano PVC (tubo de papel higiênico ou tubo de papel toalha);
- papel cartão preto;
- CD;
- tesoura;
- cola;
- durex.

Procedimentos:

- O tubo de PVC ou papelão deverá servir de molde (modelo) para fazer um cilindro com o papel cartão preto.
- O corpo cilíndrico de papel cartão deveria ser fechado nas duas extremidades, e, então, em uma das extremidades uma pequena fenda necessitará ser feita (quanto mais estreita for a fenda, melhor).
- Na outra extremidade, precisará ser colocado um pedaço do CD cortado em formado retangular sem a camada refletora.

“Orientar os alunos, que apontem seus espectrômetros, para, pelo menos, três fontes diferentes de luz e anotem as suas observações, procurando respondê-las, de acordo com os conhecimentos científicos já adquiridos. Em seguida, introduzir os estudos sobre as radiações por meio de seminários”.

Objetivo:

- Desenvolver os seminários almejando que cada uma das equipes, tragam informações pertinentes sobre o tema solicitado, que apresente o conhecimento físico e também as relações CTS em cada um dos temas.

ATIVIDADE 7: Seminários (60 min)

“Conduzir cada uma das apresentações e solicitar que cada equipe faça anotações sobre o tema, que os colegas apresentarão, enfatizando a aplicação da física no seu cotidiano”.

“Logo após ao término, fazer um apanhado geral sobre as apresentações e solicitar que eles façam um pequeno relato por grupos sobre a importância e dos perigos das radiações, almejando que tenham compreendido que esse assunto se faz presente em suas vidas, de forma direta ou indireta.

Radiações não-ionizantes e ionizantes

- Em seguida, fazer uma breve explicação expositiva e dialogada, utilizando a figura do espectro, na qual se localiza as radiações, que são não ionizantes e ionizantes. A fim de que os alunos possam compreender que essa ionização tem a ver com a quantidade de energia, que essas ondas eletromagnéticas possuem devido a sua alta frequência. **(15 min)**
- Na sequência, apresentar o VIDEO 3 sobre “O que é Radiação” – YOU TUBE” que faz um panorama geral.

Duração: 2min 42 s



O que é radiação?

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=DgJBibxtzLc>

- Em seguida mostrar o VIDEO 4 “Radiações ionizantes” de aproximadamente 4 min, como proposta final de abordar o tema das radiações ionizantes, como forma de potencializar assunto, isso porque, almeja-se que os aprendizes já tenham a compreensão do espectro eletromagnético todo, depois das aulas desenvolvidas anteriormente.

- Apresentar o VIDEO 4: “ Radiações ionizantes” – YOU TUBE

Duração: 4min 33 s



- Radiações ionizantes

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=16WkljRkSL4>

- Após esses vídeos, solicitar aos educandos, que respondam a seguinte questão em grupo:

Quais são as principais aplicações das radiações no seu dia a dia? (uma resposta por grupo) **(10 min)**

Objetivo:

- Identificar as principais relações, que os discentes fazem, a respeito, das radiações em suas vidas, relacionadas com a Física em sala de aula e o enfoque CTS.

- Em seguida, sugerir para casa o Vídeo 5, com intuito de mostrar a importância de Marie Curie nas descobertas realizadas no campo das radiações.

“Vida e obra de Marie Curie” – YOU TUBE

Duração: 11 min 20 s



História da Radiologia - Marie Curie - FAMESP

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=3XIGC6kbqaw>

- Logo após, instigar um debate sobre as vantagens e desvantagens das radiações e explicar, basicamente, a diferença das radiações ionizantes das não-ionizantes; **(10 min)**
- Construir um mapa conceitual sobre “ondas” no grupo, e, em seguida, o professor construirá um mapa coletivo sobre o assunto, no quadro, chegando até as radiações ionizantes. **(10 min)**

“Para finalizar essa aula, pedir que os grupos tragam, para aula seguinte, radiografias, que encontrem em suas casas ou com pessoas conhecidas, para desenvolvimento de atividades posteriores”.

Encontro 6: (2 aulas - 100 minutos)

Raios X

- Iniciar a aula oferecendo uma cópia para cada grupo para a leitura desta notícia:

Texto 5: MARAVILHAS DO SÉCULO (20 min)

*Estupenda descoberta preocupa, atualmente, o mundo científico europeu e já dela tivemos há dias telegramas, cuja linguagem concisa nada explicava. Chegam-nos, agora, revistas científicas e jornais médicos, que vieram esclarecer melhor a estupenda descoberta anunciada. Há pouco era o mundo científico abalado com a descoberta perfeitamente verificada por Lord Rayleigh e Ramsay da existência do argônio, um novo elemento, até então, totalmente desconhecido na atmosfera. Presentemente são leis da física, as mais bem firmadas e positivas, que se veem burladas pela descoberta de raios luminosos que não obedecem, absolutamente, nem as leis da reflexão, nem as da refração. [...] Isto é, entretanto, mui pouco diante da propriedade maravilhosa, mágica, que tem a nova luz de poder atravessar corpos opacos, como o papelão, a madeira, metais, etc, etc. Graças à nova luz, pode se fotografar corpos e peças resguardadas por substâncias chamadas opacas. É obtida fazendo-se passar uma corrente elétrica no vácuo. Seu descobridor foi o professor Dr. Rontgen, da Universidade de Wurtzburgo. Nas sociedades médicas de Berlim e Paris, têm sido apresentadas fotografias de mãos e de outras partes do corpo humano em que as partes internas, ossos, articulações e ligamentos acham-se fielmente representados, a despeito da capacidade dos tecidos moles que não constituem obstáculo à nova luz. Brevemente, exporemos no salão do **Jornal O Paiz** uma dessas fotografias; documento vivo de quanto pode o engenho humano. Daremos, também, oportunidade ao nossos leitores, um estudo mais desenvolvido e detalhado da nova descoberta e suas conseqüências práticas. Já a medicina, aproveitando a grande descoberta, procurou dela auferir todas as vantagens possíveis. E quais possam elas ser, tornam-se intuitiva diante do poder que possui a nova luz, cujos raios indo ao âmago do corpo humano conseguirão revelar com precisão admirável tanta coisa que ao médico, até hoje, tem sido possível conhecer pelo exame subjetivo e por meio de induções mais ou menos fundadas. Já antes de ontem a bem informada "Notícia" publicou um telegrama de Berlim, tornando conhecido o primeiro ensaio da nova descoberta aplicada à medicina, coroado de resultado. Que surpresas nos reserva ainda esse fim de século?!*

Fonte:Jornal "O Paiz" sexta-feira, 14 de fevereiro de 1896.(CHESMAN, ANDRÉ E MACEDO, 2004, p. 60),

- Após a Leitura, solicitar que as equipes respondam oralmente as seguintes perguntas:

ATIVIDADE 9:

- 1- Em que contexto histórico essa notícia foi publicada?
- 2- De que novidade o Jornal estava falando?

3- Tem algum conhecimento físico descoberto naquele período e que é usado até os dias atuais?

➤ Em seguida apresentar o VIDEO 6 – “Raios X” – YouTube, para a apresentação dos raios X de forma rápida e contextualizada.

Duração: 3 min e 19 s



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=e68HKRP7578>

“Na sequência, solicitar que os grupos compartilhem as chapas radiográficas que trouxeram e observem nelas as imagens. Pedir que leiam o texto a seguir, produzido pelos autores desse trabalho, para dar prosseguimento aos estudos sobre o tema”.

Texto 6: Raios-X (20 min)

Os estudos sobre a eletricidade são datados desde a Grécia Antiga, porém os grandes avanços nessa área ocorreram após o Renascimento, principalmente sobre os fenômenos elétricos.

Porém, o maior avanço ocorreu quando, se percebeu que as cargas elétricas também se propagavam em gases, o que desencadeou vários estudos, nesse campo do conhecimento.

Resquette (2013) aponta que as descobertas por meio de experimentos com uma pipa em 1752, por Benjamin Franklin, em uma tempestade de raios, permitiram aos cientistas da época deduzir que a eletricidade poderia ser transmitida através de gases, não se restringindo somente aos sólidos e líquidos.

Ainda essa autora afirma que,

“esses experimentos inspiraram outros cientistas a pesquisar a condução de eletricidade em diversos gases. Para isso, utilizaram uma ampola de vidro lacrada contendo um gás, com eletrodos nas duas extremidades. A corrente elétrica era detectada quando uma diferença de potencial era aplicada entre os eletrodos metálicos; porém, os pesquisadores observaram que, mesmo com um gás rarefeito no interior da ampola, o amperímetro indicava a passagem de corrente elétrica” (RESQUETTE, 2013, p.44)

Assim, um mundo atômico começava a se revelar em meados desse século, com o estudo de descargas elétricas em tubos de vácuo, pois quando um gás rarefeito era submetido à elevada tensão elétrica, o eletrodo negativo, isto é, o cátodo, emitia um feixe de elétrons, que se propagava em linha reta e atingia a parede oposta do tubo, tornando-a fluorescente.

Outros experimentos posteriores mostrariam que esses raios poderiam ser desviados por ímãs e placas eletrizadas, se constituiriam de partículas com carga elétrica negativa, que até o momento, eram desconhecidas.

De acordo com Menezes et. al (2013), no final do século XVIII, as transformações químicas, já eram estudadas, e, foi isso, que, abriu o caminho para os estudos atômicos de Dalton.

Ao longo do século XIX, algumas descobertas evidenciaram o caráter corpuscular da matéria, também sugeriram a possibilidade de divisão do átomo, e esse, com diferentes partículas em seu interior.

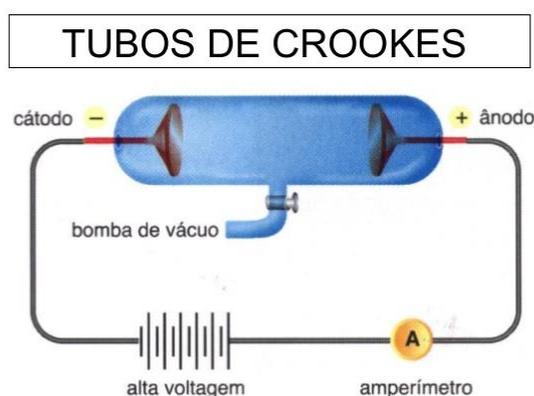
Segundo Okuno e Yoshimora (2010), a identificação das radiações por faixa de frequência foi feita por diferentes cientistas, a partir do ano de 1861, momento esse que, ainda se predominava o modelo atômico de Dalton.

Entretanto Chesman, André e Macêdo (2004) afirmam que em 1895, o físico alemão Wilhelm Kornrad Von Röntgen investigando a produção de radiação ultravioleta em tubos de Crookes, percebeu que uma telinha brilhava, quando era atingida pela luz ultravioleta, mesmo longe (cerca de 1 m) do tubo, o que confirmou sua suspeita de que essa luminosidade era produzida pelas partículas iluminadas do material.

Isso indicaria que algo emitido nas paredes do tubo, atravessava uma cartolina, que o recobria e era capaz de provocar luminosidade em objetos longe do mesmo.

A figura 1 apresenta um tubo parecido com o que foi utilizado por Röntgen, na descoberta desta luminosidade.

Figura 1: Tubos de Crookes



11

Fonte: https://www.google.com.br/?gws_rd=ssl#q=tubo+de+crookes+raio+x

Em busca de uma resposta, Röntgen realizou vários testes com diversos materiais próximos a parede do tubo, descobrindo que todos esses, por ele utilizados, eram transparentes aos raios.

Okuno e Yoshimora (2010) afirmam ainda que, Röntgen foi repetir o experimento feito por Lenard, embrulhando o tubo com papel preto, para que a luminescência muito forte do vidro não atrapalhasse a visão de uma tela pintada com platina cianeto de bário, que fluorescia fracamente, quando colocada em até 8 centímetros do tubo.

Ao apagar a luz do laboratório, na escuridão, foi afastando a tela até 2 metros do tubo, verificando que a luminescência persistia e quando desligava o tubo essa mesma vinha a desaparecer.

Intrigado com esse fenômeno, passou semanas trabalhando no laboratório e observou que não eram os raios catódicos, pois eram mais penetrantes, e, também, não eram desviados com o campo magnético.

Percebe-se pela descrição anterior, que esses raios tinham uma capacidade notável de atravessar diferentes materiais e durante uma colocação de peças no experimento, Röntgen observou o contorno dos ossos de seus dedos mostrados na tela fluorescente.

“Röntgen ficou perplexo ao observar que ao colocar a sua própria mão na frente do tubo podia ver com clareza a silhueta dos seus ossos! Como Röntgen desconhecia naquele momento qualquer tipo de radiação com essas características, usou para nomeá-los raios-X (CHESMAN; ANDRÉ; MACÊDO, 2004, p. 49).

Essa descoberta da radiação invisível, que atravessava não apenas as paredes do próprio tubo, mas até partes do próprio corpo humano criou uma grande euforia, no meio científico, e, de acordo com Menezes et. al (2013, p. 25), *“provocaram deslumbramento em todo o mundo, sendo rapidamente utilizados na medicina e em outras atividades”*.

Ainda em relação à descoberta, Okuno e Yoshimura (2010) nos diz que, em seu artigo publicado em 28/12/1895, Röntgen batizou esses raios, com o nome de raios X, conforme dissemos anteriormente, e, esses, seriam o agente responsável pela luminescência.

Junto ao texto, ele enviou cópias das radiografias feitas da mão de sua esposa, a Sra Anna Bertha Ludwing, que é famosa por apresentar a imagem da aliança, que ela usava naquele momento. Essa imagem pode ser observada na figura 2.

Figura 2 : Imagem da mão da Sra Anna Bertha Ludwing



Fonte: <http://www.fisica.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=278&evento=2>

Em cinco de janeiro de 1896, sua descoberta foi publicada como um furo jornalístico de primeira página, como uma forma fantástica de ver o interior de um corpo sem cortá-lo e que a nova técnica seria a ferramenta futura para diagnóstico médico, pois, *“Pela primeira vez era possível visualizar o interior de corpos vivos sem que fosse necessário cortá-los, e quase imediatamente os raios X passaram a se usados na Medicina”*. (TORRES, et. al. 2013, p. 146).

Segundo essas autoras, um ano após a descoberta dos raios X, mais de mil artigos foram escritos por cientistas de todo o mundo e Röntgen foi agraciado com o primeiro prêmio Nobel de Física em 1901.

Porém, ele não teve sucesso para explicar quanto à natureza dos raios X, que só foi estabelecida em 1912 por Max Von Laue, como sendo onda eletromagnética de comprimento, de onda muito menor que o da luz.

Para isso, ele teve a ideia de utilizar um cristal como rede de difração em experimentos de difração de raios X (naquele momento, havia um debate sobre a natureza da luz, se era onda ou partícula, que só foi realmente finalizado em 1920, com a teoria da dualidade onda-partícula é que foi estabelecido que a luz e os raios X apresentam essa característica e foi dado o nome de fóton à partícula associada à onda eletromagnética).

Okuno e Yoshimura (2010) afirmam que, nessa época, foram descobertos os raios gama, que são emitidos espontaneamente pelos núcleos aos átomos

radioativos e que tinham a mesma natureza física dos raios X. Porém, se diferenciavam quanto a sua origem, pois os raios X são originados fora do núcleo dos átomos, enquanto que os raios gama provêm do núcleo e da aniquilação de partículas.

Funcionamento de um aparelho de raios X e suas utilizações

Conforme visto anteriormente, o tempo entre a descoberta dos raios X em 1895 por Rontgen, até a sua aplicação em situações cotidianas foi muito curto, quando comparado com muitas outras descobertas científicas.

Segundo Luz e Álvares (2013), logo depois Rontgen verificou que esses raios tinham a propriedade de atravessar, com certa facilidade os materiais de baixa densidade como os tecidos musculares de uma pessoa e de serem absorvidos pelos ossos, por esses terem uma maior densidade devido ao cálcio.

Logo após suas descobertas, aqueles passaram a ser amplamente usados para se obter radiografias.

Como já dissemos, o próprio Roentgen fez o uso dessas radiações para obter a radiografia dos ossos da mão de uma pessoa.

A penetrabilidade desses raios dependerá do comprimento de onda, pois quanto menor ela for maior será a sua penetração, porém o tipo de material também influencia nesse fenômeno físico.

É interessante saber que, quando os raios X foram descobertos, segundo a afirmação de Okuno e Yoshimura (2010), já haviam películas fotográficas bem aperfeiçoadas, mas que não eram rápidas o suficiente para esse uso e foi devido a esse motivo que a mão da senhora Anna Bertha Ludwing, ficou exposta a esses raios durante 15 minutos para a famosa imagem apresentada na figura 2.

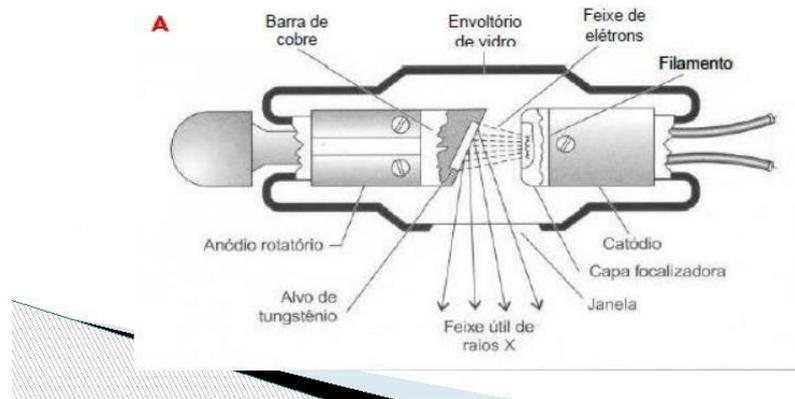
Resumidamente, Torres et. al. discorre que, uma ampola de raios x atual é constituída por um tubo, onde se provoca o vácuo, contendo um filamento e um alvo metálico chamado de ânodo.

Na figura 3, podemos ver o esquema de um aparelho de raios X e seus principais componentes:

Figura 3: Sistema emissor de raios X

Sistema Emissor de Raios-X

- ▶ É constituído :
 - ⌋ tubo(ampola) de raios-X.
 - ⌋ cúpula(carcaça) que o envolve.



Fonte:

<https://www.google.com.br/search?q=funcionamento+de+um+raio+x&biw=1366&bih=634&tbm=isch&bo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjS-vq98TOAhXBg5AKHUcUB2QQsAQINQ&dpr=1#imgsrc=d-kr5pxrovxjmM%3A>

Esse mesmo autor informa que o filamento, quando é ligado ao gerador, se aquece pela passagem de uma corrente elétrica, que o faz liberar elétrons.

Esses elétrons são acelerados por uma diferença de potencial em direção ao ânodo, chegando ao mesmo com velocidade muito alta e ao incidirem-no são desacelerados bruscamente, fazendo com que emitam ondas eletromagnéticas de alta frequência, que no caso são os raios X.

“Quando o feixe de elétrons atinge o alvo metálico, os elétrons do metal ganham energia e saltam para as órbitas mais externas. Ao retornarem às órbitas originais, esses elétrons “devolvem” a energia excedente, emitindo radiação eletromagnética de alta frequência – os raios X”. (Stefanovits, 2013, p. 190).

Esse ânodo é geralmente constituído de um metal, que tenha alto ponto de fusão, na figura 3, utilizou-se o tungstênio, isso porque grande parte da energia cinética desses elétrons acelerados e incidentes se converte em calor.

Na Medicina, Chesman, André e Macêdo (2004) afirmam que são enormes as aplicações dos raios X, principalmente nas radiografias dos ossos, dos dentes e dos pulmões.

Essas radiografias também conhecidas como chapas fotográficas são importantes, por permitirem que os médicos possam fazer diagnósticos e definir os tratamentos adequados aos pacientes.

Entretanto, esses autores afirmam que os aparelhos de raios X tradicionais vêm perdendo espaço para os modernos tomógrafos de raios X.

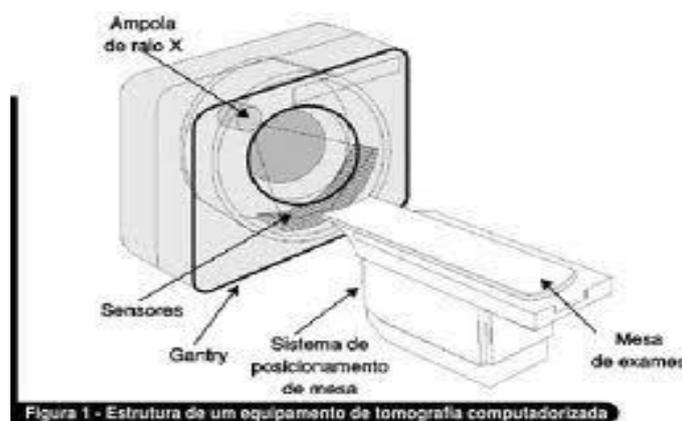
De acordo com Torres et. al. (2013), as radiografias são poucos eficientes para a visualização de tecidos moles, devido ao pouco contraste dessas partes com esses raios.

Por isso, o uso dos raios X para a visualização dessas partes só foi possível a partir de 1972, com a invenção da tomografia computadorizada, que seria a evolução no uso dessas ondas eletromagnéticas.

Mourão e Oliveira (2009, p. 159), definem esse a tomografia computadorizada como *“um método diagnóstico por imagem que supre essa deficiência, pois permite observar as estruturas internas do corpo humano através de imagens de cortes anatômicos, nas quais não existe sobreposição de tecidos”*. Isso porque nos raios X convencionais, mesmo com a utilização de alguns contrastes, a sobreposição de tecidos dificultava a visualização de alguns órgão ou partes dos corpos por causa diferença na absorção dos raios.

Na figura 4 é possível visualizar o esquema de um aparelho de tomografia computadorizada.

Figura 4: Estrutura básica de um equipamento de tomografia computadorizada



Fonte: <http://www.cassilandonoticias.com.br/ultimas-noticias/hospital-adquire-aparelho-de-tomografia-computadorizada>

Torres et. al. (2013), afirma que na tomografia, o paciente pode se examinado em fatias, pois ele fica no interior de um anel, que gira em torno.

Nesse anel encontra-se acoplada uma fonte de raios X, que emite um fino feixe de radiação, que é captado por cerca de setecentos detectores, nos quais fazem o cálculo da taxa de absorção desse feixe, que dependendo da espessura dos ossos ou tecidos podem ser maior ou menor e enviam esses dados a um computador.

A cada giro de 360° desta fonte de raios X em torno do paciente são fornecidas aproximadamente mil imagens, o que permite que o computador elabore uma imagem tridimensional de praticamente qualquer parte do organismo, com detalhes precisos.

Essas imagens obtidas pela tomografia computadorizada permitiram a visualização de detalhes internos antes inimagináveis.

Stefanovits (2013) afirma que uma radiografia permite apenas a visualização de imagens do nosso corpo, porém os raios X permitem que visualizemos outros órgãos, desde que o paciente ingira uma solução quimicamente controlada, que contenha uma substância constituída por átomos de grande massa atômica, como o bário.

Essas soluções são chamadas de contraste. Por ter essa massa atômica, esses átomos são capazes de bloquear os raios X, o que permite a radiografia de órgãos como esôfago e o intestino.

Essas aplicações dos raios X, que abordamos anteriormente, são amplamente utilizadas na Medicina, mas devido a alta taxa de energia e seu grande poder de absorção, esses raios são usados na radioterapia para destruir células cancerígenas.

Segundo Torres et. al. (2013 p. 148), *“em 1905 a radioterapia era usada contra o câncer de mama; entretanto outros órgãos, assim como as células sadias próximas ao tumor, acabavam por ser também irradiados”*.

Essa técnica é utilizada até os dias atuais, mas o desenvolvimento de exames e programas de computadores, que localizam a região do tumor e definem a dosagem ideal de radiação a ser utilizada, para minimizar os efeitos colaterais desse tratamento.

Os raios X também são empregados em análises químicas de materiais, de compostos que contêm aço e alumínio, principalmente em materiais utilizados na construção civil.

Stefanovits (2013) afirma que, tanto o aço quanto o alumínio bloqueiam esses raios e caso eles sejam atravessados, haverá evidências de fissuras em sua constituição.

São utilizados também na análise de substâncias pelo método fluorescência de raios X, pois ao direcionar o feixe sobre uma amostra que se deseja analisar, os elétrons dessa ficam excitados pela radiação, saltando para orbitais mais externos.

Ao retornarem ao seu orbital original, emitem ondas eletromagnéticas com frequências características, que depende dos tipos de átomos presentes na solução, permitindo a determinação qualitativa e quantitativa dos elementos químicos que a constituem.

Esses raios também são usados na visualização de objetos, que estão no interior de recipientes opacos a luz visível, pois segundo Stefanovits (2013), esse recurso é usado no controle alfandegário em aeroportos, para investigar o que consta dentro das malas dos passageiros.

Essas malas passam por uma esteira, onde são submetidas a um aparelho de raios X e devido esses raios serem bloqueados por materiais pesados e atravessarem materiais leves, é possível detectar nessas bagagens objetos metálicos sem precisar abrir malas e bolsas, otimizando o tempo.

Isso é confirmado por Chesman, André e Macedo (2004) quando afirma que, a prioridade desse procedimento é procurar por armas de fogo ou objetos cortantes.

Na divisa dos Estados Unidos com o México são usados inclusive para fiscalizar caminhões que atravessam a fronteira, buscando coibir a imigração clandestina.

Isso é feito quando os policiais norte-americanos realizam uma radiografia completa do caminhão, para verificar se no meio das cargas não há pessoas escondidas.

Chesman, André e Macêdo (2004) afirmam que, os raios X também são usados na indústria automobilística, pois com o uso dos mesmos é possível

observar no interior dos motores dos carros a presenças de pedaços de aço e outros metais.

Esses objetos podem causar danos ao funcionamento dos motores, por isso, após a sua montagem, se obtém um espectro de absorção dos raios do motor, e, em caso positivo, o motor retorna para a linha de montagem.

Esses autores afirmam que pesquisas voltadas para o campo têm sido desenvolvidas com os raios X, com o objetivo de investigar o movimento dos nutrientes nas plantas, desde a raiz até o fruto, para verificar se ocorrem alterações na anatomia interna após o uso de inseticidas.

Cuidados e medidas de segurança

Como vimos, os raios X são extremamente úteis para os seres humanos, porém a utilização deve ser feita de maneira cautelosa, pois no ser humano a exposição demorada pode causar vermelhidão da pele, ulcerações, empolamento e até câncer.

Para evitar esses efeitos, os operadores de raios X utilizam aventais de chumbo de alta densidade, impedindo que essas radiações possam lhes causar algum dano à saúde.

➤ Após a leitura do texto, mostrar o VÍDEO 7: “Raios X” para fazer o fechamento do assunto sobre os raios X em Geral e solicitar que os alunos discutam e respondam às equipes e às questões propostas;

- VIDEO 7: “Raios X” – You Tube: Histórico, produção, utilização

Duração: 9 mim 58s



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=Os_nGd1kmxw

ATIVIDADE 10:

Discutir em equipe e responder as seguintes questões: (25 min)

Questão 1 (Enem 2009)- Considere um equipamento capaz de emitir radiação eletromagnética com comprimento de onda bem menor que a da radiação ultravioleta. Suponha que a radiação emitida por esse equipamento foi apontada para um tipo específico de filme fotográfico e entre o equipamento e o filme foi posicionado o pescoço de um indivíduo. Quanto mais exposto à radiação, mais escuro se torna o filme após a revelação. Após acionar o equipamento e revelar o filme, evidenciou-se a imagem mostrada na figura abaixo.



Raio X da região do pescoço. (Foto: Reprodução/ENEM)

Dentre os fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e os átomos do indivíduo que permitem a obtenção desta imagem inclui-se a

- a) absorção da radiação eletromagnética e a consequente ionização dos átomos de cálcio, que se transformam em átomos de fósforo.
- b) maior absorção da radiação eletromagnética pelos átomos de cálcio que por outros tipos de átomos.
- c) maior absorção da radiação eletromagnética pelos átomos de carbono que por átomos de cálcio.
- d) maior refração ao atravessar os átomos de carbono que os átomos de cálcio.
- e) maior ionização de moléculas de água que de átomos de carbono.

Questão 2 – A construção de qualquer edificação requer preliminarmente a elaboração de um projeto arquitetônico. Para a construção de uma moderníssima clínica especializada em imagens (radiografias e tomografias) obtidas com os raios X, foi pedido a um grupo de arquitetos um projeto inicial. No projeto, por questões estéticas, os arquitetos optaram por colocar janelas de vidro nas salas, onde ficariam os equipamentos de raios X. Supondo que, a absorção dos raios X pelo vidro seja 10 vezes menor do que a absorção de uma parede de concreto, e sabendo que uma parede de concreto deve ter em torno de 0,5 m de espessura, para isolar os raios X; Use argumentos simples, para convencer os arquitetos da necessidade de proteção contra os raios X e estime para eles a espessura que as janelas de vidro devem ter para isolar esses raios. (Chesman. André e Macêdo, 2004, p. 54)

Questão 3 - A visão de raios X do Super – Homem.

Nos filmes ou desenhos animados das aventuras do Super Homem, vemos que ele usa a sua visão de raios X, para combater seus inimigos. Essa visão lhe possibilita, por exemplo, investigar o interior dos prédios. Explique fisicamente, como funciona a visão de Raios X do Super–Homem. Em sua análise, leve em consideração, que o

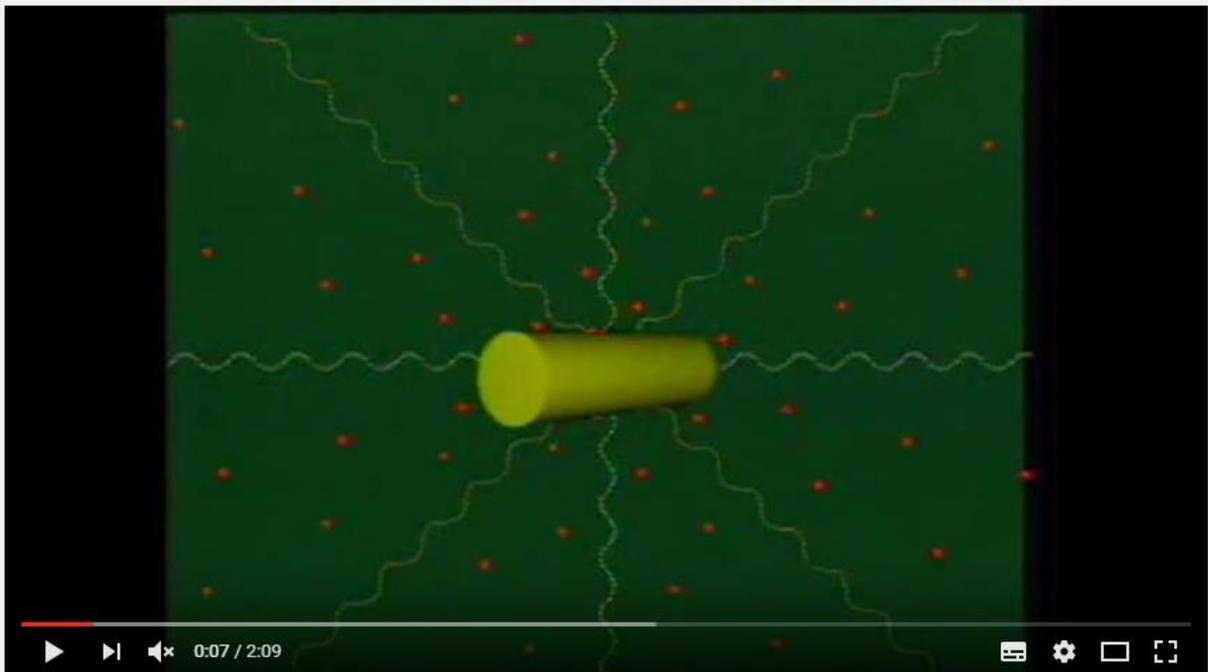
olho de um ser humano normal é um bom detector da radiação refletida pelos corpos (durante o dia, a radiação é basicamente a radiação solar). De que maneira, podemos analisar se a anatomia interna do corpo e o metabolismo da comida ingerida pelo Super-Homem é a mesma de um ser humano normal?

Questão 4 - Certamente, você já teve oportunidade de ver que, em uma radiografia, a silhueta dos ossos aparece bastante clara, sobre um fundo escuro. Analisando o processo de absorção de raios X pela chapa radiográfica, responda: na radiografia, a quantidade de raios X que incidiu nas regiões claras é maior ou menor do que nas regiões escuras? Explique.

Questão 5 – Projete um esquema, incluindo todos os componentes necessários (tubo de Crookes, fontes de alimentação, fios, material difrator, entre outros) para montar um aparato experimental, que possa ser usado para obter figuras de difração dos raios X.

- Finalizar os trabalhos apresentando o VÍDEO 8 - sobre a profundidade de penetração dos raios apresentados e como proteger-se dessas radiações. **(10 min)**
 - Apresentar o VIDEO 8: “Raios alfa, beta e gama” - YOU TUBE

Duração: 3min 08 s



TIPOS DE RADIAÇÃO PARTÍCULA ALFA BETA E RADIAÇÃO GAMA

Fonte: <http://www.youtube.com/watch?v=N1TMhRKiOBk>

- Discuta com seu grupo e elabore um panfleto explicativo para a população em geral sobre os cuidados com os raios X. **(25 min)**

Encontro 7: (1 aula - 50 minutos)

PRODUÇÃO FINAL

“Nessa etapa, os educandos terão a oportunidade de fazer uma síntese de todos os assuntos, que foram abordados durante a sequência didática. Com os resultados obtidos o professor poderá analisar se as atividades propostas e o roteiro de aulas a serem desenvolvidas, bem como as discussões que ocorrerão ao longo das mesmas, serão significativas para a aprendizagem”.

”

Produção de Mapa Conceitual e tirinhas para o trabalho avaliativo final.

Objetivo:

- Analisar a eficiência dessa proposta de trabalho em relação ao favorecimento de uma aprendizagem significativa, sobre o tema ondas eletromagnéticas, por meio dos mapas conceituais e das tirinhas produzidas, utilizando o método da Análise de Conteúdo.
- Produzir um Mapa Conceitual final sobre “ondas”, que envolva todos os conteúdos desenvolvidos nessa Sequência Didática. **(30 min)**
- Elaborar individualmente uma história em quadrinhos sobre os conceitos de ondas eletromagnéticas, que foram desenvolvidos nessa Sequência de aulas. **(20 min)**

REFERENCIAS

BONJORNO, J. R. et. al. **Física, eletromagnetismo, física moderna: 3º ano. 2ª ed.** São Paulo: FTD, 2013.

CHÉSMAN, C.; ANDRÉ, C; MACÊDO, A. **Física Moderna: experimental e aplicada. 2ª ed.** São Paulo: Livraria da Física, 2004.

FIGUEIREDO, A; PIETROCOLA, M. **Luz e Cores.** São Paulo: FTD, 2000.

HEWITT, P. G. **Fundamentos de física conceitual;** tradução Trieste Ricci. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HOROWICZ, R. J. **Luz, Cores – ação: a ótica e suas aplicações tecnológicas.** São Paulo: Moderna, 1999.

LUZ, A. M.R.; ÁLVAREZ, B. A. **Física contextos & aplicações: ensino médio 3. 1ª ed.** São Paulo: Scipione, 2013.

MENEZES, L. C. (et al). **Quanta física: 3º ano. 2ª ed.** São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

MOURÃO, A. P.; OLIVEIRA, F. A. **Fundamentos de radiologia e imagem.** São Caetano do Sul – SP: Difusão Editora, 2009.

OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. M. **Física das Radiações.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

OKUNO, E; VILELA, M. A. C. **Radiação Ultravioleta: características e efeitos. 1ª ed.** São Paulo: Livraria da Física, 2005.

SANT'ANNA, B... (et. al). **Conexões com a física: 3 eletricidade, física do século XXI. 2ª ed.** São Paulo: Moderna, 2013.

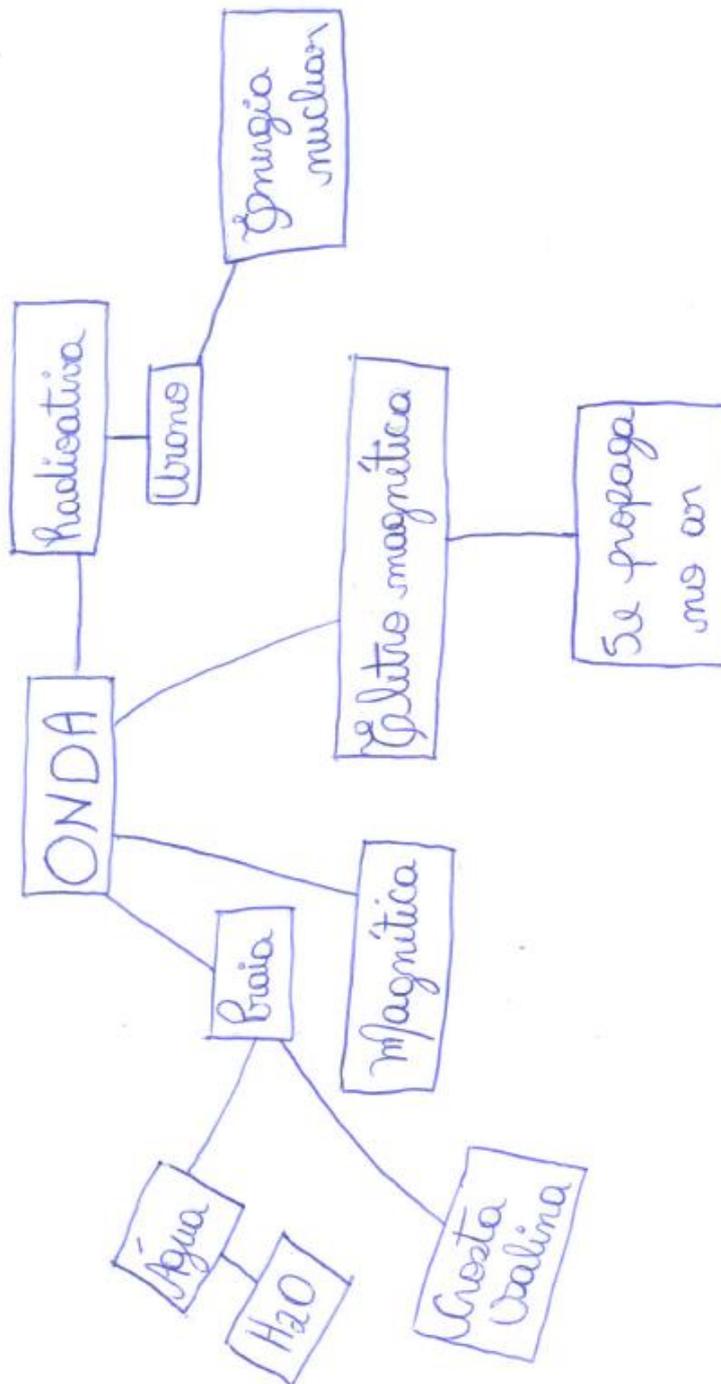
SILVA. I. R. da; O ensino de física na EJA: uma introdução aos estudos das radiações. In: **O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense: SEED-PR. Caderno PDE, v. II, Curitiba, 2012.**

STEFANOVITS, A. (org.). **Ser protagonista: Física, 3º ano: ensino médio. 2ª ed.** São Paulo: Edições SM, 2013.

TORRES, C. M. A. ... (et. al). **Física: ciência e tecnologia- 3 eletromagnetismo, física moderna. 3ª ed.** São Paulo: Moderna, 2013.

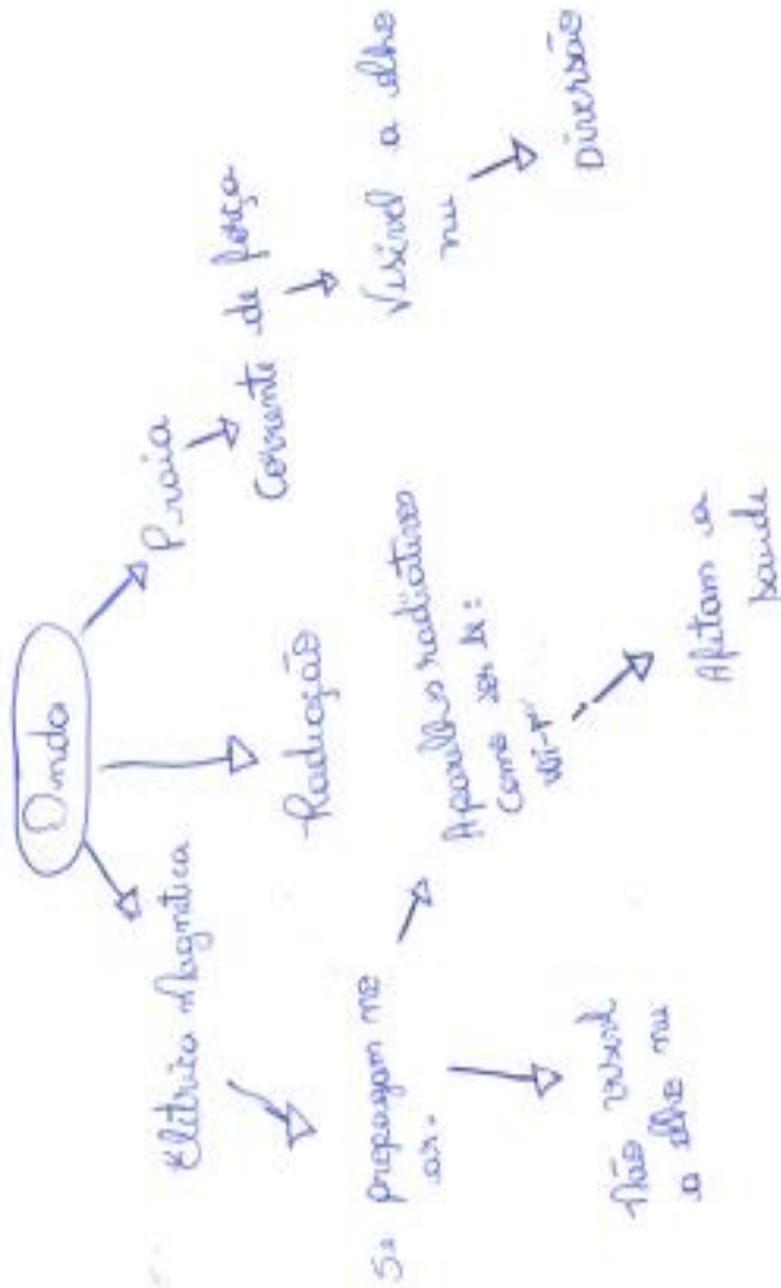
VARGAS, M. História da matematização da natureza. Estud. av. vol.10 n°. 28, p. 249-276. São Paulo : Sept./Dec. 1996. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141996000300011

APÊNDICE C – MAPAS CONCEITUAIS INICIAIS E FINAIS ANALISADOS

Mapa conceitual inicial da aluna A₂

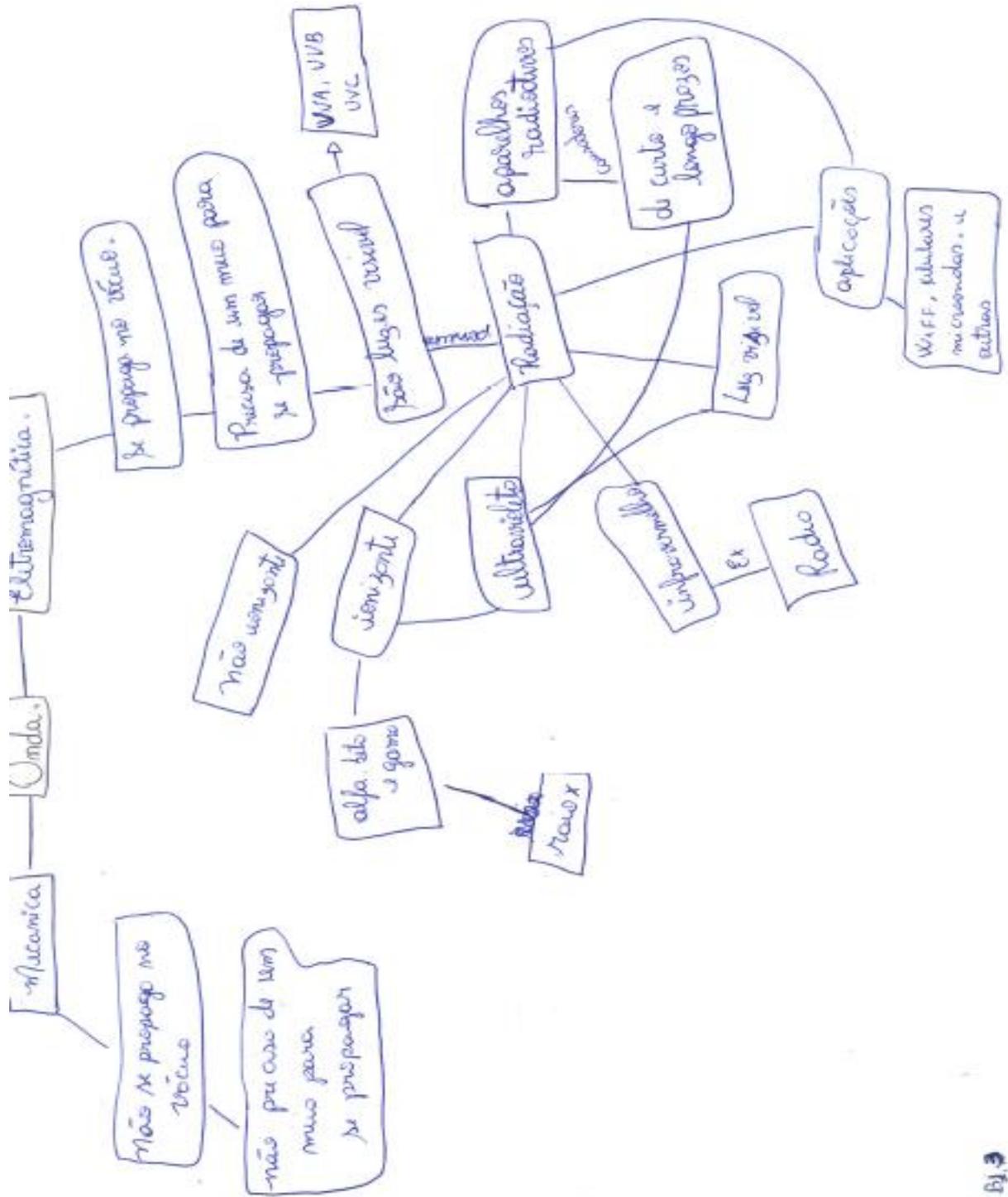
Fonte: arquivo do pesquisador

Mapa conceitual inicial da aluna B₁



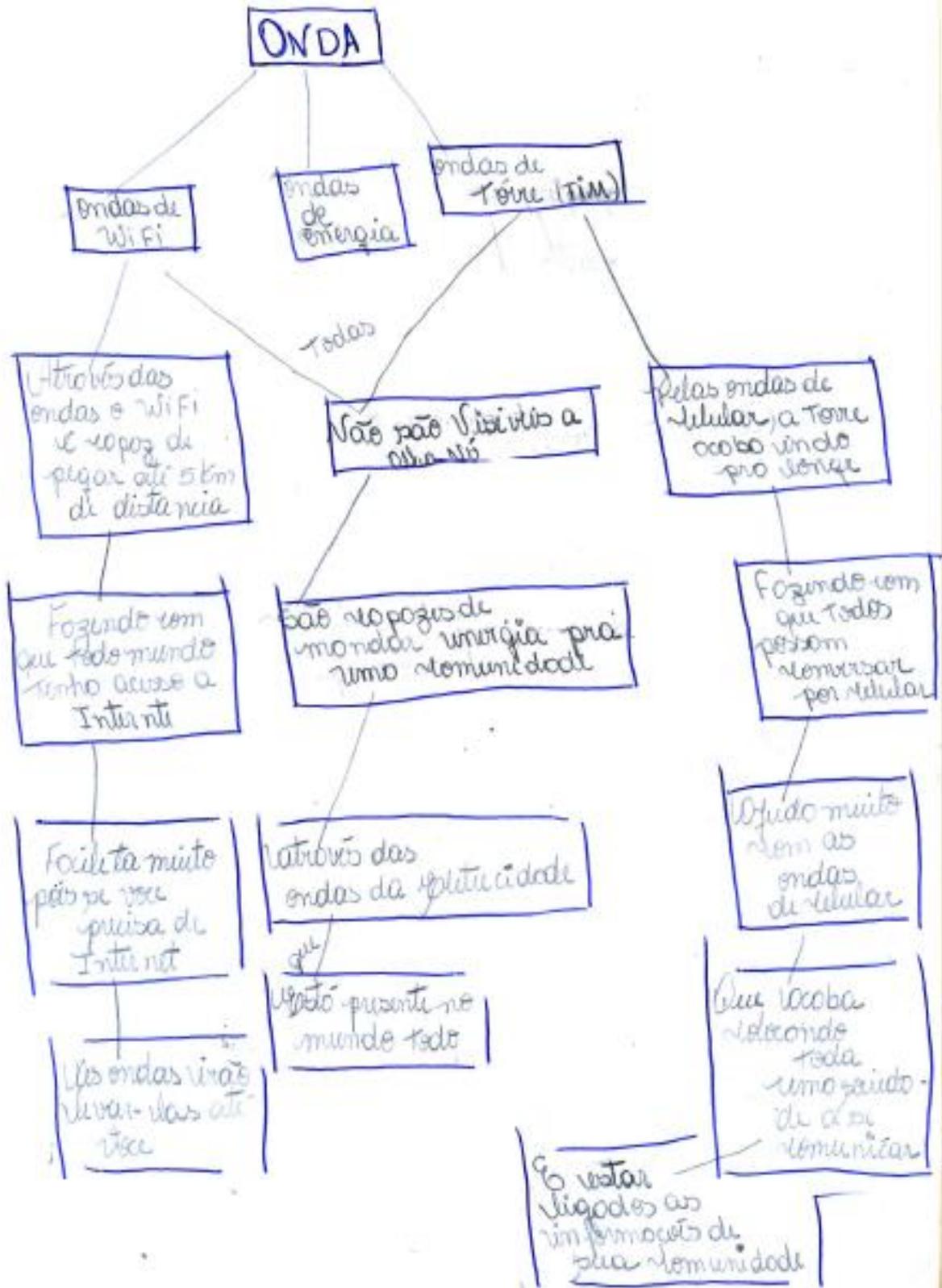
Fonte: arquivo do pesquisador

Mapa conceitual final da aluna B₁



Fonte: arquivo do pesquisador

Mapa conceitual inicial da aluna D₂



Fonte: arquivo do pesquisador

ANEXOS

Anexo A: Modelo do Termo de consentimento livre e esclarecido.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nós Ederson Carlos Gomes e Polonia Altoé Fusinato, responsáveis pela pesquisa: RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA: POSSIBILIDADES DA APLICAÇÃO NO ENSINO MÉDIO A PARTIR DAS RELAÇÕES CTS, estamos fazendo um convite para você participar como voluntário deste nosso estudo. Esta pesquisa pretende Investigar as contribuições de uma sequência didática com enfoque investigativo para a aprendizagem de ondas eletromagnéticas na terceira série do Ensino Médio Durante todo o período da pesquisa você tem o direito de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer outro esclarecimento, bastando para isso entrar em contato, com algum dos pesquisadores ou com o Conselho de Ética em Pesquisa.

Você tem garantido o seu direito de não aceitar participar ou de retirar sua permissão, a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo ou retaliação, pela sua decisão. As informações desta pesquisa serão confidenciais, e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação.

Autorização:

Eu, _____, após a leitura deste documento e ter tido a oportunidade de conversar com o pesquisador responsável, para esclarecer todas as minhas dúvidas, acredito estar suficientemente informado, ficando claro para mim que minha participação é voluntária e que posso retirar este consentimento a qualquer momento sem penalidades ou perda de qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos aos quais serei submetido, dos possíveis danos ou riscos deles provenientes e da garantia de confidencialidade e esclarecimentos sempre que desejar. Diante do exposto expresso minha concordância de espontânea vontade em participar deste estudo.

Assinatura do voluntário

Dados dos pesquisadores Polonia Altoé Fusinato :

Universidade Estadual de Maringá

Fone: (44) 3227-2678

altoepoly@gmail.com

Ederson Carlos Gomes

Universidade Estadual de Maringá

Fone: (44) 99337119

edersoncgomes@gmail.com

Anexo B: Modelo do termo de autorização institucional

TERMO DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL

lustríssimo (a) Senhor (a)_____.

Eu, Ederson Carlos Gomes, aluno do Curso de Mestrado em Educação para Ciência e a Matemática da Universidade Estadual de Maringá venho pelo presente, solicitar vossa autorização para realizar este projeto de pesquisa no Colégio Estadual Cultura Universal, no curso do Ensino Médio, para o trabalho de pesquisa sob o título, RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA: POSSIBILIDADES DA APLICAÇÃO NO ENSINO MÉDIO A PARTIR DAS RELAÇÕES CTS, Orientado pela Professora Dra. Polonia Altoé Fusinato.

Este projeto de pesquisa atendendo o disposto na Resolução CNS 196 de 10 de Outubro de 1996, tem como objetivo elaborar e desenvolver uma sequência didática sobre ondas eletromagnéticas, baseado na investigação dos saberes de um grupo de alunos (as) da terceira série do Ensino Médio de uma instituição pública da cidade de Farol- Paraná. Este projeto pretende realizar o desenvolvimento de uma sequência de aulas com todos os passos planejados sobre ondas eletromagnéticas, relacionando teórica e prática. O objetivo dessa etapa consiste em realizar uma coleta de dados a fim de podermos investigar as produções destes alunos (as), se o trabalho desenvolvido proporcionou uma efetiva aprendizagem. Esta atividade apresenta riscos mínimos visto que os participantes podem eventualmente sentirem-se desconfortáveis com o fato de estarem participando de uma pesquisa, no entanto fica claro que ele poderá solicitar esclarecimentos ou mesmos desistir de participar à qualquer momento.

A sequência está prevista para acontecer em seis encontros de, totalizando 11 horas aulas. As datas dos encontros serão definidas em acordo com a instituição.

Espera-se com esta pesquisa, fornecer subsídios importantes para o processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Física. Qualquer informação adicional poderá ser obtida através do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Estadual de Maringá e pelos pesquisadores Ederson Carlos Gomes (email: edersoncgomes@gmail.com - fone: (44) 9933 - 7119) e Polonia Altoé Fusinato (email: altoepoly@gmail.com - fone: (44) 3227 - 2678).

A qualquer momento vossa senhoria poderá solicitar esclarecimento sobre o desenvolvimento do projeto de pesquisa que está sendo realizado e, sem qualquer

tipo de cobrança, poderá retirar sua autorização. Os pesquisadores aptos a esclarecer estes pontos e, em caso de necessidade, dar indicações para solucionar ou contornar qualquer mal estar que possa surgir em decorrência da pesquisa.

Os dados obtidos nesta pesquisa serão utilizados na publicação de artigos científicos e que, assumimos a total responsabilidade de não publicar qualquer dado que comprometa o sigilo da participação dos integrantes de vossa instituição como nome, endereço e outras informações pessoais não serão em hipótese alguma publicados. A participação será voluntária, não fornecemos por ela qualquer tipo de pagamento.

Autorização Institucional

Eu, _____ responsável pela instituição Instituto de Educação Estadual de Maringá declaro que fui informado dos objetivos da pesquisa acima, e concordo em autorizar a execução da mesma nesta instituição. Caso necessário, a qualquer momento como instituição CO-PARTICIPANTE desta pesquisa poderemos revogar esta autorização, se comprovada atividades que causem algum prejuízo à esta instituição ou ainda, a qualquer dado que comprometa o sigilo da participação dos integrantes desta instituição. Declaro também, que não recebemos qualquer pagamento por esta autorização bem como os participantes também não receberão qualquer tipo de pagamento.

Conforme Resolução CNS 196 de 10/10/1996 a pesquisa só terá início nesta instituição após apresentação do **Parecer de Aprovação por um Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos**.

Informamos ainda, que é prerrogativa desta instituição proceder a re-análise ética da pesquisa, solicitando, portanto, o parecer de ratificação do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos desta Instituição (se houver).

Pesquisador	Responsável pela Instituição
-------------	------------------------------

Orientador

Documento em duas vias:

1ª via instituição

2ª via pesquisadores