



LUÍS CARLOS MENEZES ALMEIDA JÚNIOR

**APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO DE HERTZ ATUALIZADO,
NO ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**

Ponta Grossa - PR

2019

LUÍS CARLOS MENEZES ALMEIDA JÚNIOR

**APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO DE HERTZ ATUALIZADO,
NO ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Américo Alves Pereira
Co-orientador: Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva

Ponta Grossa - PR

2019

A447 Almeida Jr., Luís Carlos Menezes
Aplicação do experimento de Hertz atualizado, no ensino de ondas eletromagnéticas / Luís Carlos Menezes Almeida Jr. – Ponta Grossa, PR. 2019. 75 f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física - Área de Concentração: Física na Educação Básica), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Américo Alves Pereira.
Coorientador: Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva.

1. Teoria de aprendizagem. 2. Ensino em física. 3. Ondas eletromagnéticas. 4. Experimento de hertz. I. Pereira, Luiz Américo Alves. II. Silva, Silvio Luiz Rutz da. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Física na Educação Básica. IV.T.

CDD 530.1



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

TERMO

TERMO DE APROVAÇÃO

LUÍS CARLOS MENEZES ALMEIDA JÚNIOR

"Aplicação do Experimento de Hertz Atualizado no Ensino de Ondas Eletromagnéticas"

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ensino Física, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Dr. Luiz Américo Alves Pereira - (UEPG) – Presidente

Dr. André Maurício Brinatti - (UEPG)

Dr. Marco Antônio Sandini Trentin - (UPF)

Ponta Grossa, agosto de 2019.



Documento assinado eletronicamente por **Silvio Luiz Rutz da Silva, Coordenador(a) do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Profissional**, em 03/09/2019, às 18:18, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Andre Mauricio Brinatti, Professor(a)**, em 22/11/2019, às 22:16, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Americo Alves Pereira, Professor(a)**, em 26/11/2019, às 17:09, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **0055445** e o código CRC **C42AEB9F**.

*Aos meus Mestres, que me ensinaram o caminho.
À minha Família, que me acompanhou nesta caminhada.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao amor sublime do Criador Universal.

Aos meus pais Luís e Maria que me proporcionaram a vida, bem como meus irmãos que ajudaram a construir meus valores.

Aos meus sogros Edmundo e Graça que me acolheram como filho, a companhia de meus cunhados, o carinho dos avós, tios e todos os meus queridos familiares.

À valorosa e amada esposa Vivian e os presentes que a vida me proporcionou, Thalita, Thiago e Celina, filhos amados.

Sou muito grato aos Professores que me influenciaram com a sua sabedoria, principalmente os meus orientadores Prof. Luiz Américo e Prof. Silvio Rutz, que os considero como amigos também.

Aos Laboratoristas Allan e Luís Roberto do depto. de Física, secretárias e demais funcionários da UEPG que me apoiaram no dia a dia do programa de mestrado.

Grande abraço aos colegas da turma 2016 deste mestrado, que com muito esforço e bom ânimo, formaram um ambiente muito produtivo e deixaram saudosa amizade.

Ao diretor do Centro Estadual de Educação Profissional de Ponta Grossa - CEEPPG, onde validei o produto deste mestrado, Prof. José Airton, a pedagoga Inah, o coordenador Reinaldo, os 31 alunos do 3º ano A e funcionários da escola, especialmente a Selma, que me ajudaram a concretizar este projeto.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa, como um todo, o Depto. de Física e o Programa de Mestrado que me acolheram como aluno.

E finalmente, à Sociedade Brasileira de Física - SBF e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Capes, que reconheceram e apoiaram este projeto.

Meu sincero e muito obrigado a todos!

"Aprender é a única coisa que a mente nunca se cansa,
nunca tem medo e nunca se arrepende"

Leonardo da Vinci

RESUMO

A aprendizagem dos estudantes brasileiros em ciência, apresenta um déficit significativo quando comparada no cenário internacional, segundo indicadores utilizados atualmente, como o PISA - OECD por exemplo. Isso tem como causas diversos fatores socio-histórico-culturais que demandam políticas públicas adequadas, mobilização da sociedade civil e inovações por parte dos profissionais da área da educação, para alavancar um processo renovador na educação do país. Neste contexto encontra-se o ensino em Física, onde os alunos em geral apresentam, além das dificuldades na compreensão, uma certa aversão pela disciplina, desconhecendo o lado encantador desta ciência. Uma proposta para auxiliar na solução deste problema, foi organizada pela temática das ondas eletromagnéticas, baseando-se na teoria de aprendizagem sociointeracionista de Lev Vygotsky e na reprodução do experimento de Heinrich Hertz. Esse produto educacional foi aplicado numa turma de 3º ano de uma escola técnica de nível médio, sendo a turma observada durante a realização dessa atividade, realizadas algumas considerações a esse respeito e sugeridos alguns trabalhos futuros.

Palavras-chave: aprendizagem; ensino em física; ondas eletromagnéticas; experimento de Hertz.

ABSTRACT

The learning of Brazilian students in science, presents a significant deficit when compared in the international scenario, according to indicators currently used, such as PISA - OECD for example. This is due to several socio-historical and cultural factors that demand adequate public policies, civil society mobilization and innovations by education professionals to leverage a renewal process in the country's education. In this context is the teaching in Physics, where students in general present, besides the difficulties in understanding, a certain aversion to the discipline, ignoring the charming side of this science. A proposal to assist in the solution of this problem was organized by electromagnetic waves, based on Lev Vygotsky's theory of socio-interactionist learning and the reproduction of the Heinrich Hertz experiment. This educational product was applied in a 3rd year class of a technical school of secondary education, being the class observed during the accomplishment of this activity, made some considerations in this respect and suggested some future works.

Key-words: learning; teaching in physics; electromagnetic waves; Hertz experiment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Desempenho brasileiro nas avaliações do PISA.....	12
Quadro 2 – Tabela do resumo das atividades realizadas com a turma.....	35
Figura 1 – Resumo geral das principais teorias de aprendizagem.....	15
Figura 2 – Representação gráfica de ondas eletromagnéticas.....	22
Figura 3 – Imagem da escala de ondas eletromagnéticas.....	22
Figura 4 – Imagem de um oscilador linear utilizado por Hertz.....	25
Figura 5 – Esquema de montagem de um oscilador utilizado por Hertz.....	26
Figura 6 – Esquema de ligações e materiais utilizados no experimento	29
Figura 7 – Fotos da montagem real do experimento	30
Figura 8 – Fotos de detalhes da montagem.....	31
Figura 9 – Esquema de ligação da caixa de som no experimento.....	32
Figura 10 – Imagem da fachada da escola utilizada.....	34
Figura 11 – Fotos registradas durante as aulas com os alunos.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS

CEEPPG	Centro Estadual de Educação Profissional de Ponta Grossa
EM	Eletromagnética
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
MEC	Ministério da Educação
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PISA	Programme for International Student Assessment
PPGEF	Programa de Pós – Graduação em Ensino de Física
SBF	Sociedade Brasileira de Física
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa
UV	Ultravioleta
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	TEORIAS DE APRENDIZAGEM	14
2.2	APRENDIZAGEM SOCIOINTERACIONISTA DE VYGOTSKY	17
2.3	ELETROMAGNETISMO	19
2.4	ONDAS ELETROMAGNÉTICAS	21
2.5	O EXPERIMENTO DE HERTZ	24
3	METODOLOGIA.....	28
3.1	O PRODUTO EDUCACIONAL	28
3.1.1	Materiais e montagem	28
3.1.2	Funcionamento	29
3.2	APLICAÇÃO DO PRODUTO	33
3.3	AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO	37
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
	REFERÊNCIAS	40
	ANEXO A – RELATÓRIO DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO	42
	ANEXO B – MAPAS CONCEITUAIS PREENCHIDOS	47
	APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	53

1 INTRODUÇÃO

No âmbito da aprendizagem envolvendo alunos e professores nas escolas atuais, a busca por alternativas inovadoras para este processo de ensino, tem sido crescente, devido a demanda do mercado de trabalho, a necessidade do desenvolvimento social, o acompanhamento dos indicadores internacionais, entre alguns dos fatores motivadores.

Para o ensino das ciências naturais e especificamente da ciência Física, não seria diferente. Esta disciplina tem sido rotulada pelos estudantes como de difícil compreensão levando a um certo desinteresse e prejudicando sua compreensão de mundo, de universo e de ser humano. Uma das prováveis causas para essa falta de afinidade, poderia estar nas metodologias utilizadas tradicionalmente, que não tem conseguido despertar o interesse do aluno para o lado encantador desta disciplina.

Com relação à escola pública brasileira de forma geral, há um fator adicional, de senso comum, que é a insuficiência de investimentos em materiais didáticos, em capacitação dos professores, atingindo muitas vezes, a infraestrutura básica do ambiente escolar, colaborando com a ineficiência da gestão e da operação do ensino público fundamental e médio, contribuindo assim, para desestimular o estudante, gerando baixo rendimento, reprovações e evasão escolar.

Um reflexo desse cenário brasileiro, pode ser visto no indicador internacional PISA – OECD: Programa Internacional de Avaliação de Alunos, realizado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. (Em inglês, *Programme for International Student Assessment - Organisation for Economic Co-operation and Development*). Trata-se de uma avaliação comparativa entre os países associados, que atualmente chega a setenta, aplicada com amostragens de estudantes a partir do 7º ano do ensino fundamental na idade dos 15 anos. Como há uma coordenação nacional em cada país associado, para o Brasil, fica a cargo do INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, órgão do MEC – Ministério da Educação. As avaliações do Pisa acontecem a cada três anos e abrangem três áreas do conhecimento – Leitura, Matemática e Ciências – havendo, a cada edição do programa, maior ênfase em cada uma dessas áreas.

A figura 1 mostra a classificação do Brasil nos exames realizados pelo PISA, onde pode-se observar que com o aumento dos países participantes a cada nova edição, ele manteve-se nas últimas posições, estando atualmente na sexagésima terceira posição de um total de setenta países avaliados, mostrando a gravidade da situação brasileira no campo da educação.

Quadro 1 - Desempenho brasileiro nas avaliações do PISA - OECD

Área	2000	2003	2006	2009	2012	2015
Matemática	334	356	370	386	391	377
Leitura	396	403	393	412	410	407
Ciências	375	390	390	405	405	401
Média Geral	368	383	384	401	402	395
Países participantes	32	41	57	61	65	70
Colocação brasileira	32º	40º	52º	50º	57º	63º
Total de inscritos	265.000	250.000	513.000	470.000	510.000	540.000
Alunos brasileiros	4.893	4.452	9.295	20.127	18.589	23.141
Escolas brasileiras participantes	250	229	633	950	837	841
Primeiro Lugar	Finlândia	Finlândia	Finlândia	China	China	Singapura

Fonte: Adaptado de PISA - OECD (2000 - 2015).

A busca por soluções metodológicas que auxiliem na reversão desse cenário é imprescindível e urgente. Preferencialmente se forem de fácil implantação, desburocratizadas, de baixo custo e descentralizadas, no sentido de não dependerem exclusivamente de programas governamentais, que costumam ser lentos nos projetos de melhoria educacionais, nas etapas de detecção dos problemas, análise, desenvolvimento, planejamento, implantação e avaliação.

Tendo em vista essa problemática posta, levantou-se uma questão: qual seria o aproveitamento dos estudantes de Física em geral, numa aula contextualizada com a experimentação e com alguma teoria de aprendizagem?

Este trabalho objetiva responder essa questão com uma proposta para cativar os estudantes da Física nos ambientes formais ou não formais de aprendizagem.

Baseia-se na Teoria da Aprendizagem Sociointeracionista de Lev Semyonovich Vygotsky e no experimento sobre ondas eletromagnéticas de Heinrich Rudolf Hertz.

Foi adotada a Teoria Sociointeracionista por entender-se que, em geral, o estudante afiniza-se com atividades coletivas, interagindo reciprocamente com o ambiente em que está inserido, potencializando sua aprendizagem.

A escolha do experimento sobre ondas de Hertz está baseada em um dos Temas Estruturadores do Ensino da Física dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) do Ministério da Cultura (MEC): *Equipamentos elétricos e telecomunicações; Emissores e receptores; Emissão e recepção de ondas*, por vir de encontro ao perfil da atual geração dos estudantes, usuários de diversas tecnologias digitais inseridas no seu cotidiano, sem no entanto compreendê-las quanto aos princípios científicos que estão por trás das mesmas, fazendo dessa situação um ponto em comum, um chamariz para despertar a curiosidade dos estudantes para o estudo da Física e a sua aplicabilidade na sociedade atual, imersa num mundo de tecnologias digitais.

A proposta deste trabalho está organizada na forma de um produto educacional que foi aplicado e qualitativamente acompanhado numa turma de 3º ano de nível médio num curso técnico em eletromecânica da rede estadual do estado do Paraná – Brasil, conforme descrito no decorrer deste trabalho. Este produto pode ser utilizado total ou parcialmente por qualquer docente da área, como base para o ensino de Física em ambientes formais ou não formais de aprendizagem.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabalho está cientificamente apoiado nos pilares das teorias da aprendizagem de Vygotsky, das ondas eletromagnéticas e do experimento de Hertz para ondas. Nos tópicos a seguir, encontram-se os principais fundamentos relacionados a esse desenvolvimento.

2.1 TEORIAS DE APRENDIZAGEM

As teorias de aprendizagem são estruturas conceituais que descrevem como os alunos absorvem, processam e retêm o conhecimento e as habilidades durante o aprendizado, explicando também, como as influências cognitivas, emocionais e ambientais, bem como a experiência anterior, afetam a aquisição e a alteração da compreensão e visão de mundo. De forma geral, essas teorias podem ser classificadas como: Behaviorismo, Cognitivismo, Construtivismo, Humanismo e o mais recente Conectivismo. A figura 2 apresenta de forma resumida um panorama geral dessas teorias, segundo Moreira (1999).

Behaviorismo ou Comportamentalismo, nas análises de Cavalcanti (2011), é uma abordagem sistemática para entender o comportamento de seres humanos e outros animais. Assume que todos os comportamentos são reflexos ou respostas causados por certos estímulos do ambiente, ou uma consequência da história desse indivíduo, incluindo especialmente condições de reforço e punição, juntamente com seu estado motivacional atual. Embora essa teoria geralmente aceite o importante papel da herança na determinação do comportamento, ela se concentra principalmente em fatores ambientais. O Behaviorismo combina elementos de filosofia, metodologia e teoria psicológica, tendo início no final do século XIX como uma reação à psicologia profunda e outras formas tradicionais de psicologia, que muitas vezes tinham dificuldade em fazer previsões que pudessem ser testadas experimentalmente. Um dos seus precursores, Edward Thorndike foi o pioneiro da Lei do Efeito, um processo que envolveu o fortalecimento do comportamento através do uso de reforços.

Figura 1 – Resumo geral das principais teorias de aprendizagem

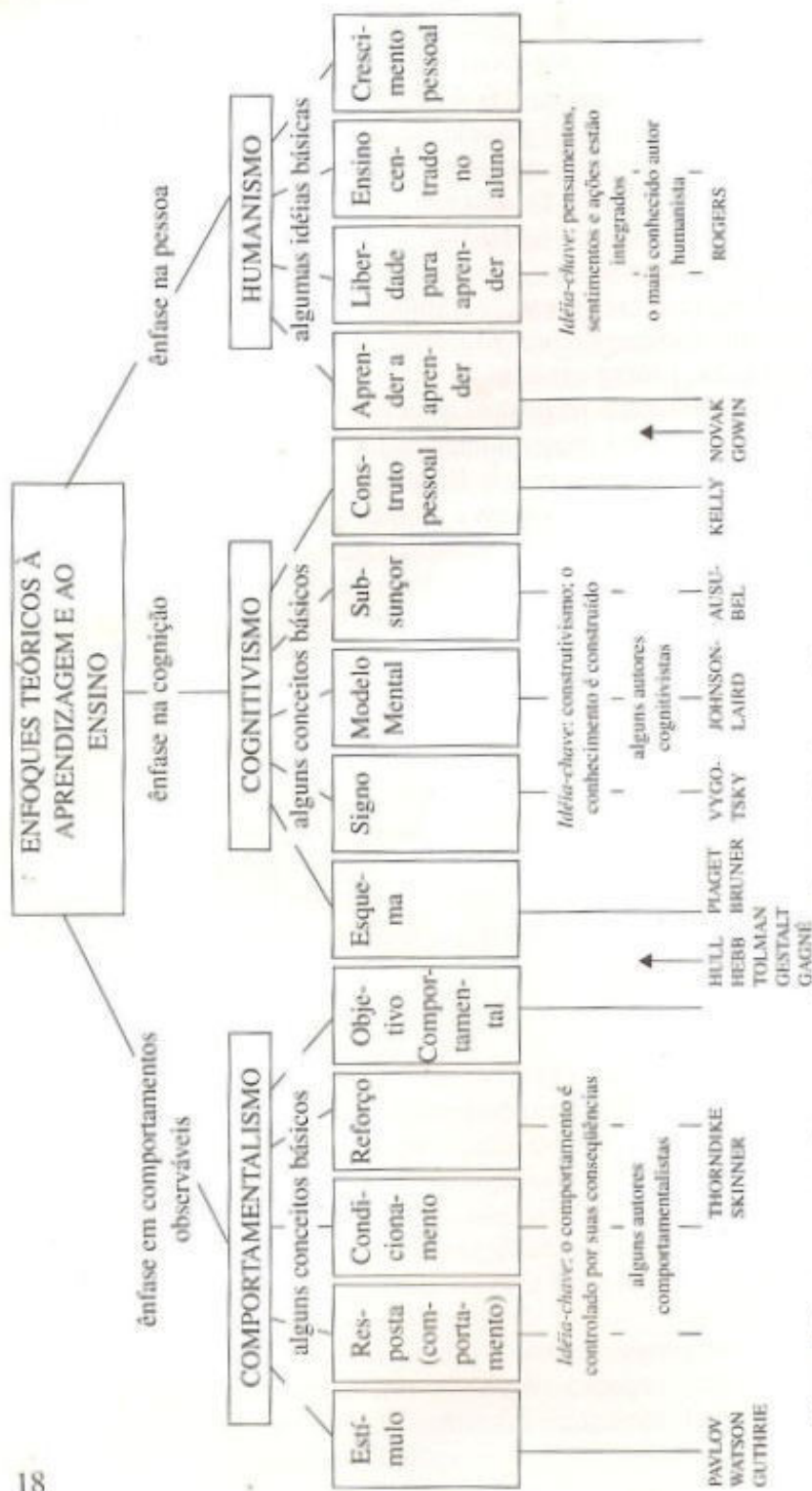


Figura 1. Um esquema tentativo para os principais enfoques teóricos à aprendizagem e ao ensino e alguns de seus mais conhecidos representantes (M. A. Moreira, 1999).

Lefrançois (2016) esclarece que na psicologia, o Cognitivismo é uma estrutura teórica para a compreensão da mente que ganhou credibilidade na década de 1950. O movimento buscou explicar as questões da cognição, que na sua visão ainda não tinha sido tratada pela ciência. A psicologia cognitiva derivou seu nome do *cognoscere* em latim, referindo-se ao conhecimento e informação, sendo uma psicologia processadora de informação derivada parcialmente das tradições anteriores da investigação do pensamento e da resolução de problemas. O Cognitivismo argumenta que o modo como as pessoas pensam afeta seu comportamento, não podendo ser portanto, um comportamento em si mesmo. Assim, o pensamento seria tão essencial para essa teoria que o seu estudo deveria se tornar seu próprio campo.

Baseando-se em Moreira (2011), verifica-se que o Construtivismo é um ponto de vista filosófico sobre a natureza do conhecimento, representando uma postura ontológica. Existem muitos influenciadores dessa teoria, mas um proeminente teórico é Jean Piaget, que se concentrou em como os seres humanos fazem sentido em relação à interação entre suas experiências e suas idéias. Ele se considerava um epistemologista genético, o que significava que estava interessado na gênese do conhecimento. Seus pontos de vista tendem a se concentrar no desenvolvimento humano em relação ao que está ocorrendo com o indivíduo, distinto do desenvolvimento influenciado por outras pessoas. As visões construtivistas mais focadas no desenvolvimento humano no contexto do mundo social incluem a perspectiva sociocultural ou sócio-histórica de Lev Vygotsky e as perspectivas da cognição situada de Mikhail Bakhtin, Jean Lave, Etienne Wenger, Barbara Rogoff, para citar alguns. O conceito de Construtivismo influenciou várias disciplinas, incluindo psicologia, sociologia, educação e história da ciência.

A psicologia Humanista, conforme Cavalcanti (2011), é uma perspectiva psicológica que se tornou proeminente em meados do século XX em resposta às limitações da teoria psicanalítica de Sigmund Freud e do behaviorismo de B.F. Skinner. Com suas raízes que vão de Sócrates ao Renascimento, essa abordagem enfatiza o impulso inerente dos indivíduos em direção à autorrealização, o processo de perceber e expressar as próprias capacidades e a criatividade. Essa perspectiva psicológica ajuda a acreditar que todas as pessoas são inerentemente boas, adotando uma abordagem holística da existência humana, e prestando especial

atenção a fenômenos como criatividade, livre-arbítrio e potencial humano positivo. Ela encoraja a visão do indivíduo como uma "pessoa integral" maior do que qualquer uma das partes isoladamente, encorajando a auto-exploração, em vez do estudo do comportamento em outras pessoas. A psicologia humanista reconhece a aspiração espiritual como parte integrante da psique. Está ligado ao emergente campo da psicologia transpessoal.

Na ótica de Lefrançois (2016), o Conectivismo é uma teoria da aprendizagem na era digital que enfatiza o papel do contexto social e cultural em como e onde a aprendizagem ocorre. A aprendizagem não acontece simplesmente dentro de um indivíduo, mas dentro e através das redes. O que diferencia o Conectivismo de teorias como o Construtivismo é a visão de que o aprendizado (definido como conhecimento acionável), pode residir fora de nós mesmos (dentro de uma organização ou banco de dados), sendo focado na conexão de conjuntos de informações especializadas e nas conexões que nos permitem aprender mais que o nosso estado atual de conhecimento. O Conectivismo vê o conhecimento como uma rede e a aprendizagem como um processo de reconhecimento de padrões, possuindo semelhanças com a zona de desenvolvimento proximal de Vygotsky (ZDP) e a Teoria da Atividade de Yrjö Engeström. A frase "uma teoria da aprendizagem para a era digital", indica a ênfase que o Conectivismo dá ao efeito da tecnologia sobre como as pessoas vivem, comunicam e aprendem.:

2.2 APRENDIZAGEM SOCIOINTERACIONISTA DE VYGOTSKY

Lev Semyonovich Vygotsky (1896 - 1934) foi um psicólogo soviético, fundador de uma teoria do desenvolvimento humano cultural e biossocial comumente referida como "psicologia histórico-cultural".

Conforme Lefrançois (2016), Vygotsky foi um psicólogo pioneiro e suas principais obras abrangem seis volumes separados, escritos durante cerca de dez anos, da *Psicologia da Arte* (1925) ao *Pensamento e Linguagem* (ou *Pensamento e Fala*) (1934). Os interesses de Vygotsky nos campos da psicologia do desenvolvimento, desenvolvimento infantil e educação eram extremamente diversos. Sua estrutura filosófica inclui interpretações do papel cognitivo das ferramentas de mediação, bem como a reinterpretação de conceitos bem conhecidos na psicologia,

como a internalização do conhecimento. Vygotsky introduziu a noção de zona de desenvolvimento proximal (ZDP), uma metáfora capaz de descrever o potencial do desenvolvimento cognitivo humano. O seu trabalho abordou tópicos como a origem e a psicologia da arte, desenvolvimento das funções mentais superiores, filosofia da ciência e metodologia da pesquisa psicológica, relação entre aprendizagem e desenvolvimento humano, formação de conceitos, inter-relação entre linguagem e desenvolvimento do pensamento (um fenômeno psicológico), dificuldades de aprendizagem e desenvolvimento humano anormal (também conhecido como defectologia). O legado de Vygotsky pode ser dividido em dois períodos bastante distintos: o período "instrumental" mecanicista dos anos 1920, o período "holístico" integrativo dos anos 1930 e os anos de transição de, aproximadamente, 1929-1931. Cada um desses períodos é caracterizado por seus temas distintos e inovações teóricas.

Os estudos de Lev Vygotsky postulam uma dialética de interações entre si e com o ambiente, como um fator desencadeador do desenvolvimento sociocognitivo. Para Vygotsky e seus colaboradores, o desenvolvimento depende da linguagem. Eles acham que a estrutura dos passos descritos por Piaget está correta, mas a concepção de sua dinâmica evolutiva é diferente. Se Piaget sustenta que a estruturação do organismo precede o desenvolvimento, para Vygotsky, é o próprio processo de aprendizagem que gera e promove o desenvolvimento de estruturas mentais superiores.

Embasando-se em Moreira (2011), constata-se que a teoria de Vygotsky estrutura-se no conceito de uma zona de desenvolvimento proximal (ZDP), em que a aprendizagem ocorre no intervalo entre o conhecimento real e o conhecimento potencial. Em outras palavras, a ZDP é a distância entre o que o sujeito já sabe e o que ele tem potencial para aprender. Seria nessa área que a educação atuaria, estimulando a aquisição de potencial, a partir do conhecimento da ZDP do aprendiz, para intervir. O conhecimento potencial, uma vez alcançado, torna-se conhecimento real e a ZDP é redefinida a partir do que seria o novo potencial.

Nesta concepção, as interações desempenham um papel crucial e determinante. Para definir o verdadeiro conhecimento, Vygotsky sugere avaliar o que o sujeito é capaz de fazer sozinho e o potencial do que ele pode fazer com a ajuda de outro sujeito. Assim, a ZDP é determinada e o nível de riqueza e a

diversidade das interações determinam o potencial alcançado. Quanto mais ricas as interações, mais complexo e sofisticado é o desenvolvimento.

No campo da educação, a interação, que é um dos conceitos fundamentais da teoria de Vygotsky, faz parte da concepção da escola que se busca no sistema educacional brasileiro atual. E, neste caso, o professor e o aluno desempenham um papel vital no processo de ensino e aprendizagem. Desta forma, é possível desenvolver tanto os conceitos de ZDP como a relação entre pensamento, linguagem e intervenção dentro da escola, permitindo assim um maior nível de aprendizagem.

2.3 ELETROMAGNETISMO

O eletromagnetismo é um ramo da física que envolve o estudo da força eletromagnética, um tipo de interação física que ocorre entre partículas eletricamente carregadas. A força eletromagnética geralmente exhibe campos eletromagnéticos, como campos elétricos, campos magnéticos e luz, e é uma das quatro interações fundamentais (comumente chamadas forças) na natureza. As outras três interações fundamentais são a interação forte, a interação fraca e a gravitação. Em alta energia a força fraca e a força eletromagnética é unificada como uma única força eletrofraca.

Nas abordagens de Halliday (2009), os fenômenos eletromagnéticos são definidos em termos da força eletromagnética, às vezes chamada de força de Lorentz, que inclui eletricidade e magnetismo como diferentes manifestações do mesmo fenômeno. A força eletromagnética desempenha um papel importante na determinação das propriedades internas da maioria dos objetos encontrados na vida diária. A matéria comum assume sua forma como resultado de forças intermoleculares entre átomos individuais e moléculas na matéria, sendo uma manifestação da força eletromagnética. Elétrons são atraídos pela força eletromagnética a núcleos atômicos, sendo as formas orbitais e suas influências sobre átomos próximos descritos pela mecânica quântica. As forças eletromagnéticas governam os processos químicos, que surgem de interações entre os elétrons de átomos vizinhos.

Existem numerosas descrições matemáticas do campo eletromagnético. Em

eletrodinâmica clássica, campos elétricos são descritos como potencial elétrico e corrente elétrica. Na lei de Faraday, os campos magnéticos são associados à indução eletromagnética e ao magnetismo, e as equações de Maxwell descrevem como os campos elétricos e magnéticos são gerados e alterados uns pelos outros e também por cargas e correntes.

As implicações teóricas do eletromagnetismo, particularmente o estabelecimento da velocidade da luz baseada nas propriedades do "meio" de propagação (permeabilidade e permissividade), levou ao desenvolvimento da relatividade especial, elaborada por Albert Einstein em 1905.

Pelas considerações de Nussenzveig (2002), originalmente, eletricidade e magnetismo eram considerados duas forças separadas. Essa visão mudou no entanto, com a publicação do Tratado sobre a Eletricidade e o Magnetismo de 1873, de James Clerk Maxwell, cujas interações de cargas positivas e negativas mostraram ser mediadas por uma força. Existem quatro efeitos principais resultantes dessas interações, todos os quais foram claramente demonstrados por experimentos:

1. As cargas elétricas atraem ou repelem umas às outras com uma força inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas: cargas diferentes se atraem, cargas iguais se repelem.
2. Os polos magnéticos (ou estados de polarização em pontos individuais) atraem ou repelem um outro de uma maneira semelhante às cargas positivas e negativas e sempre existem como pares: todo polo norte é ligado a um polo sul.
3. Uma corrente elétrica dentro de um fio cria um campo magnético circunferencial correspondente fora do fio, com sentido (horário ou anti-horário) dependente do sentido da corrente no fio.
4. Uma corrente é induzida em uma espira de fio quando é movida aproximando-a ou afastando-a de um campo magnético, ou ainda, aproximando ou afastando um ímã dela; a direção da corrente depende do sentido do movimento.

Segundo Tipler (2006), em 1820 Hans Christian Orsted fez uma surpreendente observação: notou que uma agulha de bússola afastava-se de um condutor conectado a uma bateria, quando a corrente elétrica era ligada. Esta deflexão convenceu-o de que os campos magnéticos irradiam para todos os lados de um fio transportando uma corrente elétrica, assim como a luz e o calor, e que confirmou uma relação direta entre eletricidade e magnetismo. Em seguida, Orsted

realizou investigações mais intensivas, publicando suas descobertas, provando que uma corrente elétrica produz um campo magnético enquanto flui através de um fio.

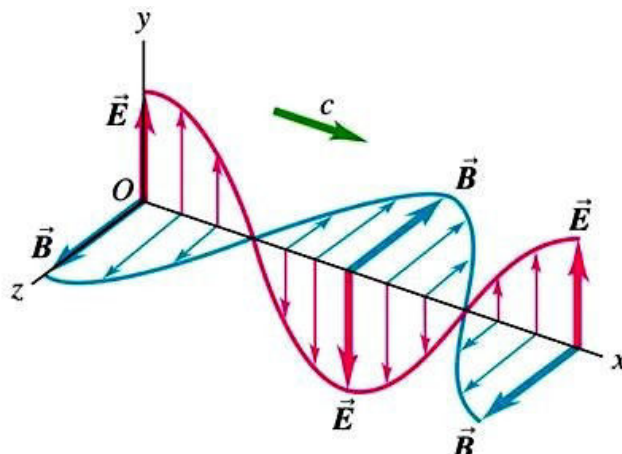
Suas descobertas resultaram em intensivas pesquisas em toda a comunidade científica no campo da eletrodinâmica, como os desenvolvimentos do físico francês André-Marie Ampère numa forma matemática para representar as forças magnéticas entre condutores de corrente. Orsted também teve importante influência na direção de um conceito unificado de energia.

Essa unificação, observada por Michael Faraday, estendida por James Clerk Maxwell e parcialmente reformulada por Oliver Heaviside e Heinrich Rudolf Hertz, é uma das principais conquistas da física matemática do século XIX. Ela teve consequências significativas, uma das quais foi a compreensão da natureza da luz. Ao contrário do que foi proposto pela teoria eletromagnética da época, a luz e outras ondas eletromagnéticas são atualmente vistas como tomando a forma de distúrbios de campo eletromagnéticos oscilantes, autopropagáveis e quantificados, chamados de fótons. Frequências diferentes de oscilação dão origem às diferentes formas de radiação eletromagnética, desde ondas de rádio nas frequências mais baixas, passando pela luz visível em frequências intermediárias, até os raios gama nas frequências mais altas.

2.4 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Ondas eletromagnéticas são oscilações sincronizadas de campos elétricos e magnéticos que se propagam na velocidade da luz, sendo máxima no vácuo $[c]$. Em meios homogêneos e isotrópicos, as oscilações dos dois campos são perpendiculares entre si e perpendiculares à direção da velocidade de propagação das ondas $[v]$, sendo portanto uma onda transversal, conforme ilustrado na figura 3. Essa propagação apresenta uma frente de onda na forma de uma esfera, se for emitida a partir de uma fonte pontual (como uma lâmpada).

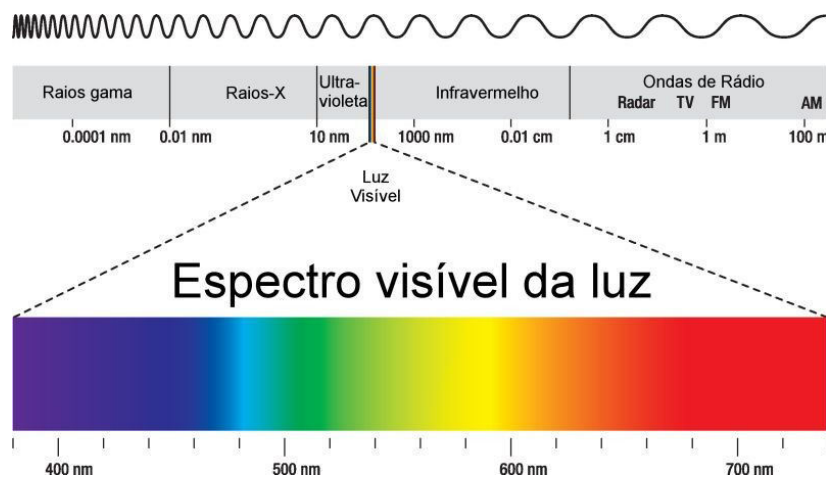
Figura 2 – Representação gráfica de ondas eletromagnéticas



Fonte: SANTOS, Renato P. Disponível em <<http://www.fisica-interessante.com/>>. Acesso em 5 junho 2018

Conforme Rocha (2013), toda onda eletromagnética é caracterizada por sua frequência de oscilação $[f]$ e seu comprimento de onda $[\lambda]$, sendo regidas pela equação da velocidade $[v = \lambda f]$. Existem diversas categorias delas geradas por diferentes fontes e causando vários efeitos sobre a matéria, sendo agrupadas em ordem crescente de frequência e em ordem decrescente comprimento de onda, recebendo o nome dessa organização de espectro eletromagnético que é a faixa de frequências da radiação eletromagnética e seus respectivos comprimentos de onda e energias de fótons, conforme ilustra a figura 4. Algumas das faixas de destaque são: ondas de rádio, micro-ondas, radiação infravermelha, luz visível, radiação ultravioleta, raios X e raios gama.

Figura 3 – Imagem da escala de ondas eletromagnéticas



Fonte: CARVALHO, T. Disponível em <<https://www.infoescola.com/>>. Acesso em 5 junho de 2018.

Com base em Feynman (2008), as ondas eletromagnéticas (EM) são emitidas por partículas eletricamente carregadas que sofrem aceleração, e essas ondas podem posteriormente interagir com outras partículas carregadas, exercendo força sobre elas. As ondas EM transportam energia, momento e momento angular para longe de sua partícula de origem e podem transmitir essas quantidades à matéria com a qual interagem. A radiação eletromagnética está associada àquelas ondas EM que estão livres para se propagar (irradiar) sem a influência contínua das cargas móveis que as produziram, porque alcançaram distância suficiente dessas cargas. Assim, radiação EM é por vezes referida como o campo distante. Nesta linguagem, o campo próximo refere-se a campos EM próximos às cargas e à corrente que os produzem especificamente: indução eletromagnética, fenômenos de indução eletrostática, etc

Na mecânica quântica, uma maneira alternativa de ver a radiação EM é que ela consiste de fótons, partículas elementares não carregadas com massa de repouso zero, que são os quanta da força eletromagnética, responsáveis por todas as interações eletromagnéticas. A eletrodinâmica quântica é a teoria de como a radiação EM interage com a matéria em um nível atômico. Os efeitos quânticos fornecem fontes adicionais de radiação EM, como a transição de elétrons para níveis mais baixos de energia em um átomo e radiação de corpo negro. A energia de um fóton individual é quantificada e é maior para fótons de frequência mais alta. Esta relação é dada pela equação de Planck $E = h\nu$, onde E é a energia por fóton, ν é a frequência do fóton, e h é a constante de Planck. Um único fóton de raios gama, por exemplo, pode carregar cerca de 100.000 vezes a energia de um único fóton de luz visível.

Segundo Freedman (2008), os efeitos da radiação EM sobre compostos químicos e organismos biológicos dependem tanto da intensidade da radiação quanto da sua frequência. A radiação EM de frequências visíveis ou mais baixas (isto é, luz visível, infravermelho, micro-ondas e ondas de rádio) é chamada de radiação não ionizante, porque seus fótons não possuem energia suficiente para ionizar átomos ou moléculas ou romper ligações químicas. Os efeitos dessas radiações em sistemas químicos e tecidos vivos são causados principalmente pelos efeitos de aquecimento da transferência de energia combinada de muitos fótons. Ao contrário, ultravioleta de alta frequência, raios X e raios gama são chamados de

radiação ionizante, uma vez que fótons individuais de alta frequência têm energia suficiente para ionizar moléculas ou romper ligações químicas. Essas radiações têm a capacidade de causar reações químicas e danificar as células vivas além daquelas resultantes de aquecimento simples, e podem ser um perigo para a saúde.

2.5 O EXPERIMENTO DE HERTZ

Heinrich Rudolf Hertz (22 de fevereiro de 1857 - 1 de janeiro de 1894) nasceu em Hamburgo, Alemanha, numa culta família hanseática, tornando-se um físico alemão que primeiramente comprovou conclusivamente a existência das ondas eletromagnéticas teorizadas pela teoria eletromagnética da luz de James Clerk Maxwell. A unidade de frequência - ciclo por segundo - foi chamada de "hertz" em sua homenagem.

Segundo Gericke (2018), enquanto Hertz estudava na Escola de Eruditos de Johanneums, em Hamburgo, destacou-se no aprendizado de ciências e idiomas, como árabe e sânscrito. Ele estudou ciências e engenharia nas cidades alemãs de Dresden, Munique e Berlim, onde estudou com Gustav R. Kirchhoff e Hermann von Helmholtz. Em 1880, Hertz obteve seu doutorado na Universidade de Berlim, e durante os três anos seguintes permaneceu para o estudo de pós-doutorado com Helmholtz, servindo como seu assistente. Em 1883, Hertz assumiu o cargo de professor de física teórica na Universidade de Kiel. Em 1885, Hertz tornou-se professor titular da Universidade de Karlsruhe.

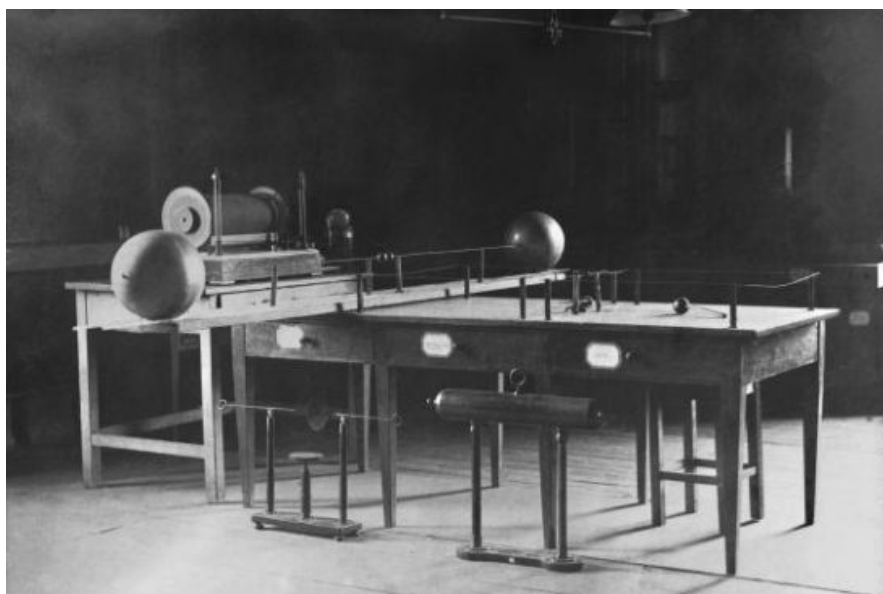
Hertz assumiu o cargo de Professor de Física e Diretor do Instituto de Física em Bonn em abril de 1889, cargo que ocupou até janeiro de 1894. Durante esse período, trabalhou em mecânica teórica com seu trabalho publicado no livro "Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt" (Os Princípios da Mecânica Apresentados em uma Nova Forma), publicado postumamente em 1894.

Afirma Ribeiro (2015), que durante os estudos de Hertz em 1879, Helmholtz sugeriu que a tese de doutorado de Hertz fosse sobre o teste da teoria do eletromagnetismo de Maxwell, publicada em 1865, que previa a existência de ondas eletromagnéticas movendo-se à velocidade da luz. Helmholtz também havia proposto o problema do "Prêmio de Berlim" naquele ano na Academia Prussiana de

Ciências para qualquer um que pudesse experimentalmente provar um efeito eletromagnético na polarização e despolarização de isoladores, algo previsto pela teoria de Maxwell. Hertz trabalhou em indução eletromagnética e produziu uma análise das equações de Maxwell durante seu tempo em Kiel, mostrando que elas tinham mais validade do que as então prevalentes teorias de "ação a distância".

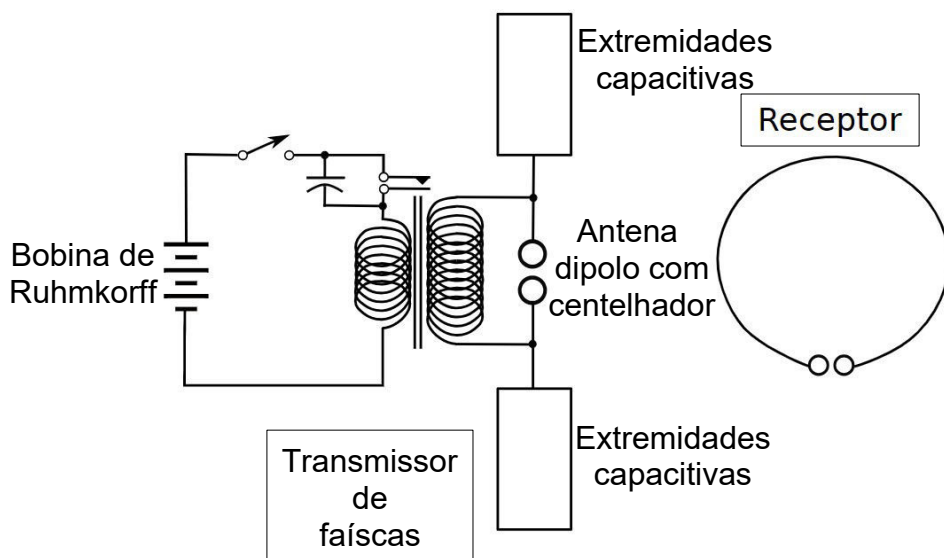
Depois que Hertz recebeu sua cátedra em Karlsruhe (Alemanha), ele estava experimentando um par de espirais Riess em 1886, quando percebeu que descarregar um frasco de Leyden em uma dessas bobinas produziria uma faísca na outra bobina. Com uma ideia de como construir um aparato, Hertz tinha agora um meio de prosseguir com o problema do "Prêmio de Berlim" de 1879, ao provar a teoria de Maxwell. Ele usou um centímetro de centelha movido a bobina Ruhmkorff e um par de fios de um metro como radiador. Esferas capacitivas estavam presentes nas extremidades para ajustes de ressonância de circuito. Seu receptor era uma simples antena dipolo de meia onda com um espaçamento de centelha micrométrica entre os elementos. Este experimento, ilustrado na figura 5 e na figura 6, produziu e detectou o que agora é chamado de ondas de rádio na faixa de frequência muito alta.

Figura 4 – Imagem de um oscilador linear utilizado por Hertz



Fonte: GUAZZARONI, C. Disponível <<https://espaciodecesar.com>>. Acesso em 10 junho 2018.

Figura 5 – Esquema de montagem de um oscilador utilizado por Hertz



Fonte: GUALTIERI, Devlin M. disponível em

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hertz_Transmitter_Receiver.svg>. Acesso em 10 junho 2018.

Mangili (2011) relata que entre 1886 e 1889, Hertz conduziu uma série de experimentos que provou que os efeitos que ele observava eram resultados das ondas eletromagnéticas previstas por Maxwell. Começando em novembro de 1887 com seu artigo "Sobre os efeitos eletromagnéticos produzidos por perturbações elétricas em isolantes", Hertz enviou uma série de artigos a Helmholtz na Academia das Ciências de Berlim, incluindo documentos em 1888 que mostravam ondas eletromagnéticas transversais de espaço livre viajando a uma velocidade finita por uma certa distância. No aparelho que Hertz usava, os campos elétrico e magnético irradiavam dos fios como ondas transversais. Hertz posicionou um oscilador a cerca de 12 metros de uma chapa refletora de zinco para produzir ondas estacionárias. Cada onda tinha cerca de 4 metros de comprimento. Usando um detector em forma de anel, ele registrou como a magnitude e a direção dos componentes da onda variavam. Hertz mediu as ondas de Maxwell e demonstrou que a velocidade dessas ondas era igual à velocidade da luz. A intensidade do campo elétrico, polarização e reflexão das ondas também foram medidas pela Hertz. Esses experimentos estabeleceram que a luz e essas ondas eram uma forma de radiação

eletromagnética obedecendo às equações de Maxwell. Hertz também descreveu o "Cone hertziano", um tipo de propagação frente-onda através de vários meios.

Segundo as palavras do próprio Hertz (HUJ) sobre a descoberta das ondas:

" [...] uma experiência que prova que o Maestro Maxwell estava certo - [...] temos essas ondas eletromagnéticas misteriosas que não podemos ver a olho nu. Mas elas estão lá."

Na visão de Rossini (2016), a prova de Hertz da existência de ondas eletromagnéticas no ar, levou a uma explosão de experimentação com esta nova forma de radiação eletromagnética, que foi chamada de "ondas hertzianas" até por volta de 1910, quando o termo "ondas de rádio" se tornou corrente. Em 10 anos, pesquisadores como Oliver Lodge, Ferdinand Braun e Guglielmo Marconi empregaram ondas de rádio nos primeiros sistemas de comunicação de rádio de telegrafia sem fio, levando à radiodifusão e, posteriormente, à televisão. Atualmente, o rádio é uma tecnologia essencial nas redes globais de telecomunicações e o meio de transmissão subjacente aos dispositivos sem fio modernos.

Hertz também ajudou a estabelecer o efeito fotoelétrico (que foi explicado mais tarde por Albert Einstein) quando percebeu que um objeto carregado perde sua carga mais prontamente quando iluminado pela radiação ultravioleta (UV). Em 1887, ele fez observações do efeito fotoelétrico e da produção e recepção de ondas eletromagnéticas (EM), publicadas na revista alemã *Annalen der Physik*. Seu receptor consistia de uma bobina com uma abertura de centelha, por meio da qual uma centelha seria vista na detecção de ondas EM. Ele colocou o aparelho em uma caixa escura para ver melhor a faísca. Um painel de vidro colocado entre a fonte de ondas EM e o receptor absorveu UV que ajudou os elétrons a saltar através da abertura. Hertz concluiu seus meses de investigação e relatou os resultados obtidos.

3 METODOLOGIA

A estratégia experimental deste trabalho baseou-se no desenvolvimento de um produto educacional relacionado ao tema em estudo, a aplicação prática (real) deste produto, e a avaliação qualitativa de todo o processo executado.

3.1 O PRODUTO EDUCACIONAL

Buscou-se utilizar como produto educacional, a reprodução do experimento de ondas eletromagnéticas de Hertz, porém com materiais de fácil aquisição e baixo custo, adequando-se ao cenário de escassez e burocracia na obtenção recursos financeiros para o setor educacional de forma geral.

Não houve preocupação quanto a repetição exata dos valores das grandezas físicas que foram utilizados no experimento original de Hertz, já que o objetivo é demonstrar aos estudantes o experimento de forma qualitativa.

3.1.1 Materiais e montagem

Os principais materiais utilizados para a montagem do experimento, estão legendados na figura 7, conforme listagem a seguir:

- A - Chave liga-desliga
- B - Cabos elétricos flexível (bitola 1,0 mm²) e conectores
- C - Usina ignitora de acendimento automático para fogão
- D - 2 esferas de isopor com 7 cm de diâmetro, envolvidas com filme de alumínio
- E - Haste de arame com 45 cm de comprimento (4 unidades)
- F - 8 Funis de plástico
- G - Alto-falantes externos para computador
- H - Placa protoboard
- I - Led vermelho
- J - Carregador elétrico usb

O esquema básico de ligação dos componentes do experimento está ilustrado na figura 7. Na figura 8 pode-se ver de diferentes ângulos, um exemplo de

montagem real do experimento. Os principais detalhes de montagem são mostrados nas fotos da figura 9.

Uma ligação um pouco mais elaborada, é ilustrada na figura 10, onde 2 cabos dos alto-falantes para computador (áudio in e áudio out), são interrompidos e ligados nas antenas receptoras e no led, respectivamente. Lembrando que esses cabos de áudio são externamente uma capa comumente de cor preta, envolvendo outros dois cabos internos, geralmente de cores diferentes, que deverão ser ligados separadamente conforme esquema.

3.1.2 Funcionamento

A usina ignitora de acendimento automático para fogão funciona como uma bobina de Ruhmkorff com a função de gerar a alta voltagem transmitida para as hastes de arame com esferas de filme de alumínio.

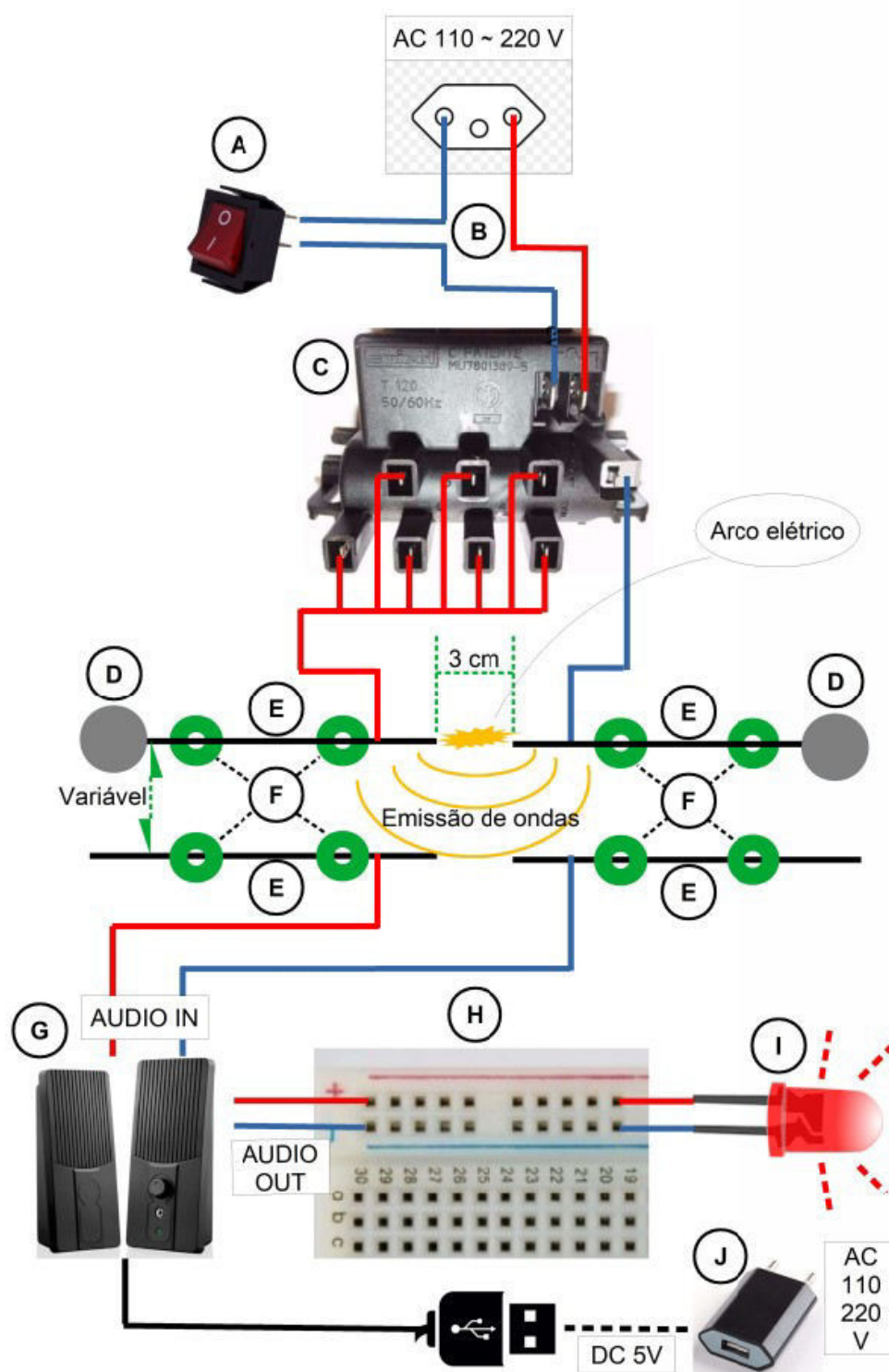
As esferas de alumínio potencializam pela sua capacitância, a emissão do arco elétrico pulsante entre as extremidades das hastes, gerando conseqüentemente, a emissão de ondas eletromagnéticas de rádio em alta frequência (50 MHz aproximadamente), viajando pelo espaço tridimensionalmente.

O segundo par de hastes funcionam como antenas de recepção captando essas ondas inicialmente emitidas. A comprovação da presença das ondas é verificada pelos pulsos de luz emitidos pelo led vermelho.

O alto-falante de computador neste experimento tem a função de um amplificador de sinal, sendo instalado entre as antenas e o led, auxiliando a intensificar o sinal e a facilitar a visualização dos pulsos de luz no led.

A distância entre as hastes emissoras (com esferas) e receptoras (antenas) podem ser variadas de 10 em 10 cm procurando a posição de maior intensidade dos sinais luminosos no led. Esse fenômeno tem relação com o comprimento de onda (λ) e a posição de maior amplitude das ondas.

Figura 6 – Esquema de ligações e materiais utilizados no experimento



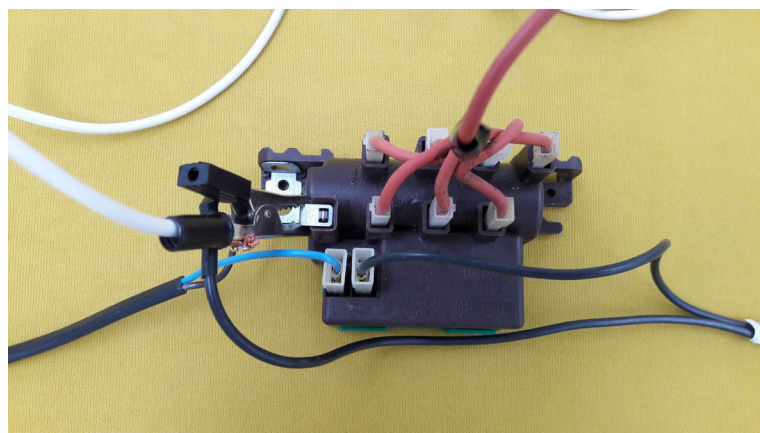
Fonte: o autor (2019)

Figura 7 – Fotos da montagem real do experimento



Fonte: o autor (2019)

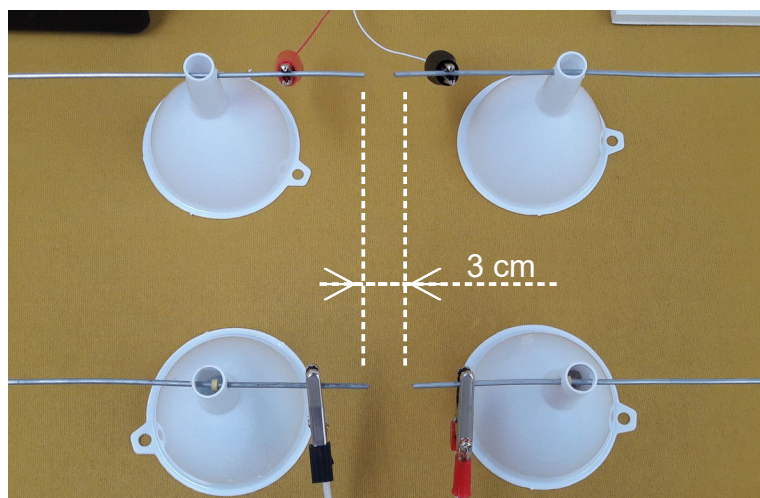
Figura 8 – Fotos de detalhes da montagem



a) detalhe das ligações da usina ignitora



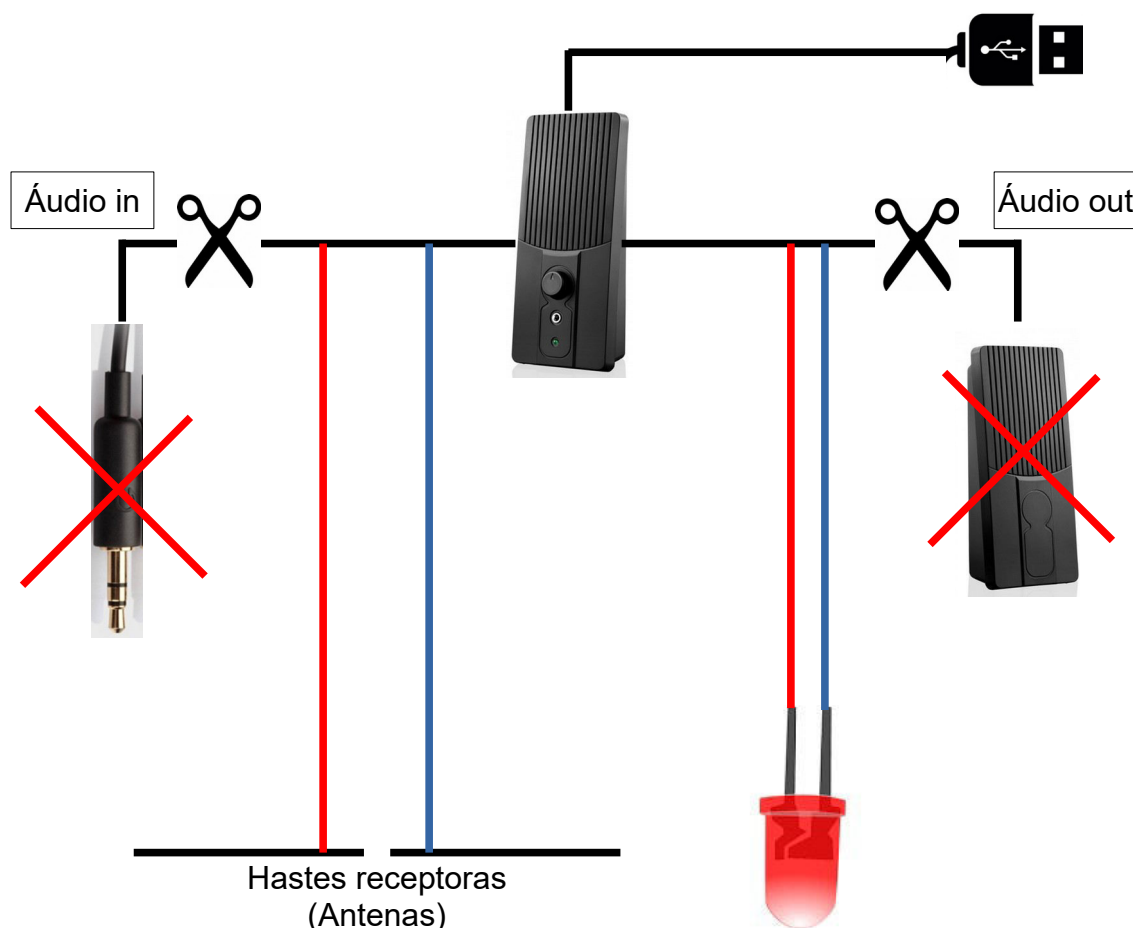
b) detalhe da esfera de isopor envolvida por filme de alumínio



c) detalhe da posição das extremidades das hastes, distanciadas em 3 cm.

Fonte: o autor (2019)

Figura 9 – Esquema de ligação da caixa de som no experimento



Fonte: o autor (2019)

3.2 APLICAÇÃO DO PRODUTO

Como forma de verificar o desempenho deste produto educacional proposto, planejou-se uma programação com uma turma de alunos do nível médio que tivesse condições apropriadas para acompanhar a experimentação.

Escolheu-se para esse trabalho uma turma de 3º ano de nível médio num curso técnico profissionalizante de uma escola estadual da cidade de Ponta Grossa no estado do Paraná.

Foi adotado o 4º bimestre do ano letivo da turma, devido neste período os conteúdos curriculares de eletromagnetismo previstos para a disciplina de Física, normalmente já terem sido trabalhados ou já em fase de conclusão.

O estabelecimento escolhido para a realização da atividade, com foto da fachada mostrada na figura 11, foi:

Centro Estadual de Educação Profissional de Ponta Grossa – CEEPPG

Rua Julia da Costa, 229 - Col. D. Luiza, Ponta Grossa/PR

(42) 3223-9093 / (42) 3225-5329 - ceeppg@gmail.com

<http://www.pgoedprofpontagrossa.seed.pr.gov.br/modules/noticias/>

Figura 10 – Imagem da fachada da escola utilizada.



Fonte: SEED-PR. Disponível em
<<http://www.pgoedprofpontagrossa.seed.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=9>>.
Acesso em 20 junho 2018.

A turma elencada para a execução do planejamento foi o 3º Ano A, turno matutino, contendo 31 alunos, do Curso Técnico em Eletromecânica na modalidade integrado, com duração total de 4 anos.

Buscou-se preliminarmente as devidas autorizações da Diretoria, da Coordenação do Curso e da Equipe Pedagógica da Instituição para a realização das aulas com a turma, que foram executadas dentro do horário escolar normal e sem nenhuma alteração de calendário.

No total foram realizadas 05 aulas com duração de 50 min cada, conforme mostra resumidamente a tabela da figura 12.

Quadro 2 – Tabela do resumo das atividades realizadas com a turma

Aula nº	Data de Realização	Atividades/Temas Desenvolvidos
01	04/10/2018	Apresentação do cronograma geral, objetivos, metodologias e expectativas do trabalho para os alunos;
02	11/10/2018	Revisão geral dos conceitos básicos sobre ondulatória e eletromagnetismo;
03	18/10/2018	Estudo sobre o experimento de Hertz: histórico, conceitos físicos envolvidos, interpretação do fenômeno;
04	01/11/2018	Execução do experimento;
05	08/11/2018	Interpretação dos resultados, considerações finais.

Fonte: o autor (2019)

Na Aula nº 01 foi apresentado para os alunos o motivo daquela programação diferenciada para eles, explicando a importância da ciência Física para a sociedade e o funcionamento de forma genérica do mestrado profissional em Física.

Na Aula nº 02 foi realizada uma revisão abrangente sobre ondulatória e eletromagnetismo, conteúdos já vistos pelos alunos ao longo da programação normal do curso. Foi dada ênfase para os exemplos do cotidiano, para melhor correlação dos conceitos teóricos com a prática.

A Aula nº 03 foi um resgate histórico sobre a contribuição do físico alemão Heinrich Rudolf Hertz na história do eletromagnetismo e seu experimento relacionado a ondas eletromagnéticas, que mostrou a emissão e captação de sinais a partir delas. Ao final da aula, solicitou-se para que os alunos elaborassem um mapa conceitual sobre ondas eletromagnéticas, em que todos os presentes realizaram individualmente, com o intuito de obter-se um panorama geral do entendimento dos alunos antes da realização do experimento.

A Aula nº 04 foi destinada para a execução do experimento, realizada pelos próprios alunos, sob a orientação do professor. Utilizou-se como local, um dos

laboratórios da Instituição, sendo os materiais e equipamentos fornecidos pelo professor. Os alunos realizaram a montagem do experimento; fizeram variações qualitativas de distâncias, direções, intensidades e meios de propagação para tentar correlacionar os conceitos teóricos com a experimentação.

A Aula nº 05 foi conduzida na forma de fórum de debates onde os alunos procuravam explicar tudo o que foi observado na realização do experimento, usando os conceitos básicos de ondulatória e eletromagnetismo, mediados, incentivados, e quando necessário, corrigidos pelo professor. Ao final da aula, um segundo mapa conceitual individual foi solicitado para os alunos realizarem, com o intuito de verificar de forma qualitativa, a evolução do entendimento da turma sobre a temática “ondas eletromagnéticas”.

A figura 13 a seguir ilustra as atividades acima relatadas.

Figura 11 – Fotos registradas durante as aulas com os alunos



Fonte: o autor (2019)

Conforme as regras internas deste programa de mestrado (MNPEF – UEPG), as atividades realizadas com os alunos na escola estadual foram documentadas e assinadas conforme consta no anexo A ao final desta dissertação: Relatório de Estágio Supervisionado.

3.2 AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO

Houve total abertura da escola estadual para a realização das aulas planejadas, bem como plena participação dos alunos nas atividades propostas, o que demonstra grande potencial de campo de trabalho para aproveitar a energia dos adolescentes no entendimento da ciência Física.

A correlação da experimentação com a teoria foi bastante motivadora e atrativa, segundo comentários gerais dos alunos, sendo que numa observação geral, não observou-se caso algum de aluno colocar-se à margem das atividades propostas, como ocorre não raras vezes no cotidiano convencional das aulas baseadas em recursos limitados como quadro e giz por exemplo.

Comparando-se os mapas conceituais de cada aluno, realizado antes e depois do experimento, debates e conclusões, observou-se de forma geral, um enriquecimento no preenchimento do conteúdo das informações no caso do segundo mapa, como naturalmente se esperaria. Alguns exemplos de mapas conceituais preenchidos pelos alunos, foram digitalizados e estão disponíveis no Anexo B desta dissertação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As dificuldades de aprendizagem atuais são uma realidade entre os estudantes, em especial no campo da ciência Física.

A sociedade repleta de recursos tecnológicos, digitais e eletrônicos, torna-se um ambiente antagônico ao da sala de aula, geralmente limitada ao quadro-negro e giz, num processo restrito a transferência de informações, sem muito desenvolvimento da criatividade, da curiosidade e do espírito científico do estudante.

A realização das aulas com os alunos foi muito produtiva no sentido de verificar-se o comportamento dos mesmos quando expostos a uma programação de ensino-aprendizagem contextualizada, correlacionando teoria e prática, contribuindo para a partir daí, aperfeiçoar as metodologias e práticas utilizadas em sala de aula no estudo da Física.

A materialização das teorias da Física em experimentos didáticos, planejados e adaptados à realidade de baixos recursos no setor educacional, auxilia o estudante a construir uma visão sólida de percepção, conhecimento e entendimento do universo que o cerca e de si mesmo.

As teorias de aprendizagem desenvolvidas nos últimos séculos, tem grande potencial para nortear, subsidiar e enriquecer a didática de aplicação dos experimentos na aprendizagem das ciências de forma geral, definindo estratégias e articulando planos de trabalho mais eficientes e motivadores no ambiente educacional.

A proposta deste Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, de oferecer um Produto Educacional, planejado em teorias de aprendizagem e em bases da Física, ambas cientificamente fundamentadas, com aplicação e avaliação reais, constitui-se numa grande contribuição para o desenvolvimento da educação brasileira, apresentando uma nova proposta de trabalho para educadores e educandos, a ser vivenciada nos espaços de aprendizagem formais e não formais.

Sugestões de continuidade de trabalhos posteriores a esta dissertação poderiam ser desenvolvidos em experimentos de telégrafo sem fio, utilização do

Código Morse, chegando até a inclusão de recursos computacionais e linguagem de programação, o que traria grande atrativo e entusiasmo para os alunos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724: Informação e documentação - trabalhos acadêmicos - apresentação**. 3ª ed. Rio de Janeiro, DF: ABNT, 2011.

BRASIL, **Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais (PCN+). Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, DF: MEC, 2006.

Cañas, Alberto J.; Novak, Joseph D. **A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los**. Tradução de Luis Fernando Cerri (PPGE/UEPG), Revisão técnica de Fabiano Moraes. *Práxis Educativa*, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29, jan.-jun. 2010. Disponível em <<http://www.periodicos.uepg.br>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

CAVALCANTI, C. J. de; OSTERMANN, Fernanda. **Teorias de aprendizagem**. Porto Alegre, RS: Evangraf; UFRGS, 2011.

FEYNMAN, Richard P.; LEIGHTON, Robert B.; SANDS, Matthew. Feynman. **Lições de Física**. 1ª ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2008. vol. 2.

FREEDMAN, Roger A.; SEARS, Francis Weston; YOUNG, Hugh D.; ZEMANSKY, Mark Waldo. **Física**. 12ª ed. São Paulo, SP: Pearson Addison Wesley, 2008. vol 3.

GEHA, Samir Elias; NEIVA, Wanderley de Rezende. **Sistema de rádio-comunicação com criptografia: proposta de aquisição para a polícia militar de Londrina**. Monografia de especialização. Faculdade Arthur Thomas. Londrina, PR.: 2009, 71p.

GERICKE, Gerda. 1888: Hertz demonstra existência das ondas eletromagnéticas. Disponível em: <<https://www.dw.com/pt-br/>>. Acesso em: 21/12/2018.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. 8ªed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009. vol. 3.

HEBREW UNIVERSITY OF JERUSALEM (HUJ). **Heinrich Rudolph Hertz: history**. Institute of Chemistry. Disponível em: <<http://chem.ch.huji.ac.il/history/hertz.htm>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

HOLANDA, Ariosto. **Aos jovens: o desafio da Ciência no século XXI**. Fortaleza, CE: INESP, 2015. 171p.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Informe de resultados do pisa**. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/acoes-internacionais/pisa/resultados>>. Acesso em: 18 fev. 2018.

- LEFRANÇOIS, G. R. **Teorias da aprendizagem: o que o professor disse.** Tradução de Solange Aparecida Visconte. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2016.
- MANGILI, A. I. **Heinrich Rudolf Hertz e o efeito fotoelétrico.** Dissertação de mestrado. São Paulo, SP: PUC, 2011.
- MOREIRA, M. A. **Teorias da aprendizagem.** 2ª ed. São Paulo, SP: Editora EPU, 2011.
- MOREIRA, M. A., CABALLERO, M.C. e RODRÍGUEZ, M.L. **Aprendizagem significativa: um conceito subjacente.** Actas del encuentro internacional sobre el aprendizaje significativo. Burgos, España. 1977. pp. 19-44.
- MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Interfaces entre teorias de aprendizagem e Ensino de Ciências/Física.** Porto Alegre: UFRGS, 2015.
- NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica: eletromagnetismo.** São Paulo, SP: E. Blücher, 2002; vol. 3.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **PISA Results.** Disponível em: <<http://www.oecd.org/pisa/>>. Acesso em: 5 mar. 2018.
- RIBEIRO, D. **Heirich Rudolf Hertz.** Revista de Ciência Elementar, vol. 3, nº 1, pág. 115, 2015.
- ROCHA, T. U.; SILVA, O. H. M. da; **Ondas eletromagnéticas.** Oficina de física. Curitiba, PR: SEED, 2013.
- ROSA, C. A. de P. **História da ciência.** Brasília, DF: FUNAG, 2012. vol. I, II, III.
- ROSSINI, Rodrigo Teixeira. **Transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas: uma abordagem experimental para o ensino médio e técnico.** Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro, RJ: UFRJ / IF, 2016.
- SILVA, Fabio W.O. da, **A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 149-159, 2007.
- SILVEIRA, Sérgio. **Desenvolvimento de um kit experimental com arduino para o ensino de física moderna no ensino médio.** 275 p. Dissertação de mestrado. UFSC. Araranguá, SC: 2016.
- TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. **Física para Cientistas e Engenheiros.** 5ª ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2006. vol. 2.

ANEXO A

RELATÓRIO DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO



MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - POLO 35 UEPG

RELATÓRIO DA DISCIPLINA DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Mestrando

IDENTIFICAÇÃO

MESTRANDO:

Luís Carlos Menezes Almeida Júnior

PROFESSORES:

Prof. Dr. Luiz Américo Alves Pereira

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva

LOCAL DO ESTÁGIO:

Centro Estadual de Educação Profissional de Ponta Grossa - CEEPPG

Rua Julia da Costa, 229 - Col. D. Luiza, Ponta Grossa/PR

(42) 3223-9093 / (42) 3225-5329 - ceeppg@gmail.com

<http://www.pgoedprofpontagrossa.seed.pr.gov.br/modules/noticias/>

TURMA(S) DE REALIZAÇÃO DO ESTÁGIO:

3º Ano A - 31 alunos - Matutino

Curso Técnico em Eletromecânica - Integrado - 4 anos

1/4



ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Aula nº	Data de Realização	Atividades/Temas Desenvolvidos
01	04/10/2017	Apresentação do cronograma geral, objetivos, metodologias e expectativas do trabalho para os alunos;
02	11/10/2017	Revisão geral dos conceitos básicos sobre ondulatória e eletromagnetismo;
03	18/10/2017	Estudo sobre o experimento de Hertz: histórico, conceitos físicos envolvidos, interpretação do fenômeno;
04	01/11/2017	Execução do experimento;
05	08/11/2017	Interpretação dos resultados, considerações finais.

Todas as 05 aulas tiveram duração de 50 min e foram ministradas dentro do horário normal letivo da turma, com as autorizações da Diretoria, da Coordenação do Curso e da Equipe Pedagógica da Instituição.

Na Aula nº 01 foi apresentado para os alunos o motivo daquela programação diferenciada para eles, explicando a necessidade daquele estágio e o funcionamento de forma genérica do mestrado profissional em Física.

Na Aula nº 02 foi realizada uma revisão abrangente sobre ondulatória e eletromagnetismo, conteúdos já vistos pelos alunos ao longo da programação normal do curso. Foi dada ênfase para os exemplos do cotidiano, para melhor correlação dos conceitos teóricos com a prática.

A Aula nº 03 foi um resgate histórico sobre a contribuição do físico alemão Heinrich Rudolf Hertz na história do eletromagnetismo e seu experimento relacionado a ondas eletromagnéticas, que mostrou a emissão e captação de sinais a partir delas. Ao final da aula, solicitou-se para que os alunos elaborassem um mapa conceitual sobre ondas eletromagnéticas, em que todos os presentes realizaram individualmente, com o intuito de obter-se um panorama geral do entendimento da turma antes da realização do experimento.

2/4



A Aula nº 04 foi utilizada para a execução do experimento, realizada pelos próprios alunos, sob a orientação do professor. Utilizou-se como local, um dos laboratórios da Instituição, e materiais e equipamentos fornecidos pelo professor. Os alunos fizeram variações qualitativas de distâncias, direções, intensidades e meios de propagação para tentar correlacionar os conceitos teóricos com a experimentação.

A Aula nº 05 foi conduzida na forma de fórum de debates onde os alunos procuravam explicar tudo o que foi observado na realização do experimento usando os conceitos básicos de ondulatória e eletromagnetismo, mediados, incentivados, e quando necessário, corrigidos pelo professor. Ao final da aula, outro mapa conceitual individual foi solicitado para os alunos realizarem, com o intuito de verificar de forma qualitativa, a evolução do entendimento da turma sobre a temática “ondas eletromagnéticas”.





CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve total abertura da Instituição para a realização do estágio, bem como plena participação dos alunos nas atividades propostas, o que demonstra grande potencial de campo de trabalho para aproveitar a energia dos adolescentes no entendimento da ciência Física.

A correlação da experimentação com a teoria foi bastante motivadora e atrativa, segundo comentários gerais dos alunos, sendo que numa observação geral, não observou-se caso algum de aluno colocar-se à margem das atividades propostas, como ocorre não raras vezes no cotidiano convencional das aulas baseadas em recursos limitados como quadro e giz por exemplo.

O estágio supervisionado foi muito produtivo no sentido de verificar-se o comportamento dos alunos quando expostos a uma programação de ensino-aprendizagem contextualizada, correlacionando teoria e prática, contribuindo para a partir daí, aperfeiçoar as metodologias e práticas utilizadas em sala de aula no estudo da Física.

ASSINATURAS DOS RESPONSÁVEIS

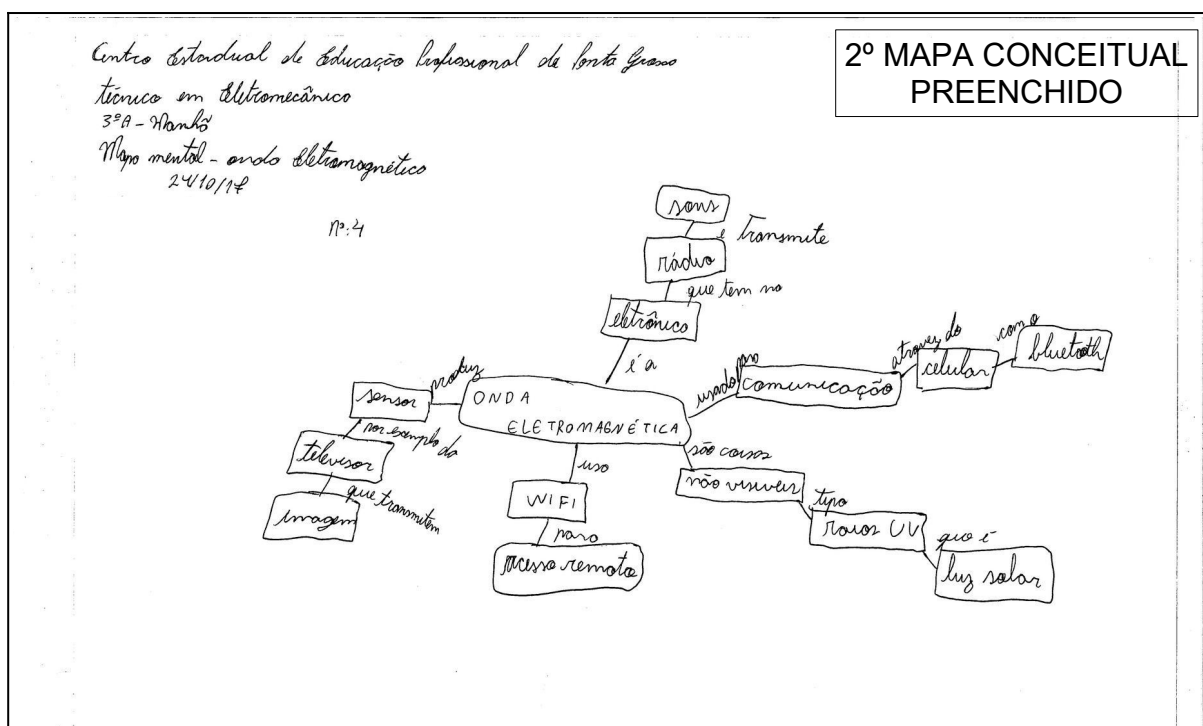
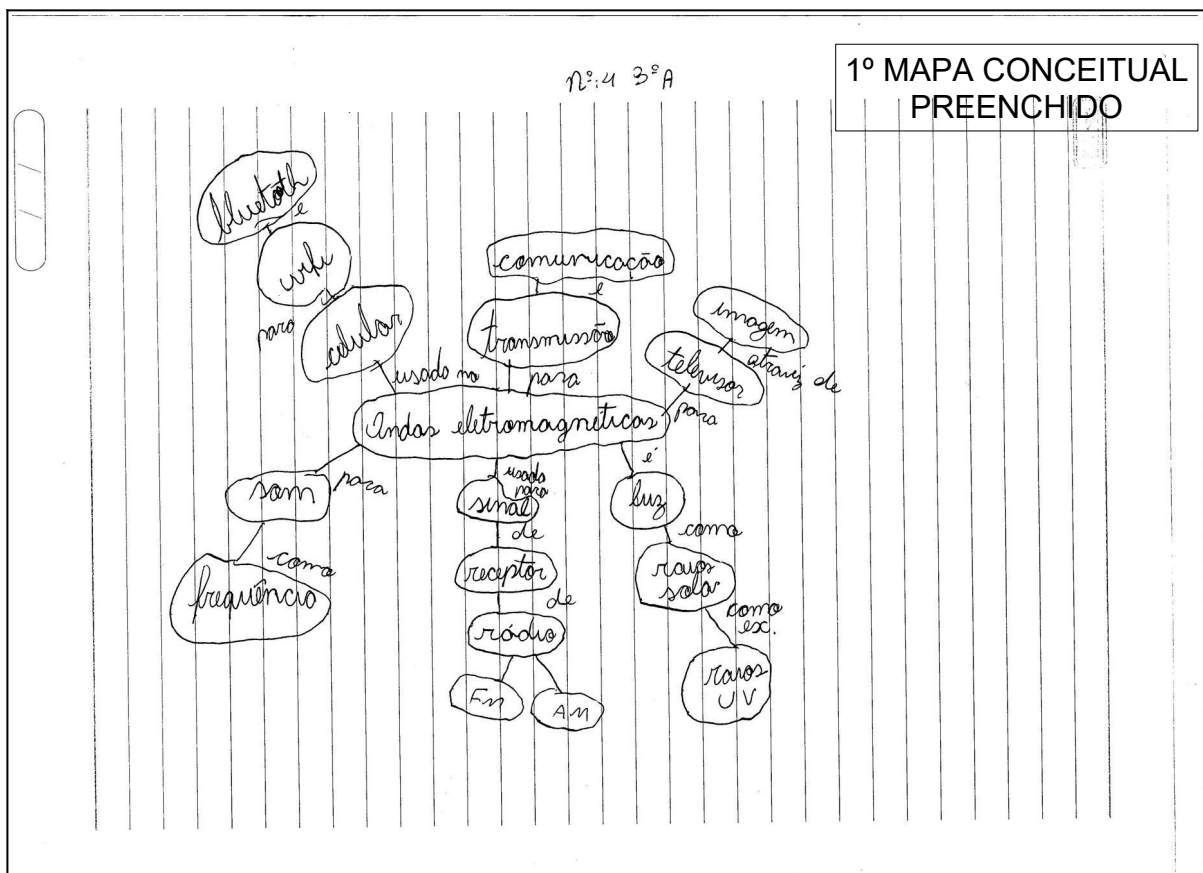
DATA:	01/12/2017
MESTRANDO:	<i>[Assinatura]</i>
ORIENTADOR:	<i>[Assinatura]</i>

4/4

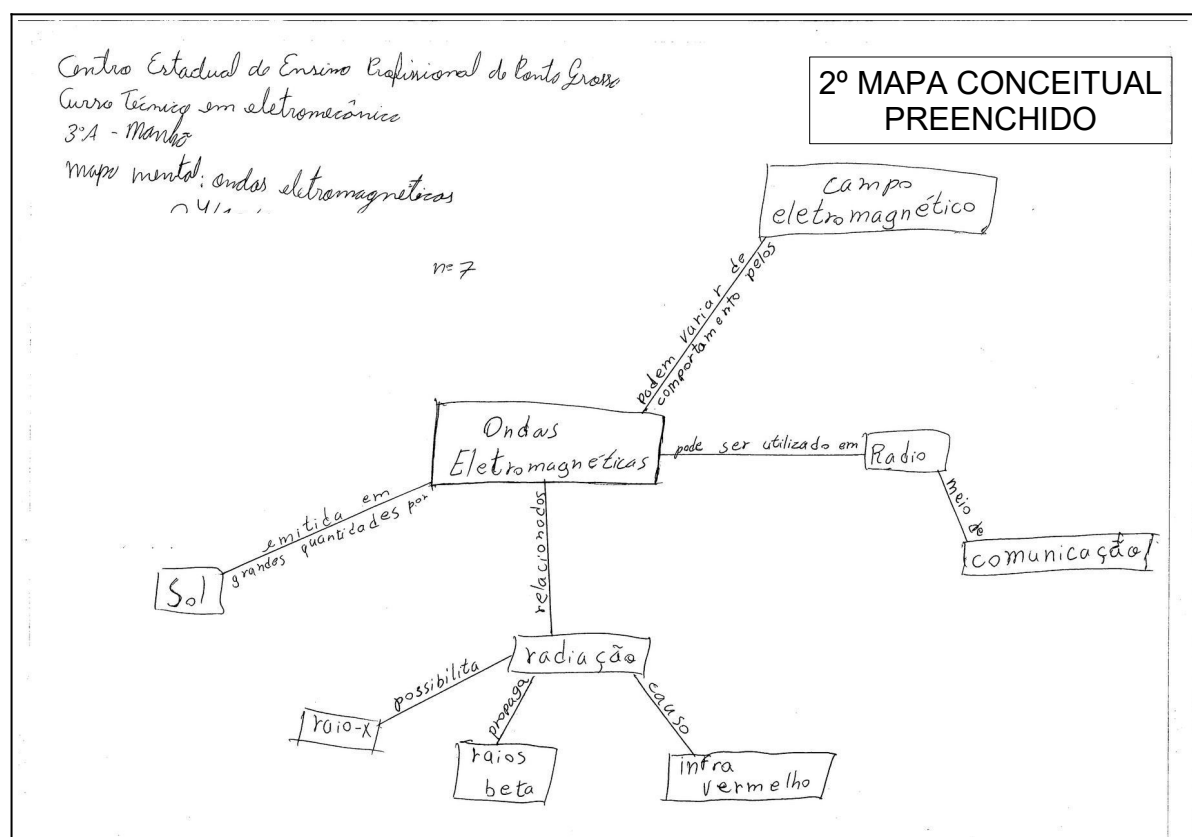
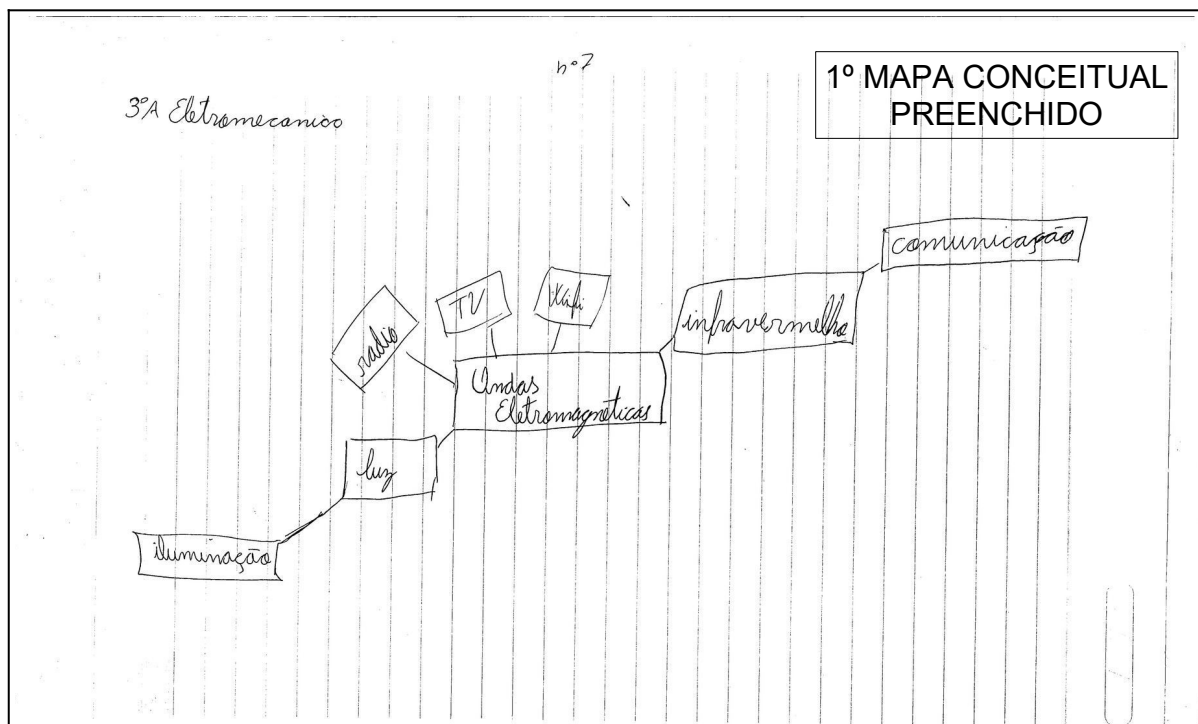
ANEXO B

MAPAS CONCEITUAIS PREENCHIDOS

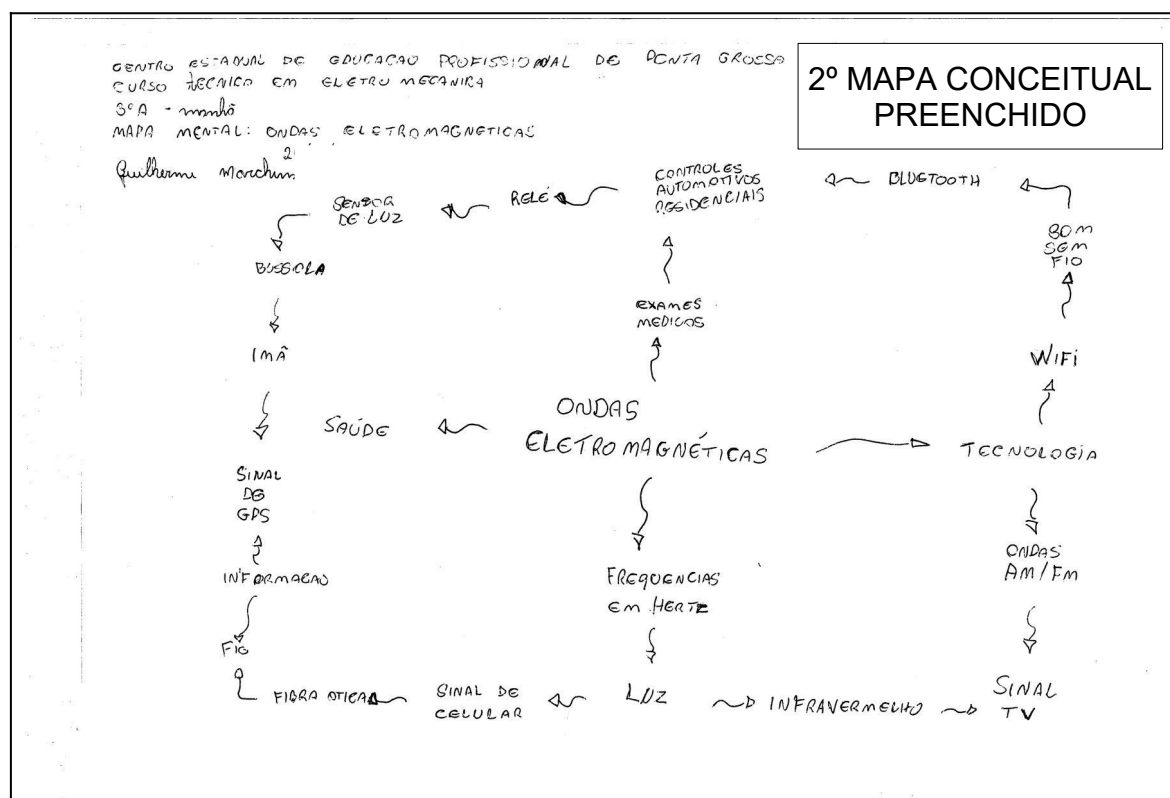
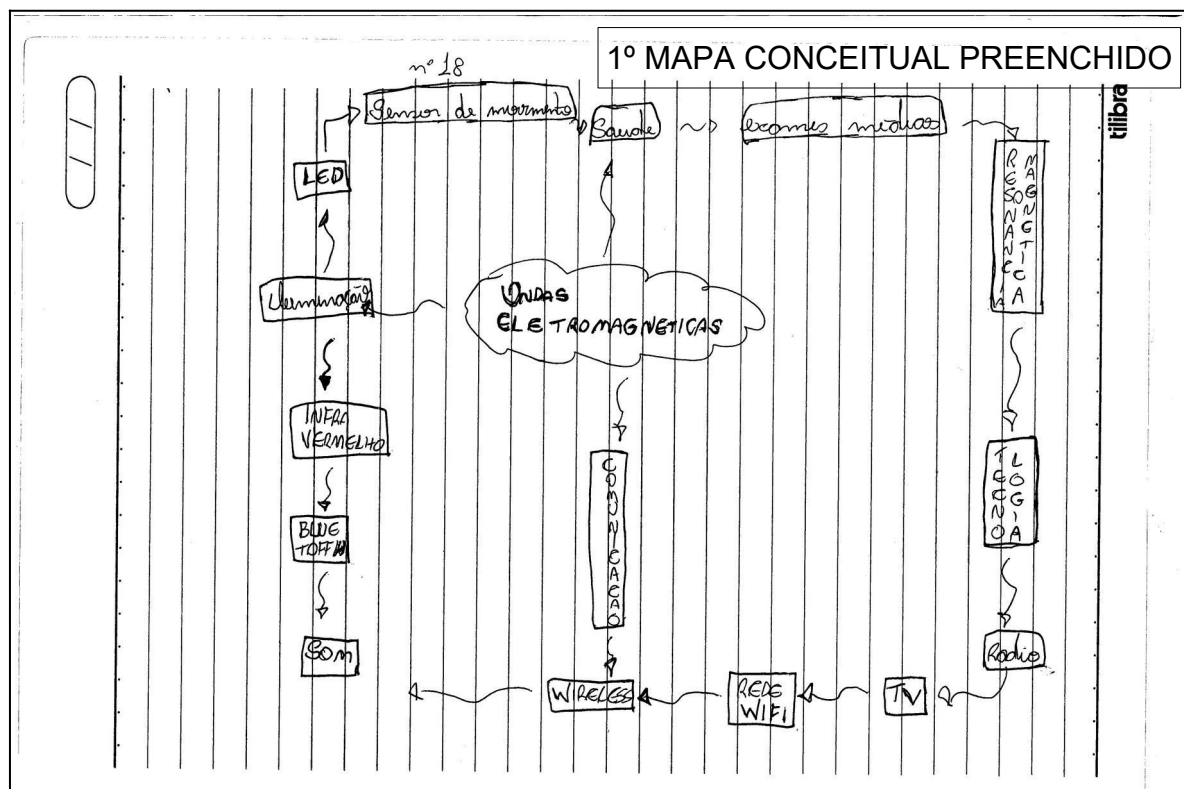
ALUNO A

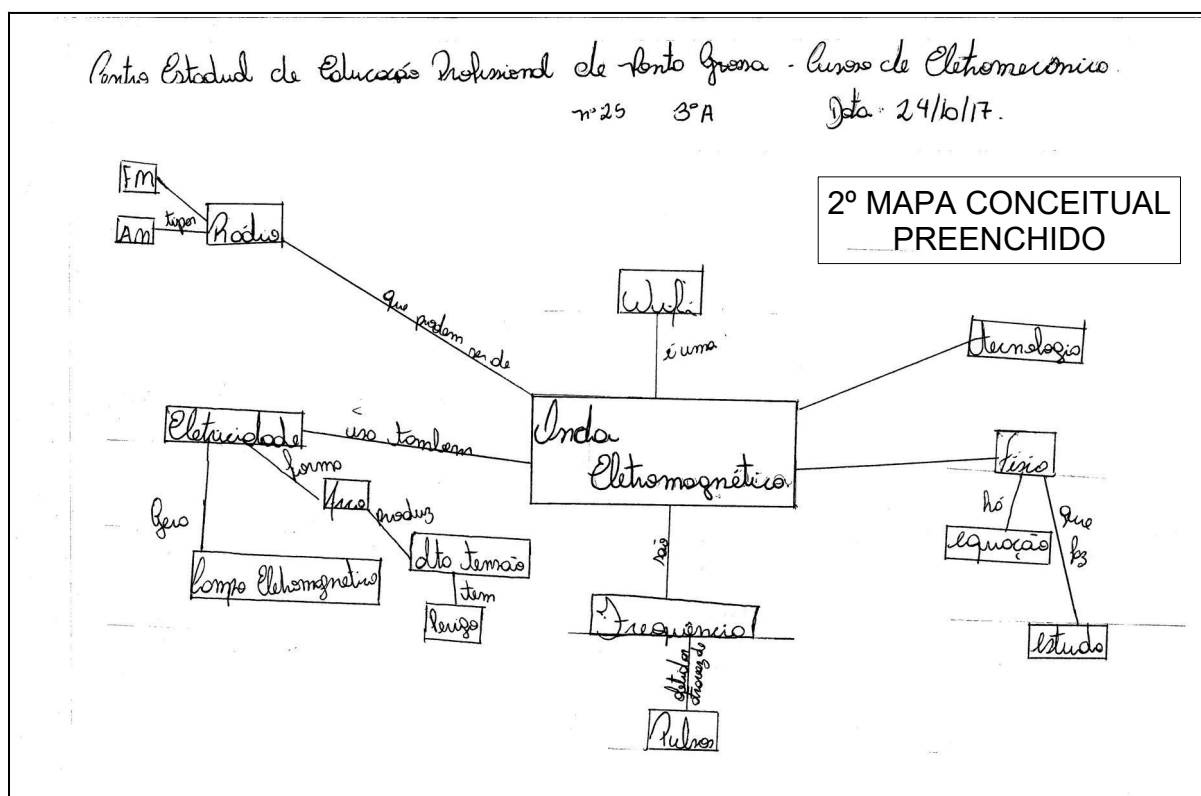
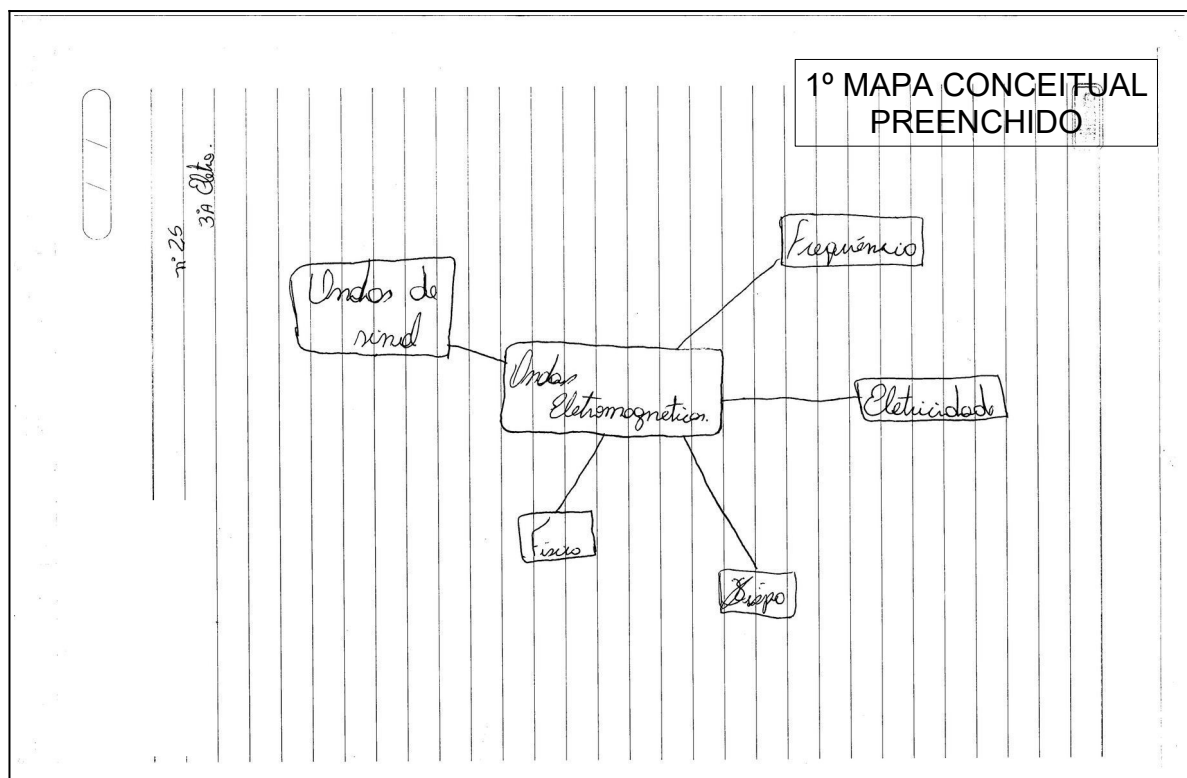


ALUNO B



ALUNO D



ALUNO E

APÊNDICE A

PRODUTO EDUCACIONAL



LUÍS CARLOS MENEZES ALMEIDA JÚNIOR

**PRODUTO EDUCACIONAL:
APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO DE HERTZ ATUALIZADO,
NO ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**

Ponta Grossa – PR

2019

LUÍS CARLOS MENEZES ALMEIDA JÚNIOR

**PRODUTO EDUCACIONAL:
APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO DE HERTZ ATUALIZADO,
NO ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores:

Prof. Dr. Luiz Américo Alves Pereira

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva

Ponta Grossa – PR

2019

ÍNDICE

	APRESENTAÇÃO.....	III
1	INTRODUÇÃO TEÓRICA.....	01
1.1	APRENDIZAGEM SOCIOINTERACIONISTA - VYGOTSKY	01
1.2	EXPERIMENTO DE HERTZ.....	04
2	MATERIAIS E MONTAGEM.....	08
3	FUNCIONAMENTO.....	13
4	APLICAÇÃO.....	14
5	AVALIAÇÃO.....	16
6	EPÍLOGO.....	17
	REFERÊNCIAS	18

APRESENTAÇÃO

A aprendizagem dos estudantes brasileiros em ciência, apresenta um déficit significativo quando comparada no cenário internacional, segundo indicadores utilizados atualmente, como o PISA - OECD por exemplo. Isso tem como causas diversos fatores socio-histórico-culturais que demandam políticas públicas adequadas, mobilização da sociedade civil e inovações por parte dos profissionais da área da educação, para alavancar um processo renovador na educação do país.

Neste contexto encontra-se o ensino em Física, onde os alunos em geral apresentam, além das dificuldades na compreensão, uma certa aversão pela disciplina, desconhecendo o lado encantador desta ciência.

Buscando soluções para este cenário, desenvolveu-se este Produto Educacional, como uma proposta de baixo custo, acessível aquisição de materiais, bem como relativa facilidade de montagem e demonstração. Foi organizado pela temática das ondas eletromagnéticas, baseando-se na teoria de aprendizagem sociointeracionista do psicólogo russo Lev Semyonovich Vygotsky e na reprodução do experimento do físico alemão Heinrich Rudolf Hertz.

Esta proposta é indicada para ser aplicada em turmas de 3º ano de nível médio, preferencialmente nos períodos finais do ano letivo, por entender-se que os alunos já trabalharam os conteúdos básicos de ondulatória e eletromagnetismo, permitindo observações e avaliações qualitativas durante a realização dessa atividade. O produto é interessante em termos de contextualizar e materializar as teorias físicas do tema escolhido, atraindo e motivando os estudantes de uma forma geral.

Para todos os interessados em utilizar este produto num ambiente de aprendizagem formal ou não formal, poderão fazê-lo integralmente, parcialmente ou de forma adaptada em outra programação, desde que tomando o cuidado de planejar a aplicação, para que se torne contextualizada com as teorias científicas que se deseja consolidar no desenvolvimento dos estudantes.

1 INTRODUÇÃO TEÓRICA

Este trabalho está fundamentado nos conceitos das teorias da aprendizagem de Lev Vygotsky, e do experimento de Heinrich Hertz para ondas eletromagnéticas.

Nos tópicos a seguir, encontram-se os principais fundamentos relacionados a esse desenvolvimento.

1.1 APRENDIZAGEM SOCIOINTERACIONISTA DE VYGOTSKY

Lev Semyonovich Vygotsky (1896 - 1934) foi um psicólogo soviético, fundador de uma teoria do desenvolvimento humano cultural e biossocial comumente referida como "psicologia histórico-cultural".

Conforme Lefrançois (2016), Vygotsky foi um psicólogo pioneiro e suas principais obras abrangem seis volumes separados, escritos durante cerca de dez anos, da *Psicologia da Arte* (1925) ao *Pensamento e Linguagem* (ou *Pensamento e Fala*) (1934). Os interesses de Vygotsky nos campos da psicologia do desenvolvimento, desenvolvimento infantil e educação eram extremamente diversos. Sua estrutura filosófica inclui interpretações do papel cognitivo das ferramentas de mediação, bem como a reinterpretação de conceitos bem conhecidos na psicologia, como a internalização do conhecimento. Vygotsky introduziu a noção de zona de desenvolvimento proximal (ZDP), uma metáfora capaz de descrever o potencial do desenvolvimento cognitivo humano. O seu trabalho abordou tópicos como a origem e a psicologia da arte, desenvolvimento das funções mentais superiores, filosofia da ciência e metodologia da pesquisa psicológica, relação entre aprendizagem e desenvolvimento humano, formação de conceitos, inter-relação entre linguagem e desenvolvimento do pensamento (um fenômeno psicológico), dificuldades de aprendizagem e desenvolvimento humano anormal (também conhecido como defectologia). O legado de Vygotsky pode ser dividido em dois períodos bastante distintos: o período "instrumental" mecanicista dos anos 1920, o período "holístico" integrativo dos anos 1930 e os anos de transição de, aproximadamente, 1929-1931. Cada um desses períodos é caracterizado por seus temas distintos e inovações

teóricas.

Os estudos de Lev Vygotsky postulam uma dialética de interações entre si e com o ambiente, como um fator desencadeador do desenvolvimento sociocognitivo. Para Vygotsky e seus colaboradores, o desenvolvimento depende da linguagem. Eles acham que a estrutura dos passos descritos por Piaget está correta, mas a concepção de sua dinâmica evolutiva é diferente. Se Piaget sustenta que a estruturação do organismo precede o desenvolvimento, para Vygotsky, é o próprio processo de aprendizagem que gera e promove o desenvolvimento de estruturas mentais superiores.

Embasando-se em Moreira (2011), constata-se que a teoria de Vygotsky estrutura-se no conceito de uma zona de desenvolvimento proximal (ZDP), em que a aprendizagem ocorre no intervalo entre o conhecimento real e o conhecimento potencial. Em outras palavras, a ZDP é a distância entre o que o sujeito já sabe e o que ele tem potencial para aprender. Seria nessa área que a educação atuaria, estimulando a aquisição de potencial, a partir do conhecimento da ZDP do aprendiz, para intervir. O conhecimento potencial, uma vez alcançado, torna-se conhecimento real e a ZDP é redefinida a partir do que seria o novo potencial.

Nesta concepção, as interações desempenham um papel crucial e determinante. Para definir o verdadeiro conhecimento, Vygotsky sugere avaliar o que o sujeito é capaz de fazer sozinho e o potencial do que ele pode fazer com a ajuda de outro sujeito. Assim, a ZDP é determinada e o nível de riqueza e a diversidade das interações determinam o potencial alcançado. Quanto mais ricas as interações, mais complexo e sofisticado é o desenvolvimento.

No campo da educação, a interação, que é um dos conceitos fundamentais da teoria de Vygotsky, faz parte da concepção da escola que se busca no sistema educacional brasileiro atual. E, neste caso, o professor e o aluno desempenham um papel vital no processo de ensino e aprendizagem. Desta forma, é possível desenvolver tanto os conceitos de ZDP como a relação entre pensamento, linguagem e intervenção dentro da escola, permitindo assim um maior nível de aprendizagem.

1.2 O EXPERIMENTO DE HERTZ

Heinrich Rudolf Hertz (22 de fevereiro de 1857 - 1 de janeiro de 1894) nasceu em Hamburgo, Alemanha, numa culta família hanseática, tornando-se um físico alemão que primeiramente comprovou conclusivamente a existência das ondas eletromagnéticas teorizadas pela teoria eletromagnética da luz de James Clerk Maxwell. A unidade de frequência - ciclo por segundo - foi chamada de "hertz" em sua homenagem.

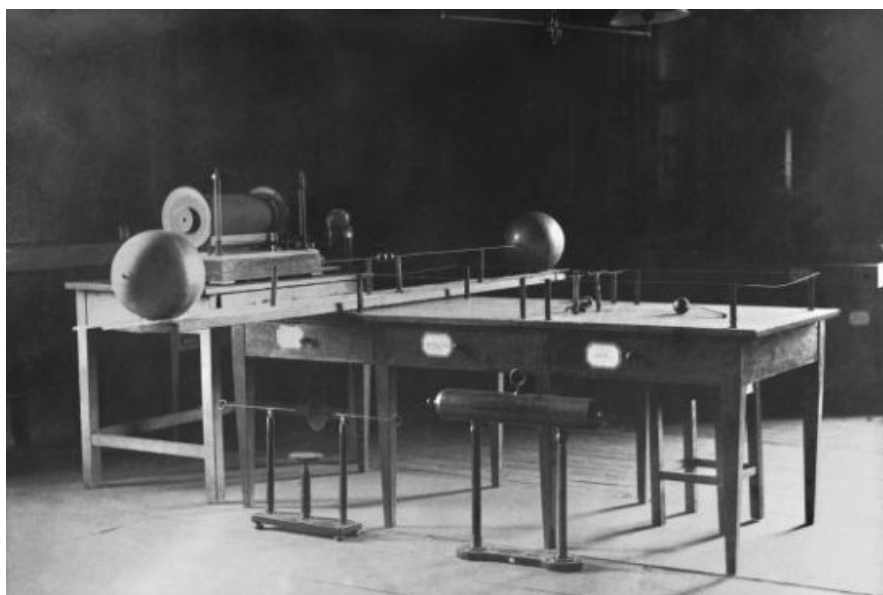
Segundo Gericke (2018), enquanto Hertz estudava na Escola de Eruditos de Johanneums, em Hamburgo, destacou-se no aprendizado de ciências e idiomas, como árabe e sânscrito. Ele estudou ciências e engenharia nas cidades alemãs de Dresden, Munique e Berlim, onde estudou com Gustav R. Kirchhoff e Hermann von Helmholtz. Em 1880, Hertz obteve seu doutorado na Universidade de Berlim, e durante os três anos seguintes permaneceu para o estudo de pós-doutorado com Helmholtz, servindo como seu assistente. Em 1883, Hertz assumiu o cargo de professor de física teórica na Universidade de Kiel. Em 1885, Hertz tornou-se professor titular da Universidade de Karlsruhe.

Hertz assumiu o cargo de Professor de Física e Diretor do Instituto de Física em Bonn em abril de 1889, cargo que ocupou até janeiro de 1894. Durante esse período, trabalhou em mecânica teórica com seu trabalho publicado no livro "Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt" (Os Princípios da Mecânica Apresentados em uma Nova Forma), publicado postumamente em 1894.

Afirma Ribeiro (2015), que durante os estudos de Hertz em 1879, Helmholtz sugeriu que a tese de doutorado de Hertz fosse sobre o teste da teoria do eletromagnetismo de Maxwell, publicada em 1865, que previa a existência de ondas eletromagnéticas movendo-se à velocidade da luz. Helmholtz também havia proposto o problema do "Prêmio de Berlim" naquele ano na Academia Prussiana de Ciências para qualquer um que pudesse experimentalmente provar um efeito eletromagnético na polarização e despolarização de isoladores, algo previsto pela teoria de Maxwell. Hertz trabalhou em indução eletromagnética e produziu uma análise das equações de Maxwell durante seu tempo em Kiel, mostrando que elas tinham mais validade do que as então prevalentes teorias de "ação a distância".

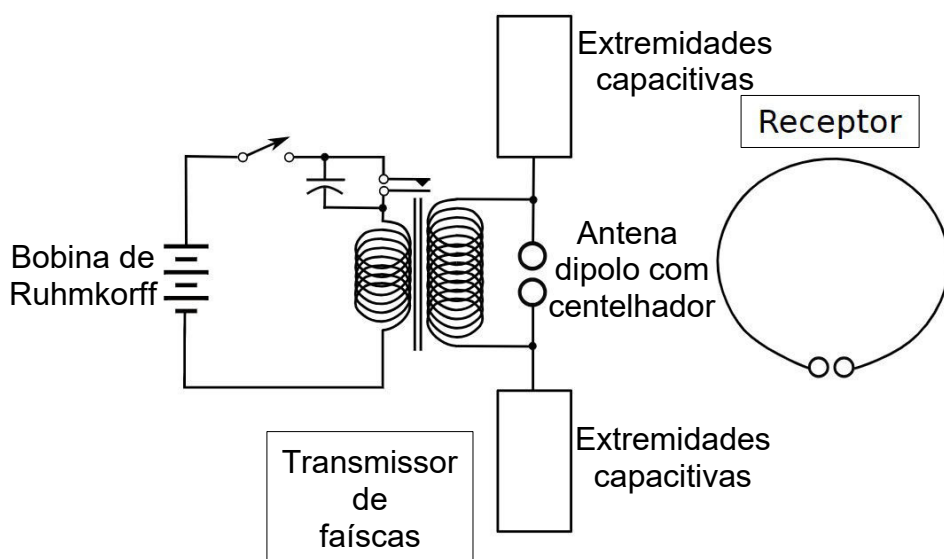
Depois que Hertz recebeu sua cátedra em Karlsruhe (Alemanha), ele estava experimentando um par de espirais Riess em 1886, quando percebeu que descarregar um frasco de Leyden em uma dessas bobinas produziria uma faísca na outra bobina. Com uma ideia de como construir um aparato, Hertz tinha agora um meio de prosseguir com o problema do "Prêmio de Berlim" de 1879, ao provar a teoria de Maxwell. Ele usou um centímetro de centelha movido a bobina Ruhmkorff e um par de fios de um metro como radiador. Esferas capacitivas estavam presentes nas extremidades para ajustes de ressonância de circuito. Seu receptor era uma simples antena dipolo de meia onda com um espaçamento de centelha micrométrica entre os elementos. Este experimento, ilustrado na figura 1 e na figura 2, produziu e detectou o que agora é chamado de ondas de rádio na faixa de frequência muito alta.

Figura 1 – Imagem de um oscilador linear utilizado por Hertz



Fonte: GUAZZARONI, C. Disponível <<https://espaciodecesar.com>>. Acesso em 10 junho 2018.

Figura 2 – Esquema de montagem de um oscilador utilizado por Hertz



Fonte: GUALTIERI, Devlin M. disponível em

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hertz_Transmitter_Receiver.svg>. Acesso em 10 junho 2018.

Mangili (2011) relata que entre 1886 e 1889, Hertz conduziu uma série de experimentos que provou que os efeitos que ele observava eram resultados das ondas eletromagnéticas previstas por Maxwell. Começando em novembro de 1887 com seu artigo "Sobre os efeitos eletromagnéticos produzidos por perturbações elétricas em isolantes", Hertz enviou uma série de artigos a Helmholtz na Academia das Ciências de Berlim, incluindo documentos em 1888 que mostravam ondas eletromagnéticas transversais de espaço livre viajando a uma velocidade finita por uma certa distância. No aparelho que Hertz usava, os campos elétrico e magnético irradiavam dos fios como ondas transversais. Hertz posicionou um oscilador a cerca de 12 metros de uma chapa refletora de zinco para produzir ondas estacionárias. Cada onda tinha cerca de 4 metros de comprimento. Usando um detector em forma de anel, ele registrou como a magnitude e a direção dos componentes da onda variavam. Hertz mediu as ondas de Maxwell e demonstrou que a velocidade dessas ondas era igual à velocidade da luz. A intensidade do campo elétrico, polarização e reflexão das ondas também foram medidas pela Hertz. Esses experimentos estabeleceram que a luz e essas ondas eram uma forma de radiação eletromagnética obedecendo às equações de Maxwell. Hertz também descreveu o "Cone hertziano", um tipo de propagação frente-onda através de vários meios.

Segundo as palavras do próprio Hertz (HUU) sobre a descoberta das ondas:

" [...] uma experiência que prova que o Maestro Maxwell estava certo - [...] temos essas ondas eletromagnéticas misteriosas que não podemos ver a olho nu. Mas

elas estão lá."

Na visão de Rossini (2016), a prova de Hertz da existência de ondas eletromagnéticas no ar, levou a uma explosão de experimentação com esta nova forma de radiação eletromagnética, que foi chamada de "ondas hertzianas" até por volta de 1910, quando o termo "ondas de rádio" se tornou corrente. Em 10 anos, pesquisadores como Oliver Lodge, Ferdinand Braun e Guglielmo Marconi empregaram ondas de rádio nos primeiros sistemas de comunicação de rádio de telegrafia sem fio, levando à radiodifusão e, posteriormente, à televisão. Atualmente, o rádio é uma tecnologia essencial nas redes globais de telecomunicações e o meio de transmissão subjacente aos dispositivos sem fio modernos.

Hertz também ajudou a estabelecer o efeito fotoelétrico (que foi explicado mais tarde por Albert Einstein) quando percebeu que um objeto carregado perde sua carga mais prontamente quando iluminado pela radiação ultravioleta (UV). Em 1887, ele fez observações do efeito fotoelétrico e da produção e recepção de ondas eletromagnéticas (EM), publicadas na revista alemã *Annalen der Physik*. Seu receptor consistia de uma bobina com uma abertura de centelha, por meio da qual uma centelha seria vista na detecção de ondas EM. Ele colocou o aparelho em uma caixa escura para ver melhor a faísca. Um painel de vidro colocado entre a fonte de ondas EM e o receptor absorveu UV que ajudou os elétrons a saltar através da abertura. Hertz concluiu seus meses de investigação e relatou os resultados obtidos.

2 MATERIAIS E MONTAGEM

Os principais materiais utilizados para a montagem do experimento, estão legendados na figura 3, conforme listagem a seguir:

- A - Chave liga-desliga
- B - Cabos elétricos flexível (bitola 1,0 mm²) e conectores
- C - Usina ignitora de acendimento automático para fogão
- D - 2 esferas de isopor com 7 cm de diâmetro, envolvidas com filme de alumínio
- E - Haste de arame com 45 cm de comprimento (4 unidades)
- F - 8 Funis de plástico
- G - Alto-falantes externos para computador
- H - Placa protoboard
- I - Led vermelho
- J - Carregador elétrico usb

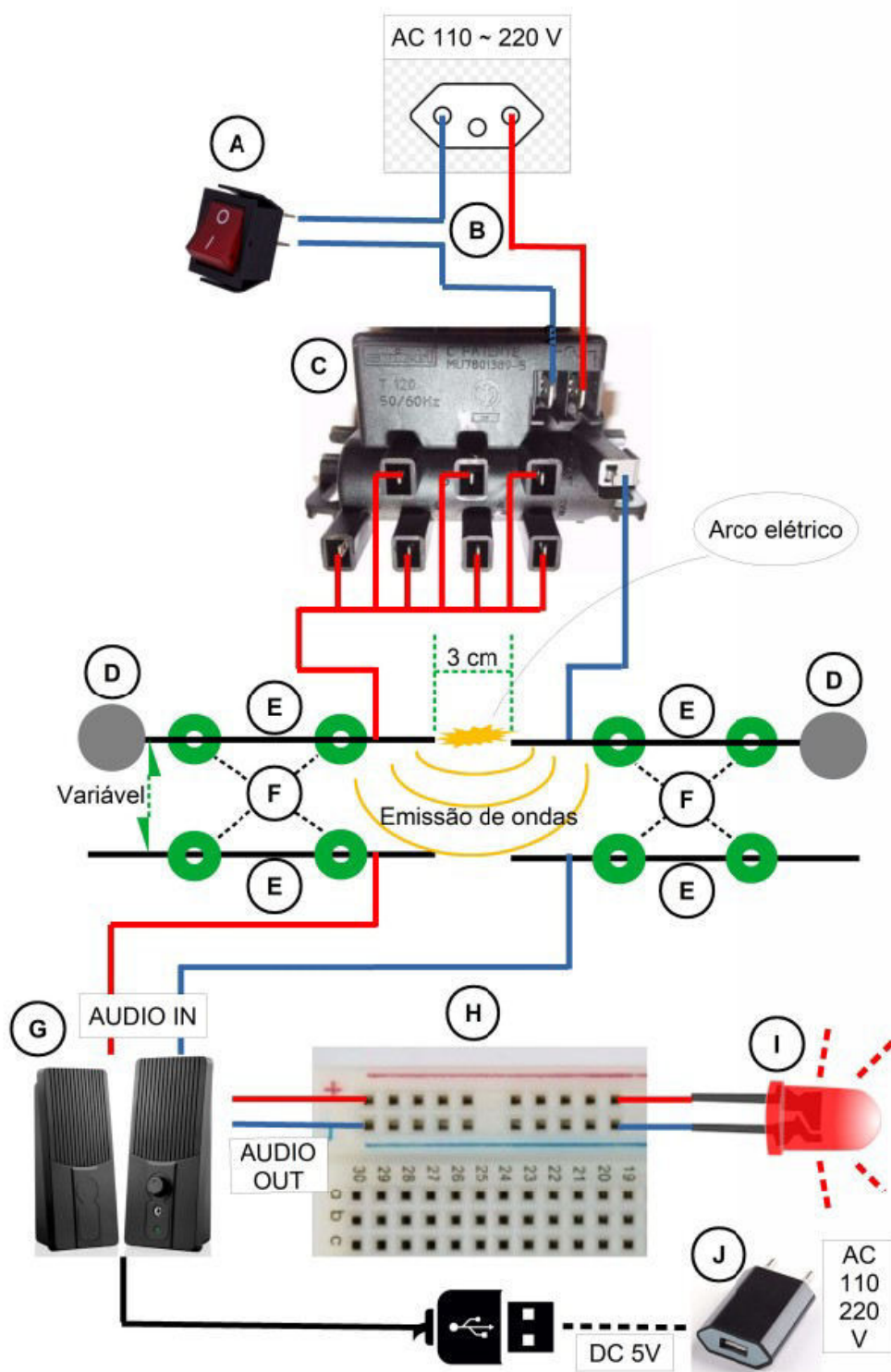
Ainda na figura 3, o esquema básico de ligação dos componentes do experimento está ilustrado.

Na figura 4 pode-se ver de diferentes ângulos, um exemplo de montagem real do experimento,

Os principais detalhes de montagem são mostrados nas fotos da figura 5.

Uma ligação um pouco mais elaborada, é ilustrada na figura 6, onde 2 cabos dos alto-falantes para computador (áudio in e áudio out), são interrompidos e ligados nas antenas receptoras e no led, respectivamente. Lembrando que esses cabos de áudio são externamente uma capa comumente de cor preta, envolvendo outros dois cabos internos, geralmente de cores diferentes, que deverão ser ligados separadamente conforme esquema.

Figura 3 – Esquema de ligações e materiais utilizados no experimento



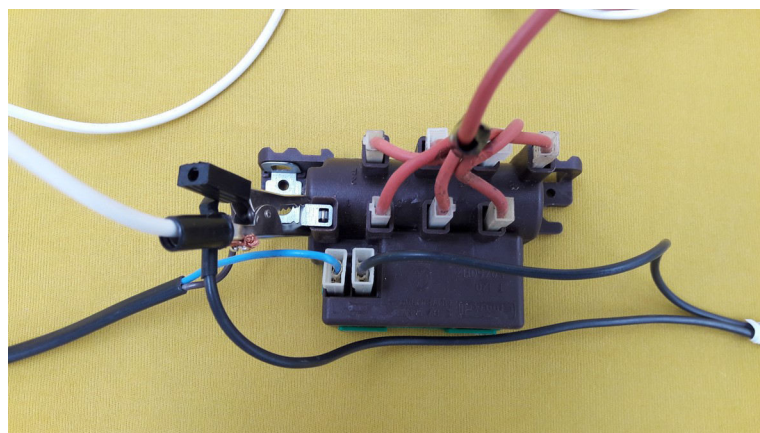
Fonte: o autor (2019)

Figura 4 – Fotos da montagem real do experimento



Fonte: o autor (2019)

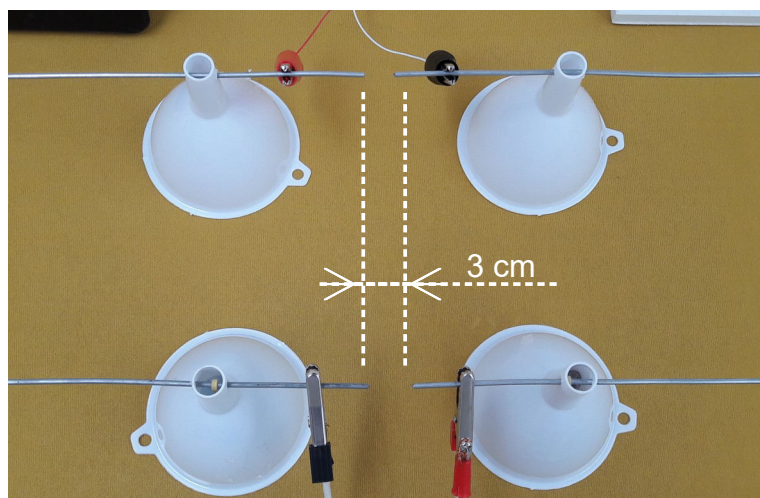
Figura 5 – Fotos de detalhes da montagem



a) detalhe das ligações da usina ignitora



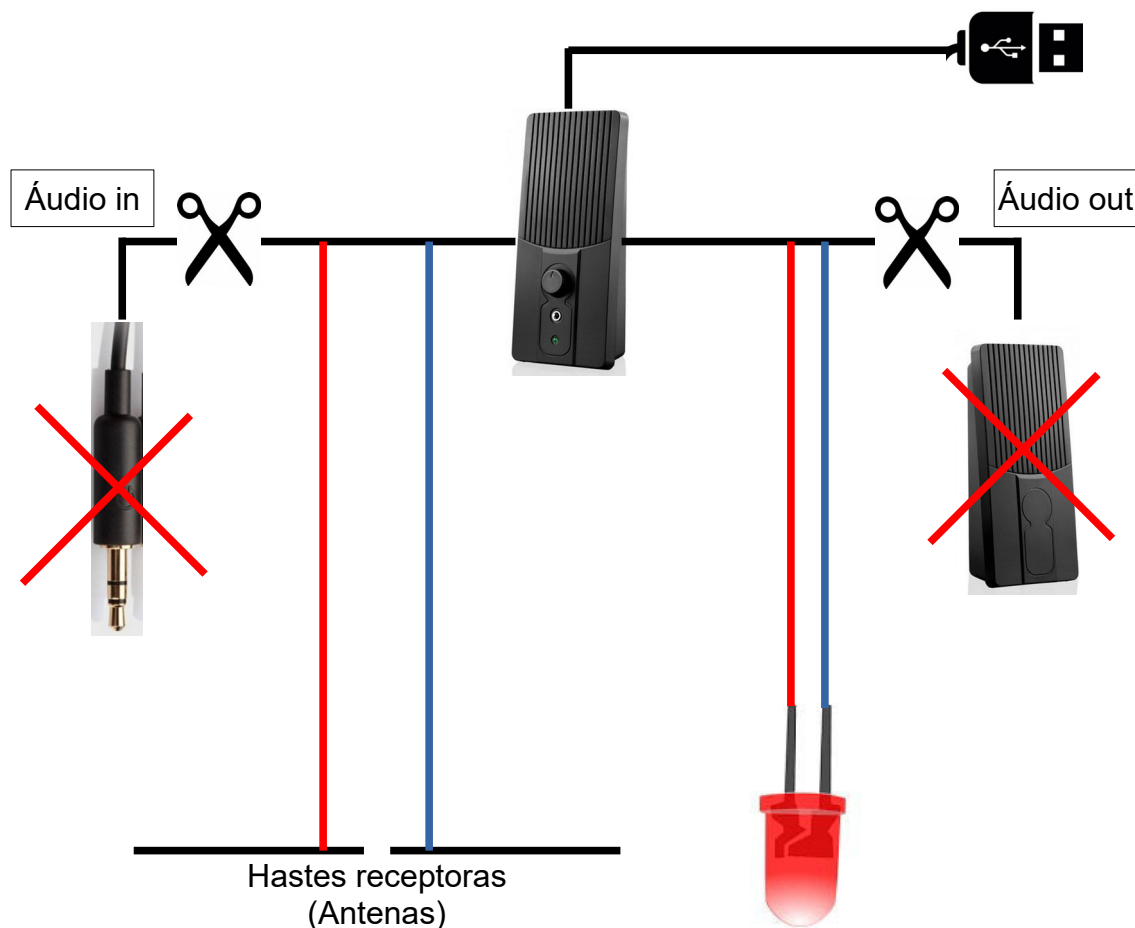
b) detalhe da esfera de isopor envolvida por filme de alumínio



c) detalhe da posição das extremidades das hastes, distanciadas em 3 cm.

Fonte: o autor (2019)

Figura 6 – Esquema de ligação da caixa de som no experimento



Fonte: o autor (2019)

O esquema básico de ligação dos componentes do experimento está ilustrado na figura 3.

Na figura 4 pode-se ver de diferentes ângulos, um exemplo de montagem real do experimento,

Os principais detalhes de montagem são mostrados nas fotos da figura 5.

Uma ligação um pouco mais elaborada, é ilustrada na figura 6, onde 2 cabos dos alto-falantes para computador (áudio in e áudio out), são interrompidos e ligados nas antenas receptoras e no led, respectivamente. Lembrando que esses cabos de áudio são externamente uma capa comumente de cor preta, envolvendo outros dois cabos internos, geralmente de cores diferentes, que deverão ser ligados separadamente conforme esquema.

3 FUNCIONAMENTO

A usina ignitora de acendimento automático para fogão funciona como uma bobina de Ruhmkorff com a função de gerar a alta voltagem transmitida para as hastes de arame com esferas de filme de alumínio.

As esferas de alumínio potencializam pela sua capacitância, a emissão do arco elétrico pulsante entre as extremidades das hastes, gerando consequentemente, a emissão de ondas eletromagnéticas de rádio em alta frequência (50 MHz aproximadamente), viajando pelo espaço tridimensionalmente.

O segundo par de hastes funcionam como antenas de recepção captando essas ondas inicialmente emitidas. A comprovação da presença das ondas é verificada pelos pulsos de luz emitidos pelo led vermelho.

O alto-falante de computador neste experimento tem a função de um amplificador de sinal, sendo instalado entre as antenas e o led, auxiliando a intensificar o sinal e a facilitar a visualização dos pulsos de luz no led.

A distância entre as hastes emissoras (com esferas) e receptoras (antenas) podem ser variadas de 10 em 10 cm procurando a posição de maior intensidade dos sinais luminosos no led. Esse fenômeno tem relação com o comprimento de onda (λ) e a posição de maior amplitude das ondas.

4 APLICAÇÃO

Indica-se, para uma turma de alunos, que o Produto Educacional seja trabalhado numa programação de 05 aulas com duração de 50 min cada, conforme mostra resumidamente a tabela da figura 7.

Quadro 1 - Resumo das atividades a serem realizadas com a turma

Aula nº	Atividades/Temas Desenvolvidos
01	Apresentação do cronograma geral, objetivos, metodologias e expectativas do trabalho, para os alunos;
02	Revisão geral dos conceitos básicos sobre ondulatória e eletromagnetismo;
03	Estudo sobre o experimento de Hertz: histórico, conceitos físicos envolvidos, interpretação do fenômeno;
04	Execução do experimento;
05	Interpretação dos resultados, considerações finais.

Fonte: o autor (2019)

Na Aula nº 01 apresenta-se para os alunos o motivo daquela programação diferenciada para eles, explicando a importância da ciência Física para a sociedade e a metodologia, de forma genérica, da Física experimental.

Na Aula nº 02 realiza-se uma revisão abrangente sobre ondulatória e eletromagnetismo, conteúdos que já devem ter sido vistos pelos alunos ao longo da programação normal do ano letivo da turma. É interessante que seja dada ênfase para os exemplos do cotidiano, para melhor correlação dos conceitos teóricos com a prática.

Na Aula nº 03 faz-se um resgate histórico sobre a contribuição do físico alemão Heinrich Rudolf Hertz na história do eletromagnetismo e seu experimento relacionado a ondas eletromagnéticas, que mostrou a emissão e captação de sinais a partir delas. Ao final da aula, solicita-se para que os alunos elaborem um mapa

conceitual sobre ondas eletromagnéticas, em que todos os presentes realizem individualmente, com o intuito de obter-se um panorama geral do entendimento dos alunos antes da realização do experimento.

A Aula nº 04 é destinada para a execução do experimento, a ser realizada pelos próprios alunos, sob a orientação do professor. Utiliza-se como local, alguma mesa ampla numa sala que acomode a quantidade de alunos; sendo que os materiais e equipamentos podem ser fornecidos pelo professor com ajuda dos alunos. Os próprios alunos podem participar da montagem do experimento, fazer as variações qualitativas de distâncias, direções, intensidades e meios de propagação para tentar correlacionar os conceitos teóricos com a experimentação.

A Aula nº 05 pode ser conduzida na forma de fórum de debates onde os alunos procuram explicar tudo o que foi observado na realização do experimento, usando os conceitos básicos de ondulatória e eletromagnetismo, mediados, incentivados, e quando necessário, corrigidos pelo professor. Ao final da aula, um segundo mapa conceitual individual pode ser solicitado para os alunos realizarem, com o intuito de verificar de forma qualitativa, a evolução do entendimento da turma sobre a temática “ondas eletromagnéticas”.

5 AVALIAÇÃO

Uma das formas qualitativas de verificar o nível de influência desta programação na compreensão dos estudantes sobre ondas eletromagnéticas seria a comparação dos mapas conceituais de cada aluno, realizado antes e depois do experimento, debates e conclusões, observando-se de forma geral, se houve um enriquecimento no preenchimento do conteúdo das informações no caso do segundo mapa, como naturalmente se esperaria.

A percepção do professor durante as atividades, com relação ao comportamento dos alunos, no quanto eles demonstram interesse e envolvimento, também complementa a avaliação do êxito da programação inicialmente planejada para a turma.

6 EPÍLOGO

A materialização das teorias da Física em experimentos didáticos, planejados e adaptados à realidade de baixos recursos no setor educacional, auxilia o estudante a construir uma visão sólida de percepção, conhecimento e entendimento do universo que o cerca e de si mesmo.

A utilização das Teorias de Aprendizagem tem grande potencial para nortear, subsidiar e enriquecer a didática de aplicação dos experimentos na aprendizagem das ciências de forma geral, definindo estratégias e articulando planos de trabalho mais eficientes e motivadores no ambiente educacional.

A proposta do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, de oferecer um Produto Educacional, planejado em teorias de aprendizagem e em bases da Física, ambas cientificamente fundamentadas, com aplicação e avaliação reais, constitui-se numa grande contribuição para o desenvolvimento da educação brasileira, apresentando uma nova proposta de trabalho para educadores e educandos, a ser vivenciada nos espaços de aprendizagem formais e não formais.

Sugestões de continuidade de trabalhos posteriores a este Produto Educacional poderiam ser desenvolvidos em experimentos de telégrafo sem fio, utilização do Código Morse, chegando até a inclusão de recursos computacionais e de linguagem de programação, o que traria grande atrativo e entusiasmo para os alunos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JR., Luís Carlos M. **Aplicação do experimento de Hertz atualizado, no ensino de ondas eletromagnéticas**. 2019. Dissertação de Mestrado. Ponta Grossa, PR: UEPG, 2019.

Cañas, Alberto J.; Novak, Joseph D. **A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los**. Tradução de Luis Fernando Cerri (PPGE/UEPG), Revisão técnica de Fabiano Moraes. *Práxis Educativa*, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29, jan.-jun. 2010. Disponível em <<http://www.periodicos.uepg.br>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

CAVALCANTI, C. J. de; OSTERMANN, Fernanda. **Teorias de aprendizagem**. Porto Alegre, RS: Evangraf; UFRGS, 2011.

FEYNMAN, Richard P.; LEIGHTON, Robert B.; SANDS, Matthew. Feynman. **Lições de Física**. 1ª ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2008. vol. 2.

FREEDMAN, Roger A.; SEARS, Francis Weston; YOUNG, Hugh D.; ZEMANSKY, Mark Waldo. **Física**. 12ª ed. São Paulo, SP: Pearson Addison Wesley, 2008. vol 3.

GEHA, Samir Elias; NEIVA, Wanderley de Rezende. **Sistema de rádio-comunicação com criptografia: proposta de aquisição para a polícia militar de Londrina**. Monografia de especialização. Faculdade Arthur Thomas. Londrina, PR.: 2009, 71p.

GERICKE, Gerda. 1888: Hertz demonstra existência das ondas eletromagnéticas. Disponível em:<<https://www.dw.com/pt-br/>>. Acesso em: 21/12/2018.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. 8ªed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009. vol. 3.

LEFRANÇOIS, G. R. **Teorias da aprendizagem: o que o professor disse**. Tradução de Solange Aparecida Visconte. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2016.

MANGILI, A. I. **Heinrich Rudolf Hertz e o efeito fotoelétrico**. Dissertação de mestrado. São Paulo, SP: PUC, 2011.

MOREIRA, M. A. **Teorias da aprendizagem**. 2ª ed. São Paulo, SP: Editora EPU, 2011.

MOREIRA, M. A., CABALLERO, M.C. e RODRÍGUEZ, M.L. **Aprendizagem significativa: um conceito subjacente**. Actas del encuentro internacional sobre el aprendizaje significativo. Burgos, España. 1977. pp. 19-44.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Interfaces entre teorias de aprendizagem e Ensino de Ciências/Física**. Porto Alegre: UFRGS, 2015.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica: eletromagnetismo**. São Paulo, SP: E. Blücher, 2002; vol. 3.

RIBEIRO, D. **Heirich Rudolf Hertz**. Revista de Ciência Elementar, vol. 3, nº 1, pág. 115, 2015.

ROCHA, T. U.; SILVA, O. H. M. da; **Ondas eletromagnéticas**. Oficina de física. Curitiba, PR: SEED, 2013.

ROSSINI, Rodrigo Teixeira. **Transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas: uma abordagem experimental para o ensino médio e técnico**. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro, RJ: UFRJ / IF, 2016.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 5ª ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2006. vol. 2.