



ROBSON ANTONIO LEITE

**A LUZ ULTRAVIOLETA E A SAÚDE HUMANA: UMA ABORDAGEM
DA FÍSICA NO CONTEXTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA NA BNCC**

Maringá – PR

Maio, 2022



A LUZ ULTRAVIOLETA E A SAÚDE HUMANA: UMA ABORDAGEM DA FÍSICA NO CONTEXTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA NA BNCC

ROBSON ANTONIO LEITE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Antonio Custodio de Melo

Coorientador: Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini

MARINGÁ - PR

Maio, 2022

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

Leite, Robson Antonio

L533L A luz ultravioleta e a saúde humana : uma abordagem da física no contexto de ciências da natureza na BNCC / Robson Antonio Leite. -- Maringá, PR, 2022.
218 f.: il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Antonio Custodio de Melo.

Coorientador: Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), 2022.

1. Radiação ultravioleta solar. 2. Espectro eletromagnético. 3. Aprendizagem significativa. 4. Ondas eletromagnéticas. 5. Arduino. I. Melo, Mauricio Antonio Custodio de, orient. II. Viscovini, Ronaldo Celso, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Física. Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). IV. Título.

CDD 23.ed. 530.141

Marinalva Aparecida Spolon Almeida - 9/1094

A LUZ ULTRAVIOLETA E A SAÚDE HUMANA: UMA ABORDAGEM DA FÍSICA NO CONTEXTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA NA BNCC

ROBSON ANTONIO LEITE

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Antonio Custodio de Melo

Coorientador: Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini

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

Aprovada por:

Prof. Dr. Mauricio Antonio Custodio de Melo
DFI/UEM – Maringá – MNPEF/UEM

Prof. Dr. Oscar Rodrigues dos Santos
UTFPR/Campo Mourão – MNPEF/UTFPR

Prof. Dr. Miguel Jorge Bernabé Ferreira
UFPR/Jandaia do Sul – MNPEF/UEM

Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini
DCI/UEM – Goioerê – MNPEF/UEM

Maringá - PR

maio, 2022

Para articular e organizar os conhecimentos e assim reconhecer e conhecer os problemas do mundo, é necessária a reforma do pensamento. Entretanto, esta reforma é paradigmática e, não, programática: é a questão fundamental da educação, já que se refere à nossa aptidão para organizar o conhecimento. A esse problema universal confronta-se a educação do futuro, pois existe inadequação cada vez mais ampla, profunda e grave entre, de um lado, os saberes desunidos, divididos, compartimentados e, de outro, as realidades ou problemas cada vez mais multidisciplinares, transversais, multidimensionais, transnacionais, globais e planetários.

- Edgar Morin, A cabeça bem-feita

Dedicatória

Ao meu filho, Vicente Antonio, que, por diversas vezes ao pensar em você nas horas mais escuras da noite, me lembro que é justamente nessas que nos permite ver melhor o Espaço Sideral, a Lua e as Estrelas, as quais tu tanto gostas de contemplar. E então, com estas injeções de ânimo advindas do meu pequeno príncipe, desenhei esse projeto.

Agradecimentos

Ao meu orientador, professor Dr. Maurício Antonio Custodio de Melo pelo aceite na orientação nesse trabalho, mesmo estando em outro país, propôs ideias e soluções para os impasses, pela paciência e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Ao coorientador, professor Dr. Ronaldo Celso Viscovini pelas conversas, ideias e auxílio na resolução de dificuldades, mesmo estando em cidades diferentes, encontrávamos formas para dar seguimento ao trabalho.

Aos professores Dr. Oscar Rodrigues dos Santos e Dr. Miguel Jorge Bernabé Ferreira, assim como os seus suplentes professores Dr. Cesar Vanderlei Deimling e Dr. Breno Ferraz de Oliveira, que prontamente aceitaram ser participantes da banca.

Aos demais docentes do MNPEF do DFI/UEM, pelos ensinamentos e incentivos, em especial, à professora Dra. Hatsumi Mukai pelas sugestões dadas para esse trabalho durante as suas aulas ou em reuniões extras que fizemos.

Ao professor Dr. Marcílio Hubner de Miranda Neto, do Museu Dinâmico Interdisciplinar (MUDI) da UEM, por suas diversas sugestões didáticas e contribuições interdisciplinares e, também, pelo estímulo que auxiliou na redação deste trabalho.

Aos companheiros de mestrado (turma de 2020) pelas parcerias, pelo companheirismo e pelas conversas sobre o Ensino de Ciências e outros assuntos afins.

Aos meus pais Salete Maria Ruhoff Leite e Airton José Leite, pelo apoio, paciência, pelas palavras de apoio e discernimento em questões pessoais e familiares.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF), que oportunizou a oferta deste Mestrado na UEM – Universidade Estadual de Maringá (Polo 20).

Agradeço à Universidade Estadual de Maringá por oferecer esse programa de mestrado de forma gratuita.

Aos diretores do Colégio Oxigênios, uma vez que, permitiram que eu aplicasse meu projeto em sala de aula, assim como, pelo aceite dos alunos desta instituição.

Por fim estendo os agradecimentos aos colegas de profissão, professores, coordenadores, diretores e não menos presentes, aos alunos de graduação, pós-graduação e das escolas por onde passei, assim como ao pessoal de todos os anos de dedicação ao Mudi/UEM, desde 2010.

RESUMO

A LUZ ULTRAVIOLETA E A SAÚDE HUMANA: UMA ABORDAGEM DA FÍSICA NO CONTEXTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA NA BNCC

ROBSON ANTONIO LEITE

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Antonio Custodio de Melo

Coorientador: Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo UEM (MNPEF/UEM), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O objetivo neste trabalho é projetar, desenvolver e aplicar um Produto Educacional dentro da disciplina de Física, tendo a interdisciplinaridade com a Biologia e Química, no que tange à Saúde Humana, visando a contextualização e a utilização deste como um Aparato Experimental e uma Proposta Didática no estudo das Ondas Eletromagnéticas, em específico a Radiação Ultravioleta, conceito contemplado em Eletromagnetismo, Óptica e Física Moderna. Para a elaboração do UV-ômetro, aparato experimental de custo acessível, utilizou-se a plataforma de prototipagem Arduino e componentes eletrônicos para aferir a radiação ultravioleta utilizando o índice UV. Para tanto, o presente trabalho valeu-se da Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel em conjunto de Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira, e dos Mapas Conceituais de Novak – fazendo uso de quadros de afirmações (pré e pós aula) e elaborando atividades utilizando o UV-ômetro. Essas tecnologias educacionais foram ajuntadas em uma Proposta Didática com o tema da Radiação Ultravioleta, que trabalha os conceitos, fenômenos relevantes, aplicações e a importância da interação com a Saúde Humana. A Proposta Didática foi aplicada em turmas de segundo e terceiro ano do Ensino Médio. Pensando nos processos de ensino–aprendizagem, os conteúdos abordados foram colocados de forma que estejam em consonância com os documentos que norteiam o Ensino de Ciências da Natureza, em especial a Base Nacional Comum Curricular (BNCC – 2018) e o Currículo da Rede Estadual Paranaense (CREP – 2020). Procurou-se fazer com que o aluno fosse sujeito ativo e protagonista no processo de ensino-aprendizagem e, a partir dos subsunçores, desenvolvesse as habilidades de discutir, investigar, interpretar, construir e analisar como parte de sua rotina de estudo, assim, visou-se que este observasse o seu modo de aprender e, conseqüentemente, ampliasse seus subsunçores. Deste modo, o estudante deixou de ser um sujeito passivo, mero receptor de informações do professor e do livro didático, e passou a ser sujeito ativo no processo de ensino–aprendizagem.

Palavras-chave: radiação ultravioleta solar; espectro eletromagnético; aprendizagem significativa; ondas eletromagnéticas; Arduino.

Maringá - PR
maio, 2022

ABSTRACT

ULTRAVIOLET LIGHT AND HUMAN HEALTH: A PHYSICS APPROACH IN THE CONTEXT OF NATURE SCIENCES AT BNCC

ROBSON ANTONIO LEITE

Supervisor: Prof. Dr. Mauricio Antonio Custodio de Melo

Co-supervisor: Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM (MNPEF/UEM), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The objective of this work is to design, develop and apply an Educational Product within the discipline of Physics, and to show the interdisciplinarity with Biology and Chemistry, regarding Human Health. It also aims to contextualize and use an Experimental Apparatus and a Didactic Proposal in the study about Waves. Electromagnetics, specifically Ultraviolet Radiation, a concept covered in Electromagnetism, Optics and Modern Physics. For the elaboration of the UV-meter, the Arduino prototyping platform and electronic components were used to measure the ultraviolet radiation using the UV index, which is an inexpensive experimental apparatus. So, this work put on practice Ausubel's Theory of Meaningful Learning in conjunction with Moreira's Critical Meaningful Learning, and Novak's Concept Maps – working with a statement framework (pre and post class) and activities that were developed using the UV-meter. These educational technologies were put together in a Didactic Proposal with the theme of Ultraviolet Radiation, that works the concepts, relevant phenomena, applications and the importance of interaction with Human Health. The Didactic Proposal was applied in classes of second and third year of the high school model of education in Brazil. Thinking about the teaching-learning processes, this work contents are in consonance with the documents that guide the Teaching of Natural Sciences, in particular the National Common Curricular Base (BNCC – 2018) and the Curriculum of the Paraná State Network (CREP – 2020). It was sought to make the student an active subject and a protagonist in the teaching-learning process and, from the subsumers, to develop the skills to discuss, investigate, interpret, construct and analyze as part of their study routine, so, it was aimed that they, by observing their own way of learning, could consequently expand their subsumers. Thus, the student left a position of passive subject, a mere receiver of information from the teacher and the textbook, and became an active subject in the teaching-learning process.

Keywords: solar ultraviolet radiation; electromagnetic spectrum; meaningful learning; electromagnetic waves; Arduino.

Maringá

may, 2022

LISTA DE ABREVIATURAS / SIGLAS E ACRÔNIMOS

AE – Aparato Experimental
AMUDI – Associação dos Amigos do Museu Dinâmico Interdisciplinar
BBC – *British Broadcasting Corporation* (do inglês, Corporação Britânica de Transmissão para rádio e/ou televisão)
BNCC – Base Nacional Comum Curricular FMC - Física Moderna e Contemporânea
CIE – Comissão Internacional de Iluminação
CIC – Centro Interdisciplinar de Ciências
CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CREP – Currículo da Rede Estadual Paranaense
DFI – Departamento de Física
ECPM – Estação Climatológica Principal de Maringá
FGB – Formação Geral Básica
FPS – Fator de proteção solar
ICNIRP – Comissão Internacional de Proteção à Radiação Não-Ionizante
ICRU – Comissão Internacional de Unidades e Medidas de Radiação
IF – Itinerários Formativos
INCA – Instituto Nacional do Câncer
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IUV – Índice Ultravioleta
IV – Radiação infravermelha
MNPEF - Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física
MUDI – Museu Dinâmico Interdisciplinar
OMS – Organização Mundial da Saúde
PE – Produto Educacional
PD – Proposta didática
PPD – *Persistent pigment darkening* (do inglês, proteção contra radiação ultravioleta A)
RUV – Radiação Ultravioleta
S.I. – Sistema Internacional de Unidades
TAS – Teoria de Aprendizagem Significativa
TDICs – Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação
UEM – Universidade Estadual de Maringá
UEM TV – Canal Educativo da Universidade Estadual de Maringá
UNEP – Proteção ao Meio Ambiente das Nações Unidas
UV – Ultravioleta
UVA – Ultravioleta A
UVB – Ultravioleta B
UVC – Ultravioleta C

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Educação Formal, não formal e informal.
- Figura 2: Ilustração didática de conexões, novas informações e memórias no cérebro.
- Figura 3: Ensino híbrido.
- Figura 4: Desafios na elaboração do ensino híbrido.
- Figura 5: Modelo para elaboração do Mapa Conceitual.
- Figura 6: Representação de uma onda eletromagnética plana polarizada.
- Figura 7: Representação do vetor de Poynting.
- Figura 8: Espectro Eletromagnético.
- Figura 9: Imagem do quadro-guia e escala IUV, fornecida para anotações dos dados.
- Figura 10: Imagem fotográfica do Arduino Uno com a indicação dos seus componentes.
- Figura 11: Cópia de tela do site: <https://www.tinkercad.com/dashboard>, esquema com Arduino e outros componentes, esquema eletrônico desenvolvido pelo autor.
- Figura 12: Imagens fotográficas do esquema de ligação dos fios do sensor ao Arduino.
a) Esquema ligação no sensor RUV. b) parte posterior do sensor RUV. c) Esquema ligação no Arduino.
- Figura 13: Imagens fotográficas do esquema de ligação dos fios nos resistores e LEDs.
a) Esquema ligação no resistor. b) Esquema ligação no LED.
- Figura 14: Imagem fotográfica das conexões dos fios do Arduino aos resistores e LEDs..
- Figura 15: Imagem fotográfica da conexão Arduino ao computador via cabo USB, o computador é só usado para fazer modificações no programa do Arduino.
- Figura 16: Imagens fotográficas: a) caixa vista de cima, mostrando o orifício com o sensor; b) visão externa frontal da parte eletrônica: LED, cabos e Arduino; c) parte frontal do equipamento em preto e branco (desenvolvimento); d) final em colorido.
- Figura 17: Imagens fotográficas: detalhes da caixa (quadro painel de comando elétrico). a) Esquema interno de proteção. b) Esquema da tampa, parte externa superior.
- Figura 18: Imagens fotográficas da tampa com o sensor instalado e com a nova fechadura. a) Esquema externo de proteção. b) Fechadura da tampa.
- Figura 19: Imagem fotográfica do quadro-guia e da escala IUV, parte frontal do aparato.

Figura 20: Comparação da absorção de diferentes materiais na faixa do visível (acima de 400 nm), UVA (315 a 400 nm) e UVB (abaixo de 315 nm), junto com a curva de resposta do sensor UV.

Figura 21: Imagens fotográficas da parte superior do aparato com vidro de relógio cristal. a) visão plano superior. b) visão oblíqua (curvatura convexa da lente).

Figura 22: Imagem do Mapa Conceitual elaborada pelo autor no início da elaboração do Produto Educacional em março de 2020.

Figura 23: Imagem do Mapa Conceitual elaborado pelo autor após a aplicação do Produto Educacional em outubro de 2021.

Figura 24: Imagens fotográficas de 4 mapas conceituais (alguns são mapas mentais) que foram realizados pelos alunos e utilizados como avaliação diagnóstica.

Figura 25: Imagem fotográfica de um mapa conceitual diagnóstico coletivo da turma, desenvolvido com base nos mapas conceituais individuais dos alunos.

Figura 26: Imagem fotográfica de um formulário respondido pelos alunos no início da aplicação do PE.

Figura 27: Imagem fotográfica dos alunos observando o Aparato Experimental e fazendo a primeira coleta de dados.

Figura 28: Imagens fotográficas dos alunos observando o Aparato Experimental observando a parte interna, Arduino e partes eletrônicas, do Aparato Experimental.

Figura 29: Imagens fotográficas das aferições dos dados de IUUV no AE e das condições do tempo atmosférico, em três horários diferentes no dia 08 de março de 2021.

Figura 30: Anotações dos dados aferidos na atividade 14 feita por três alunos distintos.

Figura 31: Imagem fotográfica dos gráficos construídos com os dados anotados e tabelados, aferidos pelo aparato experimental. a) Gráfico feito por um aluno. b) Gráfico feito pelo professor.

Figura 32: Imagens fotográficas dos mapas conceituais diagnóstico e avaliativo.

Figura 33: Imagens fotográficas dos mapas conceituais diagnóstico e avaliativo. a) Mapa diagnóstico coletivo da turma feito no quadro a partir dos mapas conceituais individuais. b) Mapa conceitual avaliativo feito no quadro a partir dos mapas conceituais individuais dos alunos.

Figura 34: Gráficos com as distribuições dos conceitos escritos nos mapas conceituais aplicados.

Figura 35: Comparação entre os acertos do formulário inicial avaliativo.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição das respostas do formulário inicial.

Tabela 2: Distribuição das respostas do formulário final.

Tabela 3: Distribuição das variações de respostas do formulário inicial e final.

Tabela 4: Agrupamento das respostas corretas do formulário avaliativo.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Equações de Maxwell em formas integrais e diferenciais.

Quadro 2: Faixas de radiação ultravioleta.

Quadro 3: Campos de experiências e habilidades das Unidades Temáticas da BNCC.

Quadro 4: Ficha Técnica da Proposta Didática

Quadro 5: Estrutura das atividades e conteúdos organizados para as aulas.

Quadro 6: Lista de materiais utilizados no UV-ômetro.

Quadro 7: Esquema de ligação do sensor de radiação ultravioleta e a placa do Arduino.

Quadro 8: Índices UV Correspondentes ao Sensor e ADC Saídas ($V_{cc} = 3,0\text{ V}$).

Quadro 9: Transmitância de radiação ultravioleta em diversos materiais.

Quadro 10: Análise comparativa dos mapas conceituais de diagnósticos e avaliativo do Aluno A (ver figuras 31a e 31b).

Sumário

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
1.1 TEORIAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM	13
1.1.1 TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (TAS) – DAVID PAUL AUSUBEL	15
1.1.2 TEORIA DE MAPAS CONCEITUAIS – JOSEPH DONALD NOVAK	17
1.1.3 TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA – MARCO ANTONIO MOREIRA	19
1.2 TEORIA FÍSICA	21
1.2.1 ELETROMAGNETISMO - ÓPTICA: BREVE HISTÓRICO	21
1.2.1.1 ELETROMAGNETISMO: ONDAS ELETROMAGNÉTICAS	30
1.2.1.2 ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO	39
1.2.1.3 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA NO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO	40
1.2.2 MECÂNICA QUÂNTICA	41
1.2.2.1 FÓTONS UV E A INTERAÇÃO COM A MATÉRIA	42
1.3 HISTÓRICO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E SEU USO	43
CAPÍTULO 2 – PRODUTO EDUCACIONAL	47
2.1 PROPOSTA DIDÁTICA (PD)	48
2.1.1 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA	49
2.1.2 FICHA TÉCNICA – PD	52
2.1.3 ESTRUTURAÇÃO DAS ATIVIDADES PARA AS AULAS	54
2.2 APARATO EXPERIMENTAL	61

2.2.1 UV-ÔMETRO	61
2.2.2 MATERIAIS UTILIZADOS	66
2.2.3 ESPECIFICAÇÕES DO SENSOR DE LUZ ULTRAVIOLETA (UV GYML8511)	67
2.2.4 ESQUEMA DE MONTAGEM	68
2.2.5 PROTEÇÃO DO SENSOR CONTRA INTEMPÉRIES: DISCUSSÃO DOS MATERIAIS UV TRANSPARENTES.	75
2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTO EDUCACIONAL	77
2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE APARATO EXPERIMENTAL	78
CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
3.1 APLICAÇÃO DO PE	87
CONSIDERAÇÕES FINAIS	128
REFERÊNCIAS	130
APÊNDICE A – DECLARAÇÃO AUTORIZANDO A APLICAÇÃO	143
APÊNDICE B – MAPA CONCEITUAL APLICADO	144
APÊNDICE C – FORMULÁRIO	145
APÊNDICE D – INVESTIMENTO NO APARATO EXPERIMENTAL	146
APÊNDICE E – PROGRAMAÇÃO PARA ARDUINO	147
APÊNDICE F – PRODUTO EDUCACIONAL	150
CARTA AO LEITOR	152
INTRODUÇÃO	153
1 PROPOSTA DIDÁTICA	155
1.1 Apresentação e Aplicação da Proposta Didática (PD)	155
1.2 Ficha Técnica – Proposta Didática	159

1.3	Espectro Eletromagnético	161
1.4	Radiação Ultravioleta no espectro eletromagnético	162
1.5	Fótons UV e a Interação com a Matéria	163
1.6	Estruturação das Atividades para as aulas	164
2	APARATO EXPERIMENTAL - UV-ÔMETRO	172
2.1	UV-ÔMETRO SOLAR: Equipamento com Arduino, sensor a RUV Solar e Escala de Índice IUV.	173
2.2	Materiais utilizados	177
2.3	Especificações do sensor de Luz Ultravioleta (UV GYML8511)	178
2.4	Esquema de montagem do UV-ômetro solar	179
	CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTO EDUCACIONAL	187
	BIBLIOGRAFIA	189
	ANEXO 1 – TEXTOS DE APOIO	193

Introdução

O estudo de radiações eletromagnéticas no ensino básico, e até mesmo no ensino superior, é realizado predominantemente de forma teórica devido à escassez, ou mesmo à inexistência, de aparatos experimentais que possibilitem a realização de aulas práticas. Isso contribui para ampliar a lista de conteúdos em que o ensino é, na maioria das vezes, desvinculado de estudos práticos realizados em laboratório, ou ainda, de situações-problemas concretas presentes no cotidiano dos alunos.

Tal contexto repercute diretamente na compreensão destes quanto ao organismo humano e quanto a suas ações no contexto do Universo, assim como quanto ao entendimento referente à interação entre diversos elementos – por exemplo, a radiação, a gravidade, os movimentos do planeta, a camada de ozônio, os gases de efeito estufa, entre outros –, os quais interferem no meio ambiente, na vida de diferentes seres vivos, na sua evolução e na saúde humana.

No caso específico do Ensino de Física, no Ensino Médio, Moreira (2018) chama a atenção para a falta de vinculação entre o ensino teórico com as aulas de laboratório e com situações-problemas concretas. Ademais, tal autoria destaca que muitas vezes, devido às condições de trabalho, a atuação do professor fica restrita ao uso do livro didático e às aulas expositivas.

A área de ensino de Física no Brasil tem longa tradição. A pesquisa e a pós-graduação em ensino de Física existem há décadas, assim como eventos nacionais da área. Muitos recursos instrucionais e projetos em ensino de Física já foram desenvolvidos. Revistas e publicações nessa área confirmam sua existência e consolidação. Paradoxalmente, no entanto, nos dias de hoje, o ensino de Física no Brasil está em crise, desatualizado, minimizado, desvalorizado. (MOREIRA, 2018. p. 8).

As atividades experimentais, segundo Luciano (2019), podem aumentar a motivação dos alunos e facilitar a compreensão dos conceitos da Física Moderna e Contemporânea (FMC). Assim, destaca-se que o uso de tecnologias educacionais e de laboratórios colaboram significativamente no processo de ensino-aprendizagem, e

que, a aquisição de materiais e de equipamentos, a serem utilizados em aulas práticas nas escolas, demanda muitos recursos financeiros e treinamento de professores para execução das atividades práticas.

O Programa de Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física (MNPEF) também tem colaborado com a redução de tal problemática mencionada por Luciano (2019), afinal, os professores do ensino básico que cursam tal programa devem desenvolver um Produto Educacional (PE), aplicá-lo em sala de aula, submetê-lo à avaliação do corpo docente universitário e torná-lo público, de maneira que outros professores possam adequar e reaplicar tal PE.

O apoio e a capacitação de professores para a compreensão das propostas curriculares e a realização de aulas práticas, com materiais de custo acessível, na área de Ciências da Natureza, é realizado desde 1985, pelo antigo Centro Interdisciplinar de Ciências (CIC), atual Museu Dinâmico Interdisciplinar (Mudi) da Universidade Estadual de Maringá (UEM) (MIRANDA NETO *et al.*, 2021), com publicação de práticas e artigos na revista Arquivos da Apadec (atual Arquivos do MUDI).

Cientes da importância que as aulas práticas têm no processo de ensino-aprendizagem, uma vez que estas possibilitam aos alunos vivenciar, observar, coletar dados e trabalhar com eles de forma interativa com os conceitos teóricos, optamos pela elaboração de um aparato experimental, de custo acessível. Tal circunstância foi adotada ao considerar visto que os equipamentos que aferem a radiação ultravioleta disponíveis no mercado têm custo elevado, o que dificulta, ou até mesmo impossibilita, a sua aquisição por escolas de ensino básico e algumas de ensino superior. Isso poderia, portanto, ser uma barreira para que o estudante possa transpor os conhecimentos teóricos para a prática e para as suas vivências, impossibilitando-o de alcançar aprendizagens significativas.

Segundo Moreira (2012), do ponto de vista instrucional, o conceito de aprendizagem significativa é mais útil na visão original de Ausubel (1968, 2000), bem como na visão de Novak e Gowin (1984, 1988, 1996). Tais teóricos são considerados relevantes para este trabalho a partir do ponto de vista de Moreira (1997, 1999a, 1999b, 2000a, 2000b, 2005, 2006a, 2006b, 2011a, 2011b, 2012, 2018, 2021) e de Moreira & Massini (2006).

É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não literal e não arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva. (MOREIRA, 2012, p. 2, grifo do autor).

Conforme esta teoria, as novas informações adquiridas pelos alunos têm interação com os conhecimentos especificamente relevantes anteriormente incorporados à base cognitiva, chamados, por Ausubel (1968, 2000), de subsunçor ou ideia-âncora. Ou seja, o conhecimento que um sujeito já possui é a base cognitiva que permite que conhecimentos novos sejam formados por meio das informações novas, as quais podem ser apresentadas ou mesmo descobertas por ele.

Portanto, o binômio ensino-aprendizagem, quando ocorre de maneira significativa, possibilita a ampliação da base cognitiva e a efetivação de novos subsunçores que servirão de âncora para aprendizagens novas.

Uma aprendizagem assim construída permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela.

(...) É através da aprendizagem significativa crítica que o aluno poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. É através dessa aprendizagem que ele poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar se dominar por ela, manejar a informação, sem se sentir impotente sobre a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem se tornar tecnófilo. (MOREIRA, 2000c, p. 18).

Dessa forma, neste trabalho, os objetivos foram projetar, desenvolver e aplicar um PE como prática pedagógica na disciplina de Física, o qual é composto por um aparato experimental, UV-ômetro, e por uma Proposta Didática (PD) que contextualize e utilize o aparato experimental no estudo das Ondas Eletromagnéticas.

Tal temática de estudo contempla Eletromagnetismo, Óptica e Física Moderna, mas também pode ter uma abordagem interdisciplinar com a Astronomia, a Biologia, a Geografia e a Química no que tange a radiação ultravioleta, suas repercussões

positivas e negativas sobre as células e tecidos humanos e sobre a saúde física e mental humana.

Ademais, também pode-se abranger interdisciplinarmente a Estatística e a Matemática a partir da utilização de ferramentas manuais e de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) no tratamento, interpretação e socialização dos dados coletados pelos alunos. Quanto ao que é contemplado nas competências específicas e nas habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias da Base Nacional Comum Curricular – BNCC (2018) para o Ensino Médio.

Na definição das competências específicas e habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias foram privilegiados conhecimentos conceituais considerando a continuidade à proposta do Ensino Fundamental, sua relevância no ensino de Física, Química e Biologia e sua adequação ao Ensino Médio. Dessa forma, a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe um aprofundamento nas temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. Os conhecimentos conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. (BRASIL, 2018, p. 548).

O que se espera, diante da presente proposta, é que o estudante:

- Deixe de ser um sujeito passivo, mero receptor de informações do professor e do livro didático, e passe a ser um sujeito social ativo do conhecimento científico que transita entre a teoria e a prática no seu processo de ensino–aprendizagem;
- A partir da ampliação dos seus subsunçores na área de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias, desenvolva as habilidades de discutir, investigar, interpretar, construir e analisar, como parte de sua rotina de estudo, visando aprender e, conseqüentemente, criar caminhos neurais e ampliar a sua base cognitiva, aprimorando sua forma de pensar, compreender e atuar no mundo.

Assim, permitindo-o realizar o exercício de sua Cidadania de maneira ativa, possibilitando, então, a geração de um cidadão que se apropria autonomamente dos conceitos científicos e os utiliza livremente.

O papel do professor continua sendo fundamental, pois a diferença é que se muda a postura deste, fazendo com que deixe de ser o único detentor do conhecimento para se tornar um moderador/facilitador do acesso ao conhecimento. Sua função é a de mediador social do conhecimento científico (conteúdo) e da aprendizagem do estudante (sujeito social do conhecimento científico), assim, o professor ainda ocupa um lugar de destaque por conta de seu vasto domínio, da sua experiência e de seu conhecimento sobre a componente curricular que leciona, e isso inclui, além da grande quantidade de conteúdo, a forma e a didática que é necessária para ensinar.

Capítulo 1 – Fundamentação Teórica

*A Ciência é um processo sério demais para ser deixado
só nas mãos dos cientistas.
Edgar Morin (2001)*

Uma Prática Pedagógica se caracteriza quando há uma organização intencional para acolher certas expectativas educacionais requisitadas e/ou solicitadas por determinada comunidade social. Sendo assim, para tal construção e desenvolvimento, é preciso que haja organização e desenvolvimento por adesão, por negociação/concordância, ou ainda, por imposição. Deve-se, dessa forma, considerar os diversos e rápidos avanços das novas tecnologias da informação, comunicação e de formação, atualizando também as práticas educacionais. Além disso, é importante salientar que a educação é feita de diferentes formas, sendo elas: educação formal, educação informal e educação não formal. E, seguindo esses mesmos parâmetros, ocorreu o desenvolvimento e a aplicação deste trabalho.

Entende-se por educação formal:

Estruturada, organizada, planejada intencionalmente, sistemática. Nesse sentido, a educação escolar convencional é tipicamente formal. Mas isso não significa dizer que não ocorra educação formal em outros tipos de educação intencional (vamos chamá-las de não-convencionais). Entende-se, assim, que onde haja ensino (escolar ou não) há educação formal. Nesse caso, são atividades educativas formais também a educação de adultos, a educação sindical, desde que nelas estejam presentes a intencionalidade, a sistematicidade e condições previamente preparadas, atributos que caracterizam um trabalho pedagógico-didático, ainda que realizadas fora do marco escolar propriamente dito. (LIBÂNEO, 2010, p. 88-89).

Portanto, educação formal pode ser entendida como aquela ofertada por sistemas formais de ensino, como as escolas, faculdades e universidades, onde se aprende e ensina com objetivos claros, sendo organizada em disciplinas, estruturada por períodos letivos e planejada de forma hierárquica e intencional.

A educação informal, proposta a partir de dimensões ou campos, é aqui apresentada pelo conceito de Gohn (1999, p. 95-96):

O primeiro envolve a aprendizagem política dos direitos enquanto cidadãos, isto é, o processo que gera a conscientização dos indivíduos para a compreensão de seus interesses e do meio social e da natureza que o cerca, por meio da participação em atividades grupais. Participar de um conselho de escola poderá desenvolver essa aprendizagem. O segundo, a capacidade dos indivíduos para o trabalho, por meio da aprendizagem de habilidades e/ou desenvolvimento de potencialidades. O terceiro, a aprendizagem e exercício de práticas que capacitam os indivíduos a se organizarem com objetivos comunitários, voltadas para a solução de problemas coletivos cotidianos [...]. O quarto, e não menos importante, é a aprendizagem dos conteúdos da escolarização formal, escolar, em formas e espaços diferenciados. Aqui o ato de ensinar se realiza de forma mais espontânea, e as forças sociais organizadas de uma comunidade têm o poder de interferir na delimitação do conteúdo didático ministrado bem como estabelecer as finalidades a que se destinam àquelas práticas [...]. (Ibidem, p. 95-96).

Esta forma de ensino é, então, a que não está anexada a uma instituição, i.e., aquela que se aprende por meio de condutas características e/ou tradições culturais feitas de forma espontânea em cada comunidade social, não sendo, portanto, organizada intencionalmente, mesmo estando conectada à educação formal e ao cotidiano.

A terceira forma de educação, não menos importante, é caracterizada pela educação não formal, sendo a que está vinculada a instituições como museus, ONGs, centros comunitários, esportivos, culturais, dentre outros. Gonh (2015, p. 18-19) concebe esta como:

Ao contrário do ensino, que se esforça por repassar certezas que são reconfirmadas na prova, a aprendizagem gerada nos processos de educação não formal busca a necessidade de flexibilidade diante de uma realidade apenas relativamente formalizada, valorizando o contexto do erro e da dúvida. (Ibidem, p. 18-19).

Tais modalidades devem ser feitas de forma socioeducativa, levando em conta problemáticas e contextos inseridos no ambiente social e familiar (Figura 1).

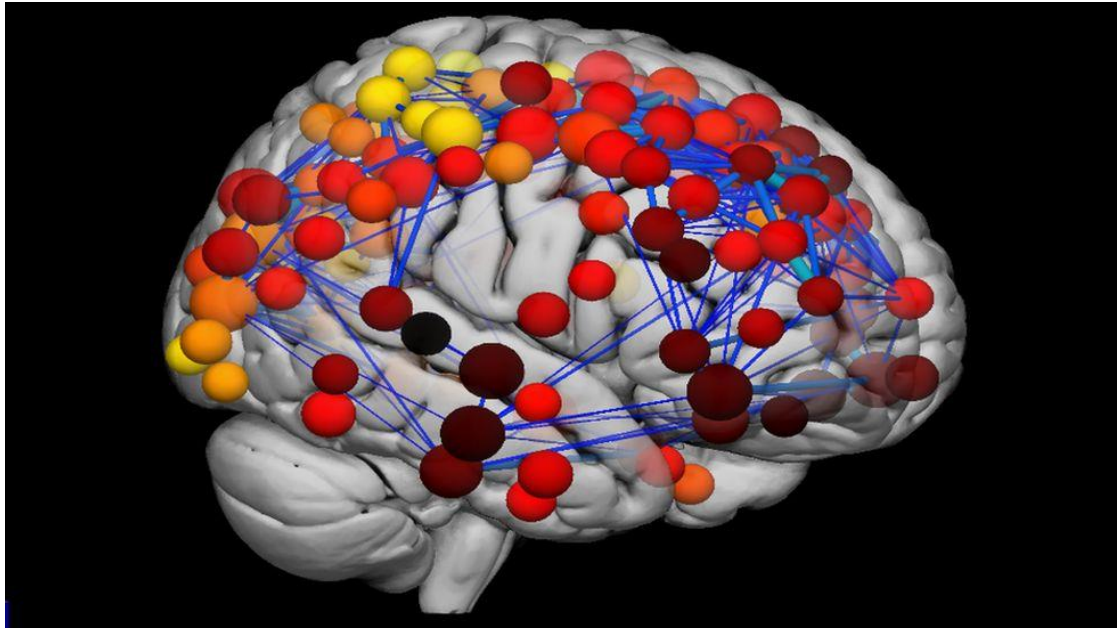


Figura 2: Ilustração didática de conexões, novas informações e memórias no cérebro.

Fonte: BBC (2016, online).

Dessa forma, algumas informações são transformadas em conhecimento, uma vez que a informação é acumulativa e o conhecimento é seletivo, acomodando aquilo que importa para cada indivíduo. Ou seja, melhorando a sua capacidade de autonomia.

[...] incorporar o mundo através do envio de informações para o cérebro a partir dos órgãos dos sentidos. Estes captam os estímulos do meio e os convertem [...] em impulsos nervosos, possibilitando a ativação em cadeia de numerosos neurônios, entre eles: neurônios que interpretam os aspectos simples das sensações; neurônios que fazem interpretações mais elaboradas, resultando nas percepções; neurônios que buscam na memória um significado para que os estímulos que chegam ao cérebro, possibilitando a compressão e análise da importância da informação para o sujeito e formação de memória nova daquilo que for significativo ou afetivamente importante. Portanto, pensar implica em utilizar numerosas circuitos neuronais já existentes; aperfeiçoar e ampliar estes circuitos, promover a formação de novas sinapses [...]. (MIRANDA NETO; MOLINARI; SANTANA, 2002, p. 14).

As considerações supracitadas estão em consonância com a Teoria de Aprendizagem Significativa, proposta inicialmente em 1963, por David Ausubel, e que teve releituras de Novak e Gowin (1984, 1988, 1996) e de Marco Antonio Moreira, desde 1982 até o momento. Nelas, as informações novas adquiridas têm interação

com os conhecimentos prévios, ou ideia-âncora, chamados por Ausubel de subsunção. Este é um conhecimento específico já sabido pelo indivíduo, que permitirá a formação de conhecimentos novos por meio das informações novas que são apresentadas, ou mesmo descobertas pelo próprio indivíduo.

Levando em consideração que estas ideias-âncoras são formadas pelos conjuntos de convivências individuais e coletivas de cada indivíduo, faz-se necessário que essas tenham seu desenvolvimento amplo, i.e., nas três formas de educação mencionadas – a educação formal, informal e não formal –, assim como no cenário atual, tendo a sua amplitude no ensino presencial, remoto ou híbrido, fazendo uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs).

Dentro destas novas tecnologias, também entrou o ensino híbrido. Como a junção do online com o offline. Esta modalidade é inovadora e inspiradora para as práticas didáticas porque promove uma integração entre o ensino presencial e as propostas de ensino online, visando a personalização do ensino (Figura 3).



Figura 3: Ensino híbrido.

Fonte: Hamine (2018, online).

Com a proposta de evoluir as práticas pedagógicas, diversos autores, como Horn e Staker (2015), Bacich, *et. al.* (2015) e Moran (2015), ponderam a personalização do ensino e buscam inserir a tecnologia na educação para associar o ensino presencial com o digital.

Para promover uma educação mais eficiente, não-padronizada e sim personalizada e interessante, tem-se nessa combinação do ensino-aprendizado presencial a interação alunos-professor, e a distância. Em tais momentos, o aluno geralmente estará sozinho, o que possibilita, assim, uma valorização tanto da discussão necessária quanto à utilização educacional das tecnologias digitais, aproveitando o que é vantajoso em cada uma das atividades realizadas, sendo aqui complementares e não-distintas.

Dois ambientes de aprendizagem que historicamente se desenvolveram de maneira separada, a tradicional sala de aula presencial e o moderno ambiente virtual de aprendizagem, vêm se descobrindo mutuamente complementares. O resultado desse encontro são cursos híbridos que procuram aproveitar o que há de vantajoso em cada modalidade, considerando contexto, custo, adequação pedagógica, objetivos educacionais e perfis dos alunos. (TORI, 2009, p. 121).

Dentre as possibilidades de contribuição das TDICs para a educação, devemos observar com um destaque maior a expansão das viabilidades de pesquisa, produção colaborativa, discussão coletiva, criadas em parceria com os participantes, afinal, se dão por meio da interação e criação de perspectivas novas.

as tecnologias ampliam as possibilidades de pesquisa online, de trazer materiais importantes e atualizados para o grupo, de comunicar-nos com outros professores, alunos e pessoas interessantes, de ser coautores, 'remixadores' de conteúdos e de difundir nossos projetos e atividades, individuais, grupais e institucionais muito além das fronteiras físicas do prédio. (MORAN, 2015, p. 19).

Ao levar em consideração a inserção das práticas com o auxílio das TDICs no processo de ensino-aprendizagem, modifica-se a cultura escolar tradicional. Isso coloca o que é possível para a melhor utilização de todos os espaços de aprendizagem,

para que, assim, tal cultura não fique restrita às informações de sala, às aplicações de exercícios em casa, ao ritmo mediano da turma e à própria metodologia do professor.

Dessa forma, trabalha-se um ensino dinâmico e personalizado que aborda os diversos recursos didáticos, os quais estão disponíveis para auxiliar todo esse processo, obtendo, assim, um processo de ensino-aprendizagem mais significativo e crítico.

Com isso, uma mudança mais profunda se faz necessária, modificando a cultura escolar, a gestão, os espaços de aprendizagem, o papel do aluno e do professor, assim como a forma avaliativa, pois, com toda essa inserção de tecnologia dando autonomia ao aluno e colocando as TDICs, modificamos o tempo, a forma, o ritmo e/ou o local.

Naturalmente, estamos nessa transição, portanto, torna-se necessária esta personalização do ensino. Para tanto, as modificações que podem ocorrer, na elaboração de atividades no ensino híbrido, são os desafios que o professor irá encontrar (Figura 4).



Figura 4: Desafios na elaboração do ensino híbrido.

Fonte: adaptada de Bacich (2016, p. 37).

Neste sentido, o ensino híbrido é qualquer prática educacional formal da qual um aluno participa do processo de ensino-aprendizagem, por ao menos uma parte, com um meio do ensino online, possibilitando alguma parte de controle do aluno sobre o lugar, o tempo, a abordagem e/ou o ritmo.

1.1 TEORIAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Ao pensar em ensino ou aprendizagem, isolados, temos que o ensino é: a “transmissão de conhecimentos, informações ou esclarecimentos úteis ou indispensáveis à educação ou a um fim determinado; instrução”, e que a aprendizagem é: o “ato ou efeito de aprender, especialmente profissão manual ou técnica”. Mas estas definições sozinhas não são suficientes, sendo necessária a junção destes dois conceitos em um só, tendo, então, o binômio ensino-aprendizagem, que, por definição, é: o “processo pedagógico, contínuo e recíproco que leva um indivíduo a assimilar, entender e colocar em prática aquilo que lhe é ensinado.” (DICIO, 2020, online).

Para Freire (1987, p. 79): "Ninguém educa ninguém, ninguém se educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo", ou seja, não existe ensino sem aprendizagem. Educar alguém é um processo dialógico, um intercâmbio constante. Nessa relação de ensino-aprendizagem, professor e aprendiz trocam de papéis diversas vezes durante o processo.

Levando em consideração que todos somos seres humanos com vivências socio-cultural-históricas singulares, em um território único para vivermos. Nas palavras de Morin (2004, p. 25): “Para pensar localizadamente, é preciso pensar globalmente, como para pensar globalmente é preciso pensar localizadamente”, ou seja, é imprescindível reconhecer o outro em sua complexidade, em suas esferas afetivas, biológicas, científicas, culturais, educacionais, linguísticas, sociais, entre outras.

Unidades complexas, como o ser humano ou a sociedade, são multidimensionais: dessa forma, o ser humano é ao mesmo tempo biológico, psíquico, social, afetivo e racional. A sociedade comporta as dimensões histórica, econômica, sociológica, religiosa... O conhecimento pertinente deve reconhecer esse caráter multidimensional e nele inserir estes dados: não

apenas não se poderia isolar uma parte do todo, mas as partes umas das outras. (MORIN, 2000b. p. 38).

Nesta perspectiva, a relação de ensino-aprendizagem promoverá o diálogo entre os conhecimentos, as competências e as habilidades curriculares, e os conteúdos, os conceitos e os processos únicos, compostos pelas vivências, pelas histórias e pela individualidade, as quais estão presentes nos círculos, nos territórios educativos, sejam estes dentro ou fora da escola, ou seja, na educação formal, na informal e na não formal.

Com estas considerações, outro conceito que deve ser lembrado é o de sala de aula. Ele, inicialmente, nos permite imaginar alunos e professores junto das carteiras e do quadro, delimitados por paredes, portas e janelas. Contudo, isso não ilustra o verdadeiro e complexo mundo diverso das experiências em sala de aula.

Sendo assim, sala de aula não é uma definição simples e fácil, porque tal conceito está localizado em um contexto muito amplo, que abrange não só os objetos de estudos por si só, mas também, uma diversidade de atuações sociais. Apenas a somatória das ideais dos elementos desse contexto seria capaz de se aproximar de uma possível definição.

De fato, aparenta ser simples, porém os processos envolvidos nessa prática são bem mais complexos. Tentando melhorar a explicação dessa pluralidade que descreve a sala de aula, diversos pesquisadores têm se empenhado nesta área (ALLWRIGHT; BAILEY, 1991; VAN LIER, 1996; NOVELI, 1997; MORAIS, 2004; BERGMANN; SAMS, 2016; CAMARGO; DAROS, 2018).

A sala de aula é interpretada, então, como um evento no espaço-tempo de comunicação, de transição, de complementação e de troca entre os participantes desse contexto social. Neste conceito amplo, a sala de aula é o cenário, por excelência, para o complexo e longo processo de ensino-aprendizagem que ocorre com as inter-relações entre ensino e aprendizagem. Afinal, a prática de ensino é essencial na formação docente, pois é por meio dela que o professor aprende a ensinar, portanto ensino e aprendizagem estão intrinsecamente ligados.

1.1.1 Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) – David Paul Ausubel

David Paul Ausubel (1918 – 2008) investigou, estudou e descreveu em teoria o processo de aquisição e retenção de conhecimento por meio de uma perspectiva cognitivista (AUSUBEL, 1963, 1968, 1982, 2000, 2003). Seus estudos foram inicialmente chamados de Teoria da Aprendizagem Verbal Significativa, por privilegiar o papel da linguagem verbal, mas, posteriormente, foi renomeada por ele mesmo como Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Em 1963, publicou a primeira versão de seu livro em inglês, *Psychology of Meaningful Verbal Learning: An Introduction to School Learning*.

Segundo Moreira (2011b), os fatores de facilitação da aprendizagem significativa nas salas de aula, que Ausubel estabelece, estão organizados em princípios programáticos facilitadores para essa aprendizagem e são: a diferenciação progressiva; a reconciliação integrativa; a organização sequencial e a consolidação.

A diferenciação progressiva é o princípio segundo o qual as ideias e conceitos mais gerais e inclusivos do conteúdo da matéria de ensino devem ser apresentados no início da instrução e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhe e especificidade. [...]

A reconciliação integrativa é, então, o princípio programático segundo o qual a instrução deve também explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes. [...]

A organização sequencial, como princípio a ser observado na programação do conteúdo para fins instrucionais, consiste em sequenciar os tópicos, ou unidades de estudo, de maneira tão coerente quanto possível (observados os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa) com as relações de dependência naturalmente existentes na matéria de ensino.

O princípio da consolidação, por sua vez, é aquele segundo o qual insistindo-se no domínio (ou mestria) do que está sendo estudado, antes que novos materiais sejam introduzidos, assegura-se contínua prontidão na matéria de ensino e alta probabilidade de êxito na aprendizagem sequencialmente organizada. (MOREIRA, 2011b. p. 41-42, grifo do autor).

Os dois primeiros princípios, diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, segundo Moreira (2011b), são processos da dinâmica da estrutura cognitiva, neste caso, consistem em princípios programáticos instrucionais potencialmente facilitadores da aprendizagem significativa.

Além disso, Moreira (2011b) traz que Ausubel chama a atenção para o processo da consolidação, o qual é coerente com premissa básica da teoria ausubeliana: o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Mesmo assim, é relevante não confundir a consolidação com os pré-requisitos comportamentalistas – em que o aprendiz deve ter certos comportamentos sem essencialmente atribuir-lhes significados. Ademais, é preciso levar em conta que a aprendizagem significativa é progressiva.

Diante de todo o exposto, quanto à afirmação de Ausubel (2003), de que o elemento que tem maior importância para o processo de aprendizagem significativa é “o que o aluno já sabe”, ou seja, os conhecimentos prévios – os quais Ausubel (2003) chama de “subsunçor” – que constituem a ideia ancoram o que podemos entender como um ponto cognitivo que o aluno dará: um novo significado ao conhecimento.

Dessa forma, o aprendiz pode vir a ter a predisposição para relacionar e correlacionar informações novas com os conhecimentos anteriores, podendo, assim, transformar estes em um conhecimento novo. Isto deve ser feito de forma não-arbitrária e não-literal. A aprendizagem significativa ocorre quando existe a modificação ou um crescimento do subsunçor.

Entretanto, mesmo que o subsunçor seja uma condição necessária, não é, por si só, uma condição suficiente para obter um aprendizado significativo, uma vez que é possível ter informações que não sejam focadas. Diante disso, Ausubel (2003) aponta que a aprendizagem significativa exige:

- 1) Os aprendizes manifestem um mecanismo de aprendizagem significativa (interesse);
- 2) O material que apreendem seja potencialmente significativo para os mesmos, nomeadamente relacional com as estruturas de conhecimento particulares, numa base não arbitrária e não literal. (Ibidem, 2003, p. 72).

Assim, para Ausubel (2003), primeiro, deve haver uma disposição do aprendiz para relacionar o novo material a ser apreendido, de forma não arbitrária e não literal à própria estrutura de conhecimentos. Se o indivíduo memorizar o conteúdo de forma arbitrária e literal, então a aprendizagem será mecânica, ou seja, não focada.

E, por segundo, o conteúdo deve ser lógico e psicologicamente significativo: o significado lógico depende apenas da natureza do conteúdo, e o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem, cada aprendiz efetua uma seleção dos conteúdos que têm ou não significado para si próprio (AUSUBEL, 2003).

A aprendizagem na sala de aula ou de matérias refere-se, essencialmente, à aquisição, retenção e utilização de grandes conjuntos de informações significativas, tais como factos, proposições, princípios e vocabulário das várias disciplinas. Por conseguinte, é importante tornar explícito, logo de início, o que se pretende dizer com significado e aprendizagem significativa. O próprio conceito de conhecimento pode referir-se quer à soma total de todas as matérias e conteúdos organizados que um indivíduo possui numa determinada área, ou meramente à posição relativa ou relações específicas de elementos componentes particulares na estrutura hierárquica da disciplina como um todo. (AUSUBEL, 2003, p. 71).

Desse modo, a TAS, de Ausubel, subsidia as diretrizes, os princípios e uma estratégia potencialmente facilitadora da aprendizagem significativa. Isto, na prática, pode ser realizado de diversas formas, mas, é imprescindível mencionar um instrumento desenvolvido, desde 1972, por Novak (1991, 1997), como estratégia facilitadora, baseado principalmente na diferenciação progressiva e na reconciliação integrativa, muito exitoso na sala de aula, que são os mapas conceituais (MOREIRA, 2011b).

1.1.2 Teoria de Mapas Conceituais

– Joseph Donald Novak

Um mapa conceitual representa uma reunião de conceitos e/ou associações que o indivíduo correlaciona sobre um determinado assunto, visando expor uma

estrutura cognitiva de forma estruturada (MOREIRA, 2010).

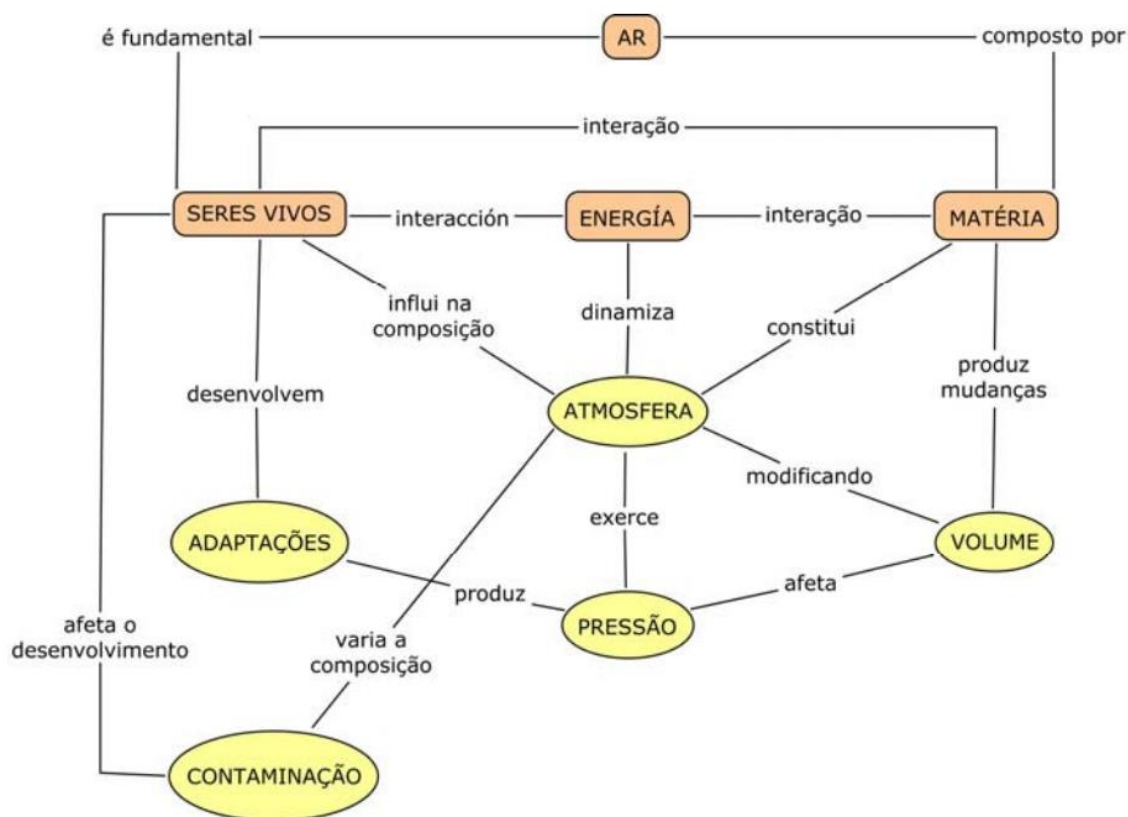


Figura 5: Modelo para elaboração do Mapa Conceitual.

Fonte: MOREIRA (1999b, p. 3).

A teoria dos mapas conceituais, desenvolvida por Novak (1991, 1997) e colaboradores, na Universidade de Cornell, a partir de 1972, toma por base a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Tal teoria se trata de uma técnica que destaca conceitos, tendo em vista os princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (MOREIRA, 2006c).

Assim sendo, [...] mapas conceituais devem ser entendidos como diagramas bidimensionais que procuram mostrar relações hierárquicas entre conceitos de uma disciplina e que derivam sua existência da própria estrutura conceitual desse corpo de conhecimento. (MOREIRA, 2006c, p. 10, grifo do autor).

Os mapas conceituais podem ser utilizados como recurso didático e possuem

diversas outras aplicações para a educação, tais como, segundo Silva, Claro e Mendes (2017, p. 8):

- a) apresentar um conteúdo;
- b) estudar um conteúdo;
- c) fazer síntese de texto;
- d) organizar o conteúdo programático de uma disciplina;
- e) avaliar a aprendizagem.

Silva, Neves e Silva (2014) alertam que a confecção de mapas conceituais feita pelo aprendiz ou pelo professor é em um elemento estratégico com potencial eficácia, contudo, se for apenas realizado pelo professor, incide em uma apresentação metodológica a partir dos métodos tradicionais. Quando apresentado, o professor mostra o conteúdo da sua base cognitiva, por meio de sua narração. Ao ser efetuado pelo aluno, recai em uma perspectiva construtivista interacionista social, que está nas suposições iniciais da aprendizagem significativa.

1.1.3 Teoria de Aprendizagem Significativa Crítica – Marco Antonio Moreira

Moreira (2010) argumenta que é preciso mudar o foco da aprendizagem e do ensino que busca facilitá-la, e Postman e Weingartner (1969) concordam com isso ao afirmarem que o foco deve estar na aprendizagem significativa subversiva. Isso, para Moreira (2010), seria mais bem denominado como aprendizagem significativa crítica, que, em sua visão, permitirá ao sujeito:

[...] fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela, manejar a informação, criticamente, sem sentir-se impotente frente a ela; usufruir a tecnologia sem idolatrá-la; mudar sem ser dominado pela mudança; viver em uma economia de mercado sem deixar que este resolva sua vida; aceitar a globalização sem aceitar suas perversidades; conviver com a incerteza, a relatividade, a causalidade múltipla, a construção metafórica do

conhecimento, a probabilidade das coisas, a não dicotomização das diferenças, a recursividade das representações mentais; rejeitar as verdades fixas, as certezas, as definições absolutas, as entidades isoladas. (MOREIRA, 2010, p. 20).

Também, Moreira (2010) apresenta um mapa conceitual para aprendizagem significativa crítica, argumentando que focou na aprendizagem e no ensino e que deixou de lado o currículo o contexto – ou seja, o meio social e o educativo, que possibilitam a implementação da aprendizagem significativa crítica – e a avaliação, por ter como foco a aprendizagem significativa crítica.

No entanto, sem uma avaliação coerente com tais princípios, a aprendizagem continuará sendo mecânica, apesar de poder ser significativa em alguns casos, mas nunca crítica, no sentido antropológico, subversivo, proposto por esse autor.

Moreira (2010) enumera 11 princípios necessários para que ocorram aprendizagens significativas críticas:

1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos. (Princípio do conhecimento prévio.)
2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas. (Princípio da interação social e do questionamento.)
3. Aprender a partir de distintos materiais educativos. (Princípio da não centralidade do livro de texto.)
4. Aprender que somos perceptores e representantes do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador.)
5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem.)
6. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras. (Princípio da consciência semântica.)
7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros. (Princípio da aprendizagem pelo erro.)
8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência. (Princípio da desaprendizagem.)

9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar. (Princípio da incerteza do conhecimento.)

10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino. (Princípio da não utilização do quadro-de-giz.)

11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. (Princípio do abandono da narrativa.) (MOREIRA, 2010, p. 20).

1.2 TEORIA FÍSICA

Nesta seção, apresenta-se uma breve revisão das teorias da Física que estão presentes nos estudos das ondas eletromagnéticas, em especial a luz, e, posteriormente, a Radiação Ultravioleta, contendo alguns dos fatos históricos, personagens considerados importantes para o desenvolvimento e a contextualização destes conhecimentos científicos.

Na classificação atual da Física, considera-se quatro interações fundamentais na Natureza, são elas: gravitacional, nuclear fraca, eletromagnética e nuclear forte (ordem crescente de intensidade). Porém, utilizaremos apenas a interação eletromagnética como foco neste trabalho.

1.2.1 Eletromagnetismo - Óptica: breve histórico

O eletromagnetismo, segundo Nussenzveig (1997), é a interação mais importante e mais presente no nosso cotidiano, com efeitos diretos na estrutura da matéria – na escala macroscópica – e é o responsável por quase todos os fenômenos físicos e químicos que estão ligados diretamente em nossa vida diária.

Porém, isso não quer dizer que seus efeitos possam ser analisados somente pela física clássica. Tudo aquilo que está relacionado com a escala atômica – mas que também possuem efeitos macroscópicos – se faz necessário utilizar a física

quântica para seu melhor entendimento, todavia, a interação eletromagnética também será considerada neste tratamento quântico.

A Óptica Geométrica converge estudos, tomando as hipóteses da natureza da luz, dos estudos de sua trajetória, das causas das distorções da visão, do funcionamento dos espelhos, da estrutura atômica e suas interações, dentre outras aplicações.

Ondas eletromagnéticas, em alguns casos, se enquadra nos estudos de Óptica (do grego antigo, *ὀπτική*, transliterado como *optiké*, significa "visão") que é uma subdivisão do Eletromagnetismo, porém, também contém outras características que são estudos que precisaram dos conceitos da Mecânica Quântica.

Para contextualizarmos de forma histórica breve, tem-se que, em 1861, James Clerk Maxwell (1831 – 1879) conclui a formulação das equações básicas do campo eletromagnético, e então deduz dessas leis, as Ondas Eletromagnéticas matematicamente, as quais propagam-se com a velocidade da luz, inferindo então a Teoria Onda Eletromagnética da luz, publicada em 1873 na obra *A Treatise on Electricity and Magnetism* – em português, Tratado sobre Eletricidade e Magnetismo – (MAXWELL, 1873a, 1873b).

Este livro é o coroamento da obra de Maxwell em eletromagnetismo e é onde expõe com mais clareza e profundidade sua teoria eletromagnética baseada na existência de um éter. Dentro desta visão uma carga elétrica não interage com outra a distância, mas sim através do éter eletromagnético. A velocidade de propagação da interação é finita e igual à velocidade da luz. Maxwell conclui ainda que a própria luz é composta de ondas eletromagnéticas transversas se propagando neste meio. Ou seja, ele identifica o éter da óptica (responsável pela transmissão da luz) com o éter eletromagnético (responsável na sua concepção pela transmissão das interações entre cargas e correntes elétricas). (ASSIS, 1992, p. 53).

Tal obra foi baseada nos estudos anteriores que encontrou melhor clareza e objetividade, mas deixando de fora outros estudos, “Ao descrever os fenômenos, devo selecionar aqueles que ilustram mais claramente as ideias fundamentais da teoria, omitindo outras, ou reservando-as até o leitor é mais avançado”. (MAXWELL, 1873a, p. vi).

Os estudos relatados foram de C. A. Coulomb, H. C. Ørsted, J.B. Biot, F. Savart, A.M. Ampère, C. F. Gauss, W. E. Weber, G. F. B. Riemann, J. F. e C. Neumann, L. Lorenz e, de forma mais aprofundada, os de M. Faraday, assim como, vários tratados sobre o tema, dentre eles: *A. de la Rive, Galvanismus de Wiedemann, Riess Reibii- ngselektricitat, Beers Einleitung in die Elektrostatik & c.*, como Maxwell cita no prefácio do tratado.

Grande progresso tem sido feito na ciência elétrica, principalmente na Alemanha, pelos cultivadores da teoria de ação a distância. As valiosas medições elétricas de W. Weber são interpretadas por ele de acordo com sua teoria, e a especulação eletromagnética que foi originada por Gauss, e continuada por Weber, Riemann, J. [F.] e C. Neumann, [L.] Lorenz, etc., está baseada na teoria de ação a distância, mas dependendo ou diretamente da velocidade relativa das partículas, ou da propagação gradual de alguma coisa, seja potencial ou força, de uma partícula à outra. O grande sucesso obtido por estes homens eminentes na aplicação da matemática aos fenômenos elétricos fornece, como é natural, peso adicional às suas especulações teóricas, de tal forma que aqueles que, como estudantes da eletricidade, se voltam em direção a eles como as maiores autoridades na eletricidade matemática, provavelmente assimilariam, junto com seus métodos matemáticos, suas hipóteses físicas. Estas hipóteses físicas, contudo, são completamente diferentes da maneira de olhar os fenômenos que adoto, e um dos objetivos que tenho em vista é que alguns daqueles que desejam estudar eletricidade podem, ao ler este tratado, ver que há uma outra maneira de tratar o assunto, que não é menos apta a explicar os fenômenos, e que, apesar de que em algumas partes ela possa parecer menos definida, corresponde, como penso, mais fielmente ao nosso conhecimento atual, tanto naquilo que afirma quanto naquilo que deixa indeciso. De um ponto de vista filosófico, além disto, é extremamente importante que os dois métodos sejam comparados, ambos os quais tiveram sucesso na explicação dos principais fenômenos eletromagnéticos, e ambos os quais tentaram explicar a propagação da luz como um fenômeno eletromagnético e de fato calcularam sua velocidade, enquanto que ao mesmo tempo as concepções fundamentais sobre o que acontece, assim como a maioria das concepções secundárias das quantidades envolvidas, são radicalmente diferentes. (MAXWELL, 1873a, p. xi-xii apud ASSIS, 1992, p. 53-54).

Segundo Assis (1992), a velocidade da luz surgiu na física, pela primeira vez como grandeza, na força de Weber, de 1846, exposta no trabalho de Wilhelm Weber, em que ele representou a grandeza pela letra c , símbolo adotado ainda hoje. Em termos do Sistema Internacional de Unidades (SI), vem que $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$.

Ainda que, tal grandeza tenha adentrado na física em 1846, ela só foi aferida pela primeira vez dez anos depois. O responsável por isto também foi Weber e seu colaborador Rudolf Kohlrausch. O valor que obtiveram, publicado em 1856, foi que $c = 3,11 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, realizado em um experimento com um jarro de Leyden. Neste trabalho, os autores estabeleceram a razão da carga elétrica medida de forma estática para a mesma carga elétrica medida de forma eletrodinâmica.

Cabe questionar que a velocidade prevista teoricamente para a luz era em relação a que? Qual era o referencial que deveria ser colocado para aferir esta velocidade? Se outro referencial fosse adotado, obter-se-ia o mesmo valor para a velocidade da luz?

Estas perguntas são pertinentes, uma vez que, ao considerar as transformações de Galileu aplicadas para a Luz, teríamos que, para um observador que se move num referencial com velocidade v – nesse caso o referencial seria o éter luminífero –, as medidas para a velocidade da luz deveriam ser valores que estariam compreendidos entre $(c - v)$ e $(c + v)$, resposta que não era apresentada nas equações de Maxwell.

Também se esperava que a luz, como todas as outras radiações eletromagnéticas, deveria ter um meio para se propagar, assim como faziam as ondas mecânicas. Ou seja, esperava-se que a luz atravessasse um espaço permeado por uma substância, a qual preencheria todo o espaço.

Tal substância recebeu o nome de Éter Luminífero, cuja existência foi, a princípio, teorizada e, para a constatação ou detecção deste meio, se fez necessária a realização da experimentação., de modo que diversos experimentos foram realizados ao longo do século XVIII. No entanto, por conta da elevadíssima velocidade da luz, estes experimentos continham baixa precisão e não eram concisos o suficiente para distinguir uma velocidade aferida como c ou $c + v$.

Apenas após a segunda metade do Séc. XIX, dentre outros experimentos, dois se destacaram em se tratando da tentativa de caracterizar a natureza do Éter Luminífero. O primeiro deles, realizado por Hippolyte Fizeau em 1851, e o experimento de Michelson–Morley. Ambos foram importantes na tentativa de detectar o Éter, contudo,

o de Michelson–Morley é o mais famoso e notável experimento para detectar essas pequenas variações na velocidade de propagação da luz, realizado em 1881.

O experimento que é conhecido como interferômetro de Michelson-Morley aferiu a velocidade da luz utilizando o movimento de translação da Terra e a sua velocidade. Ele é constituído de dois braços de mesmo comprimento, dispostos perpendicularmente entre si. A tentativa era de separar em dois feixes com menor intensidade do que o feixe principal, dispostos com que refletissem separadamente e se unissem no seu caminho de volta, expondo no anteparo os feixes de luz recombinados.

Como os braços do aparato tinham o mesmo comprimento, a intensidade do feixe ao incidir sobre o anteparo dependeria de interferências destrutivas ou construtivas apenas. Se os feixes de luz tivessem diferentes velocidades em ambas as direções, os padrões de interferência deveriam ser observados nos anteparos. Era exatamente tal comprovação que o experimento propunha.

Ao ser considerado que um dos feixes se move em uma direção paralela à de propagação do Éter, a velocidade medida para a luz deveria ser c e ao mover-se contra o Éter seria $c - v$. Esperava-se encontrar um padrão de interferência destrutiva, uma vez que se trata de um número semi-inteiro. Ou seja, se existisse uma velocidade relativa do aparato que viajava junto com a Terra, em relação à velocidade da luz, padrões de interferência destrutiva deveriam ser observados.

A precisão do aparato utilizado por Michelson e Morley podia detectar desvios da ordem de $10^{-2} = (0,01)$, que eram muito precisos, sendo possível obter o desvio. Mas, o resultado obtido para o valor do desvio foi de **zero**.

Dessa forma, o interferômetro de Michelson-Morley tem função crucial na história da ciência e seu desfecho ajuda a deixar a ideia de espaço e tempo como grandezas dissociáveis e absolutas. Mesmo assim, era cada vez maior a quantidade de hipóteses *ad hoc* e explicações necessárias para salvar a ideia do Éter. Abandonar essas concepções foi algo muito incômodo e difícil para a ciência da época, uma vez que não houve um modelo satisfatório que explicasse a aparente incoerência com a mecânica que se conhecia.

Maxwell traz os contextos das observações e os estudos anteriores sobre a luz, como a onda eletromagnética. Algo que este destaca em um artigo, após chegar na possibilidade de o meio transmitir oscilações transversais eletromagnéticas, fazendo tal famosa afirmação:

A velocidade da luz no ar, como determinada pelo Sr. Fizeau, é 70 843 léguas por segundo (25 léguas por grau) o que dá $V = 314\,858\,000\,000$ milímetros [por segundo] = 195 647 milhas por segundo (137). A velocidade das ondas transversas em nosso meio hipotético calculada a partir dos experimentos eletromagnéticos dos Srs. Kohlrausch e Weber, concorda tão exatamente com a velocidade da luz calculada a partir dos experimentos ópticos do Sr. Fizeau, que dificilmente podemos evitar a dedução de que a luz consiste de ondas transversas do mesmo meio que é responsável pelos fenômenos elétricos e magnéticos. (MAXWELL, 1873a, p. 500 apud ASSIS, 1992 p. 55-56).

O livro de Maxwell (1873a) despertou um interesse particular em dois pesquisadores notáveis que, em 1884, apresentaram trabalhos independentes que resultaram na representação vetorial moderna das equações de Maxwell, as quais conhecemos atualmente. São eles: o matemático e engenheiro eletricitista inglês, Oliver Heaviside, e o físico estadunidense, Josiah Willard Gibbs.

Heaviside transformou as equações de Maxwell para o eletromagnetismo, que consistiam em 20 equações em 20 variáveis, nelas empregou os operadores vetoriais para reformular 12 dessas 20 equações em quatro equações com quatro variáveis ($\vec{E}, \vec{B}, \vec{J}$ e ρ), a forma pela qual eles são conhecidos desde então.

Nesta formulação de Heaviside, apresentadas nos três volumes de sua obra *Electromagnetic Theory* (vol. I – 1893, vol. II – 1899 e vol. III – 1912), serão expostas as equações de Maxwell neste trabalho.

Apesar de ser menos conhecido, Heaviside também propôs, de forma independente (de Gibbs), o Vetor de Poynting – apesar de tal autor ter tido o único emprego de telegrafista durante a vida, não almejando, assim, postos acadêmicos ou outro emprego.

Outro fato ainda mais desconhecido é o de que as equações de Heaviside e as equações de Maxwell não são exatamente as mesmas e, de fato, é mais fácil modificar as primeiras para torná-las compatíveis com a física quântica. Quanto a Gibbs, ainda que sua pesquisa sobre óptica física seja menos conhecida hoje do que seus outros trabalhos, ele fez contribuições significativas para o eletromagnetismo, utilizando as equações de Maxwell à teoria de processos ópticos, mais especificamente na dispersão, na birrefringência e na atividade óptica.

Nestes estudos, Gibbs aponta que tais processos podem ser explicados com as equações de Maxwell sem quaisquer suposições especiais sobre a estrutura microscópica da matéria e até mesmo sobre a natureza do meio em que as ondas eletromagnéticas deveriam se propagar, ainda considerado, o Éter luminífero.

Gibbs também enfatizou que a ausência de uma onda eletromagnética longitudinal, necessária para dar conta das propriedades observadas da luz, é automaticamente garantida pelas equações de Maxwell – em virtude do que agora é chamado de "invariância de calibre" –, enquanto nas teorias mecânicas da luz, como a de Lord Kelvin, tal ausência deve ser imposta como uma condição *ad hoc* às propriedades do Éter.

Como é possível observar no último dos 5 artigos sobre óptica física de Gibbs (1889), concluiu-se que a teoria elétrica não é obrigada a inventar hipóteses, mas apenas a aplicar as leis fornecidas pela ciência da eletricidade; e que é difícil de explicar as coincidências entre as propriedades elétricas e ópticas da matéria, a menos que consideremos os movimentos da luz como elétricos.

Pouco depois disso, a natureza eletromagnética da luz foi demonstrada pelos experimentos de Heinrich Rudolf Hertz na Alemanha. Este, em 1886, criou o modelo clássico mais simples na "geração" de ondas eletromagnéticas, a antena dipolar.

Em 1887, utilizando um simples *spark-gap transmitter* (do inglês, emissor de faísca ou transmissor de centelha) para lecionar fenômenos eletromagnéticos a seus alunos, acabou conduzindo a criação, com o auxílio de seus alunos, de aparelhos emissores e detectores de ondas de rádio que foram usados para demonstrar a existência de ondas eletromagnéticas previstas nas teorias de Maxwell.

As experiências de Hertz, que objetivavam explicitar a teoria eletromagnética da luz, foram, acidentalmente, as primeiras observações que evidenciaram o efeito fotoelétrico, que contribuiu para, novamente, discutir a teoria corpuscular da luz, pois anteriormente já havia debates consideráveis sobre tais comportamentos de partícula. Cabe salientar também que a teoria corpuscular não é a mesma conhecida hoje, que dita a dualidade onda-partícula da luz.

A teoria corpuscular da luz vem desde os conceitos gregos de atomismo da Antiguidade, que descreve a luz sendo composta por partículas discretas, denominadas "*corpúsculos*", os quais apresentam uma trajetória em linha reta, com velocidade limitada.

No século XVII, Isaac Newton formulou um modelo para esclarecer a natureza da luz, compilado e publicado na obra *Óptica: ou um tratado das reflexões, refrações, inflexões e cores da luz* (*Optiks: or, a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light*, no original em inglês) de 1704, quando Newton tinha 62 anos, embora suas teorias tenham sido criadas quando ele tinha 23 anos. “*Esse livro continua tão importante hoje como quando foi publicado*”, afirma Assis (2004, online).

A luz solar tem um espectro contínuo, decomposto prioritariamente por Isaac Newton no manuscrito *Of Colours*, de 1666, em seu experimento 63, no qual são citadas dez cores: violeta extremo, violeta intenso, índigo, azul, verde, a fronteira entre verde e amarelo, amarelo, laranja, vermelho e vermelho extremo. Já no seu livro *Opticks*, são citadas sete cores: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul (ciano), índigo (azul escuro) e violeta. O número sete – arbitrário por definição – foi escolhido pelo autor por analogia ao número de notas em uma escala musical (RIBEIRO, 2017).

O modelo de Newton considerava que a natureza da luz era material, composta por corpúsculos (ou partículas) que emergiam de uma fonte, sendo capaz de explicar os fenômenos de reflexão, refração e dispersão que eram emergentes nesta época. Mas os fenômenos de difração, interferência e polarização da luz não eram explicados por tal modelo. Assim se foram cerca de 100 anos de tentativas e experimentos sem sucesso.

Em um de seus experimentos, Newton evidenciou que a luz colorida não altera suas propriedades, então, ao separar um feixe colorido e brilhá-lo em vários objetos, de forma independente de ser refletida, refratada ou transmitida, a luz monocromática permanecia com a mesma cor.

Assim, ele observou que a cor é o resultado de objetos que interagem com a luz já colorida, em vez de objetos gerando a própria cor. Isso é conhecido como “*Teoria da cor de Newton*” (BALL, 1908) e é um argumento válido até hoje que se tem caracterizado de maneira mais coerente pela frequência da onda, uma vez que esta não se altera ao mudar de meio de propagação.

Com todo o prestígio de Newton, sua teoria era amplamente aceita, mas também foi contraposta por ideias de Christiaan Huygens, John Flamsteed, e principalmente de Robert Hooke. Ademais, Newton, em diversas apresentações, demonstrou experimentos que eram congruentes com os seus princípios de mundo, i.e., o modelo mecânico.

Apesar disso, o modelo desenvolvido a partir da teoria ondulatória do físico neerlandês Christiaan Huygens, foi exibido à Academia Real de Ciências da França em 1678 e publicada em 1690. Isso gerou discussões sobre ambas as propostas por anos, pois as duas teorias eram, por vezes confusas, com suposições incertas no que tangia as então supostas ondas para a natureza da luz.

Contudo, após vários anos do início das discussões, tudo começa a ser alterado quando James Clerk Maxwell, Augustin-Jean Fresnel e Thomas Young apresentam fortes evidências experimentais e embasamentos matemáticos sólidos que fundamentavam a teoria de Huygens, por meio de teorias relacionadas como o Eletromagnetismo, a Óptica Ondulatória e a Experiência de dupla fenda, assegurando, assim, a teoria de que a luz é uma onda.

A *radiação térmica* emitida por um corpo com temperatura elevada, como o Sol, tinha grandes discrepâncias entre a teoria da física clássica junto das leis de radiação térmica somadas aos dados experimentais observados para pequenos comprimentos de onda, a partir do comprimento de onda UV, ficou conhecido como a *Catástrofe do Ultravioleta*.

Tais fatos incentivaram Max Planck, em 1900, a criar algumas hipóteses estranhas e, então, anunciar que conseguiu obter uma função que era coerente com os resultados experimentais, culminando, assim, na formulação da hipótese, revolucionária, do *quantum*. Tal ação originou a teoria quântica, e mais tarde a Mecânica Quântica.

No ano considerado *annus mirabili* (do latim, ano maravilhoso) da vida científica de Albert Einstein, 1905, ele utilizou a hipótese de Planck para explicar o fenômeno observado por Hertz, o efeito fotoelétrico, que, até então, não era compreendido pela Mecânica Clássica. Nesse período, Einstein descreve pela primeira vez os *fótons*, que são os corpúsculos de luz. Para tal feito, Einstein foi condecorado com o Prêmio Nobel de Física de 1921.

O espectro de emissão da luz de vapores atômicos, como os presentes em lâmpadas de sódio, é um espectro de raias, diferente do espectro contínuo como a luz solar. Esse era outro fato que não tinha explicação na Física Clássica, tanto quanto não explicava a existência e as características dos átomos.

No entanto, explicações com a hipótese quântica se fazem necessárias aqui, são plausíveis e têm consistência lógica, além de terem correlações estabelecidas

com os experimentos até então existentes, e com alguns que ainda seriam propostos e desenvolvidos. Isso permitiu rearmar as características ondulatórias e corpusculares da luz.

A teoria ondulatória se aplica para alguns fenômenos da luz, explica de forma satisfatória e pode ser evidenciada por diversos experimentos, enquanto a teoria corpuscular, i.e., composta por minúsculas partículas que possuem quantidades determinadas de energia – o *quantum* –, explica outros fenômenos e pode ser evidenciada por outros experimentos.

Não existe um experimento que evidencie as duas naturezas da luz ao mesmo tempo. Sendo assim, as duas teorias são utilizadas, portanto, depende somente de qual é o fenômeno que está sendo analisado para escolher qual teoria aplicar.

É formidável salientar, nesse momento, que hoje o modelo de comportamento dual – dualidade onda-partícula – da luz é o mais aceito e adotado pela comunidade científica. Isso estabelece que ambas as teorias, a ondulatória e a corpuscular, são usadas para explicar a natureza da luz, e podem ser generalizadas para as ondas eletromagnéticas.

Dessa forma, podemos contextualizar a Radiação UV de duas maneiras, como uma Onda Eletromagnética e como *Fótons* (não-ionizantes e ionizantes), por isso, esta seção é subdividida em duas outras partes principais: Ondas Eletromagnéticas; e *Fótons* UV e a Interação com a Matéria.

1.2.1.1 Eletromagnetismo: Ondas Eletromagnéticas

O CONCEITO DE ONDA

Os estudos dos fenômenos ondulatórios são alguns dos conceitos mais importantes na física. Um dos mais fundamentais é o próprio conceito do que é uma onda. Nas experiências cotidianas, as ondas mais comuns são provavelmente as ondas na superfície da água, embora constituam um dos tipos mais complicados de onda.

Em geral, podemos considerar uma onda como a propagação de uma perturbação de uma posição para outra em um meio. Em um sentido amplo, considera-se

onda quando a transmissão do efeito entre dois pontos distantes ocorre sem que haja transporte direto de matéria de um desses pontos ao outro, com transporte de energia e momento linear. (NUSSENZVEIG, 2016).

Ao considerarmos um pulso de onda que se propaga em um movimento progressivo em relação a sua origem (que se desloca como um todo para a direita, sem mudar de forma, com velocidade v .), quando comparamos o referencial de posição após um tempo com o referencial de posição de origem, temos que a onda não muda com o tempo neste novo referencial, ou seja, a relação entre os dois referenciais é dada por uma transformação de Galileu, de modo que no referencial original,

$$y(x; t) = f(x - vt) \quad (\text{Eq. 1})$$

descreve uma onda progressiva, que se propaga para a direita, com velocidade v .

Para uma onda harmônica, que é um caso particular importante, temos que a perturbação, em um determinado ponto x , é correspondente a uma oscilação harmônica simples. O qual a equação é uma função senoidal:

$$y(x; t) = A \cos (kx - \omega t + \delta) \quad (\text{Eq. 2})$$

Já quando consideramos uma onda unidimensional, se associa a equação de movimento com a propagação de onda, podemos calcular a aceleração num dado ponto x . A velocidade e a aceleração em x se obtêm fixando x e derivando em relação ao tempo, o que corresponde a tomar derivadas parciais,

$$v = \frac{\partial}{\partial t} y(x; t) \quad \text{e} \quad a = \frac{\partial^2}{\partial t^2} y(x; t)$$

resolvendo estas equações utilizando o cálculo diferencial, chega-se na expressão:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$$

Pode-se considerar, então, a equação de onda unidimensional, sendo:

$$\boxed{\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0} \quad (\text{Eq. 3})$$

CONCEITO DE ONDA ELETROMAGNÉTICA

Para no conceito de equação de onda eletromagnética, consideramos conhecer as equações de Maxwell, que foram deduzidas de experiências práticas individualizadas por diferentes autores e podem ser representadas de três formas, são elas: integral, diferencial e tensorial. Apresentam-se, no quadro 1.2, as leis do eletromagnetismo como foram escritas por Oliver Heaviside, em suas formas integral e diferencial, que são as estudadas em nível de graduação no curso de eletromagnetismo.

As quatro Equações Modernas de Maxwell constam na publicação de Oliver Heaviside, em 1884, de modo que todas apareceram no artigo, de 186,1 de Maxwell. Contudo, Heaviside apresentou as equações na forma vetorial moderna, usando o operador *nabla* (∇), elaborado por William Rowan Hamilton em 1837.

Heaviside criou termos importantes que são utilizados até hoje nos estudos de eletromagnetismo, dentre eles: *permeability* – do inglês, permeabilidade (magnética) – em setembro de 1885, *permittance* – atualmente traduzido do inglês como capacitância – e *permittivity* – do inglês, permissividade (elétrica), denotada pela letra grega ϵ (*épsilon*) – em junho de 1887. Ademais, Heaviside ainda postulou a existência da ionosfera, que permitia a transmissão entre continentes das ondas de rádio, em 1902.

Quadro 1: Equações de Maxwell em formas integrais e diferenciais.

Considerando $\vec{E} = \vec{E}(\vec{r}; t)$ $\vec{B} = \vec{B}(\vec{r}; t)$	Integral	Diferencial
Lei de Gauss (Eletricidade)	$\oint_s \vec{E} \cdot \hat{n} dA = \iiint_v \frac{\rho}{\epsilon_0} dV$	$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$
Lei de Gauss (Magnetismo)	$\oint_s \vec{B} \cdot \hat{n} dA = 0$	$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$
Lei de Faraday-Lenz	$\oint_c \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \iint_s \left(\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{S}$	$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
Lei de Ampère-Maxwell	$\oint_c \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \iint_s \left(\vec{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{S}$	$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \left(\vec{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right)$

Fonte: o autor (2021).

Em que:

$\vec{E} \rightarrow$ campo elétrico;

$d\vec{A} \rightarrow$ elemento diferencial da área;

$\rho \rightarrow$ densidade de carga;

$\epsilon_0 \rightarrow$ permissividade elétrica no vácuo;

$dV \rightarrow$ elemento diferencial do volume;

$\vec{B} \rightarrow$ campo magnético;

$d\vec{l} \rightarrow$ elemento diferencial de comprimento;

$d\vec{S} \rightarrow$ elemento diferencial de superfície;

$\mu_0 \rightarrow$ permeabilidade magnética no vácuo;

$t \rightarrow$ tempo;

$i_c \rightarrow$ somatório das correntes envolvidas;

$\rho \rightarrow$ densidade de carga;

$\vec{J} \rightarrow$ densidade de corrente.

Para obter as equações de onda para o campo magnético, utilizando a sua forma diferencial, considerando uma região sem cargas ($\rho = 0$) ou correntes, isto é, ($\hat{j} = 0$), calculamos:

$$\begin{aligned} \text{(i)} \quad & \vec{\nabla} \cdot \vec{E} = 0; \\ \text{(ii)} \quad & \vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0; \\ \text{(iii)} \quad & \vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}; \\ \text{(iv)} \quad & \vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}. \end{aligned}$$

Estas quatro constituem um conjunto de Equações Parciais Acopladas, de primeira ordem para \vec{E} e \vec{B} . Elas podem ser desacopladas utilizando a operação do rotacional em (iii) e (iv). Para o campo elétrico ($\vec{E} = \vec{E}(\vec{r}; t)$) desacoplado:

$$\begin{aligned} \vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{E}) &= \vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{E}) - \vec{\nabla}^2 \vec{E} = \vec{\nabla} \times \left(-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right); \\ &= -\frac{\partial}{\partial t} (\vec{\nabla} \times \vec{B}) = -\frac{\partial}{\partial t} \left(\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right); \end{aligned}$$

$$\boxed{-\vec{\nabla}^2 \vec{E} = \left(\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \right);} \quad (\text{Eq. 4})$$

Para o campo magnético ($\vec{B} = \vec{B}(\vec{r}; t)$) desacoplado:

$$\begin{aligned} \vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{B}) &= \vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{B}) - \vec{\nabla}^2 \vec{B} = \vec{\nabla} \times \left(\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right); \\ &= \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} (\vec{\nabla} \times \vec{E}) = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right); \end{aligned}$$

$$\boxed{-\nabla^2 \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}} \quad (Eq. 5)$$

Obtemos, assim, as equações separadas para \vec{E} e \vec{B} , mas estas equações são de segunda ordem, consequência ao desacoplá-las, portanto, reescrevemos então:

$$\nabla^2 \vec{E} - \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0;$$

$$\nabla^2 \vec{B} - \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = 0.$$

Dessa forma, encontramos com a equação de onda para os campos elétrico e magnético, o que comparando com a equação de onda unidimensional (Eq.3), podemos obter a relação da velocidade da onda eletromagnética sendo propriedade do meio, tendo assim:

$$\boxed{c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}} \quad (Eq. 6)$$

A equação de onda para o vetor campo elétrico, \vec{E} , que é satisfeita no vácuo, nas três dimensões cartesianas:

$$\boxed{\nabla^2 \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0.} \quad (Eq. 7)$$

A equação de onda para o vetor campo magnético, \vec{B} , que é satisfeita no vácuo, nas três dimensões cartesianas:

$$\boxed{\nabla^2 \vec{B} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = 0.} \quad (Eq. 8)$$

Representamos na Figura 6 uma onda eletromagnética plana em uma dimensão para os campos elétricos e magnéticos que são campos, \vec{E} e \vec{B} , perpendiculares entre si, ademais ambos são perpendiculares à direção de propagação. Faz-se importante lembrar que a fonte irá produzi-lo não somente em uma, duas ou três dimensões, mas sim em todas as direções. Portanto, trazemos esta representação simplificada para facilitar a compreensão, uma vez que em todas as direções terão comportamentos análogos a esse.

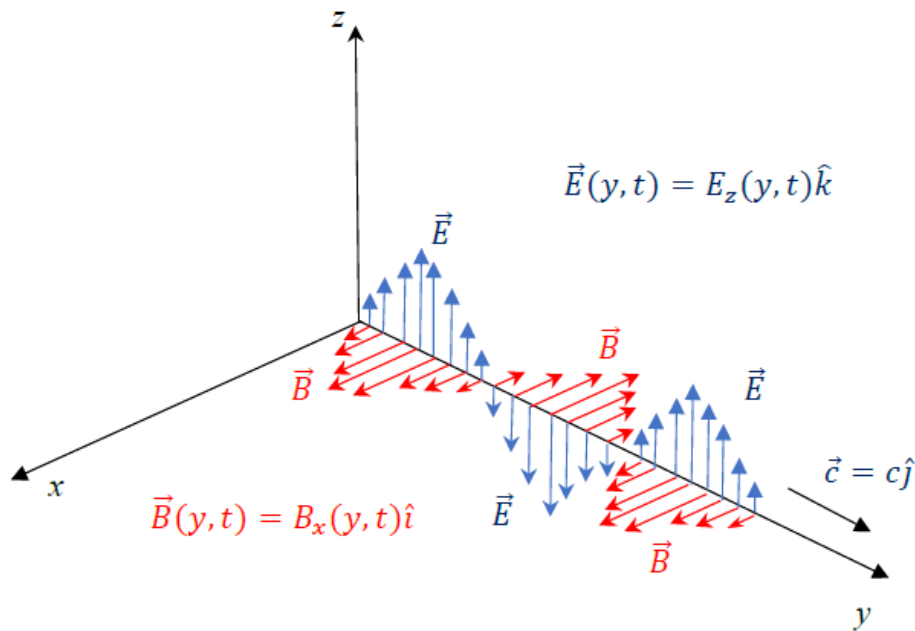


Figura 6: Representação de uma onda eletromagnética plana polarizada.

Fonte: Notas de Aula de Eletromagnetismo, Prof. Paulo Ricardo Garcia Fernandes – UEM/DFI, 2020.

Considerando a equação de onda harmônica $B_x(y; t) = B_0 \text{sen}(ky - \omega t)$ e aplicando a derivada duas vezes no componente x espacial (análogo nas outras componentes), obtemos:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} B_x(y; t) = -k^2 B_0 \text{sen}(ky - \omega t); \quad (\text{Eq. 9})$$

Agora, tomando a segunda derivada temporal, temos:

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} B_x(y; t) = -\omega^2 B_0 \text{sen}(ky - \omega t); \quad (\text{Eq. 10})$$

Substituindo na Equação De Onda para o vetor campo magnético \vec{B} :

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} B_x(y; t) = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} B_x(y; t);$$

$$-k^2 B_0 \text{sen}(ky - \omega t) = -\mu_0 \epsilon_0 \omega^2 B_0 \text{sen}(ky - \omega t);$$

$$k^2 = \mu_0 \epsilon_0 \omega^2 \quad \rightarrow \quad \frac{k^2}{\omega^2} = \mu_0 \epsilon_0;$$

Lembrando que $\frac{1}{c^2} = \mu_0 \epsilon_0$, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ e $\omega = 2\pi\nu$, substituindo então, chegamos em:

$$\frac{k^2}{\omega^2} = \frac{1}{c^2} \quad \rightarrow \quad c^2 = \frac{\omega^2}{k^2};$$

$$c = \frac{\omega}{k} \quad \rightarrow \quad c = \frac{2\pi\nu}{\frac{2\pi}{\lambda}}$$

O que faz com resulte na Equação fundamental da ondulatória:

$$c = \lambda \cdot \nu$$

(Eq. 11)

em que: $c \rightarrow$ velocidade da luz no vácuo ($3 \cdot 10^8$ m/s);

$\lambda \rightarrow$ comprimento de onda (m);

$\nu \rightarrow$ frequência (Hz).

O mesmo procedimento pode ser feito com equação de onda para o vetor campo elétrico, \vec{E} .

Este resultado é extraordinário, porque ele funde o eletromagnetismo com a óptica. Máximo e Alvarenga (2006) evidenciam que a consequência mais importante

obtida através das equações de Maxwell foi a previsão da existência das ondas eletromagnéticas. A primeira demonstração satisfatória veio com Heinrich Hertz, em 1880, quinze anos depois que Maxwell havia predito teoricamente. E assim, Hertz construiu um aparelho para produzir e detectar ondas de rádio VHF e UHF.

Energia da Onda eletromagnética

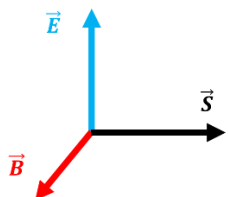
As ondas eletromagnéticas, transversais e tridimensionais, transportam energia, a qual pode ser transferida a um corpo onde esta onda incide. A densidade de energia presente dos campos pode ser equacionada como:

$$u_E = \frac{\epsilon_0}{2} E^2 \quad \text{e} \quad u_B = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

$$\boxed{U = \frac{1}{2} \int (\epsilon_0 E^2 + \frac{1}{\mu_0} B^2)} \quad (\text{Eq. 12})$$

Vale lembrar que μ_0 e ϵ_0 devem ser constantes para utilizar esta equação, consequentemente, em meios materiais onde μ_0 e ϵ_0 variam com o tempo, a equação não é válida.

A densidade direcional do fluxo de energia de um campo eletromagnético (quantidade de energia transferida por unidade de área em $\frac{W}{m^2}$) é representada pelo Vetor de Poynting, Figura 7 (obs.: Não confundir o vetor de Poynting \vec{S} com o $d\vec{S}$, que é o diferencial de superfície).



$$\boxed{\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}} \quad (\text{Eq. 13})$$

Figura 7: Representação do vetor de Poynting.

Fonte: o autor, 2021.

1.2.1.2 Espectro Eletromagnético

A Radiação Eletromagnética é dividida em faixas de *frequência* (ν) e/ou *comprimento de onda* (λ) e forma o espectro de radiação, o qual é classificado como: ondas de baixa frequência, ondas de rádio, micro-ondas, radiação infravermelha (IV), luz visível (VIS), radiação ultravioleta (UV), raios X, raios gama (γ) e raios cósmicos. Este conjunto de todos os tipos de ondas eletromagnéticas é chamado espectro eletromagnético e está ilustrado na Figura 8.

Diversos livros e artigos discriminam as faixas de frequência pelo seu comprimento de onda no ar, mas como esta propriedade é dependente do meio de propagação, a melhor forma de diferenciação das ondas eletromagnéticas é pela sua frequência, exatamente porque ela é uma característica que não depende do meio de propagação, mas sim, somente, da sua fonte. As frequências vão desde 60 Hz (onda gerada por uma corrente alternada doméstica) até 10^{22} Hz (raios γ), acima disso são os raios cósmicos, no meio disso temos a luz visível com frequência entre 400 THz e 750 THz e a radiação ultravioleta, que se encontra entre 750 THz e 300 PHz.

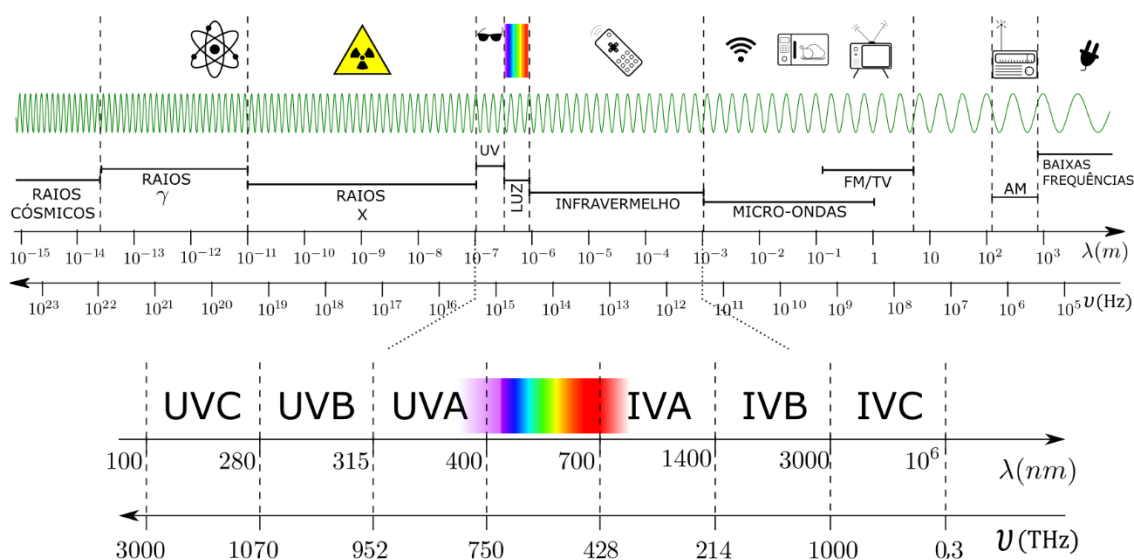


Figura 8: Espectro Eletromagnético.

Fonte: Adaptado de LEITE, *et al*, 2021.

A grande faixa de valores de frequências para as ondas eletromagnéticas explica a diversidade de fenômenos envolvendo estas radiações e, em particular, a sua interação com a matéria.

Na teoria da Mecânica Quântica (mais bem descrita na seção 1.1.2), a energia, para cada faixa de frequência que interage com a matéria, pode ser considerada como a energia do fóton, calculada pela equação:

$$E = h.f \quad (\text{Eq. 14})$$

na qual h representa a constante de Planck e seu valor é de $6,602.10^{-34}$ J.s (ou $4,135.10^{-15}$ eV), E representa a Energia do fóton (J ou eV), e f é referente à frequência de radiação (Hz).

1.2.1.3 Radiação Ultravioleta no espectro eletromagnético

O espectro eletromagnético da luz ultravioleta pode ser dividido de várias formas. O quadro 2 apresenta a classificação da radiação UV segundo a norma ISO sobre ambiente espacial (natural e artificial) – processo para a determinação de irradiâncias solares (ISO-21348, 2007).

Na radioastronomia, as faixas de frequências são denominadas: ultravioleta de vácuo, ultravioleta extremo, ultravioleta longínquo, ultravioleta médio e ultravioleta próximo (NRAO, 2021).

A divisão em UVA, UVB e UVC nos intervalos apresentados no Quadro 2 foi inicialmente feita por dermatologistas e introduzida na década de 1930 pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), adotada formalmente em 1970 (OKUNO; VIVLELA, 2005). No entanto, até hoje alguns cientistas utilizam como limiar da UVA e UVB o comprimento de onda de 320 nm.

Quadro 2: Faixas de radiação ultravioleta.

Denominação	Sigla	Intervalo de λ (nm)	Frequência (THz)	Energia (eV)
Ultravioleta	UV	$10 \leq \lambda < 400$	$3 \cdot 10^4 \leq \lambda < 750$	$123,90 \leq E < 3,10$
Ultravioleta de vácuo	VUV	$10 \leq \lambda < 200$	$3 \cdot 10^4 \leq \lambda < 1500$	$123,90 \leq E < 6,20$
Ultravioleta extremo	EUV	$10 \leq \lambda < 121$	$3 \cdot 10^4 \leq \lambda < 2479$	$123,90 \leq E < 10,24$
Lyman-alpha	Ly- α	$121 \leq \lambda < 122$	$2479 \leq \lambda < 2459$	$10,24 \leq E < 10,16$
Ultravioleta longínquo	FUV	$122 \leq \lambda < 200$	$2459 \leq \lambda < 1500$	$10,16 \leq E < 6,20$
Ultravioleta C	UVC	$100 \leq \lambda < 280$	$300 \leq \lambda < 1071$	$12,39 \leq E < 4,43$
Ultravioleta médio	MUV	$200 \leq \lambda < 300$	$1500 \leq \lambda < 1000$	$6,20 \leq E < 4,13$
Ultravioleta B	UVB	$280 \leq \lambda < 315$	$1071 \leq \lambda < 952$	$4,43 \leq E < 3,93$
Ultravioleta próximo	NUV	$300 \leq \lambda < 400$	$100 \leq \lambda < 750$	$4,13 \leq E < 3,10$
Ultravioleta A	UVA	$315 \leq \lambda < 400$	$952 \leq \lambda < 750$	$3,93 \leq E < 3,10$

Fonte: adaptado de ISO 21348 (2007, p. 11).

1.2.2 Mecânica Quântica

Fótons transportam quantidades discretas de energia nomeadas de *quantum* (no singular) ou *quanta* (no plural), que pode ser transferida para moléculas e átomos quando os *fótons* são absorvidos. Dependendo da frequência da radiação eletromagnética, químicos podem analisar diferentes partes de um átomo, ou de uma estrutura molecular, utilizando diferentes tipos de espectroscopia. *Fótons* da região UV ou visíveis podem ter energia suficiente para excitar elétrons.

Uma vez que estes elétrons excitados retornam para o estado fundamental, *fótons* são emitidos e, então, o átomo, ou a molécula, irá emitir luz de frequência específica na região do visível. Estes espectros de emissão atômica podem ser usados para entender a estrutura eletrônica e para identificar um elemento – caracterizando-se no denominado teste da chama (KHAN ACADEMY, 2021).

1.2.2.1 Fótons UV e a Interação com a Matéria

Em 1905, Albert Einstein demonstrou que a energia eletromagnética, mesmo tendo a sua natureza ondulatória, pode apresentar comportamentos corpusculares, comparáveis ao de uma partícula, denominada “*Lichtquant*” (quantidade ou pacote de Luz), mais tarde os físicos lhe deram o novo nome de *fóton*. Einstein não citou no seu artigo, mas, cinco anos antes, Max Planck já incluía a ideia de valores de distintos de energia da luz para explicar a radiação do corpo negro.

Segundo Einstein, a radiação eletromagnética é emitida em feixes constituídos de *fótons*, onde a menor quantidade mensurável de energia é considerada um *fóton* transportado pela radiação eletromagnética. Assim, ele propôs a explicação satisfatória para o efeito fotoelétrico, o que o condecorou com o prêmio Nobel de Física de 1921 (NOBEL, 2021).

A teoria evidencia também que o *quantum* de energia eletromagnética (E) pertencente a cada fóton de radiação será diretamente proporcional à sua frequência. Logo:

$$E = h \cdot f,$$

em que h representa a constante de Planck e seu valor é de $6,602 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$. E assim, lembramos aqui da equação fundamental da ondulatória, e da velocidade da luz no vácuo, que é c , assim temos:

$$v = \lambda \cdot f \rightarrow f = \left(\frac{c}{\lambda}\right).$$

Portanto, ao readequar as equações 1 e 2, obtém-se:

$$E = h \cdot \left(\frac{c}{\lambda}\right), \tag{Eq. 15}$$

em que $c \simeq 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ e o λ é o comprimento da onda da radiação.

Em Copenhague, no ano de 1932, em seu discurso de abertura do Congresso

Internacional sobre terapia através da Luz, Niels Bohr traz considerações interessantes sobre os efeitos benéficos da luz na cura de doenças. Assim, afirmou-se que como a grande parte dos Físicos é incapaz de contribuir para tal belo ramo da Ciência tão importante para o bem-estar de toda a humanidade, poderíamos, quando muito, tecer comentários e descrições sobre os meros fenômenos inorgânicos da luz (BOHR, 2008).

1.3 Histórico da Radiação Ultravioleta e seu uso

Embora desde a Antiguidade era sabido que a luz solar poderia ser decomposta em diversas cores, formando o arco-íris, foi em 1672, que o físico inglês Isaac Newton, pela primeira vez, descreveu de forma adequada o fenômeno da decomposição da luz, divulgando, assim, seus estudos com prismas, e demonstrando que a luz solar era decomposta em diversas cores, do vermelho ao violeta. Foi o começo de um entendimento melhor sobre a luz, conseqüentemente, das radiações eletromagnéticas (ASSIS, 2004; ENETEC-UNB, 2020).

Em 1800, o astrônomo inglês, de origem alemã, Frederick William Herschel, ao procurar respostas sobre o aquecimento das lentes dos telescópios que produzia para observação solar, “descobre” o que chamou de “*calor radiante*” (hoje chamado de “luz infravermelha”), afinal, no início do século XIX se supunha que calor e luz eram substâncias fluidas.

O astrônomo utilizou três termômetros de mercúrio com bulbo preto, colocou um bulbo em uma cor visível e os outros dois fora do espectro para medir a temperatura ambiente e para poder verificar o efeito da cor sobre a temperatura.

Assim, aferiu-se o acréscimo de temperatura emitido por cada cor ao observar a extremidade após o vermelho, a qual não tinha luz visível, mas percebeu-se conter a temperatura maior, ou seja, a absorção de calor era maior. Tais estudos e experimentos estão descritos em 4 artigos que foram apresentados à *Royal Society* e publicados na *Philosophical Transactions* no ano de 1800 (OLIVEIRA ; SILVA, 2014).

Diante disso, o físico alemão, Johann Wilhelm Ritter, em 1801, resolveu pesquisar o outro extremo do espectro luminoso, esperando que fosse de radiação oposta

ao aquecimento (resfriamento). Ritter realizou diversos experimentos, mas ele não encontrou exatamente o que esperava encontrar.

Após uma série de tentativas percebeu que o cloreto de prata se transformava mais rapidamente de branco em preto quando colocado na região escura do espectro do Sol, perto de sua extremidade violeta (NASA SCIENCE, 2010) – os “raios químicos”.

Dessa forma, foi possível verificar que alguma forma de energia ou outro tipo de onda existia na faixa logo após a luz violeta. Ritter chamou este “novo tipo” de luz de “raios oxidantes”, mais tarde de “raios químicos”. Posteriormente, estes foram renomeados para “luz ultravioleta” ou “radiação ultravioleta” (ultra, além) (FECD, 2019).

Cientistas como Armand-Hyppolyte-Louis Fizeau e Jean Bernard Léon Foucault desenvolveram estudos com lâmpadas com arco de carbono, os quais geraram relatos de irritação nos olhos, um indício da presença de luz UV (ENETEC-UNB, 2020).

O primeiro estudo relevante mais diretamente quanto ao efeito da luz em microorganismos foi realizado pelos cientistas Arthur Downes e Thomas P. Blunt, em 1877. Eles não sabiam se este efeito era causado pelo calor ou por outra característica da radiação solar, mas, os resultados indicavam que bactérias eram inibidas quando expostas à luz solar segundo o que foi publicado na *Proceedings of the Royal Society of London* (1879). Mais tarde Duclaux, em 1885, e Ward, em 1892, mostraram que a radiação ultravioleta era a responsável pela ação bactericida (OKUNO; VILELA, 2005).

Ademais a luz UV abaixo dos 200 nm foi encontrada em 1893, pelo físico alemão Victor Schumann, e nomeada de “UV de vácuo” porque é fortemente absorvida pelo oxigênio na atmosfera (FIOCRUZ, 2013).

Na obra do médico Niels Ryberg Finsen publicada em 1901, *Phototherapy*, são descritas as interações biológicas com a radiação de vários comprimentos de onda. Finsen foi pioneiro no uso de radiação ultravioleta na fototerapia, a qual era chamada ainda de “raios químicos”. Ele fez seu uso principalmente no tratamento de tuberculose de pele (*lúpus vulgaris*), o que, junto de outras contribuições, lhe rendeu o prêmio Nobel de Medicina em 1903.

Além disso, em 1900, V. Bie e S. Bang, colaboradores de Finsen, verificaram que a radiação UV, com baixo comprimento de onda, tem efeito esterilizante, matando micro-organismos como bactérias. Sendo que em 1903, estabeleceu-se que os comprimentos de onda mais efetivos para o efeito esterilizante se encontravam próximo de 250 nm (OKUNO; VILELA, 2005).

Em 1926, C. W. Saleeby publica um livro intitulado *Sunlight and health*, em que está posto os sucessos nos tratamentos de todos os tipos de tuberculose, úlcera varicosa e feridas de difícil cura com a radiação solar. No seu prefácio, contata-se que é necessário educar o público para apreciar a luz solar como desinfetante universal, estimulante e tônico.

Esta publicação foi eficiente para que toda uma geração aceitasse o proposto e gerou uma mudança de comportamento, gerando a regra de dormir cedo e de despertar cedo, para que todos tenham exposição à radiação solar da manhã (OKUNO; VILELA, 2005).

Em 1974, M. L. Kripke apresenta que tumores transplantados em ratos se desenvolviam ao serem pré-irradiados com RUV, o que causa a debilitação do sistema imune. Em 1976, durante o 7º Congresso Internacional de Fotobiologia, em Roma, a questão de que a exposição à radiação solar é danosa à saúde foi destaque, gerando indagações se ela deveria ser evitada, mesmo que moderada. Isso possibilitou a colocação de que é necessário utilizar protetores solares desde as primeiras horas da manhã diariamente.

No mesmo ano, foram publicadas as recomendações sobre os valores limites de exposição para trabalhadores, pela ACGIH (Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais) (OKUNO; VILELA, 2005).

Em 1994, a OMS (Organização Mundial da Saúde), a UNEP (Proteção ao Meio Ambiente das Nações Unidas) e a ICNIRP (Comissão Internacional de Proteção à Radiação Não-Ionizante) se juntaram para estudar e discutir sobre os efeitos biológicos da RUV, criando o documento denominado *ULTRAVIOLET RADIATION – Environmental Health Criteria 160* (em português, RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA – Critérios de Saúde Ambiental 160) (OKUNO; VILELA, 2005).

Em 1999, a OMS divulgou um guia com as diretrizes para utilizar o UVC, visando controlar a disseminação da tuberculose. Mais tarde, em 2003, o Centro de Controle e Prevenção de Doenças dos Estados Unidos (CDC, em inglês) aprova formalmente o uso do UVC em hospitais do país. A partir daí, o uso de lâmpadas que emitem UVC passa a ter uma intensa validação por parte órgãos de saúde de referência (ENETEC-UNB, 2020).

Pesquisas entre a Universidade de Kobe e a Ushio Inc. trazem resultados de que a iluminação direta e repetitiva da UVC de 222 nm é um esterilizador poderoso e,

nos estudos, não demonstrou causar câncer de pele nos animais estudados (YAMANO *et al.*, 2020).

Isso indica que, a radiação ultravioleta de 222 nm possa ser mais segura para a pele e para os olhos humanos. Acredita-se, então, que esta tecnologia tenha uma ampla gama de aplicações antibacterianas e antivirais em instalações médicas e na vida diária. E já está presente em hospitais do Japão e melhorou a desinfecção por coronavírus (LEITE, 2021).

Atualmente, no Brasil, temos a NOTA TÉCNICA Nº 32/2021/SEI/CO-SAN/GHCOS/DIRE3/ANVISA que trata sobre as “*Orientações sobre avaliação de eficácia e segurança dos equipamentos emissores de Luz Ultravioleta (UV) com ação desinfetante*” (BRASIL – ANVISA, 2021, online).

CAPÍTULO 2 – PRODUTO EDUCACIONAL

Um trabalho tem sentido para uma pessoa quando ela o acha importante, útil e legítimo.

Edgar Morin

Presente nesta sessão está o Produto Educacional (PE), que é composto por uma Proposta Didática (PD) e por um Aparato Experimental (AE), os quais foram utilizados no processo de ensino-aprendizagem em sala de aula. Diante disso, a PD foi utilizada como ferramenta de tecnologia digital de informação e comunicação para o ensino de Física, a qual feito com Arduino, gerando uma plataforma de prototipagem eletrônica de computação física com código aberto que permite aos usuários criar objetos eletrônicos interativos. Já o AE foi utilizado como estruturação, ficha técnica e metodologias.

Com isso, faz-se importante comentar que a atividade experimental é uma ferramenta de ensino-aprendizagem e pode ser considerada valiosa quando utilizada de forma adequada na prática pedagógica educacional, sendo singular na contribuição para o ensino e para a aprendizagem.

Historicamente, desde a década de 60, várias tentativas com relação à melhoria da qualidade do ensino de Ciências Naturais basearam-se nas atividades experimentais, sendo este um fator motivador da aprendizagem, levando ao desenvolvimento de habilidades técnicas e, principalmente, auxiliando na fixação, no conhecimento sobre os fenômenos e nos fatos (KRASILCHIK, 2000).

Afinal, é comum, no ensino médio, que os professores de Física tenham muitas dificuldades no momento de construir o conhecimento junto aos alunos, e vê-se como algo ainda mais complexo fazê-lo de forma interdisciplinar, prazerosa e contextualizada.

Para muitos educadores e educandos, a Física é vista como uma disciplina difícil de ser aprendida e ensinada e, por isso, é comum que os alunos apresentem desinteresse e problemas de aprendizagem em relação aos conteúdos. Enfim, estes apresentam-se desarticulados da realidade, isolados, e sem o enfoque interdisciplinar previsto em diferentes referenciais curriculares, inclusive na atual BNCC.

Para corroborar no ensino-aprendizagem de Ciências, alguns autores, como

Araújo e Abib (2003), Gaspar (2014) e Batista (2009) sugerem o emprego de atividades experimentais, como uma forma de estimulação aos alunos, defendendo que sua aprendizagem será mais significativa. Isso, segundo eles, faz com estas possam ser consideradas como ferramentas capazes de auxiliar na compreensão de conceitos, dos princípios e das aplicações leis da Física.

De acordo com Salienta Gasparin (2002), os conhecimentos científicos necessitam, hoje, ser reconstruídos em suas plurideterminações, dentro das novas condições de produção de vida humana, respondendo, quer de forma teórica, quer de forma prática, aos novos desafios propostos.

Considerando a natureza, os objetivos, as habilidades e as competências específicas presentes na BNCC (BRASIL, 2018) e nos referenciais curriculares para os conteúdos de astronomia, biologia, estatística, física, matemática e saúde, vê-se a necessidade de haver uma mudança na metodologia das aulas de Física, para poder, assim, mostrar aos alunos que existem correlações entre os conteúdos apresentados em sala de aula com a sua realidade imediata, com as suas correlações e variações na qualidade de vida.

Diante disso, dispõe-se neste trabalho, com maior ênfase, o que está preconizado nas unidades temáticas: *Matéria e Energia* e *Vida, Terra e Cosmos*, dispostas na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias da BNCC.

Nesse contexto, e a partir das dificuldades de diversos professores para trabalhar a interdisciplinaridade, junto da falta de acesso ao equipamento experimental adequado, se propõe este aparato experimental, sendo um UV-ômetro, sensor de Radiação Ultravioleta (RUV), com Arduino®. Nesse sentido, visando a ampla divulgação e reaplicação deste trabalho, foi projetado e desenvolvido um aparato experimental de custo acessível.

2.1 PROPOSTA DIDÁTICA (PD)

Exibiremos nesta sessão a PD, que inclui, dos itens utilizados para a sua aplicação, Mapas Conceituais, um Texto de Apoio, materiais e métodos, a ficha técnica,

os quadros de estruturação das 8 aulas propostas e as considerações para algumas das atividades, o que pode auxiliar em outras possíveis aplicações dessa PD.

2.1.1 Apresentação da Proposta Didática

A utilização da PD sobre Ondas Eletromagnéticas, com ênfase em Radiação Ultravioleta, é um conteúdo descrito na BNCC (BRASIL, 2018), no Currículo da Rede Estadual Paranaense (CREP) (PARANÁ, 2020) e na Referencial Curricular Paranaense para o Novo Ensino Médio – versão preliminar (2) (PARANÁ, 2021).

No âmbito da matéria de Ciências da Natureza, no Ensino Infantil, as habilidades que envolvem radiação solar, suas transformações, variações e aplicações nos organismos vivos permeiam no campo de experiências do tópico “**espaços, tempos, quantidades, relações e transformações**” (EI02ET02; EI03ET02; EI03ET03) – quadro PE 1. Ainda quanto a essa matéria, há três Unidades Temáticas do Ensino Fundamental: **Matéria e Energia; Vida e Evolução e Terra e Universo**, (EF01CI06; EF02CI05; EF02CI08; EF03CI02; EF03CI03; EF05CI11; EF09CI04; EF09CI06; EF09CI07) – quadro PE 1. Ademais, há duas Unidades Temáticas, **Matéria e Energia e Vida, Terra e Cosmos**, no Ensino Médio (EM13CNT101; EM13CNT103; EM13CNT202; EM13CNT203; EM13CNT205; EM13CNT301; EM13CNT306) – quadro PE 1.1.

Quadro 3: Campos de experiências e habilidades das Unidades Temáticas da BNCC.

(EI02ET02) Observar, relatar e descrever incidentes do cotidiano e fenômenos naturais (luz solar, vento, chuva etc.).
(EI03ET02) Observar e descrever mudanças em diferentes materiais, resultantes de ações sobre eles, em experimentos envolvendo fenômenos naturais e artificiais.
(EI03ET03) Identificar e selecionar fontes de informações, para responder a questões sobre a natureza, seus fenômenos, sua conservação.
(EF01CI06) Selecionar exemplos de como a sucessão de dias e noites orienta o ritmo de atividades diárias de seres humanos e de outros seres vivos.
(EF02CI05) Investigar a importância da água e da luz para a manutenção da vida de plantas em geral.
(EF02CI08) Comparar o efeito da radiação solar (aquecimento e reflexão) em diferentes tipos de superfície (água, areia, solo, superfícies escura, clara e metálica etc.).
(EF03CI02) Experimentar e relatar o que ocorre com a passagem da luz através de objetos transparentes (copos, janelas de vidro, lentes, prismas, água etc.), no contato com superfícies polidas (espelhos) e na intersecção com objetos opacos (paredes, pratos, pessoas e outros objetos de uso cotidiano).
(EF03CI03) Discutir hábitos necessários para a manutenção da saúde auditiva e visual considerando as condições do ambiente em termos de som e luz.
(EF05CI11) Associar o movimento diário do Sol e das demais estrelas no céu ao movimento de rotação da Terra.
(EF09CI04) Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.
(EF09CI06) Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.
(EF09CI07) Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).
(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.
(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.

Fonte: Adaptado da BRASIL – BNCC (2018, p. 51, 333, 335, 337, 341, 351, 555, 557, 559).

Esse mesmo assunto encontra-se nas Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná (PARANÁ, 2008), dentro da componente curricular Física, inserido no conteúdo estruturante – Eletromagnetismo e nos conteúdos básicos “A natureza da luz e suas propriedades”. Consta-se também na Proposta Pedagógica Curricular de Física do Colégio Oxigênios – Educação Infantil, Ensino Fundamental e Médio, local onde esta PD foi aplicada para alunos do 2º e do 3º ano do Ensino Médio.

Em tal PD foi realizado um detalhamento maior no conteúdo de Ondas Eletromagnéticas, com foco especial na Radiação Ultravioleta, suas transformações e variações. Neste mesmo enfoque, elaborou-se pesquisas bibliográficas, formulários, debates, mapas conceituais e aferiu-se dados com o auxílio do sensor de radiação ultravioleta – aparato experimental –, de maneira a integrar a teoria e a prática como forma de possibilitar uma Aprendizagem Significativa, conforme preconizado por Ausubel (2003), ou ainda, uma Aprendizagem Significativa Crítica, conforme Moreira (1999a, 2000a, 2005, 2006a).

Procurou-se fazer com que o aluno fosse um sujeito ativo e protagonista no processo de ensino-aprendizagem, de modo que, a partir de seus subsunçores, desenvolvesse as habilidades de discutir, investigar, interpretar, construir e analisar como parte de sua rotina de estudo e de seu modo de aprender, assim, apreendendo e conseqüentemente ampliando seus subsunçores. Com isso, o estudante deixa de ser um sujeito passivo, mero receptor de informações do professor e do livro didático.

Ao construir a PD, como parte do PE, procurou-se pautar os conteúdos e as atividades considerando a base cognitiva dos alunos. Para isso, foi elaborado formulário que foi aplicado durante a elaboração da PD. Desta forma, tentou-se levar em consideração os subsunçores, ou as concepções prévias dos alunos, o que, para uma aprendizagem significativa, é uma condição necessária, segundo Moreira (2012):

A estrutura cognitiva, considerada como uma estrutura de subsunçores inter-relacionados e hierarquicamente organizados é uma estrutura dinâmica caracterizada por dois processos principais, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. A diferenciação progressiva é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos. [...] A reconciliação integradora, ou integrativa, é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações. (*Ibidem*, p. 33-34).

Nesta PD, as atividades foram sistematizadas de forma que permitisse o aprofundamento do tema estudado. As propostas didáticas e as metodologias de ensino-aprendizagem presentes foram: leituras coordenadas, debates mediados, vídeos, uso de aparato experimental, construção de mapas conceituais e formulários. Neste sentido, o professor saiu do papel principal em sala de aula e teve a função de mediador e interlocutor das metodologias propostas.

Durante a aplicação da PD, foram necessários os seguintes equipamentos e materiais:

- a) folha A4 (papel sulfite) e lápis/caneta para elaboração dos Mapas Conceituais;
- b) Livros, revistas e artigos diversos para pesquisa bibliográfica;
- c) Projetor multimídia e computadores para apresentações dos vídeos;
- d) Computadores com acesso à internet para pesquisa de dados;
- e) Caderno e lápis/caneta para realização da aferição de dados de Raios UV;
- f) Equipamento com sensor de Radiação UV (construído e disponibilizado pelo autor).

Nesta PD, foi considerado o uso de:

- a) Mapas Conceituais;
- b) Formulários pré e pós conteúdo;
- c) Tecnologias educacionais – aparato experimental e vídeos educativos;
- d) Pesquisa bibliográfica e aferição de dados experimentais como princípios educativos ativos;
- e) Experimentação.

Para favorecer o entendimento e sistematizar a organização da PD, exposta a seguir, é apresentado aos professores leitores, a priori, uma “ficha técnica” e, a posteriori, a estruturação das atividades esquematizadas para as aulas.

2.1.2 Ficha Técnica – PD

Algumas informações importantes para a aplicação nas aulas, as quais foram obtidas analisando os formulários prévios respondidos pelos alunos estão relacionadas no quadro 4. Além disso, o quadro 4 apresenta itens, tais como, público-alvo, previsão de duração da quantidade de horas-aulas, conteúdos básicos que foram desenvolvidos, metodologias de

ensino-aprendizagem, recursos didático-tecnológicos e avaliação.

Quadro 4: Ficha Técnica da Proposta Didática

TEMA - Ondas eletromagnéticas com ênfase em Radiação UV	
TIPO - Produto Educacional e Aprendizagem Significativa Crítica	
PÚBLICO-ALVO - Alunos do 2º e 3º ano do Ensino Médio	
DURAÇÃO - 08 horas-aula (Considera-se que cada hora-aula tenha 50 minutos de duração).	
CONTEÚDO DE FÍSICA: <ul style="list-style-type: none"> - Contexto Histórico do Eletromagnetismo, Óptica, Física Moderna e Contemporânea a partir do final do século XIX; - Ondas Eletromagnéticas; - Espectro Eletromagnético; - Energia Quantizada; - Fontes e Aplicações de Raios UV no ensino-aprendizagem e no cotidiano. 	
Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> - CONHECER, DIFERENCIAR e ANALISAR os tipos de Ondas Eletromagnéticas e suas implicações no cotidiano; - ENTENDER o Espectro Eletromagnético; - INVESTIGAR e RECONHECER as características e efeitos da Radiação UV no cotidiano do estudante; - DIFERENCIAR fontes naturais de fontes artificiais de RUV; - DISCUTIR e DIFERENCIAR as diversas áreas de aplicação dos Raios UV; - COMPREENDER e COMPARAR a importância da RUV atualmente destacando a variação da intensidade e CORRELACIONAR com os fenômenos naturais, processos tecnológicos e saúde humana; - ANALISAR fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre Matéria e Energia, para PROPOR ações individuais e coletivas e MELHORAR as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global. - COMPREENDER a RUV no contexto interdisciplinar, em especial com a química, biologia e matemática. 	
METODOLOGIAS: <ul style="list-style-type: none"> - Mapas Conceituais; - Formulários pré e pós; - Pesquisas bibliográficas; - Textos; - Vídeos; - Experimentação – Aparato experimental. - Coleta de dados e produção de tabelas e gráficos; 	RECURSOS DIDÁTICO-TECNOLÓGICOS: <ul style="list-style-type: none"> - Folha A4 (papel sulfite) e lápis/caneta; - Livros, revistas e artigos; - <i>Notebook</i> e Projetor multimídia - Computadores ou <i>smatphones</i> com acesso ao <i>YouTube</i>; - Equipamento com sensor de Radiação UV; - Lousa, giz e pincel de quadro branco.
AValiação Avaliação diagnóstica: <ul style="list-style-type: none"> - Participar da aferição de subsunçores (responder formulário inicial); - Elaborar mapa conceitual (inicial); Avaliação formativa: <ul style="list-style-type: none"> - Apresentação de ideias nos debates mediado pelo professor, com os seguintes critérios de avaliação: 	

postura do aluno; conteúdo da pesquisa; domínio do conteúdo pesquisado; criatividade; organização das ideias principais; capacidade de coletar os dados; representar os dados em gráficos e tabelas.

Avaliação somativa:

- Elaborar mapa conceitual (final) e comparar o mapa conceitual inicial com o final;
- Responder formulário.

Referências Bibliográficas recomendadas:

BRASIL-BNCC. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018.

CHIBENI, S.S., *As Origens da Ciência Moderna*. Departamento de Filosofia, Unicamp. Disponível em: www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/cienciaorigens.pdf. Acesso em: 15 fev. 2020.

CHIBENI, S.S., *Objetivos da Ciência*. Departamento de Filosofia, Unicamp. Disponível em: <https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/objetivosciencia.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

OKUNO, E.; VILELA, M.A.C., *Radiação Ultravioleta: Características e Efeitos - Coleção Temas Atuais de Física*, Editora Livraria da Física. Sociedade Brasileira de Física. São Paulo, 1º ed., 2005.

PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação (SEED). *Currículo da Rede Estadual Paranaense – Ciências*. Curitiba: SEED, 2020. 42p.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação (SEED). *Diretrizes Curriculares da Educação Básica - Física*. Curitiba: SEED, 2008. 98p.

MUDI-UEM, Amigos do, *AS CORES DAS COISAS* |Experimentoteca de Física|. YouTube. (10min) Disponível em: <https://youtu.be/xeVhReGfNeM>. Acesso em: 15 fev. 2021.

Fonte: o autor (2020).

2.1.3 Estruturação das atividades para as aulas

Apresenta-se, nesta seção, o Quadro 5, que consta a estrutura das atividades organizadas para a aplicação nas aulas, assim como as informações relacionadas a estas aplicações.

Quadro 5: Estrutura das atividades e conteúdos organizados para as aulas.

IDENTIFICAÇÃO	
Instituição: Colégio Oxigênios	Turma: 2º a 3º ano do Ensino Médio
Nº de Alunos: 21	Disciplina: Física - Ciências da Natureza e suas tecnologias
Professor: Robson Antonio Leite	Bimestre: 1º bimestre / 2021
AULA 1	
<p>Discussão inicial com os estudantes: apresentar a PD, informar em relação à autorização e aplicação. (5min).</p>	
<p>Investigação e identificação dos subsunçores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Atividade 1 – Entregar uma folha com a palavra Radiação Ultravioleta, solicitar aos alunos que, com base nos conhecimentos que já possuem, busquem relacionar outras palavras que sejam relevantes ao tema, assim como a relação que elas têm com o tema central (verbo de ligação) e escrevê-las na folha, sem consulta a qualquer fonte, construindo assim, um Mapa Conceitual Individual. (10 min) <p>Obs.: Os alunos já tinham conhecimento de Mapas Conceituais, abordado em aulas anteriores. Modelo na Figura 5.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Atividade 2 – Entregar uma folha com a palavra Radiação Ultravioleta, solicitar aos alunos, em grupos de 3 a 5, que busquem interrelacionar seus Mapas Conceituais Individuais, construindo assim, um Mapa Conceitual Coletivo - grupo. Recolher os Mapas (individuais e coletivo) ao final. (10 min) ➤ Atividade 3 – Construir um Mapa Conceitual Coletivo da turma, no quadro. (15 min) Apêndice B. ➤ Atividade 4 – Entregar para aos alunos responder o Formulário: A luz Ultravioleta e a Vida. (10 min) Formulário: A luz Ultravioleta e a Vida. Apêndice C. 	
AULA 2	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Atividade 5 – Leitura (em grupo) de textos científicos: (25 min). Texto no Anexo 1. <ul style="list-style-type: none"> - As Origens da Ciência Moderna - Prof. Dr. Silvio Seno Chibeni. Notas de aula de Introdução à Filosofia da Ciência: IFCH Unicamp. Disponível em: https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/cienciaorigens.pdf - Objetivos da Ciência - Prof. Dr. Silvio Seno Chibeni. Notas de aula de Introdução à Filosofia da Ciência: IFCH Unicamp. Disponível em: https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/objetivosciencia.pdf ➤ Atividade 6 – Debate crítico sobre a Física Moderna e Contemporânea. (25 min) 	
AULA 3	
<p>Aula expositiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Atividade 7 – Introdução a Óptica Geométrica e Ondas Eletromagnéticas. (10 min) 	

- **Atividade 8** – Espectro Eletromagnético. A Natureza da Luz. Fontes de Luz. (10 min)
- **Atividade 9** – Meios de propagação. Princípios da Óptica Geométrica. (10 min)
- **Atividade 10** – Apresentar os Fenômenos Ondulatórios e Corpusculares da Luz. (10 min)
- **Atividade 11** – Vídeo: Cores de luz e pigmento e Aplicações. (10 min)

Vídeo: AS CORES DAS COISAS | Experimentoteca de Física | - Amigos do MUDI-UEM. Disponível no YouTube: <https://youtu.be/xeVhReGfNeM> (10 min)

AULA 4

➤ **Atividade 12** – Coletar dados do Aparato Experimental: Sensor de radiação Ultravioleta. Anotar no caderno horário da coleta, o IUV local aferido e as condições meteorológicas na hora da coleta. (25 min)

- **Atividade 13** – Utilizar os dados coletados para construir tabela. (25 min)
- **Atividade 14** – Tarefa: Coletar dados no aparato experimental: Sensor de radiação Ultravioleta, 3 vezes ao dia - entrada, intervalo e saída - nos dias que vai ao colégio. (1 semana)

OBS: Se for possível aplicação como atividade presencial. Está atividade pode ser adaptada como atividade remota. No caso da aplicação deste trabalho, foi aplicação remota, como colocado na sessão 3.

AULA 5

- **Atividade 15** – Utilizar os dados coletados e tabelados para confecção de gráficos. (20 min)
- **Atividade 16** – Discutir a variação temporal e atmosférica da radiação UV, seus efeitos e aplicações. (30 min)

AULA 6

➤ **Atividade 17** – Apresentar o Efeito Fotoelétrico e a Teoria de Energia Quantizada. Investigar sobre a Energia de ionização e calcular a frequência mínima para ionização e o seu respectivo comprimento de onda. (30 min)

➤ **Atividade 18** – Propor com os alunos ações individuais e coletivas que melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global. (20 min)

AULA 7

➤ **Atividade 19** – Entregar uma folha com a palavra Radiação Ultravioleta e solicitar aos alunos que construam um Mapa Conceitual Individual. Recolher os Mapas e confeccionar um novo Mapa Conceitual Coletivo – Turma. (20 min) - Entregar para aos alunos responder ao Formulário: A luz Ultravioleta e a Vida. (10 min)

➤ **Atividade 20** – Análise Final: Comparar os Mapas Conceituais e Formulários para verificar se houve Aprendizagem Significativa (Avaliação). (20 min)

AULA 8

- **Atividade 21** – Avaliação Somativa: Simulado. (50 min)

Fonte: o autor (2020).

Todo o processo de ensino-aprendizagem aqui elaborado e abordado deverá ser adaptado de acordo com a realidade de cada série e colégio, pelo docente interessado em sua utilização. Desde os processos de elaboração até a avaliação, eles devem ser contínuos, uma vez que não podemos fazer “uma receita para se ensinar e aprender”.

Neste sentido, entende-se que o binômio ensino-aprendizagem deve ser avaliado e reelaborado. Afinal levando em consideração os subsunçores existentes e suas modificações, apresentamos, assim, algumas considerações importantes para a aplicação de algumas atividades realizadas nas aulas.

Segundo as Diretrizes Curriculares da Educação Básica – Física: “A avaliação oferece subsídios para que tanto o aluno quanto o professor acompanhem o processo de ensino-aprendizagem. Para o professor, a avaliação deve ser vista como um ato educativo essencial para a condução de um trabalho pedagógico inclusivo.” (PARANÁ, 2008, p. 80).

Considerando sua dimensão diagnóstica, a avaliação é um instrumento tanto para que o professor conheça o seu aluno, antes que se inicie o trabalho com os conteúdos escolares, quanto para o desenvolvimento das outras etapas do processo educativo.

Para tanto, inicialmente, é preciso identificar os conhecimentos dos estudantes, sejam eles espontâneos ou científicos, pois ambos interferem na aprendizagem, no desenvolvimento dos trabalhos e nas possibilidades de revisão do planejamento pedagógico. Assim, a avaliação oferece subsídios para que tanto o aluno quanto o professor acompanhem o processo de ensino-aprendizagem.

Por isso, a avaliação precisa ser contínua, permanente, cumulativa e diagnóstica, visando acompanhar o desempenho no presente e orientar o futuro, bem como modificar práticas insuficientes, apontando possibilidades de mudança, priorizando e aumentando efetivamente a aprendizagem.

Isso posto, se pretende alcançar os objetivos com os instrumentos propostos nesta PD e avaliar de forma diagnóstica, formativa e somativa. Também, se almeja que o aluno possa acomodar, adaptar, ampliar, aprimorar, assimilar, ressignificar, e tenha um equilíbrio predominante de seus conhecimentos relacionados à Radiação Ultravioleta, como o conhecimento da importância para a Vida, a presença no cotidiano e a sua relação com a Física Clássica (Eletromagnetismo) e a Física Moderna (Quântica). Assim, nas subseções a seguir, são apresentados os processos de avaliação para algumas atividades realizadas em aulas.

Considerações acerca da Atividade 1, 2, 3 e 4

Uma das maneiras mais eficientes de se empregar os mapas conceituais é utilizando-os não só como ferramentas de aprendizagem, mas como ferramentas de avaliação, incentivando, assim, os alunos a usarem padrões de aprendizagem significativos (NOVAK e CAÑAS, 2010).

Para Moreira (2012), como instrumento de avaliação da aprendizagem, mapas conceituais podem ser usados visando se obter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento.

Os Mapas Conceituais, desenvolvidos nas atividades 1, 2 e 3, têm como objetivo a avaliação diagnóstica dos subsunçores dos alunos, para o melhor planejamento e aplicação da PD, assim como, o formulário, atividade 4, que também foi instrumento de avaliação diagnóstica. Os mapas coletivos têm como objetivo trazer a memória de alguns subsunçores construir algumas ligações e fazer parte do processo de aprendizagem.

Considerações acerca das Atividades 5 e 6

O ato de ler e interpretar se compõe como ferramenta primordial para que o indivíduo construa seu conhecimento, reflita e realize múltiplas inferências (PEREIRA *et al*, 2014). Neste sentido, a leitura de textos científicos e o debate crítico consiste em uma exposição de ideias do tema determinado. Este é um trabalho realizado em grupo, todos da turma devem participar, cada um lendo uma parte do texto.

Esta atividade possibilita um processo sistemático e aprofundado de leitura, análise, interpretação de textos científicos, a fim de aproximar os alunos aos conhecimentos produzidos pela academia, em especial aqueles que trazem uma melhor compreensão das ciências de suas aplicações na melhoria da qualidade de vida ou no que subsidia o exercício da cidadania de forma crítica e cientificamente pautada, e não apenas porque “cai no vestibular”.

Os alunos que almejam realizar um curso universitário devem desenvolver a competência e o hábito de fazer leituras de apreensão de textos mais complexos, uma vez que na próxima etapa terão que ser mais autônomos na aquisição do domínio dos conteúdos acadêmicos, sendo então um processo de avaliação formativa.

De acordo com Neves (2007), os docentes de todas as disciplinas devem oportunizar aos alunos inúmeras situações de leitura, a fim de que percebam que os livros fazem parte de um universo que propicia conhecimento, prazer, diversão e criticidade.

Cabe destacar que, na atualidade, o livro, impresso, ou em sua versão online, enfrenta a forte concorrência das mídias e das redes sociais que disputam a atenção do estudante.

Portanto, o processo de mobilização dos afetos do estudante, para que ele atue verdadeiramente como aprendiz, demanda cada vez mais um processo de convencimento por parte dos integrantes da escola e da família sobre o papel das aprendizagens para ampliação da visão de mundo e compreensão de uma realidade cada vez mais complexa.

Afinal, neste, há o desenvolvimento de uma rede neural rica e de base cognitiva ampla, abastada de subsunçores que se somam à plasticidade neural do sujeito. Estas são condições fundamentais para que o aluno tenha um pensamento fluido, possibilitando que este esteja apto a exercer, no futuro, profissões que no momento sequer existem.

Considerações acerca das Atividades 12, 13 e 14

Nestas atividades de coleta de dados do Aparato experimental, o processo de avaliação é contínuo, permanente, cumulativo e formativo. Nele se trabalha a autonomia dos alunos, que se dá ao dirigir o acompanhamento e o desempenho no presente, orientando para futuros trabalhos em campo, bem como para modificar práticas insuficientes em sala de aula, apontando possibilidades de mudança.

Visa-se, em especial, a nova estrutura do currículo para o Ensino Médio, que passa a ser composto por duas partes: a Formação Geral Básica (FGB) e os Itinerários Formativos (IF) (PARANÁ, 2021). Possibilitando, assim, o aumento da efetividade do processo de ensino-aprendizagem dentro e fora de sala de aula.

Na atividade 14, utilizamos uma proposta de quadro, exemplificada na Figura 9, para coletar os dados relevantes para análise posterior em gráficos. Essa proposta foi desenvolvida e aplicada para auxiliar o processo de coleta de dados, porém não foi obrigatório utilizá-la, pois os alunos tiveram a autonomia de desenvolver seus próprios quadros para anotações dos dados aferido no aparato experimental. Esta atividade teve valor atribuído para ser realizada, nota que contribuiu como atividade avaliativa no bimestre aplicado.

ATIVIDADE: Aparato Experimental: Sensor de Radiação Ultravioleta.

COLETAR DADOS:

- ⇒ Anotar horário da coleta (Tempo Astronômico);
- ⇒ Anotar condições do Tempo Atmosférico durante da coleta;
- ⇒ Anotar o IUV – Índice Ultravioleta local aferido pelo aparato experimental.



DATA	HORA	TEMPO ATMOSFÉRICO	ÍNDICE UV
05/03	8h	Nublado – Nuvens leves	2
05/03	10h	Nublado – Nuvens leves	2
05/03	12h	Chovendo	1
06/03			
06/03			
06/03			
07/03			
07/03			
07/03			
08/03			
08/03			
08/03			

DATA	HORA	TEMPO ATMOSFÉRICO	ÍNDICE UV
09/03			
09/03			
09/03			
10/03			
10/03			
10/03			
11/03			
11/03			
11/03			
12/03			
12/03			
12/03			

Figura 9: Imagem do quadro-guia e escala IUV, fornecida para anotações dos dados.

Fonte: autor (2021).

Considerações acerca das Atividades 19 e 20

Neste momento, o Mapa Conceitual é usado como um instrumento avaliativo de comparação e verificação. Assim, compara-se os Mapas Conceituais Individuais, iniciais e finais, bem como os Mapas Conceituais Coletivos inicial e final de cada turma, nos quais o professor e os alunos podem avaliar se ocorreram mudanças nos subsunçores, tendo em vista uma aprendizagem significativa crítica, como propõe Moreira (2000c; 2006b).

De modo que prender significativamente implica atribuir novos significados e estes que

têm sempre componentes pessoais. Aprendizagem sem atribuição de significados pessoais, sem relação com o conhecimento preexistente, é mecânica, não significativa (MOREIRA, 2009, p. 8).

E conforme acrescenta Gasparin (2002), em *Uma didática para pedagogia Histórico-Crítica*, o aprendizado de conhecimentos científicos, a partir dos conhecimentos preexistentes, permite que o aluno faça transposições dos conhecimentos científicos para a sua vida, o que faz dele um cidadão capaz de apropriar-se e utilizar-se autonomamente dos conceitos científicos no seu cotidiano.

Sempre se faz importante salientar que, quando utilizamos Mapas Conceituais, não existe o conceito de certo ou errado. Afinal, se tem uma ferramenta de avaliação contextual, uma vez que todo aprendizado é individualizado, depende de memórias vividas, i.e., dos subsunçores adquiridos no decorrer da vida de cada indivíduo. Neste sentido, é válido lembrar que a educação formal, feita na escola, com organização estrutural, se complementa com a educação informal e a educação não formal.

Logo, a avaliação realizada com o uso ferramental de Mapas Conceituais é de grande valia para o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que pode ser utilizada tanto como diagnóstico de aprendizagem do aluno como na prática pedagógica educacional do professor.

2.2 APARATO EXPERIMENTAL

Nesta sessão apresentaremos o aparato experimental, o UV-ômetro, o qual foi utilizado para a captação de dados de radiação ultravioleta solar, com o objetivo de estimular a compreensão da radiação ultravioleta do ponto de vista da Física e de suas repercussões no meio ambiente e na saúde humana.

2.2.1 UV-ômetro

O UV-ômetro foi criado como parte do produto educacional, utilizado como tecnologia digital de informação e de comunicação para o ensino de Física, e feito com um Arduino (Figura 10) e outros componentes eletroeletrônicos.

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de computação física com código aberto, que permite aos usuários criarem objetos eletrônicos interativos. Além do

Arduino, utilizamos um sensor UV, o qual foi instalado para absorver radiação solar, acoplado ao Arduino, sendo, então, programado e calibrado para fornecer o Índice Ultravioleta – IUV - (*UV Index*, do inglês, no padrão internacional). Assim, os alunos coletaram seus dados como parte das atividades da PD, conforme foi indicado na sessão anterior.

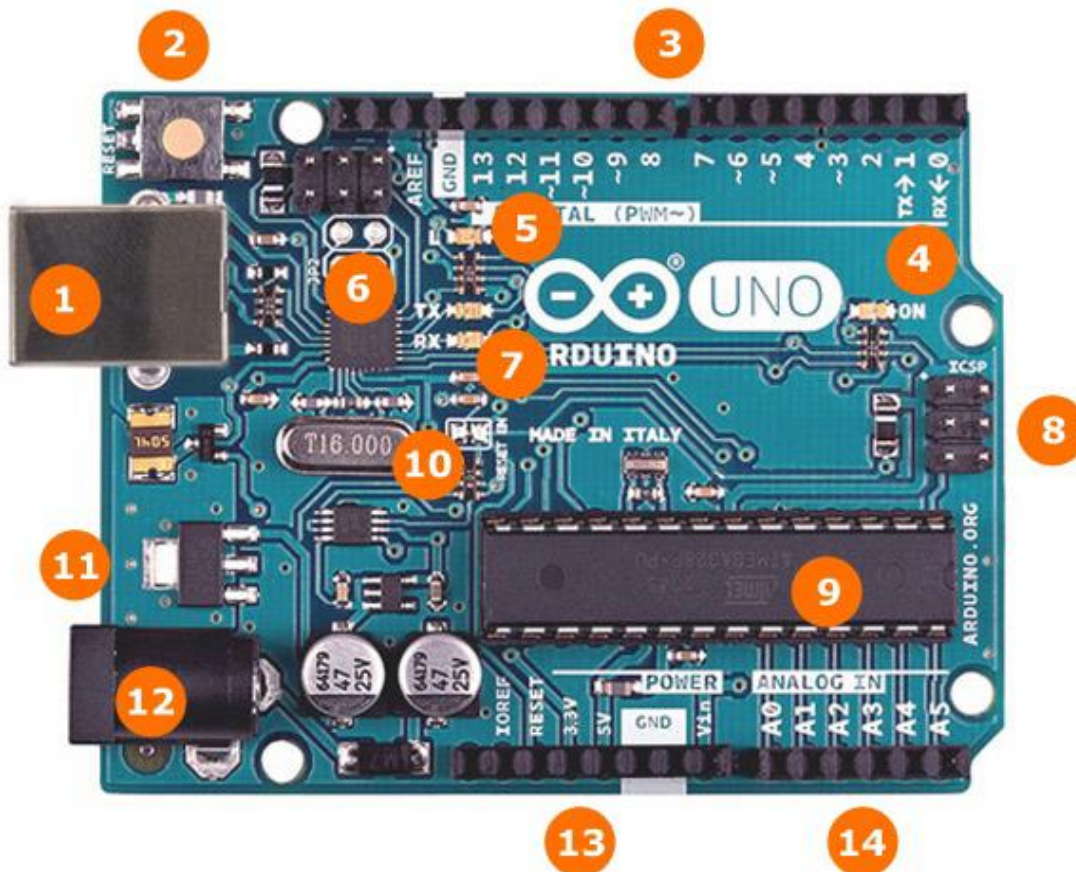
Aulas práticas empregando tais objetos, aliadas à fundamentação teórica, colaboram para o desenvolvimento de várias Competências Gerais da Educação Básica, previstas na BNCC, em especial as competências gerais 2, 5 e 7:

2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.

5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.

7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta. (BRASIL - BNCC, 2018 p. 9).

Com o objetivo de colaborar com o desenvolvimento de atividades práticas viáveis para o Ensino de Física no Ensino Médio, propôs-se o desenvolvimento de um aparato experimental, com valores acessíveis, que capte a Radiação Ultravioleta (RUV), e forneça o IUV. Ademais, propôs-se a produção de um manual que permita a reaplicação do experimento, e propôs-se uma forma de abordagem interdisciplinar do tema envolvendo física, biologia/saúde, química e matemática.



- | | | | |
|---|--|----|--|
| 1 | Conector USB para o cabo tipo AB | 8 | Porta ICSP para programação serial |
| 2 | Botão de reset | 9 | Microcontrolador ATmega 328 |
| 3 | Pinos de entrada e saída digital e PWM | 10 | Cristal de quartzo 16Mhz |
| 4 | LED verde de placa ligada | 11 | Regulador de voltagem |
| 5 | LED laranja conectado ao pin13 | 12 | Conector fêmea 2,1mm com centro positivo |
| 6 | ATmega encarregado da comunicação com o computador | 13 | Pinos de voltagem e terra |
| 7 | LED TX (transmissor) e RX (receptor) da comunicação serial | 14 | Entradas analógicas |

Figura 10: Imagem fotográfica do Arduino Uno com a indicação dos seus componentes.

Fonte: adaptada de Multilógica-Shop (2021, p. 47).

Para tanto, inicialmente, realizou-se um estudo teórico sobre a RUV e suas aplicações (IRPA, 1991; ICNIRP, 2004; WHO, 2002; BRASIL – INPE, 2020; BRASIL – INCA, 2008; OKUNO; VILELA, 2005; KIRCHHOFF *et al*, 2000; FIOCRUZ, 2013; NASA SCIENCE, 2010; SILVA, 2008a; SILVA, 2008b), e sobre os aparatos já existentes que forneçam o IUV (BRASIL – INPE, 2020; ZHANG *et al*, 2013; THOMSEN, 2015; CORRÊA, 2005).

Posteriormente, , pesquisou-se sobre a disponibilidade de componentes e materiais que propiciassem a produção do aparato, uma das opções viáveis foi utilizar um Arduino como componente principal. Assim, pesquisou-se e avaliou-se materiais periféricos que completassem o Arduino para que ele pudesse ser utilizado na aferição do IUV, além de vários materiais para construir uma estrutura de proteção para o aparato, visando não interferir significativamente no seu funcionamento.

Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar. As placas Arduino são capazes de ler entradas - luz em um sensor, um dedo em um botão ou uma mensagem do Twitter - e transformá-la em uma saída - ativando um motor, ligando um LED, publicando algo online. Você pode dizer à sua placa o que fazer enviando um conjunto de instruções para o microcontrolador da placa. Para fazer isso, você usa a linguagem de programação Arduino (baseada em Wiring), e o Software Arduino (IDE), baseado em Processing.

Ao longo dos anos, o Arduino tem sido o cérebro de milhares de projetos, de objetos do cotidiano a instrumentos científicos complexos. Uma comunidade mundial de criadores - estudantes, amadores, artistas, programadores e profissionais - reuniu-se em torno desta plataforma de código aberto, suas contribuições somaram uma quantidade incrível de conhecimento acessível que pode ser de grande ajuda para novatos e especialistas (ARDUINO, 2021, online).

O Arduino, modelo Uno, pode ser adquirido em lojas de eletrônicos, assim como os demais equipamentos e componentes que são necessários para a confecção do aparato experimental, os materiais utilizados para a elaboração estão listados no Quadro 6. Nele estão descritos os materiais necessários, a quantidade para cada um dos itens e os locais de obtenção desses elementos.

Junto dessa etapa, foi realizado um esquema de montagem (online) da parte eletrônica com auxílio do site: <https://www.tinkercad.com/dashboard> (Figura 11) e do código de programação, que também foi desenvolvido online com auxílio do site: <https://create.arduino.cc/editor>, assim como com o programa de licença livre Arduino – esse offline –, disponível para *download* no site: <https://www.arduino.cc/en/software>.

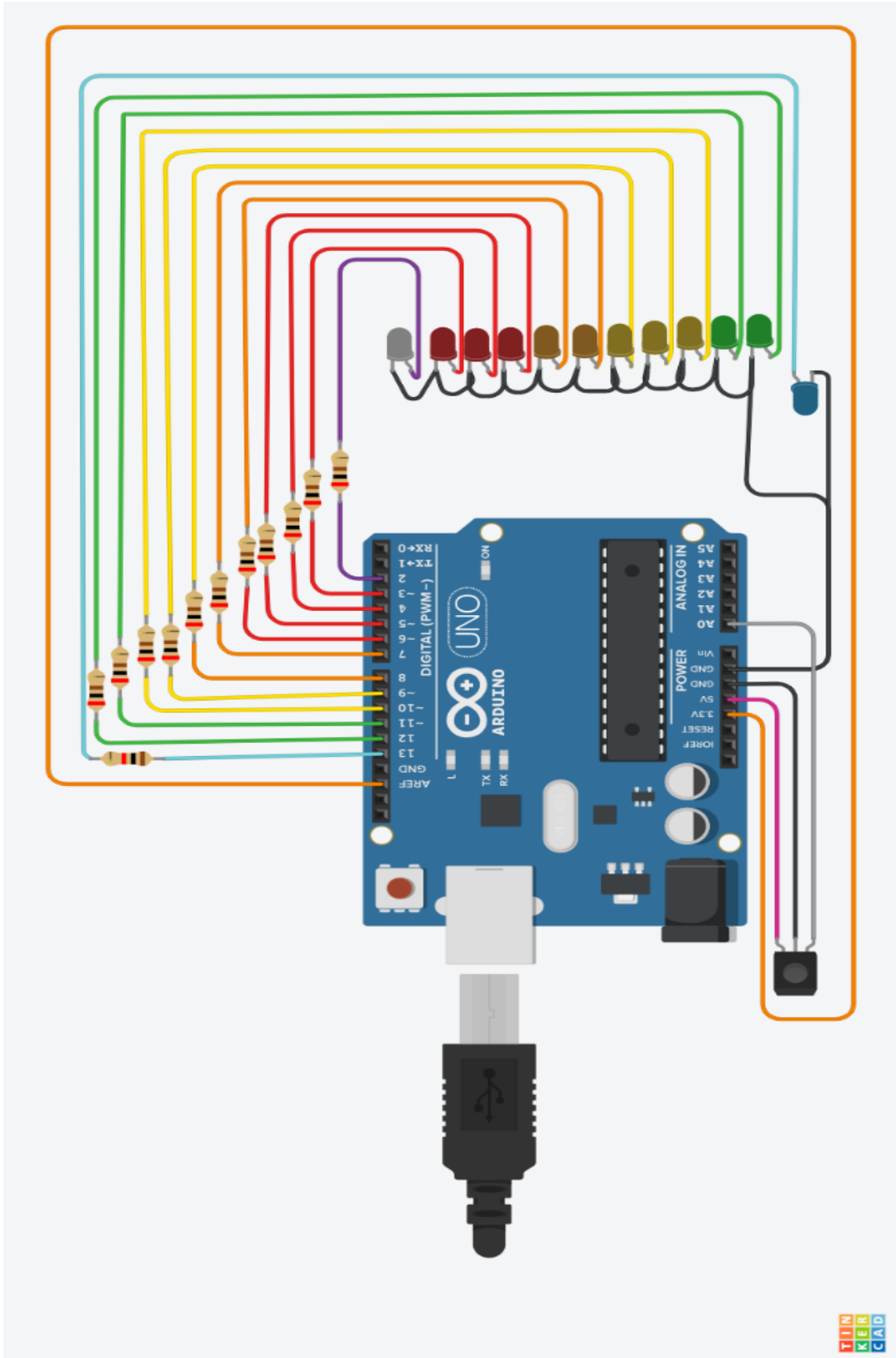


Figura 11: Cópia de tela do site: <https://www.tinkercad.com/dashboard>, esquema com Arduino e outros componentes, esquema eletrônico desenvolvido pelo autor.

Fonte: o autor (2021).

2.2.2 Materiais utilizados

Quadro 6: Lista de materiais utilizados no UV-ômetro¹.

Descrição do material	Quantidade	Obtenção do material
Arduino® e cabo de conexão USB.	01	Lojas de componentes eletrônicos.
Fonte de alimentação para Arduino® (9V-1A)	01	Lojas de componentes eletrônicos.
Sensor UV (GYML8511) para Arduino®	01	Lojas de componentes eletrônicos.
LEDs coloridos	Diversos	Lojas de componentes eletrônicos.
Cabos, resistores, e conectores	Diversos	Lojas de componentes eletrônicos.
Tubo termo retrátil	2 m	Lojas de componentes eletrônicos.
Liga para solda eletrônica (Fluxo RA)	200g 1 mm	Lojas de componentes eletrônicos.
Ferro de solda eletrônica	01	Lojas de componentes eletrônicos.
Vidro de relógio de pirex de 70mm de diâmetro*	01	Lojas de produtos para laboratórios.
Placa de Isopor (50 x 100 x 1 cm)	01	Lojas de embalagens ou papelaria.
Placa de Acrílico (3 mm, tam. A4)	01	Loja de produtos acrílicos
Caixa montagem painel elétrico quadro comando (20 x 20 x 12 cm)	01	Lojas de materiais elétricos.
Cabo PP e conectores	Diversos	Lojas de materiais elétricos.
Arte frontal em Adesivo	01	Empresa de Comunicação visual

* Pode ser substituído por uma lâmina ou cúpula de quartzo.

Fonte: o autor (2020).

¹ Os dois únicos itens fundamentais são o Arduino e o sensor UV (recomenda-se que sejam novos). Para os demais, podem ser utilizados “matérias de segunda mão” (reciclagem), como, no caso da fonte, pode ser de um celular, já a caixa metálica pode ser uma usada, assim como os outros materiais.

2.2.3 Especificações do sensor de Luz Ultravioleta (UV GYML8511)

O sensor de Luz Ultravioleta, UV GYML8511, é de fácil uso, com custo acessível, e é ideal para projetos, como este, de detecção e medição de RUV. Ele funciona basicamente para capturar raios UV e emitir um sinal analógico, na forma de tensão elétrica, referente à quantidade de radiação ultravioleta detectada na entrada, o qual pode ser convertido para uma outra linguagem.

Com o Arduino, podemos transformar estes dados analógicos de entrada em dados digitais de saída, podendo fazer relatórios e/ou utilizá-los para informar o IUV de outras maneiras, i.e., para acender LED's indicados em uma escala, como foi feito neste trabalho, ou de outras formas, como em um *display* LCD.

Utilizamos o modelo nestes moldes por ser, teoricamente, o que melhor detecta a radiação nas faixas de UVA e UVB, uma vez que outros modelos, como o UVM30A ou o GUVA-S12SD, têm detecção em UVC (que é totalmente absorvida pela atmosfera) e não capta toda a UVA.

Este sensor detecta a radiação solar dentro das frequências (ν) de 1.071 → 750 THz, ou seja, com comprimento de onda (λ) de 280 → 400nm, com uma resposta espectral mais eficiência em ν : 821 THz; ou λ : 365nm, ou seja, ele é sensível no espectro quanto a classificação de danos à saúde, *UVB* (ν : 1.071 → 938 THz; λ : 280 → 320 nm) e quanto à maior parte do espectro *UVA* (ν : 938 → 750 THz; λ : 320 → 400 nm), ou ainda, na classificação da Astronomia, do *UV próximo* (ν : 1.500 → 790 THz; λ : 200 → 380 nm),.

O sensor emite uma voltagem (tensão elétrica) analógica linearmente relacionada à intensidade da radiação UV medida (mW/cm^2). Para seu funcionamento correto, temos que conectar a saída do módulo a um canal Conversor Analógico-Digital (ADC, sigla do inglês) de um microcontrolador, como o Arduino, para aferir a intensidade da luz UV.

Principais Características do sensor:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| - Tensão de operação: 3,3 ~ 5 V; | - Dimensões: 12 x 13 x 5 mm; |
| - Corrente de saída: 5 mA; | - Massa: 0,085 kg; |
| - Potência dissipada: 30 mW; | - Temperatura de operação: |
| - Raios de detecção: UVA e UVB; | -20 ~ 70 °C |
| - Tempo de resposta de saída: 1 ms; | - Temperatura de armazenagem: |
| | -30 ~ 85 °C |

2.2.4 Esquema de montagem

O sensor, responsável por captar RUV (GYML8511) foi conectado através dos orifícios para conexão, conforme a Figura 12 expõe, fixados com solda eletrônica na placa do sensor, contendo 4 cabos condutores de corrente elétrica cada um com 50 cm de comprimento e suas outras extremidades soldadas nas portas de entrada da placa de Arduino UNO, com auxílio do *Datasheet* (ficha de dados) disponível no site: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sesors/LightImaging/ML8511_3-8-13.pdf.

O Quadro 7 traz as conexões que foram feitas entre a placa do sensor RUV e a placa do Arduino.

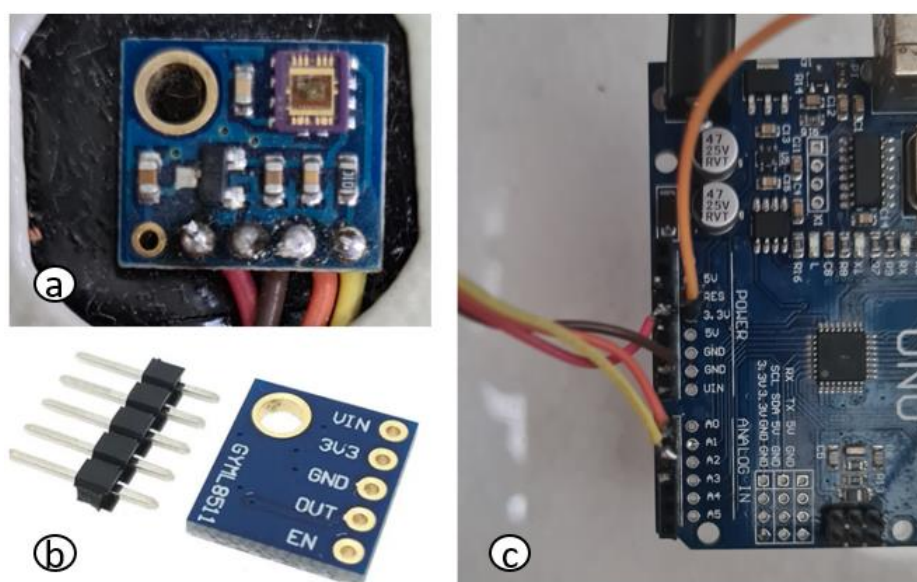


Figura 12: Imagens fotográficas do esquema de ligação dos fios do sensor ao Arduino. a) Esquema ligação no sensor RUV. b) parte posterior do sensor RUV. c) Esquema ligação no Arduino.

Fonte: o autor (2021).

Quadro 6: Esquema de ligação do sensor de radiação ultravioleta e a placa do Arduino.

Cor do fio condutor	Conexão sensor RUV	Conexão Arduino
---	VIN	SEM CONEXÃO
Vermelho	3V3	3.3V
Marrom	GND	GND
Alaranjado	OUT	A0
Amarelo	EN	A1

Fonte: o autor (2021).

Nas portas de saída foram soldados 12 cabos, com 30 cm de comprimento, os quais foram conectados aos resistores de 150 Ω e, em suas extremidades, foram acoplados 12 LEDs pelo ânodo (conector menor) (Figura 13).

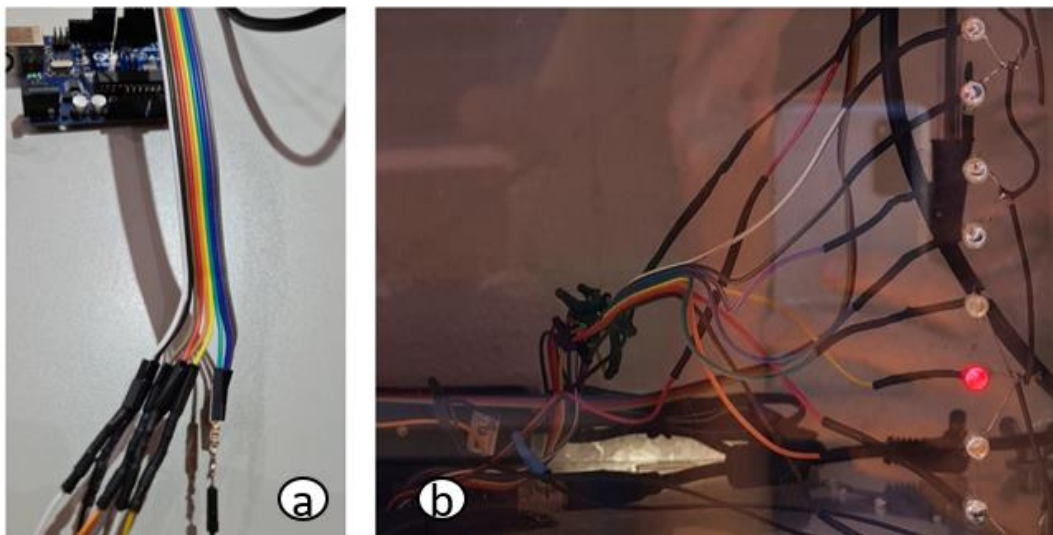


Figura 13: Imagens fotográficas do esquema de ligação dos fios nos resistores e LEDs. a) Esquema ligação no resistor. b) Esquema ligação no LED.

Fonte: o autor (2021).

Os 12 cátodos dos LED (conector maior) foram soldados ao um fio de 30 cm ligado na porta GND (terra) do Arduino. Após, um fio de 7 cm foi soldado na porta AREF à porta 3,3 V (Figura 14) para a calibração da voltagem com a própria voltagem fornecida pelo Arduino.

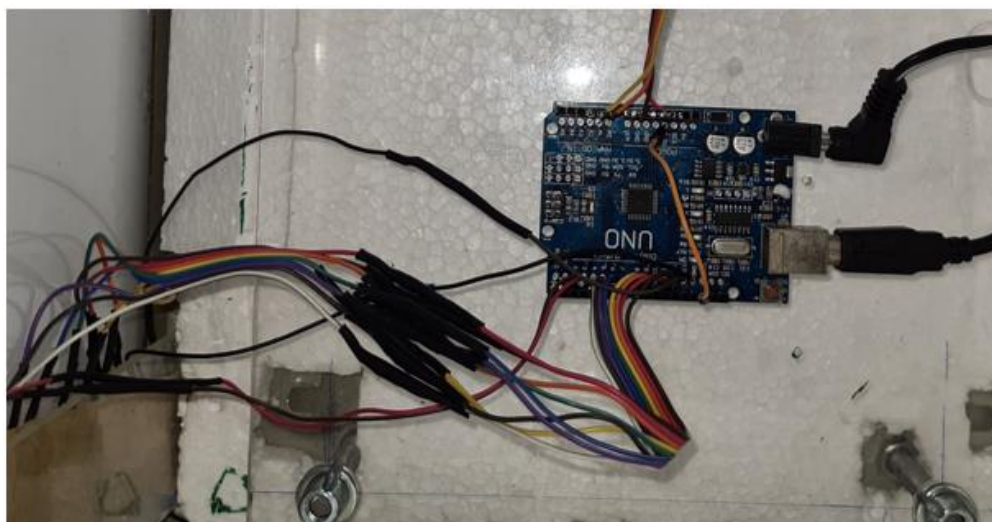


Figura 14: Imagem fotográfica das conexões dos fios do Arduino aos resistores e LEDs..

Fonte: o autor (2021).

Para carregar o código de programação (Apêndice E), desenvolvido pelo autor, conectou-se o Arduino ao computador via cabo USB (Figura 15). Para a calibração foram utilizados os dados do Quadro 8, adaptado de Zhang (2013). Tais dados para a calibração do sensor de radiação ultravioleta, a qual realiza a conversão dos dados analógicos emitidos pelo sensor para os dados digitais, a partir da saída do Arduino por meio do código de programação.

Quadro 7: Índices UV Correspondentes ao Sensor e ADC Saídas (Vcc = 3,0 V).

Voltagem de saída do sensor	saída ADC	IUV
0,993 V	291	0
1,073 V	314	1
1,153 V	337	2
1,233 V	360	3
1,313 V	383	4
1,393 V	406	5
1,473 V	429	6
1,553 V	452	7
1,633 V	475	8
1,713 V	498	9
1,793 V	521	10
1,873 V	544	11
1,953 V	567	12
1,033 V	590	13
2,113 V	613	14
2,193 V	636	15
2,273 V	659	16
2,353 V	682	17
2,433 V	705	18
2,513 V	728	19
2,593 V	751	20
2,673 V	774	21

Fonte: Adaptado de Zhang (2013, p. 3).

Posteriormente, o aparato foi exposto à luz solar e seu funcionamento foi testado, ou seja, verificou-se se ele estava captando a RUV. Isso foi evidenciado pelo acendimento dos LEDs (Figura 15).



Figura 15: Imagem fotográfica da conexão Arduino ao computador via cabo USB, o computador é só usado para fazer modificações no programa do Arduino.

Fonte: o autor (2021).

A calibração do aparato experimental foi conferida comparando os dados coletados, pelo equipamento proposto no estacionamento do Museu Dinâmico Interdisciplinar da Universidade Estadual de Maringá (MUDI-UEM), com os dados oficiais da Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM), encontrados *in loco* ou no sítio eletrônico do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-INPE), disponível em: <http://satellite.cptec.inpe.br/uv/>.

Faz-se importante comentar que a localização do terreno do MUDI-UEM é vizinho ao terreno da ECPM, ou seja, a calibração teve uma alta confiabilidade, pois o aparato coletor dos dados oficiais estava cerca de 200 m de distância ECPM, diminuindo as interferências atmosféricas, como a nebulosidade.

Os dados também podem ser verificados, para diversas regiões, por aplicativos para *Smartphones*, i.e., *UV Index Global* da *SulApp*, ou *Índice UV Rastreador e Previsão – UVI Mate* da *Full Stack Cafe Pty Ltd*, entre outras opções como: *Previsão do tempo: The Weather Channel*, da *International Business Machines Corporation (IBM)*, e o *AccuWeather*, os quais estão disponíveis para baixar nas lojas de aplicativos online, contendo versões gratuitas e opções pagas.

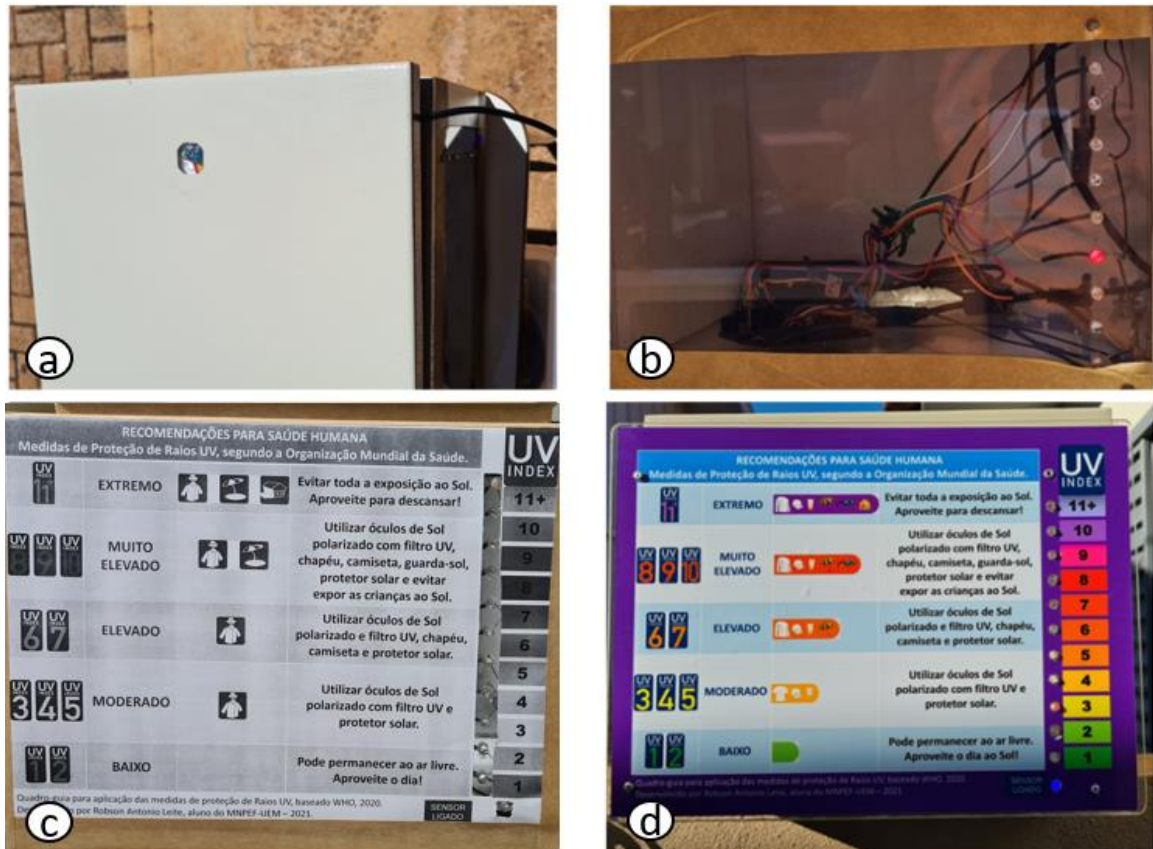


Figura 16: Imagens fotográficas: a) caixa vista de cima, mostrando o orifício com o sensor; b) visão externa frontal da parte eletrônica: LED, cabos e Arduino; c) parte frontal do equipamento em preto e branco (desenvolvimento); d) final em colorido.

Fonte: o autor (2021).

Na sequência, o aparato foi instalado em um quadro painel de comando elétrico hermético, revestido internamente com isopor (Figura 17). Na parte interna foi colocada uma placa de acrílico suspensa 5 cm acima do fundo, por meio de porcas e parafusos, sobre a qual foi fixado o Arduino.

Retirou-se a fechadura da tampa e utilizou-se o orifício para exposição do sensor, o qual foi fixado com cola quente sobre uma placa de isopor (Figura 17). Por proteção, foi inserida, na parte lateral, uma fechadura nova, para que fosse possível o travamento mecânico da caixa protetora (Figura 18).

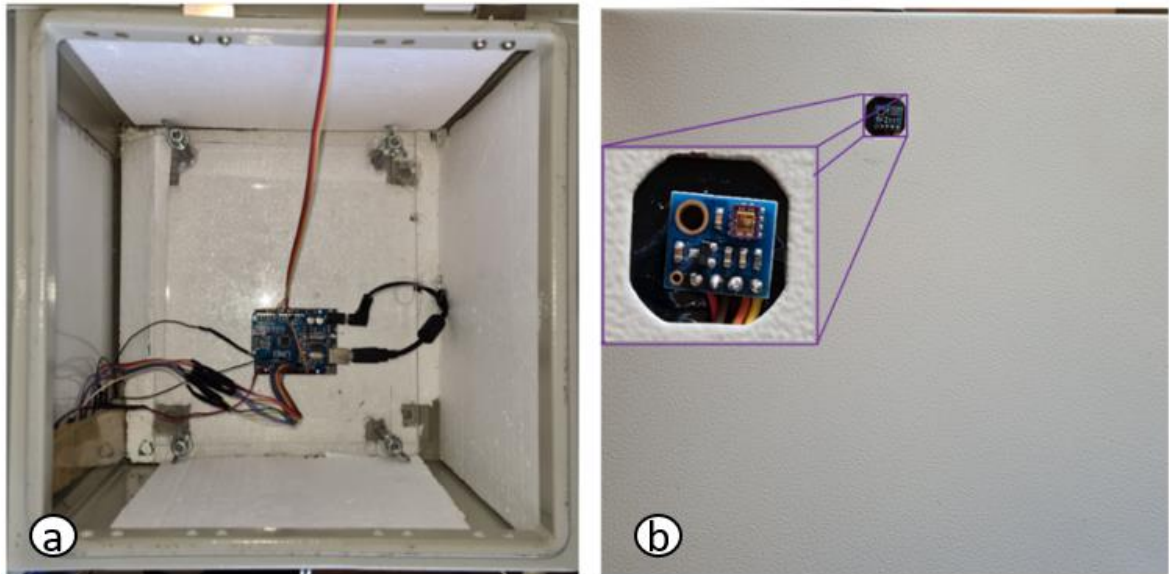


Figura 17: Imagens fotográficas: detalhes da caixa (quadro painel de comando elétrico). a) Esquema interno de proteção. b) Esquema da tampa, parte externa superior.

Fonte: o autor (2021).

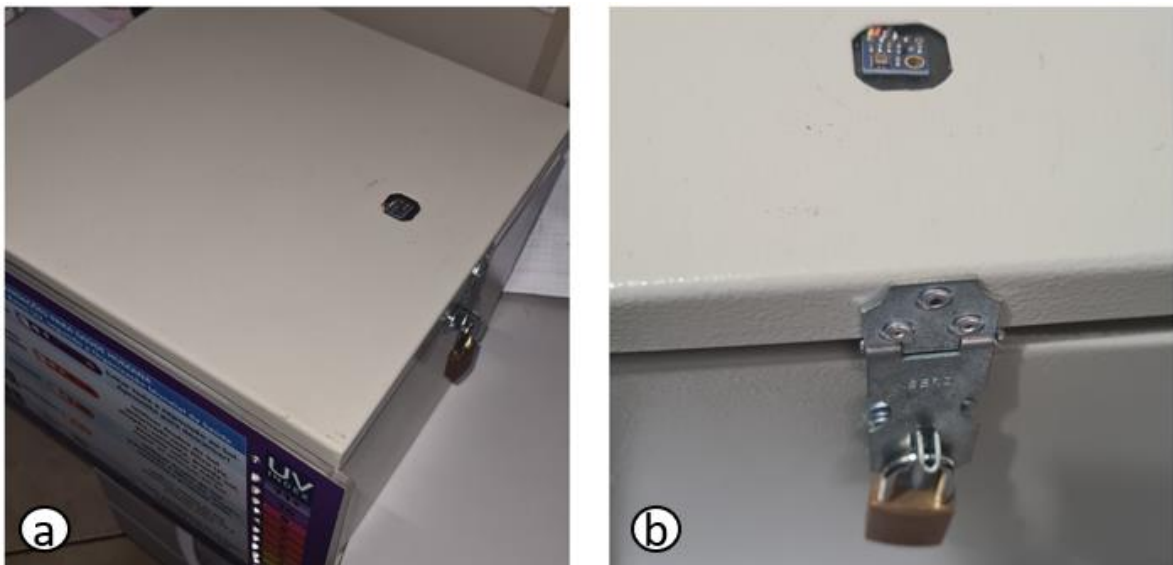


Figura 18: Imagens fotográficas da tampa com o sensor instalado e com a nova fechadura. a) Esquema externo de proteção. b) Fechadura da tampa.

Fonte: o autor (2021).

Na parte frontal da caixa, foi adesivado o quadro-guia com as recomendações e medidas de proteção para os Raios UV para a saúde, e a escala de IUV (Figura 19), como recomendado pela OMS. A seguir, perfurou-se a parte frontal e acoplou-se os LEDs. Na parte pósterio-inferior, fez-se um orifício para a passagem do fio de energia da fonte e/ou do cabo USB.

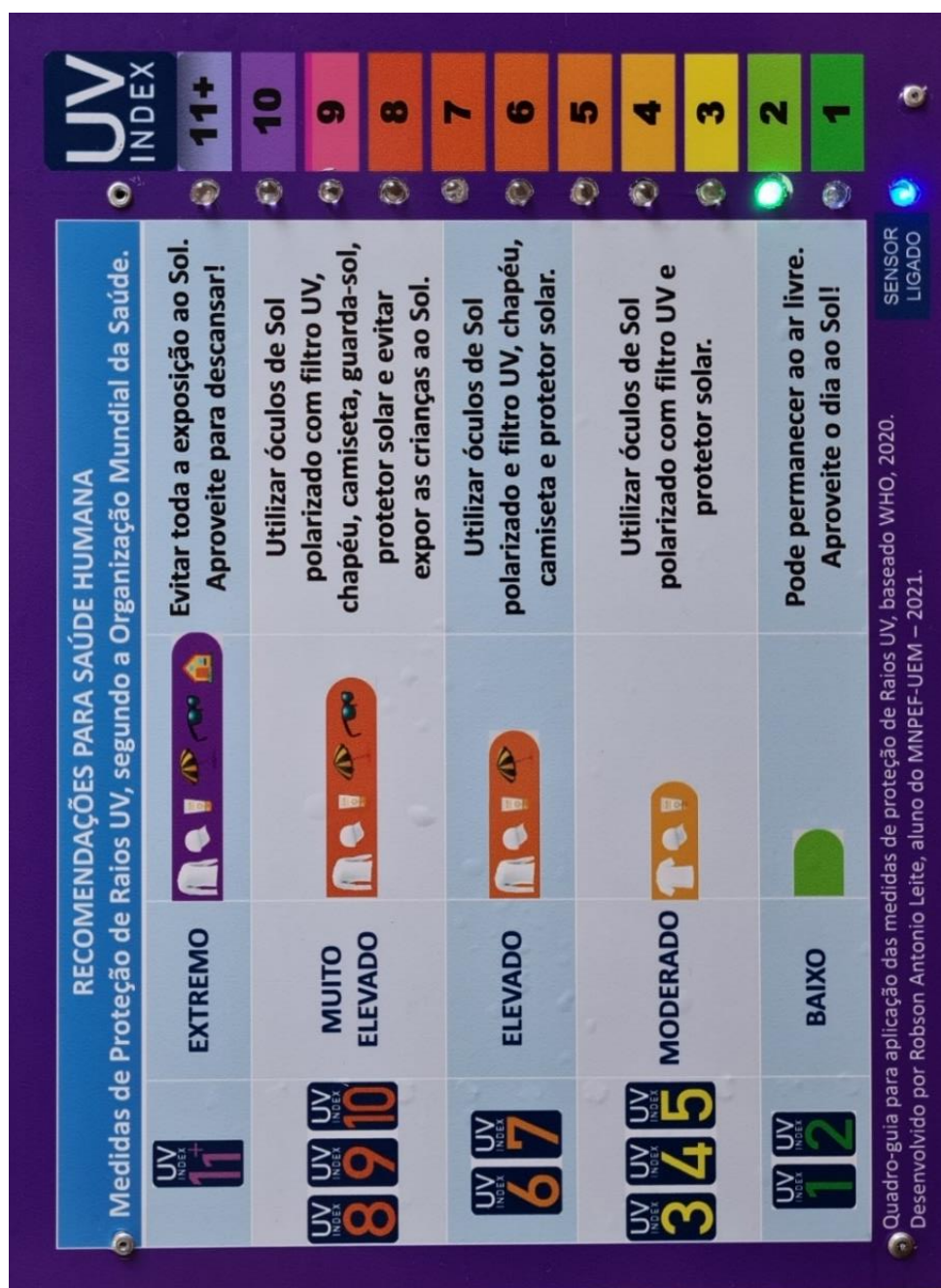


Figura 19: Imagem fotográfica do quadro-guia e da escala IUV, parte frontal do aparato.

Fonte: o autor (2021).

2.2.5 Proteção do sensor contra intempéries: discussão dos materiais UV transparentes.

Para a proteção mecânica e hidráulica do sensor GYML8511, testamos diversos materiais de fácil acesso aos professores interessados na reaplicação do aparato, como vidros de relógios, encontrados em relojoarias e algumas vidrarias de laboratório, os quais tiveram porcentagens de transmitâncias (%T) diferentes, dispostas no Quadro 9.

A transmitância é a capacidade de transmitir a luz UV, ou seja, a fração da energia luminosa que consegue atravessar uma determinada espessura de um material, sem ser absorvida por ele.

Para cada material, deve-se fazer o ajuste de calibração levando em consideração esta taxa. E_{om} (W/m²) representa a média da energia recebida sem proteção e E_m (W/m²) a média da energia recebida com proteção. Essas considerações devem ser corrigidas no código de programação desenvolvido para o correto funcionamento do aparato.

Quadro 8: Transmitância de radiação ultravioleta em diversos materiais.

Tipo/Formato	Material	Especificação	Espessura	E_{om} (W/m ²)	E_m (W/m ²)	%T
Vidro de Relógio (de pulso)	acrílico	Ø28 mm	1 mm	55,80	41,10	73,65
	cristal	Ø33 mm	1 mm	57,50	51,25	89,13
Vidro de Relógio (Lab.)	boro-silicato	Ø100 mm	2 mm	50,65	46,25	91,30
Balão fundo redondo (Lab.)	boro-silicato	100 ml – junta lisa	2 mm	57,10	50,42	88,30
	boro-silicato	100 ml – junta esmerilhada	2 mm	57,50	56,50	98,26

Fonte: o autor (2020).

Como pode-se ver, no Quadro 9, o melhor material é o Balão fundo redondo (Lab.) boro-silicato 100 ml – junta esmerilhada com espessura de 2 mm, que apresentou uma transmitância de 98%, e o pior, nesta, foi o Vidro de Relógio (de pulso) de acrílico com espessura de 1 mm, possuindo uma transmitância de 74%.

Pode-se ver, pela Figura 20, que o sensor de UV GYML8511 tem o máximo de sensibilidade em pouco acima 365 nm (curva azul escuro) e mede bem quase em toda a faixa

do UVA. O acrílico (curva laranja) começa a piorar sua transmitância no início da faixa de UVA, caindo para zero de transmitância perto de 360 nm.

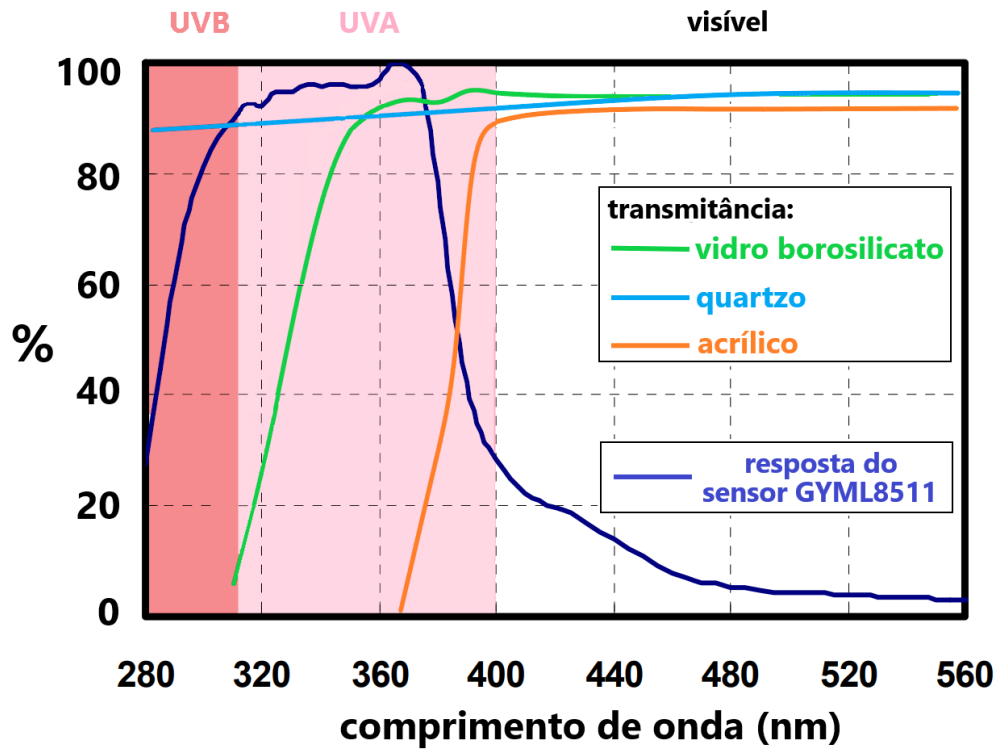


Figura 20: Comparação da absorção de diferentes materiais na faixa do visível (acima de 400 nm), UVA (315 a 400 nm) e UVB (abaixo de 315 nm), junto com a curva de resposta do sensor UV.

Fonte: adaptada de Sanatron (2016) – acrílico –, Metaglas (2021) – borosilicato –, Tydexoptics (2021) – quartzo – e Lapis (2013) – sensor.

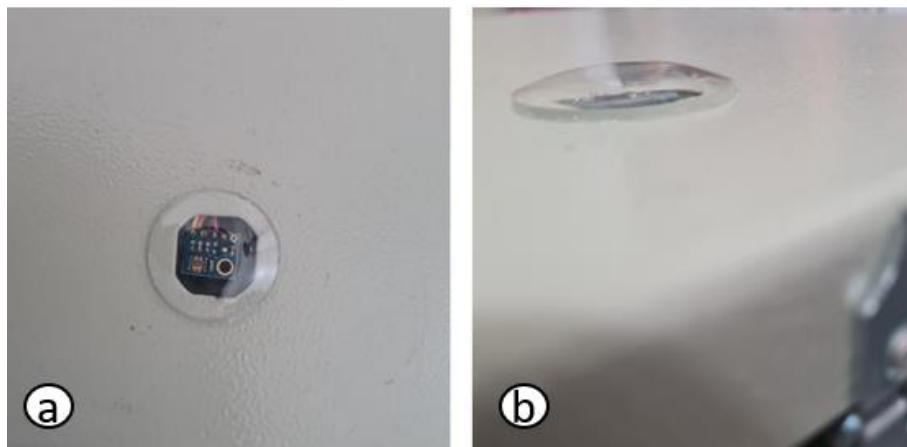


Figura 21: Imagens fotográficas da parte superior do aparato com vidro de relógio cristal. a) visão plano superior. b) visão oblíqua (curvatura convexa da lente).

Fonte: o autor (2021).

O vidro boro-silicato (curva verde da Figura 20) é melhor que o quartzo pois transmite o UVA bem (90%) até 350 nm (quando a transmitância começa a diminuir). No entanto, o melhor material seria o quartzo (curva azul claro) pois a transmitância permanece em cerca de 90% na faixa do UVA (também no visível e no UVB). Porém, quartzo é um material caro que não conseguimos obter, por isso foi usado o vidro borosilicato.

Vale frisar que o vidro de relógio cristal, usado neste trabalho, (Figura 20) provavelmente não é de quartzo, tendo em vista os dados coletados, e que estes dados da literatura estão de acordo com os resultados do Quadro 9.

Como a composição de vidro normal (vidro de janela) tem-se diferentes composições, porém, não colocamos eles neste trabalho. Alguns vidros de janela têm um comportamento que pode ser parecido com o do boro-silicato (SANTOS *et al*, 2018).

2.3 Considerações sobre o Produto Educacional

Em síntese, o UV-ômetro foi criado e utilizado como tecnologia digital de informação e comunicação para o ensino de Física, feito com um Arduino e outros componentes eletroeletrônicos, de modo que o Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de computação física com código aberto que permite aos seus usuários criar objetos eletrônicos interativos.

Além do Arduino, conforme já foi mencionado anteriormente, utilizamos um sensor UV, o qual foi instalado para absorver radiação solar, acoplado ao Arduino, que foi, então, programado e calibrado para fornecer o IUV, dado que foi coletado pelos alunos e que é parte das atividades da PD, como indicado na sessão anterior.

As aulas práticas empregando tais objetos, aliadas à fundamentação teórica, colaboram para o desenvolvimento de várias Competências Gerais da Educação Básica, previstas na BNCC, em especial as competências gerais 2, 5 e 7, as quais já foram citadas anteriormente, ver página 75.

A produção e utilização do aparato de valor acessível mostrou-se viável e pode representar uma maneira prática de os estudantes perceberem as variações da radiação ultravioleta ao longo de um dia, em diferentes condições meteorológicas e em diferentes estações do ano, motivando aprendizagens interdisciplinares de física, astronomia e cronobiologia. Isso representa uma forma de dar um aspecto prático aos conhecimentos teóricos sobre ondas eletromagnéticas, suas características e aplicações.

Os dados obtidos pelos alunos podem ser o ponto de partida para discussões sobre as importâncias positivas e negativas da RUV para a saúde humana em função de seus efeitos sobre as células e de seu papel na síntese de vitamina D.

Esses podem, também, motivar a compreensão de quando há necessidade de uso de protetores solares, além de poderem ser agrupados em tabelas e gráficos, e servirem de base para diversos exercícios matemáticos, como a própria confecção e interpretação dos dados e das curvas obtidas, que são os gráficos.

Procurou-se fazer este aparato experimental para que o aluno possa ser um sujeito ativo e protagonista no processo de ensino-aprendizagem partindo de sua base cognitiva, ampliando, assim, seus subsunçores e conseqüentemente suas habilidades de discutir, investigar, interpretar, construir e analisar como parte de sua rotina de estudo e de seu modo de aprender, bem como de transpor tais conhecimentos para o seu cotidiano, melhorando, assim, sua qualidade de vida. Além disso, visa-se que o aluno utilize tais conhecimentos como base para exercer sua cidadania de forma crítica e embasada por conhecimentos científicos.

2.4 Considerações sobre Aparato Experimental

Produzir um aparato experimental capaz de captar RUV e indicar o IUV, de custo acessível, requer conhecimentos teóricos, habilidades técnicas e disposição para procurar e testar vários materiais e metodologias, bem como a busca de orientação do orientador e de outros profissionais e docentes.

A aquisição da Placa de Arduino e do sensor foram de fácil acesso, pois estavam disponíveis em *sites* e lojas físicas de eletrônicos por valor abaixo de R\$ 200,00 (outros valores estimados na tabela de valores no Apêndice D), no início do presente trabalho. Outro passo tranquilo foi planejar a lógica da estrutura eletrônica (Figura 10).

Compreender e produzir a lógica de programação desse dispositivo foi a primeira dificuldade relevante, pois há muitas formas de programar o código do Arduino para a utilização deste em diferentes experimentos, ou em um mesmo experimento.

Para superar essa dificuldade e chegar a uma programação compatível com a produção de UV-ômetro foi necessário estudar códigos e comandos de programação de outros experimentos que utilizam essa linguagem (ARDUINO, 2021) - disponível em: <https://www.udemy.com/course/aprenda-arduino/>; <https://www.filipeflop.com/> -,

assim como solicitar a colaboração de outros profissionais, professores e técnicos da área de robótica.

Tal dificuldade será reduzida para outros professores que quiserem reaplicar o experimento, pois o código de programação elaborado como parte do presente trabalho encontra-se no apêndice E.

Realizar a montagem da parte eletrônica e da caixa de proteção térmica e mecânica também foi uma tarefa fácil como descrito no capítulo que trata da produção do aparato experimental.

A calibração do aparelho foi a etapa mais complexa de ser realizada pelos seguintes motivos:

1 – A falta de fontes para consulta sobre como transformar os dados contidos no gráfico do manual do sensor de captação de RUV em dados tabelados para linguagem de programação;

2 – A falta de um código de programação para que o Arduino convertesse os dados analógicos captados pelo sensor em dados digitais para comparação com os dados oficiais do IUV, fator que é consequência do primeiro.

A princípio, buscou-se elaborar o código a partir do manual do sensor, o que resultou em várias tentativas não exitosas que tomaram um período de cerca de três meses. Frente à dificuldade, uma rede de profissionais foi acionada na tentativa de solucionar o problema.

Contudo, a solução foi encontrada a partir de um artigo que continha a tabela de conversão dos dados (Zhang *et al*, 2013), a qual foi adaptada para a escrita do código de programação necessário ao UV-ômetro, utilizando a correção de voltagem, o que possibilitou a realização da calibração e comparação com os dados oficiais do INMET.

A próxima etapa consistiu em testar diversos materiais para proteger o sensor, o balão volumétrico de fundo redondo, o vidro de relógio de laboratório e o vidro de relógio de pulso (Quadro 9). Tais materiais tiveram sua transmitância testada quando o aparato já se encontrava calibrado. O material que menos interferiu foi o balão de fundo redondo de 100 ml. de junta esmerilhada, pois apresentou transmitância de 98,26%, ou seja, absorveu apenas 1,74% da energia.

Contudo, o material escolhido foi o vidro de relógio de pulso de cristal cuja transmitância foi de 89,13%, ou seja, absorveu 10,87% da energia. Os motivos para

tal escolha foram a maior facilidade para obtenção e instalação. Tal escolha implicou em realizar uma nova calibração no código de programação para que o aparato já apresentasse o dado corrigido, ou seja, com uma correção de 10,87%. Dessa forma, a leitura dos dados apresentados foi muito próxima aos dados oficiais coletados pela estação climatológica principal de Maringá, que foi tomada como parâmetro para realizar a calibração por ficar a 200 metros do MUDI, onde foi realizada a calibração.

Como todos os passos seguidos na produção, testagem, calibração e correção de dados serão disponibilizados de forma pública, entendemos que o percurso a ser realizado por quem quiser reaplicar o experimento será mais tranquilo e mais rápido do que nesse experimento, que foi de um ano.

Capítulo 3 – Resultados e Discussão

*Eis uma realidade que contém muitas realidades.
(Morais, 2002)*

Uma vez definido o tema do PE, radiação ultravioleta, pelo autor e pelos orientadores, deste trabalho, o passo seguinte consistiu na busca da fundamentação teórica, da definição da metodologia e das estratégias a serem empregadas, dentre elas, os mapas conceituais.

Seguindo a sugestão do orientador e do corpo docente do MNPEF, antes de iniciar a elaboração do PE, o mestrando estudou sobre mapas conceituais e suas aplicações em Souza e Boruchovitch (2010a).

Na sequência, elaborou-se um mapa conceitual com base em seus conhecimentos prévios sobre o tema radiação ultravioleta no contexto interdisciplinar (Figura 22).

Por conhecimento prévio entende-se conceitos, proposições, modelos, concepções, crenças, enfim, o que já existe na estrutura cognitiva de quem aprende e pode funcionar como precursor de novos conhecimentos ou como obstáculo epistemológico. Conhecimentos prévios que servem como “ancoradouro” cognitivo para dar significado a novos conhecimentos, em um processo interativo, são chamados conceitos subsunções, mas não são necessariamente conceitos. Por isso, é melhor chamá-los apenas de subsunções. O termo ancoradouro é metafórico, ou seja, subsunções funcionam como se fossem ancoradouros, mas o processo é interativo e nessa interação o subsunção pode se modificar, adquirir novos significados, ficar mais rico, mais diferenciado, mais estável e ainda mais capaz de ancorar (dar significados) a novos conhecimentos. (MOREIRA (2021, p. 4).

Em uma avaliação subjetiva do autor, a elaboração de tal mapa foi fundamental para organizar os conhecimentos que este possuía sobre radiação ultravioleta no contexto interdisciplinar que pretendia trabalhar, bem como para definir as metodologias e estratégias (iniciais) a serem empregadas em sala de aula, também para a busca de textos que complementassem sua formação, ampliando sua base cognitiva, ou seja,

seus próprios subsunçores no tocante a forma de desenvolver o produto educacional, o aparato experimental, as teorias de aprendizagens envolvidas e os conteúdos de Ciências da Natureza que embasariam sua atuação no binômio ensino-aprendizagem.

O mapa conceitual ainda serviu como organograma de todo o trabalho, inclusive desta monografia. Bem como os mapas elaborados pelos alunos serviram para avaliar os subsunçores que possuíam antes e após a aplicação do PE. O que está de acordo, conforme Silva, Clara e Mendes (2017) afirmam:

A teoria dos mapas conceituais foi desenvolvida tomando por base a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, e possui diversas aplicações para a educação, tais como: a) apresentar um conteúdo; b) estudar um conteúdo; c) fazer síntese de texto; d) organizar o conteúdo programático de uma disciplina; e) avaliar a aprendizagem. (*Idibim*, 2017, p. 1)

Partindo do princípio de que, no binômio ensino-aprendizagem, quem ensina também aprende, o professor-autor optou por realizar um novo mapa conceitual após a aplicação do PE (Figura 23).

A comparação entre ambos revela diferenças resultantes das aquisições de novos conhecimentos advindos da leitura de diferentes textos, bem como da aplicação prática daquilo que aprendeu na produção do UV-ômetro e da Proposta Didática (PD).

Em uma reflexão autocrítica comparando os dois mapas conceituais do autor, este atribui a redução da complexidade do segundo mapa à ampliação de sua base cognitiva durante a realização do trabalho a partir dos subsunçores que já possuía e que se tornaram mais estáveis, ganhando significados novos, ficando mais ricos, mais diferenciados e mais capazes de ancorar novos conhecimentos.

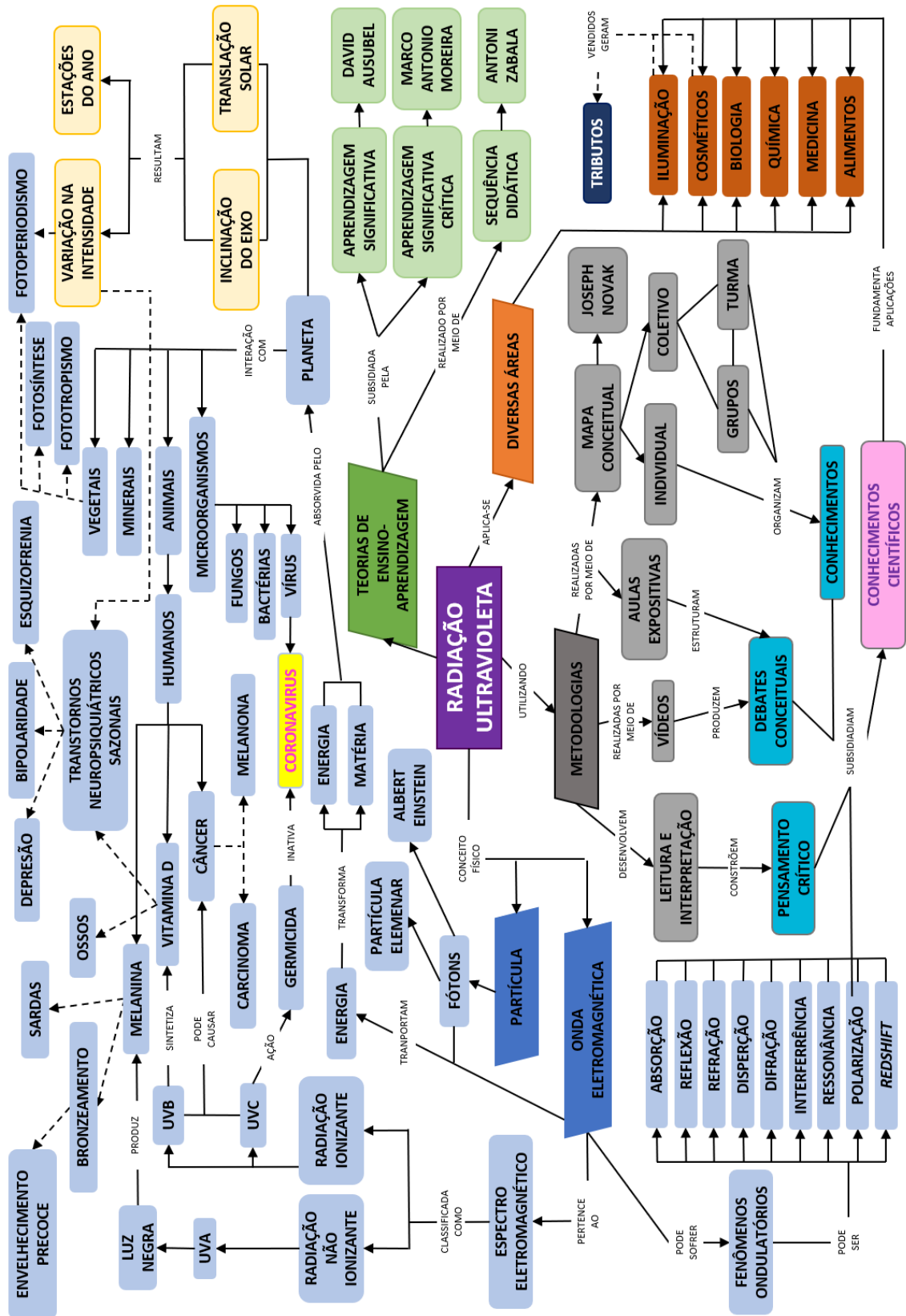


Figura 22: Imagem do Mapa Conceitual elaborada pelo autor no início da elaboração do Produto Educacional em março de 2020.

Fonte: o autor (2020).

Na visão deste autor, isso foi decorrente daquilo que Ausubel (2003) denomina de aprendizagem proposicional do tipo derivativa e correlativa, porque parte do material de aprendizagem apenas serviu para exemplificar, ou apoiar, ideias já existentes em sua estrutura cognitiva, uma vez que, os temas, radiação solar e saúde humana, há diversos anos, têm motivado seus estudos.

Houve, também, aprendizagem proposicional correlativa, porque parte do material e da realização prática das atividades possibilitou a extensão, a elaboração, a modificação e a qualificação de proposições apreendidas anteriormente, que refletiram na forma de construção do segundo mapa conceitual do autor (Figura 23).

Está auto-observação, ou autoavaliação, permitiu ao autor que observasse melhor parte do conhecimento que possuía sobre alguns temas, os quais eram resultantes de aprendizagens mecânicas e estavam armazenados de forma literal e arbitrária, enquanto outros conhecimentos se mostraram ser resultado de aprendizagens significativas.

Diante disso, pondera-se que rever os próprios conhecimentos e ampliar seus significados, na perspectiva de quem estava aprendendo para ensinar, contribuiu para dar significado a muitos conhecimentos que antes eram literais e aplicados de forma mecânica em situações conhecidas.

O autor do presente trabalho considera que vivenciar o processo com o olhar de quem aprende para ensinar e de quem aprende ao ensinar pode resultar em grande melhoria do binômio ensino-aprendizagem, pois mesmo quando um docente estuda para preparar uma aula, ele poderá cair na armadilha de aprender apenas de forma mecânica ao invés de ter uma aprendizagem significativa, e, conseqüentemente, também ensinará de forma mecânica e terá dificuldades para despertar a afetividade positiva dos estudantes, o que é fundamental para que eles se interessem pela matéria. Isso é um desafio para todas as disciplinas.

A aprendizagem mecânica, [...] é aquela em que há, na estrutura cognitiva, um armazenamento de conhecimentos de forma literal, arbitrária, sem significados, que não requer compreensão e resulta em aplicação mecânica a situações conhecidas. Contrariamente, na aprendizagem significativa há uma incorporação de conhecimentos à estrutura cognitiva de forma substantiva, não arbitrária, com significado, com compreensão, com capacidades de explicação, descrição e transferência desses conhecimentos, inclusive a situações novas. (MOREIRA, 2021, p. 3).

O professor que ainda não aprendeu de maneira significativa os conceitos da disciplina que leciona, bem como os conceitos relacionados às teorias de aprendizagem que devem embasar sua atuação, com certeza, terá muita dificuldade de elaborar estratégias para sua atuação junto aos discentes e para explicar a matéria em uma linguagem que o aluno compreenda e que faça sentido para ele, bem como em fazê-lo de maneira interdisciplinar.

Isso pode ocorrer com todas as disciplinas, no caso da física, pode resultar em aulas centradas em fórmulas que o professor decorou e que agora devem ser decoradas por seus alunos, sem a adequada compreensão dos conceitos que servem para compreender a equação, o que pode culminar com a aprendizagem de conteúdos voltados para a testagem e não para a vida e para a formação da cidadania.

Muito do que se ensina nas escolas está voltado para o que é cobrado no vestibular, em especial das universidades públicas. Diante disso, é preciso analisar e refletir sobre o que, para quem, por que, para que e como o vestibular está realizando a sua testagem, já que ele influencia fortemente o que e como se ensina em muitas escolas do ensino básico.

Moreira (2021, p. 2) destaca que: *“Se o ensino da Física der mais atenção aos conceitos físicos do que ao formalismo matemático estará contribuindo para uma maior compreensão da Física e para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes”*, ou seja, os conceitos que estão na base da compreensão humana – que estruturam o conhecimento humano e a conceitualização – são o núcleo do desenvolvimento cognitivo.

Contudo, para serem aprendidos significativamente, novos conhecimentos devem fazer sentido para o aprendiz, portanto, é importante partir de situações do entorno dele e, a seguir, aumentar o nível de complexidade e abstração.

Diante disso, discute que é comum começar o ensino de Física com conteúdo e exemplos que não fazem sentido para o aluno e cuja complexidade estão acima de suas capacidades cognitivas. Assim, afirma que o ensino de Física “perde” os alunos, pois eles começam a não gostar de Física. Com isso, cabe perguntar aos docentes de física e de outras matérias no ensino básico se estes compreendem verdadeiramente o significado dos termos “desenvolvimento cognitivo”, “base cognitiva”, “aprendizagem significativa” entres outros fundamentais para quem atua como professor.

Desta forma, após ampliar sua própria capacidade cognitiva, o autor do presente trabalho procedeu a aplicação na sala de aula, ocasião em que continuou aprendendo na interação com os alunos e com a leitura de novos materiais sobre os conteúdos específicos de Física e matérias correlatas, de textos sobre a aprendizagem de Física, da elaboração de resumos para apresentação em eventos, da sistematização e análise dos resultados obtidos junto aos alunos. Além disso, houve aprendizado por meio do aprofundamento das reflexões durante a escrita dessa dissertação.

3.1 Aplicação do PE

Ao construir a PD, como parte do PE, procurou-se pautar os conteúdos e as atividades considerando a base cognitiva dos alunos. Para isso, foi solicitada a elaboração de um mapa conceitual e a aplicação do formulário elaborado pelo autor, que foi aplicado durante a elaboração da PD.

Desta forma, tentou-se levar em consideração os subsunçores, ou as concepções prévias dos alunos, o que, para uma aprendizagem significativa, é uma condição necessária, segundo Moreira (2012):

A estrutura cognitiva, considerada como uma estrutura de subsunçores inter-relacionados e hierarquicamente organizados é uma estrutura dinâmica caracterizada por dois processos principais, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. A diferenciação progressiva é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos. [...] A reconciliação integradora, ou integrativa, é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações. (*Ibidem*, p. 33-34).

As aulas foram aplicadas para as turmas do segundo e terceiro ano do Ensino Médio², e início no dia 25 de fevereiro de 2021, com duração de 8 (oito) aulas nas

² Colégio Oxigênios, localizado em Santa Fé - PR, o qual é uma escola particular. No total 21 alunos,

duas semanas seguintes. Por conta da pandemia da Covid-19, a aplicação foi realizada de forma híbrida, por vezes presencial, por vezes em sala virtual e, também, nas duas modalidades simultâneas, devido aos rodízios de alunos, necessários por conta do distanciamento social.

As 21 atividades propostas foram cumpridas e três formas de avaliação foram utilizadas de maneira mais ampla, sendo elas a diagnóstica, a formativa e a somativa. Cada atividade teve sua avaliação e cada uma delas fez parte da composição da nota final atribuída.

Na proposta didática, as atividades foram sistematizadas de forma que permitisse o aprofundamento do tema estudado. As práticas pedagógicas educacionais e as metodologias de ensino-aprendizagem presentes foram: leituras coordenadas, debates mediados, vídeos, uso de aparato experimental, construção de mapas conceituais e formulários. Neste sentido, o professor saiu do papel principal em sala de aula e teve função de mediador e interlocutor das metodologias propostas.

Seguindo o planejamento, que é parte da PE, a aplicação do PD teve início no dia 25 de fevereiro de 2021. No primeiro momento, o PD foi apresentado aos estudantes, que a priori pareceram não entender completamente e questionaram se a aplicação da PD não fugiria dos conteúdos da apostila utilizada pelo colégio.

Foi esclarecido que seria aplicado naquele momento porque, pela proposta do material didático do colégio (apostila), seria o momento de se trabalhar ondas eletromagnéticas, seus fenômenos e aplicações, culminando, portanto, em uma oportunidade de trabalhar parte do conteúdo referente à RUV, de maneira a unir teoria e prática em uma perspectiva interdisciplinar. Isso posto, os estudantes se dispuseram a participar inclusive das atividades extraclasse.

Relato da aplicação das Atividades 1, 2, 3 e 4 – Aula 1

Após a aceitação por parte dos alunos, foram adotados os procedimentos descritos na Atividade 1, ou seja, entregou-se uma folha com as palavras “radiação ultravioleta” e solicitou-se que, a partir desse conceito, elaborassem um mapa conceitual a partir de seus conhecimentos prévios sobre o tema sem consulta a qualquer material

desta instituição, participaram. A declaração de autorização para aplicação está no Apêndice A.

ou colegas. O objetivo foi realizar uma avaliação diagnóstica que possibilitasse averiguar a base cognitiva que os estudantes possuíam sobre o tema.

Para Moreira (2012), os mapas conceituais podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento, e pode ser tido como um instrumento de avaliação da aprendizagem.

Embora, em aulas anteriores, já tivesse sido trabalhada a diferença entre mapas conceituais e mapas mentais e sido solicitada a produção dos mesmos referentes a outros conteúdos, alguns alunos não empregaram a hierarquia e as conexões (verbos de ligação) entre os conceitos, produzindo, portanto, mapas mentais.

Houve dois estudantes que apresentaram textos no lugar dos conceitos. Isto possibilitou ao professor a percepção de que ainda era necessário fortalecer os subsunçores referentes à produção de mapas conceituais para que os estudantes soubessem produzi-los.

Contudo, os “mapas desenvolvidos” nas Atividades 1 e 3, Figura 24 e Figura 25, respectivamente, alcançaram o objetivo de avaliação diagnóstica dos subsunçores dos alunos, e estes foram utilizados para melhorar o planejamento e a aplicação da PD.

Uma das maneiras mais eficientes de se empregar os mapas conceituais é utilizando-os não só como ferramentas de aprendizagem, mas como ferramentas de avaliação, incentivando, assim, os alunos a usarem padrões de aprendizagem significativos (NOVAK; CAÑAS, 2010).

Neste sentido, entende-se que o binômio ensino-aprendizagem deve ser avaliado e reelaborado, levando em consideração os subsunçores existentes e suas modificações. Apresentamos, assim, algumas considerações importantes para a aplicação de algumas atividades realizadas nas aulas. Segundo as Diretrizes Curriculares da Educação Básica – Física.

Considerando sua dimensão diagnóstica, a avaliação é um instrumento tanto para que o professor conheça o seu aluno, antes que se inicie o trabalho com os conteúdos escolares, quanto para o desenvolvimento das outras etapas do processo educativo.

Inicialmente, é preciso identificar os conhecimentos dos estudantes, sejam eles espontâneos ou científicos, pois ambos interferem na aprendizagem, no desenvolvimento dos trabalhos e nas possibilidades de revisão do planejamento pedagógico.

[...]

A avaliação oferece subsídios para que tanto o aluno quanto o professor acompanhem o processo de ensino-aprendizagem. Para o professor, a avaliação deve ser vista como um ato educativo essencial para a condução de um trabalho pedagógico inclusivo. (PARANÁ, 2008, p. 79-80)

A Atividade 2, que consistia na produção de um mapa conceitual coletivo por grupos de 3 a 5 alunos, não pôde ser realizada por conta do distanciamento social, consequência da pandemia de Covid-19.

Já a Atividade 3, que consistiu em um mapa conceitual produzido a partir dos mapas individuais, foi realizada com uma mudança na estratégia, o professor recolheu todos os mapas individuais e produziu no quadro um mapa coletivo (Figura 25) resultante da somatória daquilo que se encontrou em cada mapa individual.

Desta forma, os estudantes puderam ter uma noção do enriquecimento dos conceitos quando da realização do trabalho em grupo, pois o subsunçores de um soma-se aos subsunçores do outro, o que faz com que o conhecimento coletivo supere o individual e possibilite um maior aprimoramento dos subsunçores individuais.

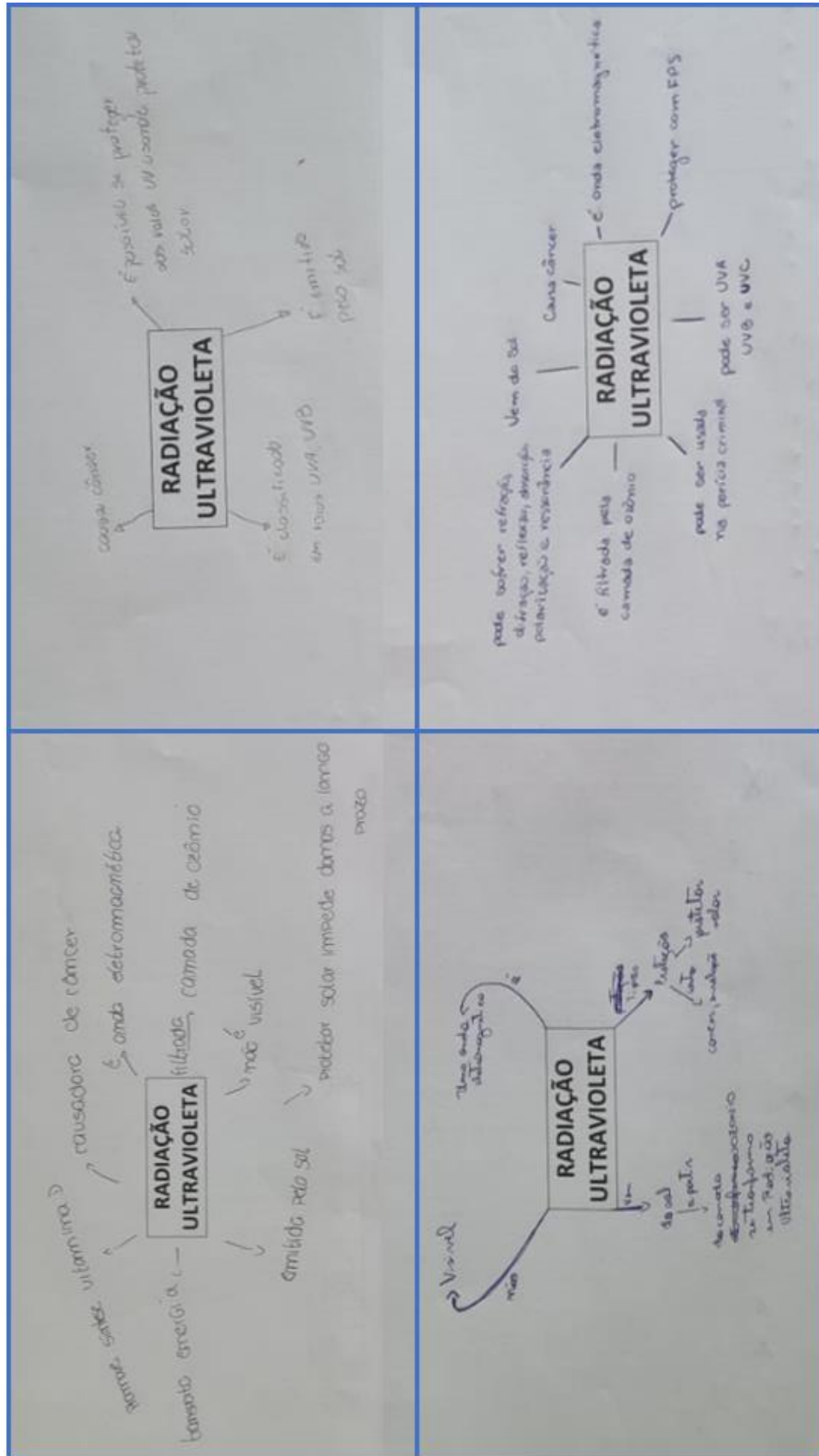


Figura 24: Imagens fotográficas de 4 mapas conceituais (alguns são mapas mentais) que foram realizados pelos alunos e utilizados como avaliação diagnóstica.

Fonte: o autor (2021).

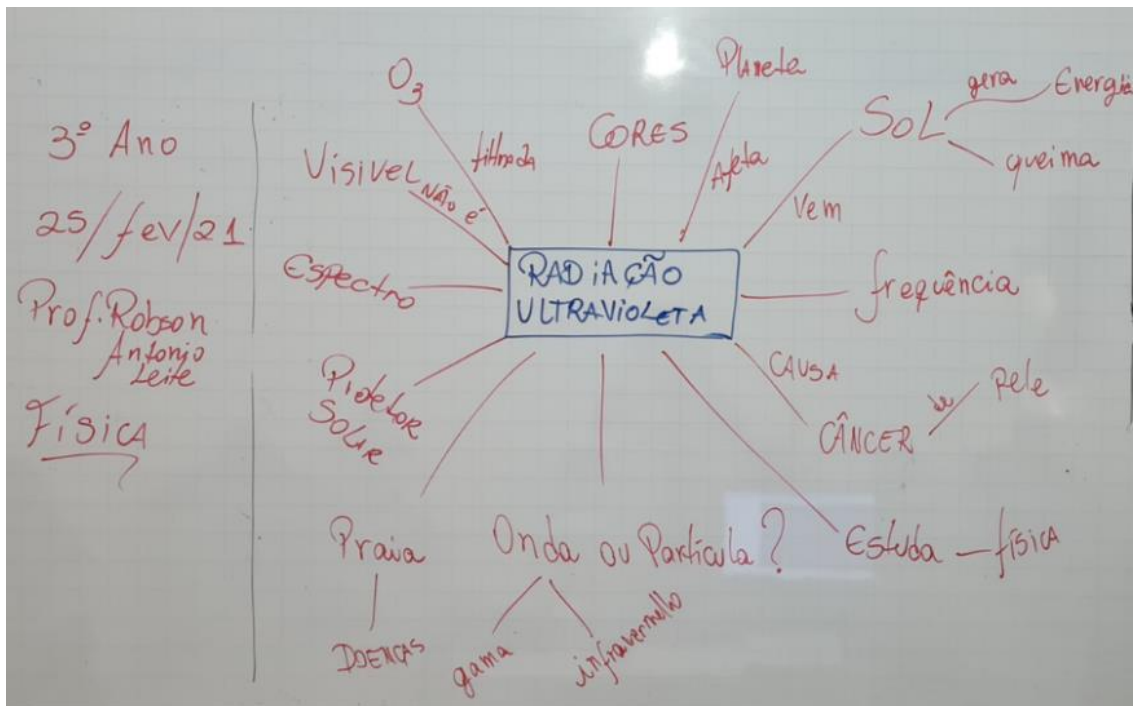


Figura 25: Imagem fotográfica de um mapa conceitual diagnóstico coletivo da turma, desenvolvido com base nos mapas conceituais individuais dos alunos.

Fonte: o autor (2021).

O formulário, Atividade 4, também cumpriu o objetivo de avaliação diagnóstica porque foi respondido pelos alunos de forma satisfatória (Figura 26). Dessa forma, consideramos que as atividades realizadas nesta aula obtiveram resultado relativamente satisfatório, seja com os alunos que estavam de forma presencial ou de forma remota.

A opção por realizar primeiro a atividade com mapas conceituais e depois com o formulário leva em consideração a pretensão de não interferir nos conceitos prévios dos estudantes, uma vez que, mesmo sendo um formulário, ele pode servir de fonte de informações e alterar os subsunçores, objeto que estava sendo diagnosticado.

Afirmações	S	N	NS
1. A luz é uma onda eletromagnética, portanto um tipo de energia.	X		
2. O som é uma onda eletromagnética, portanto um tipo de energia.		X	
3. A radiação ultravioleta é uma onda eletromagnética.	X		
4. A Luz, Raios X e Raios Gama são tipos radiações eletromagnéticas.	X		
5. Os raios ultravioletas podem ser divididos em UVA, UVB e UVC.	X		
6. As lâmpadas, assim como o Sol, emitem radiação eletromagnética na faixa do ultravioleta.			X
7. O Sol emite grande quantidade de raios ultravioleta que são, em boa parte, filtrados pela camada de ozônio.	X		
8. A radiação infravermelha pode ser detectada pela nossa pele e detectada também pelos nossos olhos.		X	
9. Os raios gama são utilizados na medicina diagnóstica e em medicina no tratamento de câncer.	X		
10. As ondas eletromagnéticas podem sofrer absorção, reflexão, refração, difração, polarização e ressonância.	X		
11. A translação da Terra em relação ao Sol, por si só, é responsável pelas estações climáticas (primavera, verão, outono e inverno).			X
12. O filtro solar impede que a radiação ultravioleta interaja com a pele.		X	
13. O encurtamento dos dias somado a redução na intensidade luminosa pode alterar o humor e em casos mais graves causar depressão.	X		
14. Ao comprar um protetor solar, para trabalhadores expostos a atividades ao ar livre, deveria pagar impostos ao governo.		X	
15. Radiação UV que podem causar sérios danos à saúde, como o câncer de pele, é a mesma que estimula a síntese de Vitamina D, essencial à vida.	X		
16. O mesmo fator ambiental que causa a queda das folhas de diversas árvores pode causar efeito inverno triste e depressão sazonal em humanos.	X		
17. O FPS (fator de proteção solar) indica o grau de proteção contra os raios UVB e o grau de proteção contra os raios UVA.			X
18. Os seres vivos conseguem suportar pequenas doses de radiação ultravioleta, pois as células danificadas podem se regenerar.	X		
19. Lâmpadas que emitem UVC, quando ligadas diretamente sobre os vírus, inativam diversos vírus, inclusive o Sars-Cov-2 (Coronavírus).			X
20. Ondas ultravioletas são usadas para identificar alguns tipos de materiais pela perícia policial.	X		

Figura 26: Imagem fotográfica de um formulário respondido pelos alunos no início da aplicação do PE.

Fonte: o autor (2021).

Relato da aplicação das Atividades 5 e 6 – Aula 2 e 3

A leitura e a discussão em grupo de textos científicos foram realizadas pelos alunos de forma remota, porque, no dia anterior, teve um aluno com suspeita de Covid-19, então as aulas aconteceram via *Google Meet*, de modo que o professor estava na sala de aula do colégio e os estudantes em suas casas. Todos os alunos participaram lendo partes do texto, assim, o professor conduziu a aula e os estudantes também,

um de cada vez, em ordem alfabética, lendo trechos dos dois textos apresentados.

A leitura é hoje uma ferramenta indispensável para a convivência em sociedade, bem como para o delineamento de novas fronteiras do saber. O sucesso escolar, profissional, pessoal e social está relacionado às competências de leitura da pessoa, uma vez que a vida do leitor o coloca em contato com o mundo, com novas ideias, conhecimentos e práticas, ou seja, formas de desenvolver-se em todos os níveis. (FARIAS; BORTOLANZA, 2012, p. 2).

Após a leitura, foi realizada a discussão de quais eram os objetivos da Ciência, conceitos que estavam presentes nos textos. Na sequência, o professor abriu e conduziu discussões sobre a aplicação dos conceitos e dos objetivos relatados nos textos nas atividades que viriam ser desenvolvidas nas próximas aulas.

Relato da aplicação das Atividades 7, 8, 9, 10 e 11 – Aula 3 e 4

As atividades 7, 8, 9 e 10 foram realizadas de forma tradicional, apresentando os conteúdos em aula expositiva, registrado algumas considerações na lousa e realizando explicações verbais durante o decorrer da aula. No entanto, mesmo se tratando de uma aula tradicional, os alunos foram bastante participativos, discutindo entres eles e realizando questionamentos ao professor, o que pode ter decorrido a partir do fato de terem tomado consciência de seus conhecimentos e desconhecimentos por ocasião da realização dos mapas conceituais e das respostas ao formulário, bem como da abertura para discussões e questionamentos nas aulas anteriores. Afinal, as aulas partiram dos conhecimentos prévios e daquilo que compreendiam de óptica geométrica e ondas eletromagnéticas em seu cotidiano, por parte dos alunos, sendo tais conteúdos, portanto, trabalhados de forma contextualizada interdisciplinar, e, sempre que possível, correlacionando com a História da Ciência.

A Física permeia a vida dos seres humanos. Está na base das Tecnologias de Informação e Comunicação, da engenharia, das técnicas de diagnósticos e tratamento usadas na medicina. A Física tem modelos e teorias que explicam grande parte do mundo físico em que vivemos. Biologia, Química, Neurociência e outras áreas científicas usam conceitos, princípios, modelos e

teorias derivados da Física. Então, aprender física é um direito do ser humano. (MOREIRA (2018, p. 4).

Buscou-se romper com as ideias preconcebidas por muitos educadores e educandos que veem a Física como uma disciplina difícil de ser aprendida e ensinada, afinal, por isso é comum que os alunos apresentem desinteresse e problemas de aprendizagem dos conteúdos de tal disciplina, os quais, muitas vezes, estão desarticulados da realidade, isolados, e sem o enfoque interdisciplinar previsto em diferentes referenciais curriculares, como a BNCC.

A Atividade 11 consistiu em assistir um vídeo com os conceitos das cores de luz, de pigmento e algumas aplicações. – Vídeo: AS CORES DAS COISAS | Experimentoteca de Física | - Canal: Amigos do MUDI-UEM. Disponível no YouTube: <https://youtu.be/xeVhReGfNeM> (10 min).

Esse vídeo foi planejado, apresentado, gravado e editado pelo autor em parceria com o MUDI-UEM, o Canal Educativo da UEM (UEM TV) e a Associação dos Amigos do Museu Dinâmico Interdisciplinar da Universidade Estadual de Maringá (AMUDI), instituições nas quais o autor tem vínculo, mas que atendem a comunidade interna e externa da UEM.

Nele foi utilizado um aparato experimental também planejado e produzido pelo autor em anos anteriores, nomeado pelos monitores do MUDI-UEM como “Caixa Preta Colorida”. No vídeo e nos debates posteriores, foram discutidas as relações das cores com a energia que cada frequência possui, ampliando a discussão para o espectro invisível.

A partir disso, trabalhamos a energia fornecida pelo Sol e por suas relações com a Vida das plantas, dos animais e dos humanos. Questões dos fenômenos, como absorção, reflexão, refração e transmitância (fatores que “dão” as cores das coisas), e de suas aplicações, como fotossíntese, por que o Céu é azul, por que o mar é azul ou verde, entre outras.

Procurou-se fazer com que o aluno fosse sujeito ativo e protagonista no processo de ensino-aprendizagem e, a partir de seus subsunçores, desenvolvesse as habilidades de discutir, investigar, interpretar, construir e analisar como parte de sua rotina de estudo e de seu modo de aprender, compreender e conseqüentemente ampliar seus subsunçores, que, como preconiza Ausubel (2003), tem a motivação como um fator importante para a aprendizagem significativa.

Assim, o estudante deixa de ser um sujeito passivo, mero receptor de informações do professor e do livro didático. Inserindo, assim, um componente afetivo poderoso do conhecimento e da aprendizagem, tendo as emoções junto ao interesse em aprender e a curiosidade (HARLAN; RIVKIN, 2002).

Relato da aplicação das Atividades 12, 13 e 14 – Aula 5

Na Atividade 12, foi apresentado o Aparato Experimental e foram realizadas discussões de como o aparato funciona, assim como, foi apresentado e explicado o quadro-guia, presente na parte frontal do AE, que tem a escala do IUV, assim como. Também foram apresentadas as informações relativas às recomendações para saúde humana e às medidas de proteção de raios UV, segundo a OMS.

Os estudantes ficaram empolgados em fazer atividades “fora das paredes da sala de aula”, expandindo a sala de aula para o jardim do colégio, observando fenômenos no Aparato Experimental instalado (Figura 27). Já na apresentação do aparato, a explicação de seu funcionamento e da atividade a ser realizada gerou algumas perguntas, dando início a uma discussão sobre as consequências da falta e do excesso das doses de radiação UV.

Nestas atividades, o objetivo de ensinar e aprender a fazer a coleta de dados do aparato experimental foi realizado com sucesso. Isso serviu como avaliação contínua, permanente, cumulativa e formativa. Assim, todos os alunos presentes realizaram a coleta a partir do próprio equipamento e, aos que estavam em casa, tal coleta foi transmitida via *Google Meet*, de modo que o professor coordenador auxiliou nesta atividade. Aparentemente, ele gostou muito de participar e de aprender com os alunos (Figura 27).

A título de curiosidade, alguns estudantes pediram para ver como funcionava o equipamento “por dentro”, então abrimos e olhamos o que tinha dentro da caixa. Após observar o Arduino e as outras partes eletrônicas, expliquei basicamente como funcionava e como foi montado tal equipamento (Figura 28).

Harlan & Rivkin (2002) salientam que a curiosidade pode trazer afetividade, sendo este um estado mental que influencia as emoções, o qual é capaz de melhorar o interesse em aprender, tornando-o mais duradouro. Isso evidencia uma forma de que os processos cognitivos/afetivos são reciprocamente fortalecedores de aprendizagem significativas.

A autoria comenta, ainda, que emoções negativas podem desestimular a necessidade de aprender, o que ressalta o papel do professor em saber conduzir tais práticas, assim como, o seu discurso, em que a escolha das palavras tem relevância.



Figura 27: Imagem fotográfica dos alunos observando o Aparato Experimental e fazendo a primeira coleta de dados.

Fonte: o autor (2021).



Figura 28: Imagens fotográficas dos alunos observando o Aparato Experimental observando a parte interna, Arduino e partes eletrônicas, do Aparato Experimental.

Fonte: o autor (2021).

A construção da tabela, Atividade 13, deu-se início nesta aula e ficou como uma tarefa diária, com a coleta de dados proposta na atividade 14, no período de uma semana. Estas atividades tiveram um valor atribuído para serem realizadas, nota que contribuiu como atividade avaliativa e nota parcial do bimestre aplicado.

Os coordenadores, diretores e alguns professores (que estavam presentes no dia desta aplicação) tiveram sua atenção mobilizada pelo que estava ocorrendo no jardim do colégio e pediram explicações sobre a atividade, envolveram-se no processo e buscando relações e aplicações em suas disciplinas, estes também destacaram como era diferente realizar uma aula no jardim.

Alguns professores pediram dicas de como realizar atividades ao ar livre e isso deu início a conversas e discussões para trabalhos futuros, até mesmo por conta da nova proposta do Ensino Médio que será implantado em breve, explorando assim, o referencial curricular para o Ensino Médio no Paraná, que passará a ser composto por duas partes: a Formação Geral Básica (FGB) e os Itinerários Formativos (IF) (PARANÁ, 2021).

Tendo isto em vista, os itinerários formativos, a direção pedagógica e administrativa do colégio, ao ver a realização desta atividade, convidou o professor-autor a auxiliar e até, possivelmente, coordenar projetos desses IF a partir do próximo ano.

Isso indica que o produto educacional desenvolvido poderá ter resultados a longo prazo, não se limitando a aplicação com vistas à produção do trabalho de mestrado, mas que pode expandir sua aplicação e reaplicação, podendo alcançar, assim, outros professores da instituição na qual foi aplicado, bem como de outras instituições que queiram expandir o conceito de sala de aula e aumentar a efetividade do binômio ensino-aprendizagem.

A Atividade 14 era uma tarefa para a semana toda e foi realizada pelos alunos com o auxílio do professor de forma remota porque, na noite do dia anterior de sua aplicação, publicaram um decreto na cidade, notificando que as aulas deveriam acontecer de forma remota pelas próximas duas semanas.

Dessa forma, o professor enviou mensagens de textos, imagens fotográficas e vídeos para os alunos, via grupo de *WhatsApp*, informando quais eram os dados coletados pelo equipamento experimental, quais as condições atmosféricas no local e o horário da coleta.

A proposta desta atividade era de que os alunos tivessem autonomia ao realizar as observações e coleta dos dados no equipamento, mas, como isso não foi possível, eles utilizaram os arquivos audiovisuais recebidos três vezes ao dia, às 8h, às 10h e às 12h, por sete dias, e a partir desta coletânea (Figura 29), utilizaram os arquivos para transpor os dados nas tabelas, gráficos e discussões posteriores.



Figura 29: Imagens fotográficas das aferições dos dados de IUV no AE e das condições do tempo atmosférico, em três horários diferentes no dia 08 de março de 2021.

Fonte: o autor (2021).

Nestas atividades foi proposto um quadro-guia, Figura 8, porém não foi obrigatório o seu uso na coleta dos dados das aferições, assim, os alunos puderam utilizar outras formas para anotar as informações que foram empregadas para análises posteriores, Figura 30a e Figura 30b.

DATA	HORA	TEMPO ATMOSFÉRICO	ÍNDICE UV
05/03	8h	Nublado - Nuvens leves	2
05/03	10h	Nublado - Nuvens leves	2
05/03	12h	Chuvendo	1
06/03	8h	Nublado	2
06/03	10h	Algumas Nuvens	3
06/03	12h	Poucas Nuvens	4
07/03	8h	Sem Nuvens	3
07/03	10h	Sem Nuvens	6
07/03	12h	Tubalá	2
08/03	8h	Sem Nuvens	4
08/03	10h	Sem Nuvens	5
08/03	12h	Tubalá - Nuvens leves	8

a

DATA	HORA	TEMPO ATMOSFÉRICO	ÍNDICE UV
05/03	8h	Nublado - Nuvens leves	2
05/03	10h	Nublado - Nuvens leves	2
05/03	12h	Chuvendo	1
06/03	8h	Nublado	2
06/03	10h	Nublado	2
06/03	12h	Nublado - Nuvens leves	4
07/03	8h	Limpo	3
07/03	10h	Limpo	6
07/03	12h	Nublado	2
08/03	8h	Limpo	4
08/03	10h	Limpo	5
08/03	12h	Nublado - Nuvens leves	2

Data- hora- tempo atmosférico- índice UV	
05/03- 8h-	2
05/03- 10h-	2
05/03- 12h-	1
06/03- 8h- nublado	2
06/03- 10h sol-	3
06/03- 12h- sol-	9
07/03- 8h- sol-	3
07/03- 10h- sol-	6
07/03- 12h- nublado-	2
08/03- 8h- sol-	4
08/03- 10h- sol-	5
08/03- 12h- sol com nuvens-	2
09/03- 8h- sol-	3
09/03- 10h- sol-	6
09/03- 12h- sol-	9
10/03- 8h- sol-	3
10/03- 10h- sol-	7
10/03- 12h- sol-	11+
11/03- 8h- sol-	3
11/03- 10h- sol-	6
11/03- 12h- sol-	9
12/03- 8h- sol-	3
12/03- 10h- sol-	6
12/03- 12h- sol-	8

b

Figura 30: Anotações dos dados aferidos na atividade 14 feita por três alunos distintos.

- a) Imagens fotográficas com dados coletados no quadro-guia.
- b) Imagem de captura de tela com dados coletado em tabela.

Fonte: o autor (2021).

Relato da aplicação das Atividades 15 e 16 – Aula 6

Na Atividade 15, os alunos utilizaram os dados aferidos pelo aparato experimental durante uma semana, anotados na tabela, para confecção de gráficos (Figura 31 a). No entanto, os alunos apresentaram dificuldades para realizar a plotagem dos dados, em especial de quais estariam no eixo das ordenadas e quais estariam no eixo das abcissas, de maneira a demonstrar os pares ordenados.

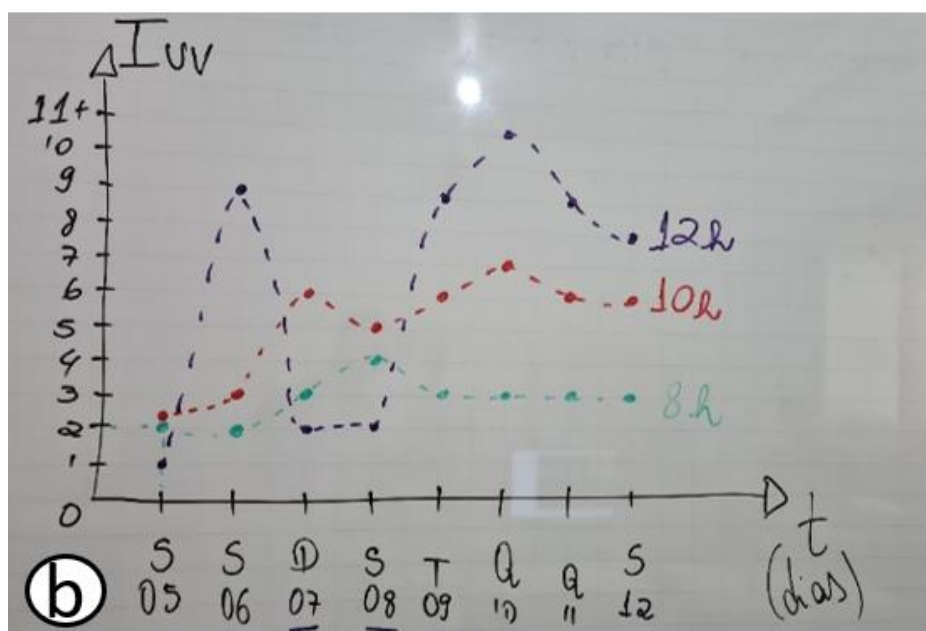
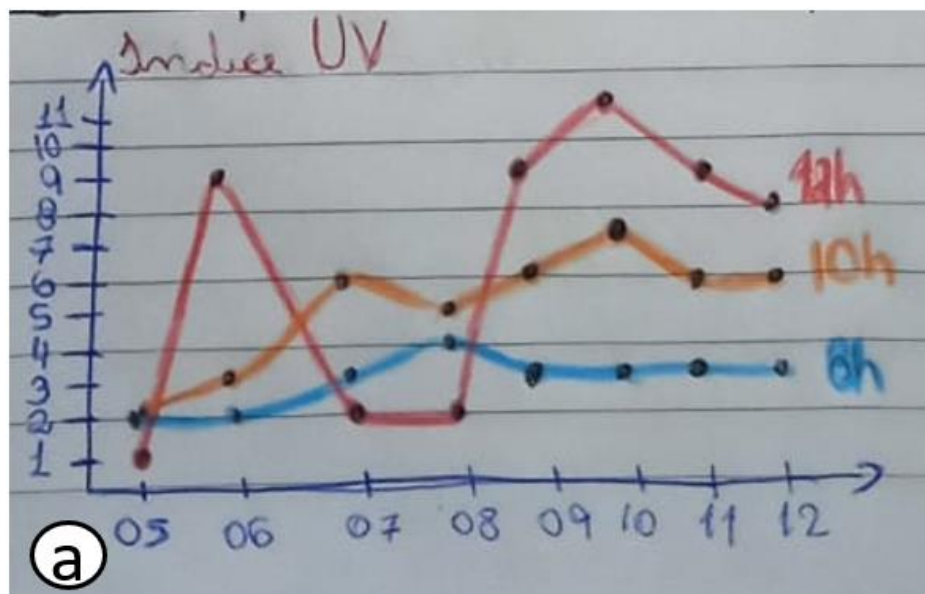


Figura 31: Imagem fotográfica dos gráficos construídos com os dados anotados e tabelados, aferidos pelo aparato experimental. a) Gráfico feito por um aluno. b) Gráfico feito pelo professor.

Fonte: o autor (2021).

Também tiveram dificuldades de correlacionar as variações nos valores aferidos em um mesmo horário em diferentes dias com distintas condições do tempo atmosférico, ou seja, com os dados não-numéricos. Foi explicado, pelo professor, que os dados não-numéricos serviriam para atividade seguinte, que seriam as discussões após a confecção dos gráficos, visando compreender por que os valores variaram.

Tais dificuldades evidenciaram que, embora os estudantes estivessem

cursando o Ensino Médio, ainda não possuíam, em sua base cognitiva, conhecimentos prévios significativos sobre pares ordenados, bem como, conceitos suficientemente claros sobre o plano cartesiano. Isto decorre, possivelmente, da ausência de aprendizagem significativa de tais temas, que deveria ter ocorrido em séries anteriores, resultando em subsunçores fracos, que, nesse caso, precisaram ser reforçados por meio de explicação e revisão.

Atualmente a BNCC (BRASIL, 2018), prevê a realização de atividades com produção de gráficos que envolvem conhecimentos sobre o plano cartesiano desde o quinto ano do Ensino Fundamental.

Enfrentar situações-problema em múltiplos contextos, incluindo-se situações imaginadas, não diretamente relacionadas com o aspecto prático-utilitário, expressar suas respostas e sintetizar conclusões, utilizando diferentes registros e linguagens (gráficos, tabelas, esquemas, além de texto escrito na língua materna e outras linguagens para descrever algoritmos, como fluxogramas, e dados). (BRASIL, 2018, p. 267).

Dentre as competências específicas de Matemática e suas Tecnologias para o Ensino Médio da BNCC (BRASIL, 2018), também está prevista a realização de atividades que envolvem a compreensão de registros matemáticos realizados de diferentes maneiras, portanto, é importante que os alunos cheguem a esse nível de ensino com subsunçores que lhes permitam ancorar os novos e os mais complexos conceitos matemáticos, bem como empregá-los na compreensão de outras áreas das Ciências da Natureza.

Compreender e utilizar, com flexibilidade e precisão, diferentes registros de representação matemáticos (algébrico, geométrico, estatístico, computacional etc.), na busca de solução e comunicação de resultados de problemas. (BRASIL, 2018, p. 531).

Para apoiar nos processos de ensino-aprendizagem de Ciências, autores como Araújo e Abib (2003), Gaspar (2014) e Batista (2009) indicam o uso de atividades experimentais como forma de estimulação aos estudantes, colocando que sua aprendizagem poderá ser mais significativa, de tal modo que, podem ser acatadas como instrumentos adequadas para auxiliar a compreensão de princípios, conceitos e das

aplicações das leis da Física, junto com as suas conexões com a matemática, com a saúde e melhoria na qualidade de vida.

Na Atividade 16, aconteceu as discussões acerca das variações no IUV verificado em cada horário ao longo de uma semana, que resultaram nas curvas obtidas nos gráficos. Ao mesmo tempo, estimulou-se os alunos a pensarem, questionarem e associarem as diferenças encontradas no IUV com as condições atmosféricas, ou seja, eles utilizaram, agora, os dados não-numéricos, que anteriormente não sabiam como empregar.

Desta forma, puderam construir compreensões válidas sobre as variações sofridas pelo IUV em função do horário do dia (tempo astronômico) e das condições climáticas locais (tempo atmosférico). Tal atividade fortaleceu o conceito de plano cartesiano, ampliou a compreensão da interpretação formal matemática de gráficos construídos em tal plano, mas também ampliou o olhar sobre o conhecimento de física das radiações que ali se encontravam representados.

Se o ensino da Física der mais atenção aos conceitos físicos do que ao formalismo matemático estará contribuindo para uma maior compreensão da Física e para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes. (MOREIRA, 2021, p. 2).

Também foi possível extrapolar os conhecimentos físicos e matemáticos ao correlacionar os IUV com a saúde humana, quer seja no tocante à síntese de vitamina D ou como agente desencadeador do câncer de pele.

Alcançou-se, portanto, um olhar interdisciplinar para o tema, sem que para isso fosse necessário decorar fórmulas, pois o enfoque maior foi dado na compreensão e na elaboração dos conceitos necessários à construção de aprendizagens significativas de física da radiação partindo dos seus subsunçores e do “mundo dos alunos/espaco-tempo que vivem”.

Ou seja, do verificado em um aparato instalado no pátio do colégio onde estudam, bem como dos significados dos dados para o meio ambiente e para a vida de cada um deles, aumentando gradativamente a complexidade, ou a riqueza, das análises à medida que se avançava na aplicação da PD e, conseqüentemente, com o estudo do tema.

[...] conceitos estão na base da compreensão humana, que são estruturantes de corpos de conhecimento e que a conceitualização é o núcleo do desenvolvimento cognitivo. Tudo isso deixa clara a importância dos conceitos no processo de ensino e aprendizagem da Física. Mas ainda não foi mencionada uma variável fundamental, a das situações. São as situações que dão sentido aos conceitos. Para serem aprendidos significativamente, novos conhecimentos devem fazer sentido para o aprendiz. As situações devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade e abstração. As primeiras situações devem ser do entorno de aluno. Parecem asserções óbvias, mas, usualmente, não são levadas em consideração no ensino de Física. (MOREIRA, 2021, p. 2, grifo do autor).

Dentre os temas que fizeram parte das discussões interdisciplinares, estavam a dose de radiação, o tempo de exposição para cada horário do dia, para cada tom de pele, os efeitos da RUV a longo prazo, o fotoenvelhecimento, a quantidade de casos de câncer de pele por excesso de exposição, segundo o Instituto Nacional do Câncer (INCA), assim como a síntese da vitamina D, qual a dose de RUV para que seja efetiva a sua síntese, a falta da exposição solar e seus efeitos na saúde física e mental, como os transtornos afetivos sazonais.

Afinal, a vitamina D promove a obtenção da molécula de serotonina, a qual é diretamente proporcional à dose de radiação solar intensa que o corpo recebe. A serotonina proporciona sensações de felicidade, bem-estar e de serenidade aos seres humanos.

Relato da aplicação das Atividades 17 e 18 – Aula 7

A Atividade 17 contou com a apresentação da Teoria de Energia Quantizada e do Efeito Fotoelétrico para aprofundar os conceitos de como a RUV interage com a matéria viva e resulta em benefícios ou prejuízos, em especial, para os humanos.

Com auxílio da tabela periódica e de pesquisa bibliográfica em livros e na *internet*, investigamos sobre radiação ionizante, energia de ionização e, então, avaliamos qual frequência mínima para ionização de um átomo, sua frequência correspondente e o seu respectivo comprimento de onda e, também, foi discutido sobre como é a interação da radiação com seres vivos.

A RUV, ao interagir com a matéria, pode interagir de duas formas, a ionização que é a retirada de elétrons do átomo e da excitação – em que o elétron não é

arrancado do átomo, mas excitado. Isso significa que o elétron, ao receber energia, sai do seu estado fundamental e passa para estados mais energéticos, denominados estados excitados. Este elétron volta para ao estado fundamental em um intervalo de tempo da ordem de $10^{-8}s$, emitindo um fóton de luz (OKUNO; VILELA, 2005).

No Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) considera que a radiação ionizante é qualquer partícula ou radiação eletromagnética que, ao interagir com a matéria, ioniza os átomos ou moléculas ("arranca" elétrons), transformando-os em íons, diretamente ou indiretamente (CNEN, 2014). Dessa forma, o átomo que tem a menor energia de ionização é o Césio, para ionizá-lo, é necessário, aproximadamente, $376 \frac{kJ}{mol}$ ou $3,89 eV$, tendo assim, a frequência de $f = 942 THz$ e seu comprimento de onda $\lambda = 318 nm$.

Isso se encaixa dentro da classificação da radiação ultravioleta B, ou seja, qualquer radiação ultravioleta de maior frequência, além de excitar os átomos (elétron com energia maior que no estado fundamental), começa a ter energia suficiente para arrancar elétrons.

A Comissão Internacional de Unidades e Medidas de Radiação (ICRU) traz que a escolha do valor limite depende da aplicação, por exemplo, um valor de $10 eV$ pode ser apropriado para Radiobiologia (ICRU, 2011).

Neste sentido, a radiação ionizante biologicamente é aquela com uma energia de fóton superior a $10 eV$, o que é o próximo a um comprimento de onda ultravioleta distante de $124 nm$. Grosso modo, isso corresponde à primeira energia de ionização do átomo de oxigênio e à energia de ionização do átomo de hidrogênio, ambas cerca de $13,6 eV$ (TIPLER; LLEWELLYN, 2014).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América considera que, para a ionização de uma molécula de água típica, é preciso uma energia de $33 eV$, referenciada como o limiar biológico adequado para a radiação ionizante que combina a energia de ionização mais a energia perdida para outros processos, como excitação. Com comprimento de onda de $38 nm$ para radiação eletromagnética, $33 eV$ está perto da energia na transição de comprimento de onda convencional de $10 nm$, entre ultravioleta extremo e radiação de raios - X, que ocorre em cerca de $125 eV$ (EPA, 2020).

Assim, os raios - X, os raios - γ (gama), são sempre ionizantes e a radiação ultravioleta extrema pode ser considerada ionizante sob todas as definições. Assim, a

radiação ultravioleta está no limite da radiação ionizante e não-ionizante e, no contexto usual da Radiobiologia, é considerada não ionizante, por ter a capacidade de penetração menor que a da luz visível (OKUNO; VILELA, 2005. p. 17).

Além disso, por um lado, um fóton da radiação UV com energia de 10 eV é absorvido de forma rápida pelo ar atmosférico. Tal radiação pode ser produzida artificialmente em alguns processos de soldagem, ou emitido por algumas lâmpadas específicas. Por outro lado, a RUV proveniente do Sol é totalmente absorvida pelo ozônio antes mesmo de atingir a superfície terrestre.

Portanto, o tipo de interação da RUV com os átomos do nosso corpo é predominantemente a excitação, uma vez que o nosso organismo tem inúmeros mecanismos de reparo, mas, se isso não ocorrer, pode resultar no surgimento de um câncer (OKUNO; VILELA, 2005. p. 17-18).

Na Atividade 18, o professor conduziu uma discussão com os alunos considerando agora as novas informações acerca da interação da radiação com a matéria, relações com a química, efeitos na biologia dos seres vivos, como fotossíntese, desnaturação de proteínas, quebra de moléculas orgânicas e sobre as ações individuais e coletivas que melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.

Considerando a natureza, os objetivos, as habilidades e as competências específicas presentes na BNCC (BRASIL, 2018) e nos referenciais curriculares para os conteúdos de astronomia, biologia, estatística, física, matemática e saúde, é necessária uma mudança na metodologia das aulas de Física, para poder, assim, mostrar aos alunos que existem correlações entre os conteúdos apresentados em sala de aula e sua realidade imediata, suas correlações e variações na qualidade de vida.

Diante disso, dispõe-se, nestas atividades, com maior ênfase, o que está preconizado nas unidades temáticas: *Matéria e Energia* e *Vida, Terra e Cosmos*, dispostas na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

A radiação solar é essencial para a vida na Terra, como traz Okuno e Vilela (2005), pois causa bem-estar, aquece, nos ilumina, participa da fotossíntese e da síntese de vitamina D, é utilizada para secar e preservar alimentos e seu poder de cicatrização é conhecido desde os povos da antiguidade. Também é aplicada na Medicina – fototerapia, terapia fotodinâmica e foto-quimioterapia – a componente UV pode causar efeitos biológicos indesejados no organismo humano.

Santiago (2021) indica que a nível celular, a incidência da radiação ionizante pode atingir diretamente a molécula-alvo, ionizando-a, ou pode ionizar a molécula de água que pertence a célula, gerando radicais livres, reagindo com a molécula-alvo. Esta última hipótese é a que tem a maior probabilidade de ocorrer, uma vez que a água é o componente mais abundante dentro da célula. Mesmo tendo a capacidade de causar danos a qualquer um dos componentes celular, os danos que são mais agressivos são os que acabam modificando o DNA (ou ADN, em português, Ácido desoxirribonucleico), o qual se encontra dentro do núcleo celular.

Quando incide sobre tecidos ou órgãos, a radiação ionizante provoca inicialmente efeitos físicos, logo após efeitos químicos, e, por fim, efeitos biológicos e orgânicos (TAUHATA *et al*, 2013).

Após acontecer a ionização da célula, pode ocorrer: reparação do dano e a célula irá se reproduzir normalmente; reprodução, com a descendência da célula inviável (morte da descendência); mutações no DNA e transmissão destas à sua descendência ou, se os danos forem muito graves, a célula pode morrer (“apoptose”) – o que, de certa forma, é positivo porque não terá como transmitir tais danos (DAFRE; MARIS, 2013).

Relato da aplicação das Atividades 19 e 20 – Aula 8

Neste momento, os Mapas Conceituais foram utilizados como instrumento de avaliação formativa por meio de comparação e verificação dos possíveis ganhos de conhecimento, ou seja, por meio de enriquecimento dos subsunçores (avaliação comparativa), bem como visando identificar e analisar os erros e acertos de forma a promover um diagnóstico mais preciso do funcionamento cognitivo envolvido.

Os alunos, com auxílio do professor, compararam os mapas feitos por eles antes da aplicação das atividades com aquele feito após o conjunto de atividades previstos na PD (Figura 32). Estes também compararam os mapas coletivos, inicial e final, de cada turma (Figura 33).

Souza e Boruchovitch (2010b), em um estudo realizado com 32 estudantes do curso de pedagogia, descrevem que primeiro foram produzidos mapas individuais enquanto atividade preparatória para a aula e posteriormente, mediante a uma discussão em pequenos grupos, foram produzidos novos mapas.

Destaca-se que os mapas, para serem utilizados como instrumentos avaliativos, necessitam possibilitar: (a) apreciação dos acertos e equívocos presentes em cada construção; e (b) confrontação de avanços e permanências revelados por sucessivas construções.

No presente trabalho, ao realizar as comparações e discussões dos mapas produzidos em momentos diferentes, verifica-se que, embora existam acertos e equívocos em ambos, também fica evidente que, até a realização do segundo mapa conceitual, ocorreram mudanças nos subsunçores, tendo em vista, que os mapas se ampliaram, ficaram com mais ramificações, ligações de primeira e segunda ordem.

Assim, eles têm, agora, uma razoável hierarquia com maior riqueza de conceitos intermediários e específicos, conseqüentemente, uma maior a quantidade de termos de ligação, como pode-se ver nas Figuras 32a e 32b e no Quadro 10, com uma análise comparativa dos mapas conceituais de diagnóstico e de avaliação do aluno A.

Portanto, os mapas conceituais foram um instrumento capaz de evidenciar significados atribuídos a conceitos e relações entre conceitos no contexto de um corpo de conhecimentos, revelando o que Silva, Neves e Silva (2014) se referem como sinais de reestruturação conceitual, diferenciação progressiva e reconciliação integradora de conceitos, atingindo o objetivo proposto de ter uma aprendizagem significativa, mesmo cada um tendo uma aprendizagem singular.

Aprender significativamente implica atribuir novos significados e estes têm sempre componentes pessoais. Aprendizagem sem atribuição de significados pessoais, sem relação com o conhecimento preexistente, é mecânica, não significativa. (MOREIRA, 2009, p. 8).

O modelo de mapa adotado foi em teia, tendo como conceito central a RUV (MOREIRA, 2012c), como o exemplo da Figura 5. Com exceção do conceito central, os estudantes não colocaram os conceitos intermediários e específicos no interior de caixas, embora tais conceitos apareçam com certa hierarquia. Estes também estão presentes por meio de verbos de ligação ou palavras de enlace, em especial no segundo mapa individual e no segundo mapa coletivo.

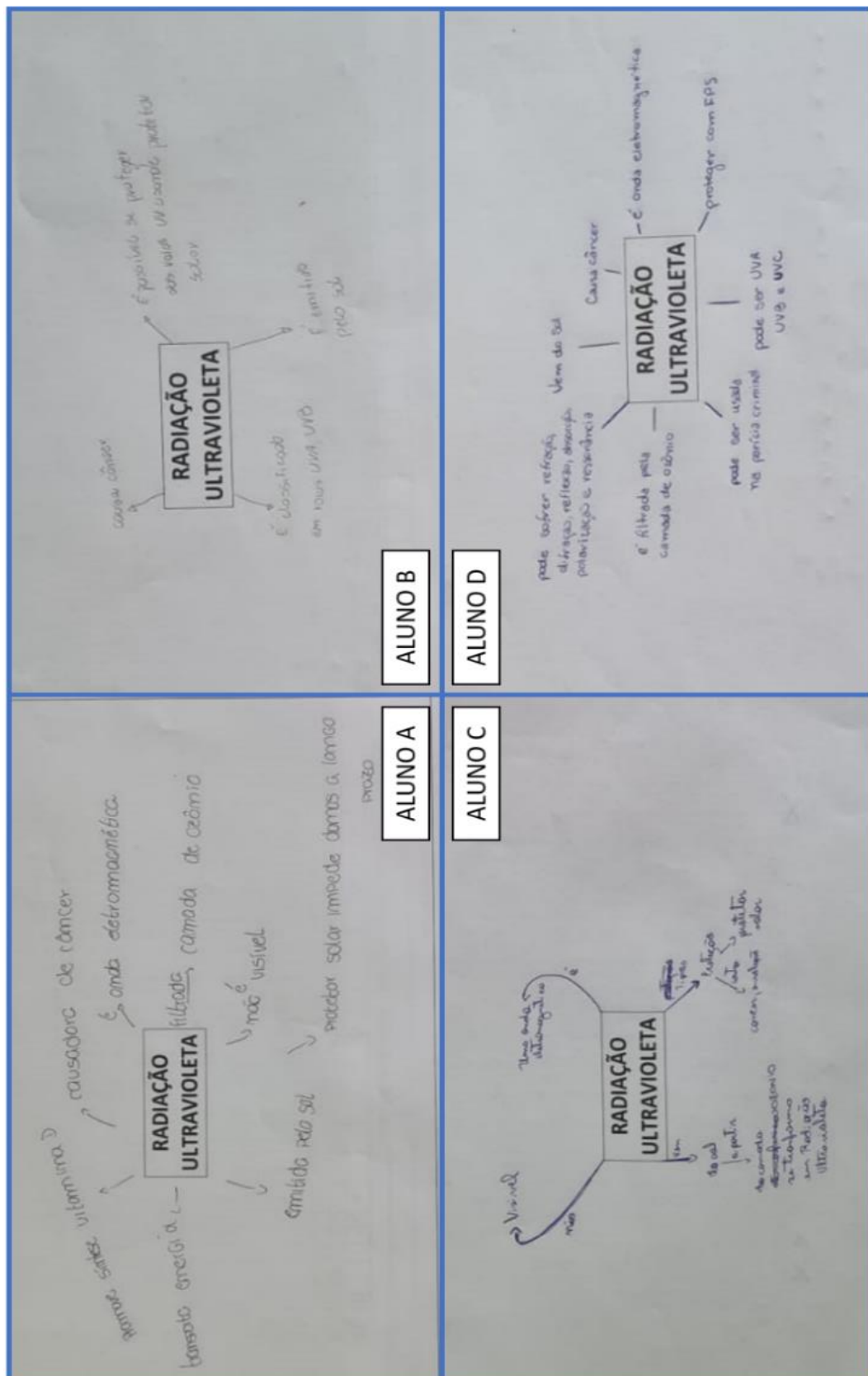


Figura 32: Imagens fotográficas dos mapas conceituais diagnóstico e avaliativo.

a) Mapas conceituais diagnósticos construídos por 4 alunos distintos.

Fonte: o autor (2021).

Quadro 9: Análise comparativa dos mapas conceituais de diagnósticos e avaliativo do Aluno A (ver figuras 31a e 31b).

ALUNO A		
MAPAS CONCEITUAIS		COMENTÁRIOS:
DIAGNÓSTICO	AVALIATIVO	
<i>síntese vitamina D</i>	-	Só aparece no diagnostico
<i>Emitida pelo sol</i>	-	Só aparece no diagnostico
<i>É onda eletromagnética</i>	<i>É onda eletromagnética</i>	Mesma informação
<i>Filtrada camada de ozônio</i>	<i>Filtrados pela camada de ozônio</i>	Mesma informação
<i>Protetor solar impede danos a longo prazo</i>	<i>Prevenção de malefícios com a utilização do protetor solar.</i>	Mesma informação
<i>Transporte energia</i>	<i>Transporta energia</i>	Mesma informação
<i>Causadora de câncer</i>	<i>Causa envelhecimento precoce e câncer</i>	Mesma informação (câncer) Novo conhecimento (envelhecimento precoce): Fez ligação com um novo malefício da RUV.
<i>Não é visível</i>	<i>Enquadra-se na faixa não visível ao olho humano</i>	Novo conhecimento: fez uma ligação com o visível e as faixas do espectro eletromagnético.
	<i>a exposição insuficiente pode causar depressão e outras condições mentais.</i>	Novo conhecimento
	<i>dividida em UVA, UVB e UVC ionizantes (os dois últimos)</i>	Novo conhecimento
	<i>é onda e partícula</i>	Novo conhecimento
	<i>pode ser utilizada na (tratam), digo, prevenção do coronavírus, matando micro-organismos</i>	Novo conhecimento
	<i>sofre refração, reflexão, difração.</i>	Novo conhecimento

Fonte: o autor (2021).

O mapa conceitual inicial (avaliação diagnóstica) foi fundamental para orientar as ações e intervenções do professor, visando o aprimoramento do binômio ensino/aprendizagem e do delineamento de ações e estratégias para a aplicação do Produto Educacional, visto que, por meio dele, é possível ter uma ideia da estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, a partir de seus conhecimentos prévios, que irão ancorar os novos conhecimentos com a possibilidade de resultar em aprendizagens significativas.

No prefácio, escrito por Vitor Duarte Teodoro, do livro *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*, de Ausubel, publicado em 2003, chama a atenção para o fato de que a aprendizagem significativa consiste na integração de novos conceitos no âmbito da estrutura cognitiva do aprendiz, possibilitando relacioná-los com saberes prévios que a compõem.

Este conhecimento prévio é o factor determinante do processo de aprendizagem. O conhecimento é significativo por definição, resultando de um processo psicológico que envolve a interação entre ideias culturalmente significativas, já “ancoradas” na estrutura cognitiva particular de cada aprendiz. (AUSUBEL, 2003, p. ix).

O mapa conceitual final (avaliação formativa) possibilitou uma maior percepção da estruturação edificada pelo educando para um conjunto de conceitos relacionados direta e indiretamente à radiação ultravioleta em uma perspectiva interdisciplinar e para autocrítica do docente no sentido de que, em abordagens futuras, deva proceder com uma explicação mais detalhada sobre a forma de elaboração dos mapas conceituais.

Bem como deva intervir de maneira contínua durante a produção dos mesmos, para que, desse modo, conforme aponta Souza (2008), as correções sejam efetivadas quase que de imediato pela ação dos pares, ou pela intervenção do docente.

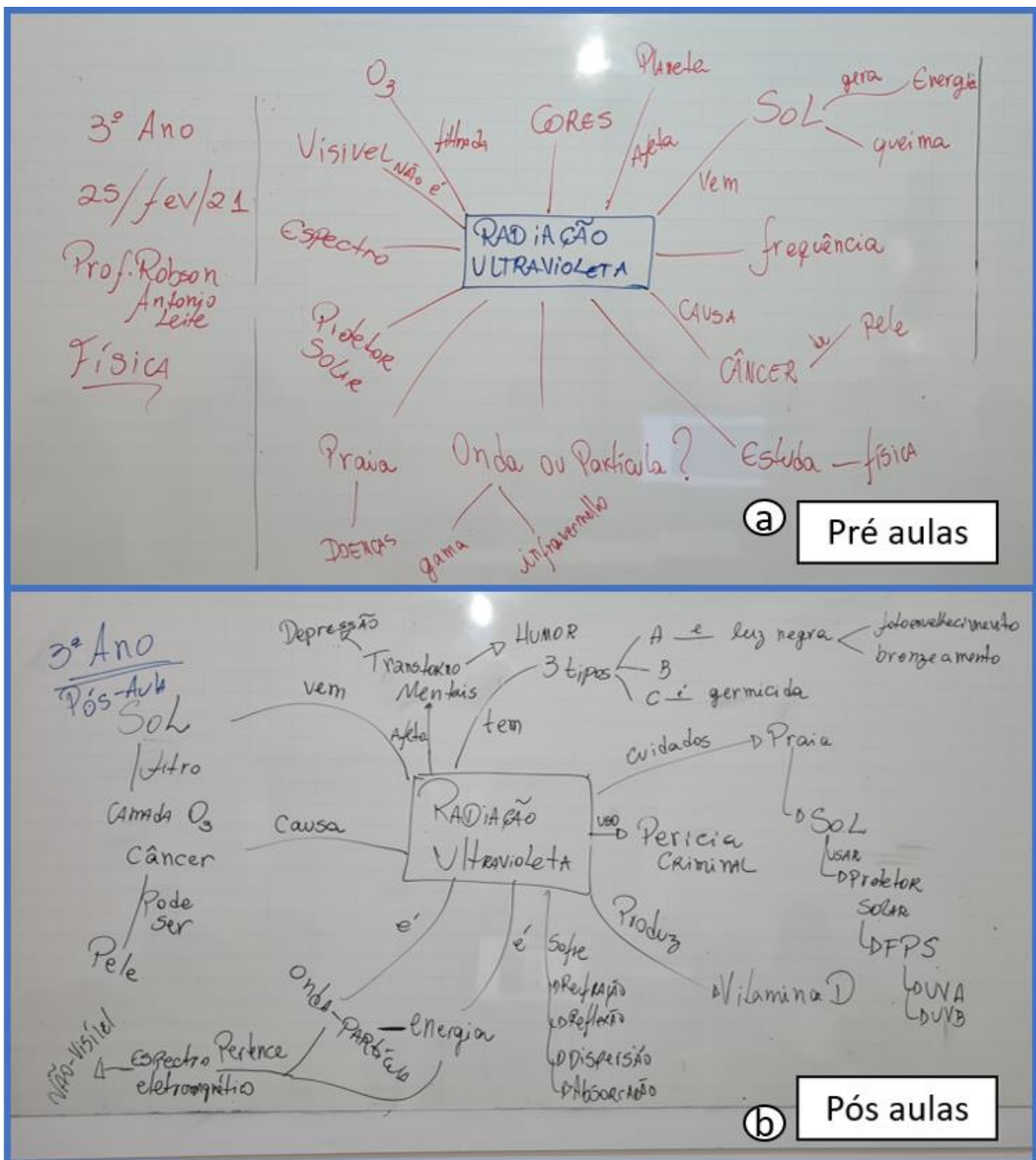


Figura 33: Imagens fotográficas dos mapas conceituais diagnóstico e avaliativo. a) Mapa diagnóstico coletivo da turma feito no quadro a partir dos mapas conceituais individuais. b) Mapa conceitual avaliativo feito no quadro a partir dos mapas conceituais individuais dos alunos.

Fonte: o autor (2021).

Nas Figuras 32a e 32b, pode-se observar a evolução dos mapas conceituais da turma do 3º ano do Ensino Médio. Conforme apresenta Gasparin (2002), o aprendizado de conhecimentos científicos acontece a partir dos conhecimentos preexistentes. Afinal, eles permitem que o aluno faça transposições dos conhecimentos científicos para a sua vida, o que faz deste um cidadão capaz de se apropriar e de utilizar, de forma autônoma, os conceitos científicos no cotidiano.

Apesar de afigurar-se extremamente produtiva, a utilização dos mapas como instrumento avaliativo não é uma tarefa tão fácil. As dificuldades estão presentes, assim como as possibilidades que oferecem àqueles que decidem afastar-se da segurança e do conforto das areias da praia, para aventurarem-se pelas incertezas do mar, colocando a avaliação a serviço das aprendizagens. (SOUZA, 2008, p. 17)

Logo, a avaliação realizada, com o uso ferramental de mapas conceituais, é de grande valia para o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que pode ser utilizada tanto como avaliação diagnóstica, avaliação de aprendizagem dos alunos e como avaliação do ensino da prática pedagógica educacional do professor.

Análise Geral da Aplicação

Em relação ao processo de ensinagem, a aplicação de mapas conceituais e dos formulários e as análises que foram realizadas auxiliaram no melhor aproveitamento deste produto educacional, porque possibilitaram ao docente realizar um diagnóstico da base cognitiva prévia dos estudantes – que serviria como ancoragem para os novos conceitos que se pretendia que fossem incorporados à base cognitiva dos aprendizes – e, também, avaliar os conceitos errados.

Dessa forma, foi possível replanejar atividades propostas inicialmente, com o objetivo de resgatar saberes prévios e associá-los aos conceitos que, em tese, já deveriam estar incorporados aos subsunçores dos alunos, mas que, no entanto, ainda não faziam parte da base cognitiva da maioria dos estudantes, e que, porém, eram fundamentais para avançar nos conhecimentos acerca do tema focado na PE.

Esses processos contribuíram, também, para a melhora dos subsunçores do professor no que tange aos novos conhecimentos necessários ao ensino teórico e prático de caráter significativo, bem como à percepção e à compreensão que os materiais instrucionais e o aparato experimental que empregaria, pois, por mais que fossem “promissores”, não fariam sentido para os alunos se não houvesse uma estrutura formada por conhecimentos prévios.

Muitas vezes ao se falar em condições para ocorrência da aprendizagem significativa aparece: materiais instrucionais potencialmente significativos e predisposição para aprender. No fundo, as condições são as mesmas porque para que um material instrucional seja potencialmente significativo para quem aprende é preciso que disponha de conhecimentos prévios (subsunçores) adequados para dar significado aos conhecimentos que estão sendo trazidos através desse material. Não existe material instrucional significativo. O significado está sempre nas pessoas (alunos, professores) não nos materiais (livros, aplicativos, aulas, ...). Por isso, usa-se o termo potencialmente significativo. É claro que os materiais devem ser de boa qualidade, devem ter significado lógico, mas o significado psicológico é atribuído pelo sujeito que aprende e este deve apresentar uma predisposição para aprender. (MOREIRA, 2021, p. 4).

Para a elaboração do UV-ômetro, um aparato experimental de custo acessível, utilizou-se a plataforma de prototipagem Arduino e componentes eletrônicos para aferir a radiação ultravioleta, utilizando o IUV. Procurou-se promover uma aprendizagem significativa crítica de Moreira, para isso, foram utilizados mapas conceituais de Novak e formulários pré e pós aula, e foram elaboradas atividades utilizando o UV-ômetro.

Essas tecnologias educacionais foram ajuntadas em uma proposta didática com o tema da Radiação Ultravioleta, que trabalha: os conceitos, os fenômenos relevantes, as aplicações e a importância da interação com a Saúde Humana. A PD foi aplicada em turmas de segundo e terceiro ano do Ensino Médio do Colégio Oxigênios, localizado no município de Santa Fé-PR.

Pensando nos processos de ensino-aprendizagem, os conteúdos abordados foram colocados de forma que estejam em consonância com os documentos que norteiam o Ensino de Ciências da Natureza, em especial a Base Nacional Comum

Curricular (BRASIL, 2018) e o Currículo da Rede Estadual Paranaense (PARANÁ, 2020).

Diante de tal proposta, buscou-se fazer com que o aluno fosse sujeito ativo e protagonista no processo de ensino-aprendizagem e, a partir dos subsunçores, desenvolvesse as habilidades de discutir, investigar, interpretar, construir e analisar, como parte de sua rotina de estudo e de seu modo de aprender e conseqüentemente ampliando seus subsunçores. Assim, o estudante deixou de ser um sujeito passivo, mero receptor de informações do professor e do livro didático, e passou a ser um sujeito ativo no processo de ensino–aprendizagem.

Os fundamentos teóricos em ensino e aprendizagem utilizadas neste trabalho são pautados nos conteúdos e nas atividades, considerando a estrutura de subsunçores dos alunos. Desta forma, buscou-se levar em consideração estas concepções prévias, o que, para a aprendizagem significativa, é uma condição necessária.

Assim como, por conta do ensino híbrido poder ser realizado nos mais variados locais físicos, seja na escola, em casa e, por vezes, até em local de trabalho – no período do intervalo –, as ideias-âncoras devem ser consideradas, pois aqui o professor terá o papel de coordenador ou tutor para partes dos trabalhos que serão realizados pelos alunos em diferentes espaços, levando, assim, em consideração a educação formal, informal e não formal.

Neste trabalho, por conta da pandemia de Covid-19, foi necessária a utilização da modalidade mista de ensino, sendo elas: remoto, híbrido e presencial. Nesses momentos, foram planejados, para a aplicação na modalidade presencial, discussões com grupos presenciais reduzidos e, em outros momentos, foi elaborado com o uso de plataformas digitais, o que veio a somar no planejamento e no desenvolvimento do presente trabalho, uma vez que ficaram gravados e podem ser revisitados.

Em relação ao processo de aprendizagem, três dificuldades foram mais relevantes, que são: a leitura e interpretação de texto, a matemática básica deficiente e as diferenças entre conhecimentos científicos prévios (nivelamento).

As maiores dificuldades que os alunos tiveram em relação à compreensão dos conteúdos estão relacionadas com a leitura e interpretação de textos, a qual foi insuficiente, com a matemática básica deficiente.

Estas carências denotam uma base cognitiva insuficiente para relacionar fatores de raciocínio lógico necessários para análise e discussão de situações-problemas,

o que pode comprometer o desempenho acadêmico e até mesmo a compreensão dos direitos e deveres de cidadão do estudante quando se ver envolvido em situações em que o conhecimento científico e o pensamento lógico são fundamentais para nortear sua visão e tomada de decisão.

Vergnaud (1990) argumenta que são as situações e as circunstâncias que dão sentido aos conceitos e à conceitualização, as quais estão na essência do desenvolvimento cognitivo.

Então aqui entra o papel fundamental do professor nesse processo: melhorar essas deficiências prévias e trabalhar com situações adequadas para poder avançar no processo de ensino-aprendizagem. Essas duas dificuldades estão ligadas com a geração do outro fator relevante: o nivelamento da turma em relação a alfabetização científica.

Vitor Duarte Teodoro, no prefácio do livro de Ausubel (2003), traz argumentações de como as mudanças podem ocorrer no processo de aprendizagem significativa.

Ausubel defende que o principal processo de aprendizagem significativa é por recepção, não por descoberta. E, contrariamente a muitos outros autores, argumenta que a aprendizagem significativa por recepção não é um processo passivo. Pelo contrário, é, necessariamente, um processo activo, que exige acção e reflexão do aprendiz e que é facilitada pela organização cuidadosa das matérias e das experiências de ensino. Ausubel descreve pormenorizadamente as condições em que essa aprendizagem significativa por recepção pode ocorrer, dando especial importância ao papel da linguagem e da estrutura conceptual das matérias, bem como aos conhecimentos e competências que o estudante já possui. Este conhecimento prévio é, para Ausubel, o factor determinante do processo de aprendizagem. Note-se que, para Ausubel, o conhecimento é significativo por definição, resultando de um processo psicológico que envolve a interacção entre ideias culturalmente significativas, já “ancoradas” na estrutura cognitiva particular de cada aprendiz e o seu próprio mecanismo mental para aprender de forma significativa. (AUSUBEL, 2003, p. ix, grifo do autor).

Mesmo com turmas consideradas pequenas (8 e 13 alunos), a diferença entre os subsunçores é relevante, uma vez que, a aprendizagem é individual e depende de todo um contexto. Afinal, os alunos têm subsunçores em níveis diferentes, gerando

uma compreensão diferente de um mesmo conceito, assim como, ao final de cada aula e de cada unidade didática, cada aluno tem uma aprendizagem diferente, não podendo ter uma avaliação única e de forma igualitária, mas sim, avaliações individuais e contínuas, sendo, portanto, mais coerente a avaliação de crescimento individual.

Mesmo com as dificuldades encontradas na aplicação, o PE se mostrou potencialmente promissor e com indícios de melhorias no binômio ensino-aprendizagem de forma significativa, o que pode ser observado nas análises dos mapas conceituais e dos formulários.

Análise dos mapas conceituais

Na distribuição dos conceitos (palavras que apareceram) (Figuras 33a e 33b), os gráficos apresentam crescimentos dos mapas conceituais diagnósticos em relação aos avaliativos, pois apresenta-se somente os conceitos que tiveram frequência igual ou maior que 20%, ou seja, que apareceram ao menos cinco vezes, o que, para facilitar, denomina-se aqui de conceitos preponderantes (CPs).

Nos mapas iniciais, os CPs foram *câncer, sol, luz, onda, energia, invisível, protetor solar*, sete no total. Para os mapas finais, além dos CPs anteriores, os conceitos *luz e onda* foram “soldados” pelo conceito *onda eletromagnética* e apareceram *UVA, UVB, UVC, vitamina D, germicida, ozônio, depressão e fps*. Houve um aumento de 100% no número de CPs entre os mapas iniciais e finais (diagnósticos e avaliativos).

Além do aumento dos CPs, observa-se também nas figuras 33a e 33b, um aumento da distribuição de ocorrência desses conceitos. Inicialmente, nos mapas iniciais, estes CPs ocorreram 60 vezes, enquanto nos mapas finais teve um crescimento de ocorrências de cerca de 150%. Isto é, boa parte dos alunos tiveram um enriquecimento dos mapas conceituais dentro desses CPs.

Todos estes CPs fazem parte do conteúdo proposto. Portanto, este aumento dos conceitos preponderantes, e sua distribuição de ocorrência comparando os mapas iniciais e finais, indica que houve uma diferenciação progressiva e uma reconciliação integrativa dentro dessa organização sequencial.

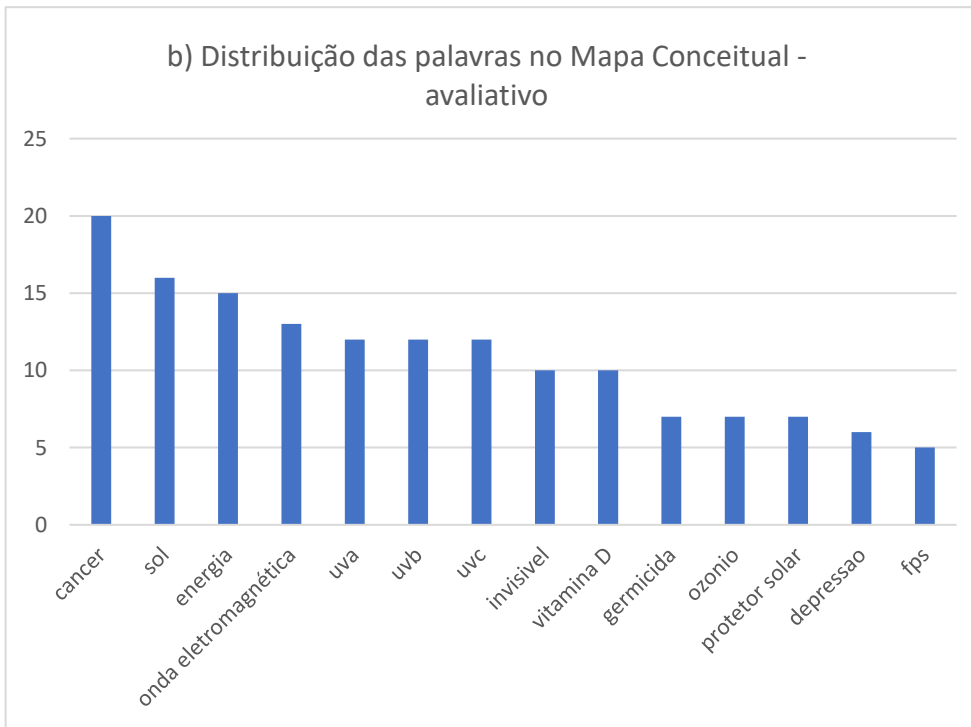
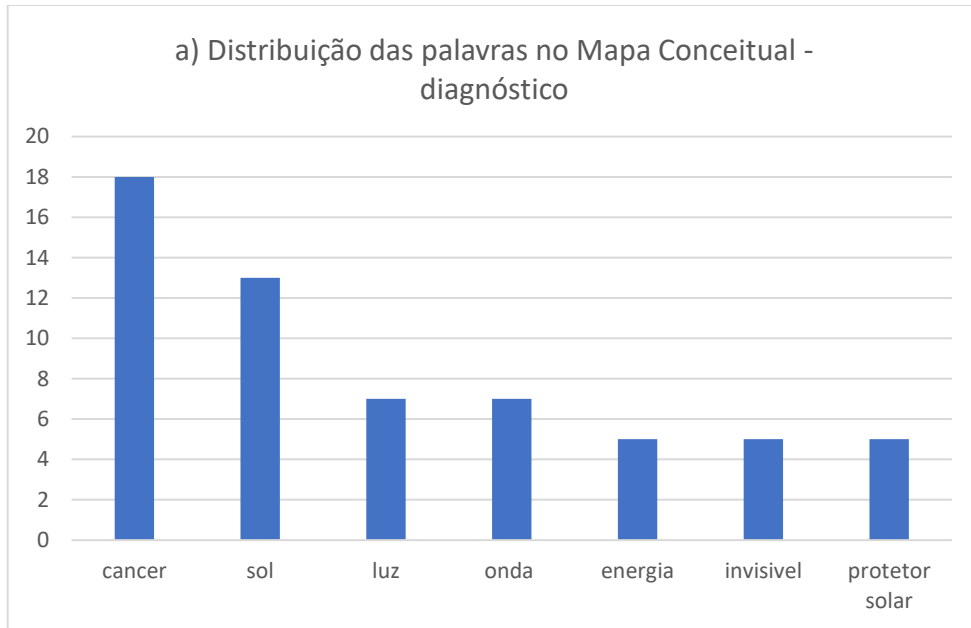


Figura 34: Gráficos com as distribuições dos conceitos escritos nos mapas conceituais aplicados.

a) Gráfico de barras de distribuição dos conceitos nos mapas conceituais diagnósticos com frequência igual ou maior a 20%.

b) Gráfico de distribuição dos conceitos apresentados nos mapas conceituais avaliativos com frequência igual ou maior a 20%.

Fonte: o autor (2021).

Análise dos formulários

A seguir, vamos apresentar e fazer algumas considerações dos resultados tabelados e graficados dos formulários, que foram feitos pelos alunos no início e no final. O formulário se encontra no Apêndice C, para os momentos foram aplicados o mesmo formulário.

Tabela 1: Distribuição das respostas do formulário inicial.

Afirmações	SIM	NÃO	NÃO SEI	porcentagem de ACERTOS	porcentagem de ERROS	porcentagem de INDECISOS
1	20	0	1	95,2%	0%	4,8%
2	4	10	7	47,6%	19%	33,4%
3	16	3	2	76,2%	14,3%	9,5%
4	19	0	2	90,5%	0%	9,5%
5	10	2	9	47,6%	9,5%	42,9%
6	5	8	8	23,8%	38,1%	38,1%
7	18	2	1	85,7%	9,5%	4,8%
8	3	10	8	47,6%	14,3%	38,1%
9	3	0	18	14,3%	0%	85,7%
10	9	2	10	42,9%	9,5%	47,6%
11	17	2	2	9,5%	81%	9,5%
12	8	6	7	28,6%	38,1%	33,3%
13	6	4	11	28,6%	19%	52,4%
14	0	10	11	47,6%	0%	52,4%
15	12	4	5	57,1%	19%	23,9%
16	4	2	15	19%	9,5%	71,5%
17	4	4	13	19%	19%	62%
18	7	4	10	33,3%	19%	47,7%
19	2	2	17	9,5%	9,5%	81%
20	6	1	14	28,6%	4,8%	66,6%
Médias percentuais				42,6%	16,7%	40,7%

Fonte: o autor (2021).

Para as tabelas 1 e 2, os dados na cor roxo é a resposta correta e em vermelho é a resposta errada. Na comparação das médias percentuais da Tabela 1 e da Tabela 2, pode ser notado um aumento de respostas corretas, que foi de 42,6% para 87,1%. Ainda observamos que houve uma diminuição de respostas erradas de 16,7% para 7,6% e a porcentagem de indecisos que era de 40,7% passou a ser de 5,2%.

Tabela 2: Distribuição das respostas do formulário final.

Afirmações	SIM	NÃO	NÃO SEI	porcentagem de ACERTOS	porcentagem de ERROS	porcentagem de INDECISOS
1	21	0	0	100,0%	0%	0%
2	2	19	0	90,5%	9,5%	0%
3	21	0	0	100,0%	0%	0%
4	21	0	0	100,0%	0%	0%
5	21	0	0	100,0%	0%	0%
6	15	0	6	71,4%	0%	28,6%
7	21	0	0	100,0%	0%	0%
8	0	19	2	90,5%	0%	9,5%
9	19	0	2	90,5%	0%	9,5%
10	19	0	2	90,5%	0%	9,5%
11	6	15	0	71,4%	28,6%	0%
12	5	16	0	76,2%	23,8%	0%
13	21	0	0	100,0%	0%	0%
14	0	19	2	90,5%	0%	9,5%
15	19	0	2	90,5%	0%	9,5%
16	20	0	1	95,2%	0%	4,8%
17	19	0	2	90,5%	0%	9,5%
18	19	0	2	90,5%	0%	9,5%
19	0	20	1	95,2%	0%	4,8%
20	21	0	0	100,0%	0%	0%
Médias percentuais				87,1%	7,6%	5,2%

Fonte: o autor (2021).

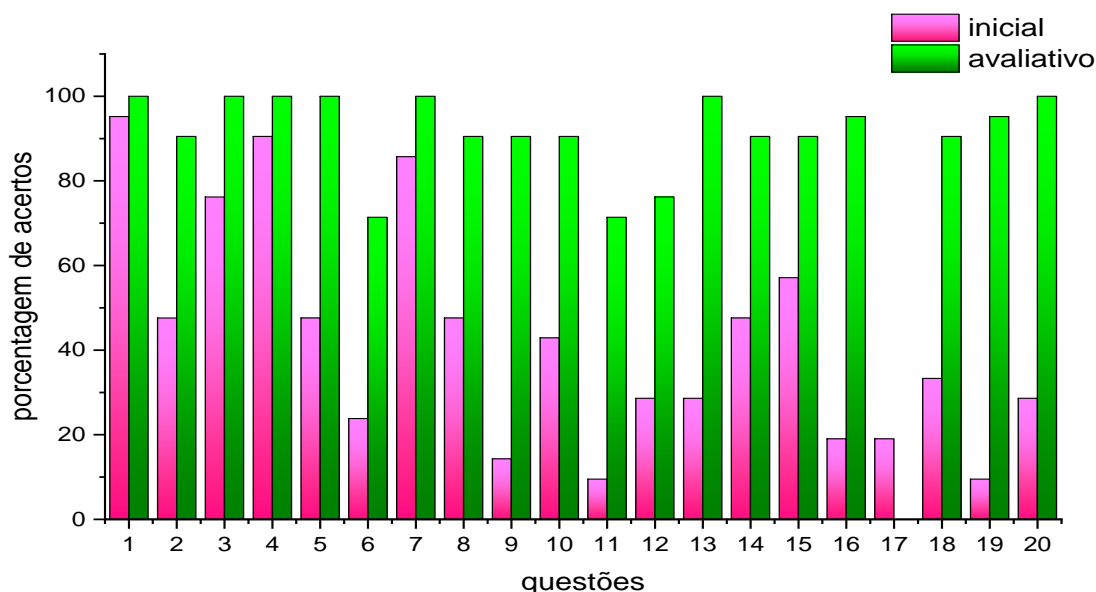


Figura 35: Comparação entre os acertos do formulário inicial avaliativo.

Fonte: o autor (2021).

Um fato relevante aconteceu na resposta da afirmativa 17³, porque no formulário diagnóstico quatro alunos responderam certo, quatro alunos responderam errado e 13 alunos estavam indecisos. Após a aplicação da PD, nenhum respondeu corretamente, de modo que 19 responderam errado e dois ficaram indecisos.

O aumento no número de respostas erradas na afirmativa 17, no formulário final, pode ser atribuído à incorporação, pelos alunos, de que o FPS indica o nível de proteção contra a radiação ultravioleta de maneira genérica e não apenas em relação à UVB.

Na prática cotidiana, a maioria das pessoas que compram um protetor solar consultam apenas o FPS, não consultam o PPD, ou seja, não observam qual é o nível de proteção contra radiação ultravioleta A, menos comentada até por ser menos energética e, por isso, ter um potencial maléfico e benéfico reduzido.

O próprio ganho de conhecimento em relação à Radiação ultravioleta B e a associação desta com os danos ao organismo ou a benefícios podem ter induzido o

³ A afirmativa 17 – O FPS (fator de proteção solar) indica o grau de proteção contra os raios UVB e o grau de proteção contra os raios UVA.

aluno ao erro. Deve-se, também, considerar que a maioria dos frascos trazem apenas a informação: FPS proteção imediata UVA-UVB, não especificando quanto de proteção há para cada uma individualmente.

Ficou para o professor a aprendizagem de que, com as próximas turmas, deve dar uma maior ênfase comparativa ao UVA e UVB, e, inclusive, fazer uma parte prática em que os alunos analisarão embalagens de protetores solares, verificando tanto o FPS, quanto o PPD, pois muitos frascos de protetores trazem informações sobre ambos em cumprimento a normas da Anvisa embasadas por estudos de que a exposição a longo prazo à UVA também é prejudicial à saúde.

Estas recomendações constam inicialmente na Resolução Nº 2.466/2010 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2010) em concordância com o REGULAMENTO TÉCNICO MERCOSUL SOBRE PROTETORES SOLARES EM COSMÉTICOS (MERCOSUL/XXXIV SGT nº 11/P. RES. nº 01/10).

Quando se trata do uso de protetores solares por trabalhadores com longas exposições à radiação solar, há muitas discussões quanto a se o protetor solar deve ser colocado na lista de EPI (Equipamento de Proteção Individual), uma vez que, no que tange à lei 8213/91, artigo 19, inciso 1. *1º A empresa é responsável pela adoção e uso das medidas coletivas e individuais de proteção e segurança da saúde do trabalhador.* (BRASIL, 1991).

Repare que essa lei não afirma que a empresa é obrigada a fornecer EPI. A abordagem da lei é muito mais ampla. No Brasil, estes conhecimentos serviram de base para a Norma Regulamentadora No. 21 (NR-21) – que consta na LEI Nº 6.514/77, – a qual trata da questão dos *Trabalhos à Céu Aberto* da seguinte maneira: *21.2 Serão exigidas medidas especiais que protejam os trabalhadores contra a insolação excessiva, o calor, o frio, a umidade e os ventos inconvenientes.* (BRASIL, 1977).

Compreender as características e os efeitos da radiação ultravioleta em associação com a aprendizagem sobre a forma correta de analisar, adquirir e utilizar os protetores solares de forma cotidiana, visando atender à demanda gerada pelos índices de radiação UV, publicados diariamente, ou após consulta ao UV-ômetro, sem dúvidas, é um importante aspecto de saúde preventiva.

Por outro lado, ensinar de forma integrada a Física, Química, Biologia e Legislação referente ao comércio dos protetores solares e aos direitos de trabalhadores expostos a esta radiação de forma prolongada contribui para a

formação de consumidores, trabalhadores e empresários conscientes de seus direitos e deveres enquanto cidadãos, no âmbito da própria saúde e da saúde coletiva, em especial, a dos trabalhadores em situações insalubres.

Ao analisar as afirmativas 1, 3, 4 e 7⁴, ver apêndice C, verifica-se que houve as menores taxas de variação positiva para o percentual de acertos, isto é explicado pelo fato de que elas estão entre as sete afirmativas que todos os alunos assinalaram corretamente no formulário avaliativo, conforme a Tabela 4, e que também já possuíam um índice elevado de respostas corretas no formulário diagnóstico (Tabela 3).

Por outro lado, as maiores taxas de variações positivas foram verificadas nas afirmativas 9, 13, 16, 19 e 20⁵, (Tabela 3) que, no formulário diagnóstico (inicial), possuíam índices elevados de erros ou de desconhecimento total, evidenciado pela alternativa “NÃO SEI” (Tabela 3). No formulário avaliativo (final), estas mesmas afirmativas tiveram índices de acertos superiores à 90% (Tabela 2). Comparando os resultados do formulário inicial com o final, verifica-se as taxas de variação no índice de acertos, que foi acima dos 70% (Tabela 3).

Podemos, portanto, considerar que, para as questões 1, 3, 4 e 7⁴, os alunos, por ocasião da aplicação da avaliação diagnóstica, já possuíam subsunçores que lhes permitiram acertar a resposta (Tabela 2). Neste caso, a aplicação do PE foi importante para aprimorar os conhecimentos do tema abordado e fortalecer seus subsunçores.

Para as afirmativas 9, 13, 16, 19 e 20⁵, a base cognitiva era insuficiente, tendo em vista que os índices de erros ou de desconhecimento inicial foram altos, o que contrastou fortemente com o alto percentual de acertos (acima de 60%) das respostas do formulário avaliativo, demonstrando que a estratégia empregada no ensino-aprendizagem, utilizando o produto educacional foi bastante eficaz no tocante à apropriação e ao aprimoramento dos conhecimentos pelos estudantes.

⁴ As afirmativas 1, 3 e 4 tratam sobre tipos/classificação de radiação eletromagnética e a afirmativa 7 é sobre o sol como fonte de RUV e sobre a camada protetora de oxônio.

⁵ A afirmativa 9 trata sobre benefícios dos raios gama na medicina, enquanto as questões 13 e 16 são sobre os efeitos biológicos da sazonalidade da radiação não ionizante, ademais, a afirmativa 19 é sobre aplicação de RUV contra o coronavírus, e a afirmativa 20 é sobre uso da RUV na ciência dos materiais/química.

Tabela 3: Distribuição das variações de respostas do formulário inicial e final.

Afirmativa	% de variação dos acertos	% de variação dos erros	% de variação dos indecisos
1	4,8%	0,0%	-4,8%
2	42,9%	-9,5%	-33,4%
3	23,8%	-14,3%	-9,5%
4	9,5%	0,0%	-9,5%
5	52,4%	-9,5%	-42,9%
6	47,6%	-38,1%	-9,5%
7	14,3%	-9,5%	-4,8%
8	42,9%	-14,3%	-28,6%
9	76,2%	0,0%	-76,2%
10	47,6%	-9,5%	-38,1%
11	61,9%	-52,4%	-9,5%
12	47,6%	-14,3%	-33,3%
13	71,4%	-19,0%	-52,4%
14	42,9%	0,0%	-42,9%
15	33,4%	-19,0%	-14,4%
16	76,2%	-9,5%	-66,7%
17	-19,0%	71,5%	-52,5%
18	57,2%	-19,0%	-38,2%
19	85,7%	-9,5%	-76,2%
20	71,4%	-4,8%	-66,6%
Médias percentuais de variação	44,5%	-9,1%	-35,5%

Fonte: o autor (2021).

Tabela 4: Agrupamento das respostas corretas do formulário avaliativo.

Número de afirmativa(s) correta(s)	% de ACERTOS	Quantidade de alunos
7	100%	21
2	95,2%	20
7	90,5%	19
1	76,2%	16
2	71,4%	15
1	0%	0

Fonte: o autor (2021).

Para mostrar o desenvolvimento geral dos alunos, a Tabela 4 contém os valores agrupados, nela estão: os números de afirmativas corretas, a porcentagem de acertos e a quantidade de estudantes que respondeu corretamente as afirmativas no formulário avaliativo. Mesmo com uma afirmativa não tendo o resultado esperado, os resultados das demais foram bem satisfatórios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

“No sé a dónde voy, pero sé de dónde vengo.”

Residente - René Pérez Joglar

A radiação UV é o objeto de estudo nos diversos níveis de ensino, desde o básico à pós-graduação na disciplina de Física, mas também se faz presente em outras disciplinas voltadas às Ciências da Natureza e à Saúde Humana. Contudo, a leitura de diversos materiais tornados públicos livros e textos, impressos e na internet, que visam a divulgação científica, faz comum de se encontrar interpretações errôneas sobre sua caracterização e suas repercussões sobre a saúde humana.

Muito se fala sobre a sua propriedade mutagênica/carcinogênica e pouco sobre sua importância para a saúde física e mental humana, uma vez que, tem-se um papel essencial na síntese de vitamina D, hoje considerada importante para o sistema hormonal (CASTRO, 2011), com repercussões em diversos órgãos e sistemas.

Também é comum encontrar recomendações para exposição da pele à luz solar no início da manhã, porque há uma crença de que neste período ocorreria a síntese de vitamina D, sendo o risco de mutações e do surgimento de câncer de pele baixo.

Algo que não é coerente com a teoria, uma vez que, o importante é saber a DOSE individual ideal, que depende de dois fatores, a intensidade e o tempo de exposição, além disso, temos que considerar que seus efeitos são cumulativos. Ou seja, se a dose de radiação ultravioleta, mesmo que somente a UVA, for alta diariamente, também poderá ter efeitos deletérios sobre o organismo humano.

No entanto, as aferições indicam que, no início da manhã, predomina-se a radiação UVA, menos energética, dessa forma, com menor eficiência na síntese da vitamina D. Porém, nas regiões tropicais, das 10h às 15h, há uma abundante radiação UVB, fundamental para a síntese da vitamina D, que é muito baixa nas primeiras horas da manhã (dependendo da latitude), portanto, exposições por curto período (20 min), entre às 10h e 15h, podem ter uma grande importância na síntese de vitamina D. Contudo, vale reforçar que a UVB é potencialmente cancerígena, quando em doses elevadas, ocasionadas por exposição prolongada.

Diante disso, conclui-se que a utilização do UV-ômetro nas escolas, é altamente

relevante para os estudos experimentais da área de física, mas também é de grande valia para os estudos de ciências e da biologia, com enfoque em temas como agentes ambientais mutagênicos, variações sazonais na síntese de vitamina D e suas repercussões sobre a Saúde Física e Mental Humana, o horário e o tempo de exposição à Luz Solar/RUV em diferentes momentos do dia, nas diferentes estações do ano e nas diversas regiões do planeta.

Também se encontra grande aplicação no ensino de matemática, pois o aluno é o autor da coleta de dados, que serão analisados à luz dos conceitos de matemática e estatística, com formulações de tabelas, gráficos e equações, podendo empregar cálculos manuais e tecnologias digitais de maneira comparativa.

Desta forma, entendemos que o UV-ômetro, além de conferir um caráter prático e interdisciplinar ao estudo das radiações, pode promover aprendizagem significativas com mudanças na interpretação dos papéis desempenhados pela RUV, bem como pode levar à aquisição do hábito de consultar o IUV e de planejar o melhor horário para aproveitar os efeitos benéficos e evitar os seus efeitos maléficos.

Afinal, esse é um fator balizador para empresas e trabalhadores cuja atividade de trabalho implica em longas jornadas de exposição a RUV, bem como para a adoção de políticas públicas que facilitem a obtenção desses protetores com custos menores quando destinados aos trabalhadores.

Tal conduta também seria balizadora para que o próprio sujeito, empoderado pela práxis do conhecimento científico, saiba escolher o protetor solar adequado para seu tipo de pele, para a região onde está, para o horário que irá se expor, além de pensar na reaplicação dele, quando necessária.

REFERÊNCIAS

ALVES, R., *Palavra para desatar nós*. São Paulo: Papirus, 2011.

ARDUINO, *Guia: Introdução, online*, 2021. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 21 fev. 2021.

ARAÚJO, M.S.T.; ABIB, M.L.V.S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

ASSIS, A. K. T., *Teorias de ação a distância: uma tradução comentada de um texto de James Clerk Maxwell*, *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, n.7, p. 53-76, 1992.

_____. A luz do gênio: Óptica, de Newton, completa 300 anos tão importante quando de seu lançamento, *Memoria, Revista Pesquisa Fapesp*, p. 101-102, 2004.

AUSUBEL, D. P, *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune and Stratton. 1963. 685p.

_____. *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston. 1968.

_____. *A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.

_____. *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 2000. 212p.

_____. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Lisboa: Plátano, Edições Técnicas, 2003. Tradução do original: *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*.

ALLWRIGHT, D., BAILEY, K. M., *Foco no Aprendiz de Línguas*. Cambridge: Cambridge University Press. 1991.

BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. M. (Orgs.), *Ensino Híbrido: Personalização e Tecnologia na Educação*. Porto Alegre: Penso, 2015.

BALL, W. W. R., *A Short Account of the History of Mathematics*. New York: Dover, 1908.

BATISTA, M. C.; *A experimentação no ensino de física: modelando um ambiente de aprendizagem*, 2009. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

BBC, *Mudanças no cérebro*, 2016. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-36927637>. Acesso em: 06 mar. 2021.

BERGMANN, J.; SAMS, A., *Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem*, tradução Afonso Celso da Cunha Serra. - 1. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2016.

BRANDA, L. A., *A Aprendizagem Baseada em Problemas – O resplendor tão brilhante de outros tempos*. In: ARAÚJO, U. F. e SASTRE, G. (Org.). *Aprendizagem Baseada em Problemas no ensino superior*. São Paulo: Summus Editorial, 2009.

BRASIL, Ministério da Saúde, *PORTARIA N° 2.466/MS*, Brasília, DF, D.O.U., 31 ago. 2010.

Disponível em:

https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2010/prt2466_31_08_2010.html, Acesso em: 07 jan. 2022.

BRASIL – ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, *NOTA TÉCNICA N°*

82/2020/SEI/COSAN/GHCOS/DIRE3/ANVISA, Brasília, 2021. Disponível em:

https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/saneantes/notas-tecnicas/nota-tecnica-32_2021-guia-uv.pdf Acesso em: 17 mai. 2021.

BRASIL – BNCC, Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018.

BRASIL – INPE, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2020. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>. Acesso em: 20 jan. 2020.

BOHR, N., *Física Atômica e conhecimento humano: ensaios 1932-1957*, Niels Bohr, tradução Vera Ribeiro. - Rio de Janeiro: Contaponto, 3ª. Imp. 2008.

BUENO, L.F., *Sistema Maxi de ensino: ensino médio: FÍSICA, 2ºano, 1. ed.*, São Paulo: Maxiprint Editora, 2018a. Ap.1 p.231-312.

_____. *Sistema Maxi de ensino: ensino médio: FÍSICA, 3º ano, 1. ed.*, São Paulo: Maxiprint Editora, 2018b. Ap.1 p.149-270.

CASCAVEL (PR), Secretaria Municipal de Educação. *Currículo para Rede Pública Municipal de Ensino de Cascavel*. Cascavel, PR: SEMED - Ed. Progressiva, 2008. v. II. 391p.

CAMARGO, F.; DAROS, T. *A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo*, Porto Alegre: Penso, 2018.

CASTRO, L. C. G., O sistema endocrinológico vitamina D, *Arq Bras Endocrinol Metab.*, 55 (8), 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0004-27302011000800010>. Acesso em: 23 nov. 2021.

CHIBENI, S.S., *As Origens da Ciência Moderna*. Departamento de Filosofia, Unicamp. Disponível em: www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/cienciaorigens.pdf. Acesso em: 15 fev. 2020.

_____. *Objetivos da Ciência*. Departamento de Filosofia, Unicamp. Disponível em: <https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/objetivosciencia.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

CHRISTENSEN, C. M.; HORN, M. B.; JONHSON, C. W., *Inovação na sala de aula: como a inovação disruptiva muda a forma de aprender*. Porto Alegre: Bookman. Tradução do original *Disrupting Class: how disruptive innovation will change the way the world learns*, 2012.

CNEN, Radioproteção e dosimetria: fundamentos. 10ª revisão - Rio de Janeiro - IRD/CNEN. abril/2014. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/documentos/FundamentosCORv10.pdf> Acesso em: 21 mar. 2022.

CORRÊA, M. P., *Uma avaliação preliminar de medidas experimentais de albedo UVB*. IX Congremet, Buenos Aires, Argentina. Outubro 2005.

DAFRE, A. L.; MARIS, A. F., *Efeitos Biológicos das Radiações*, 2013. DEWEY, J., *Democracy and Education*. New York: The Free Press, 1944.

DEWEY, J., *Democracy and Education*. New York: The Free Press, 1944.

DICIO, Dicionário Online de Português: Definição de Significado de Ensino-aprendizagens, online. 2020. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/ensino-aprendizagens/> Acesso em: 20 out. 2021.

DOWNES, A.; BLUNT, T. P., IV. *On the influence of light upon protoplasm* Proc. Royal Society of London. 1879. 28199–212. <http://doi.org/10.1098/rspl.1878.0109>

ENETEC-UNB, *A história da radiação UVC e seu poder germicida*, Consultoria em Engenharia Elétrica. Universidade de Brasília - Laboratório de Engenharia Elétrica, 2020. Disponível em: <https://enetec.unb.br/blog/a-historia-da-radiacao-uvc-e-seu-poder-germicida/#as-pri-meiras-descobertas> Acesso em: 20 mar. 2021.

- EPA (Environmental Protection Agency), *Ionizing & Non-Ionizing Radiation*, 2021
Disponível em: http://www.epa.gov/radiation/understand/ionize_nonionize.html#nonionizing.
Acesso em: 17 fev. 2021.
- FARIAS, S. A.; BORTOLANZA, A. M. E., O papel da leitura na formação do professor: concepções, práticas e perspectivas, *Poíesis Pedagógica*, V.10, N.2 ago/dez.2012; pp.32-46.
- FECD - Fundação Educacional Ciência e Desenvolvimento, *Espaço Ciência Viva*, 2019.
Disponível em: <http://cienciaviva.org.br/index.php/2019/06/13/como-johann-ritter-descobriu-o-ultravioleta/> Acesso em: 20 mar. 2021.
- FENNER, G., *Mapas mentais: potencializando ideias*. Rio de Janeiro: Brasport, 2017.
- FINKEL, D., *Dar clase con la boca cerrada*. Valencia: Publications de la Universitat de Valencia. Tradução para o espanhol do original Teaching with your mouth shut., 2008.
- FIOCRUZ, invivo, Ciência, *Ultravioleta*, 2013. Disponível em:
<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=125&sid=9>. Acesso em: 08 set. 2021.
- FONSECA, V., *Papel das funções cognitivas, conativas e executivas na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica*. Revista psicopedagogia, São Paulo, v. 31, n. 96, p. 236-253, 2014.
- FRANCO, M. A. R. S., *Prática pedagógica e docência: um olhar a partir da epistemologia do conceito*. Rev. Bras. Estud. Pedagog., Brasília, v. 97, n. 247, p. 534-551, 2016.
- FREIRE, P., *Pedagogia do oprimido*. 17ª. ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1987.
- _____. *Pedagogia da autonomia*. 27ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 2003.
- GASPAR, A., *Atividades experimentais no ensino de física. Uma nova visão baseada na teoria de Vigotski*. São Paulo: LF Editorial, 2014. Disponível em: <https://www.avm.edu.br/dopdf/monografias_publicadas/posdistancia/54358.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2020.
- GASPARIN, J. L., *Uma Didática para a Pedagogia Histórico-Crítica*. 3. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2002.
- GIBBS, J. W., *A Comparison of the Electric Theory of Light and Sir William Thomson's Theory of a Quasi-Labile Ether*, American Journal Science, Ser. 3, vol. xxxvii, pp. 129-144, 1889.
- GAZETA DO POVO, *Educação Formal, não-formal e informal*, 2017. Disponível em:

<https://www.gazetadopovo.com.br/blogs/educacao-e-midia/>. Acesso em: 06 mar. 2021.

GOHN, M. G., *Educação não-formal e cultura política: impactos sobre o associativismo do terceiro setor*. São Paulo: Cortez, 1999.

_____. *Educação Não Formal no Campo das Artes*. São Paulo: Cortez, 2015.

GOWIN, D. B., *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press. 1981. 210 p.

HAMINE, J., *Ensino Híbrido*, 2018. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/4956/blog-tecnologia-nao-temos-um-computador-para-cada-aluno-e-agora/>. Acesso em: 10 mar. 2021.

HARLAN, J. D.; RIVKIN, M. S., *Ciências em educação infantil: uma abordagem integrada*, trad. Regina Garcez, 7.ed. – Porto Alegre: Artemed, 2002.

HERMANN, W.; BOVO, V., *Mapas Mentais – Enriquecendo Inteligências*. Campinas, SP: edição do autor 2005.

HORN, M. B.; STAKER, H., *Blended: usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação*. Porto Alegre: Penso, 2015.

ICRU; *In*: SELTZER, SM, BARTLETT, DT, BURNS, DT, DIETZE, G., MENZEL, H.-G., PARETZKE, HG, & WAMBERSIE, A. Journal of the ICRU, vol. 11, nº 1, Report 85, Oxford University Press, 2011. doi:10.1093/jicru/ndr012

ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. *Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation)*. Health Physics, 87:171–186, 2004.

IRPA, *Guidelines on Protection against non-ionizing radiation*. A. S. DUCHÊNE, J.R.A. LAKEY, M. H. REPACHOLI, eds. New York: Pergamon, 1991.

ISO 21348:2007, *Space environment (natural and artificial) — Process for determining solar irradiances*, Switzerland, 2007.

JOHNSON-LAIRD, P. N., *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1983 513 p.

KELLY, G., *A theory of personality – The psychology of personal constructs*. New York: W.W. Norton & Company. 1963. 189p.

KHAN ACADEMY, *Luz: ondas eletromagnéticas, espectro eletromagnético e fótons*, online, Biblioteca de Física, 2021. Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/physics/light-waves#introduction-to-light-waves> Acesso em: 08 set. 2021.

KIRCHHOFF, V. W. J. H.; ECHER, E.; LEME, N. P.; SILVA, A. A., A variação sazonal da radiação ultravioleta solar biologicamente ativa, *Revista Brasileira de Geofísica*. 18 (1), 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2000000100006>. Acesso em: 10 jan. 2020.

KRASILCHIK, M., *Reforma e Realidade: o caso do ensino das ciências*. São Paulo em Perspectiva, São Paulo, v.14, n.1, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/spp/a/y6BkX9fCmQFDNnj5mtFgzyF/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 15 set. 2020.

LAPIS, Semiconductor, *ML8511 UV Sensor with Voltage Output*, Datasheet, FEDL8511-05, Issue Date: March 08, 2013. Disponível em: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/LightImaging/ML8511_3-8-13.pdf Acesso em: 21 dez. 2019.

LASRY, N.; MAZUR, E.; WATKINS, J., *Peer instruction: From Harvard to the two year college*, American Journal of Physics, v.76, n. 11, p. 1066-1096, 2008.

LEITE, R. A.; FERREIRA, M. J. B.; MIRANDA NETO, M. H.; MELO, M. A. C., *Ensino de Ciências da Natureza: os movimentos da Terra, a Vida e o Cosmos*. In: SILVA, I.; MIRANDA NETO, M. H., *Plantas Mediciniais: utilização e noções sobre organismo humano*, Maringá, PR: Gráfica Clichetec, 2021.

LIBÂNEO, J. C., *Pedagogia e pedagogos, para quê?* 9ª ed. São Paulo: Cortez, 2010.

LITTO F. M.; FORMIGA, M., *Educação a Distância - O Estado da Arte*. São Paulo: Pearson Educacional do Brasil, 2009.

LUCIANO, A. P. G. G.; FERNANDES, P. R. G.; TAKAI, H.; FUSINATO, P. A., *Remote Access experiment as a facilitator for teaching modern and contemporary physics in secondary schools*. Journal of Physics: Conference Series 1286, 2019. 012035; DOI:10.1088/1742-6596/1286/1/012035

MARINGÁ (PR), Secretaria Municipal de Educação. *Currículo da Educação Municipal de Maringá: Educação Infantil e Anos Iniciais do Ensino Fundamental*. Maringá: SEDUC, 1096p.

MÁXIMO E ALVARENGA: Antonio Máximo Riberio da Luz; Beatriz Alvarenga Álvares, *Física ensino médio*, volume 3, 1. Ed. Editora Scipione, São Paulo, 2006.

MAXWELL, J. C., *A treatise on electricity and magnetism*, vol. I, Oxford: Clarendon Press, 1873a.

_____. *A treatise on electricity and magnetism*, vol. II, Oxford: Clarendon Press, 1873b.

METAGLAS, Disponível em:

https://www.metaglas.de/fileadmin/dokumente/pdf/Datenbl%C3%A4tter%202015/Englisch/SPEC_84_88-13_englisch.pdf Acesso em: 07 mar. 2021

MIRANDA-NETO, M. H.; MOLINARI, S. L.; SANTANA, D. M. G. Relações entre estimulação, aprendizagem e plasticidade do Sistema nervoso. *Arq. Apadec*, 6(1): 9 - 14, 2002. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/20471>. Acesso em: 28 mar. 2021.

MIRANDA NETO, M. H.; MOLINARI, S. L.; MILANEZE-GUTIERRE, M. A.; LEITE, R. A., Contribuições do Mudi-UEM, para a abordagem das propostas curriculares do Ensino de Ciências da Natureza - 35 anos de experiencia. In: Marcílio Hubner de Miranda Neto. (Org.). *PLANTAS MEDICINAIS: utilização e noções sobre o organismo humano*. 4ed. Maringá: Gráfica Clichetec, 2021. p. 21-24.

MORAIS, R. de (org.) *Sala de aula – Que espaço é esse?* 18. ed. Campinas: Papirus, 2004.

MOREIRA, M.A., *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB, 1999a.

_____. *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 1999b. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/mapasport.pdf>. Acesso em: 10 out. 2020.

_____. *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Visor, 2000a.

_____. O Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. *Revista Brasileira de ensino de física*. São Paulo. Vol. 22, n. 1. Mar., p 94-99, 2000b.

_____. *Aprendizagem significativa subversiva*. In: III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, 2000, Peniche. Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, p. 33-45. 2000c.

_____. *Aprendizaje significativa crítica*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2005.

_____. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB, 2006a.

- _____. *Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica*. 2006b. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/visaoclasicavisaocritica.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021.
- _____. *Mapas Conceituais & Diagramas V*, Editora do autor, Porto Alegre, 2006c. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Livro_Mapas_conceituais_e_Diagramas_V_COMPLETO.pdf Acesso em: 10 fev. 2021.
- _____. *Subsídios Didáticos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências*, Instituto de Física, Porto Alegre: UFRGS, 2009.
- _____. *Aprendizagem significativa crítica*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2010.
- _____. *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo, SP: Editora Livraria da Física, 2011a.
- _____. *Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente, Aprendizagem Significativa em Revista*, Porto Alegre, V1(3), pp. 25-46, 2011b.
- _____. *Al final, qué es Aprendizaje Significativo? Revista Currículum*, n. 25, 2012.
- _____. *Uma análise crítica do ensino de Física. Revista Estudos Avançados*. vol.32, n. 94, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/3JTLwqQNsfW-Pqr6hjzyLQzs/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 nov. 2021.
- _____. *Desafios no ensino de física, Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 43, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFCxFhqLy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 nov. 2021.
- MOREIRA, M.A., CABALLERO, M.C. E RODRÍGUEZ, M.L. (orgs.). *Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente*. Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo. Burgos, España. 1997. pp. 19-44.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. S., *Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel*. São Paulo: Centauro Editora. 2ª ed., 2006.
- MORÁN, J.M., *Mudando a educação com metodologias ativas*. Coleção Mídias Contemporâneas. Convergência Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens. Vol. II. P. 15-33. 2015. Disponível em: http://www2.eca.usp.br/moran/wpcontent/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf. Acesso em 17 mar. 2021.
- MORIN, E. *A cabeça bem-feita*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000a.
- _____. *Os sete saberes necessários à educação do futuro*; tradução de Catarina Eleonora

F. da Silva e Jeanne Sawaya. 2. ed. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2000b.

_____. *Ciência com consciência*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

_____. *Amor, poesia, sabedoria*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

MUDI-UEM, Amigos do, *AS CORES DAS COISAS* [Experimentoteca de Física]. YouTube. (10min) Disponível em: <https://youtu.be/xeVhReGfNeM>. Acesso em: 15 fev. 2021.

MULTILOGICA SHOP, Arduino: guia iniciante, Open Source Hardware, *online*, V.2, 2021. Disponível em: https://multilogica-shop.com/download_guia_arduino/ Acesso em: 21 fev. 2021.

NASA SCIENCE, *Tour of the Electromagnetic Spectrum: Ultraviolet Waves*. Science Mission Directorate. 2010. Disponível em: http://science.nasa.gov/ems/10_ultravioletwaves. Acesso em: 07 set. 2021.

NEVES, I. C. B.; SOUZA, J.; GUEDES, P.; SCHAFFER, N.; KLUSENER, R., *Ler e escrever: compromisso de todas as áreas*. 8 ed. Porto Alegre, RS: Ed. da UFRGS, 2007.

NEWTON, I., A letter of Mr. Isaac Newton, professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; containing his new theory about light and colours; sent by the author to the publisher from Cambridge, Febr. 6. 1671/72; in order to be communicated to the R. Society', *Philosophical Transactions of the Royal Society*, v.6, n.80, p. 3075-3087, 1672a. Traduzido em SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. A, "Nova teoria sobre luz e cores" de Isaac Newton: uma tradução comentada. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.18, p. 313- 27, 1996a.

_____. Mr. Isaac Newton answer to some considerations upon his doctrine of light and colours; which doctrine was printed in Numb. 80 of these Tracts', *Philosophical Transactions of the Royal Society*, v.7, p. 5084-5103, 1672b. Reimpresso em: COHEN, I. B. & SCHOFIELD, R. E. (eds.). *Isaac Newton's papers & letters on natural philosophy*. Cambridge, MA: Harvard University Press, pp. 116-135, 1978.

_____. *Óptica*. Traduzido por André K. Assis. São Paulo: Edusp, 1996b.

NOBEL, *The Nobel Prize in Physics 1921*. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2022. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1921/summary/> Acesso em: 7 abr 2021.

NOVAK, J.D., Concept Mapping: A Useful Tool for Science Education, *Journal of Research in Science Teaching*, vol.27, nº.10, 20 dec. 1990, pp. 937-949.

_____. *Clarify with concept maps*. *The Science Teacher*, 58(7), 1991. p.45-49.

_____. *Clarify with concept maps revisited*. Proceedings of the International Meeting on Meaningful Learning. Burgos, Spain, september, 1997. p.15-19.

NOVAK, J.D., CAÑAS, A.J., A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los, *Práxis Educativa*, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29, jan.-jun. 2010. Disponível em: https://eventos.unipampa.edu.br/seminariodocente/files/2011/03/Oficina-9-A_TEORIA_SUBJACENTE.pdf. Acesso em: 28 mar. 2021.

NOVAK, J.D.; GOWIN, D.B., *Aprendiendo a aprender*. Barcelona, Martínez Roca. Traducción al español del original Learning how to learn. 1988.

_____. *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press. 1984.

_____. *Aprender a aprender*, Traduzido por Carla Valadares. Lisboa: Platano, 1.ed. 1996.

NOVELI, P. G., *A sala de aula como espaço de comunicação: reflexões em torno do tema*, Interface — Comunicação, Saúde, Educação, v.1, n.1, 1997.

NRAO, *National Radio Astronomy Observatory*, online, 2021. Disponível em: <https://science.nrao.edu/> Acesso em: 27 mar. 2021.

NUSSENZEIG, H. M., *Curso de física básica 2*. São Paulo: Edgard Blücher, 2016.

NUSSENZEIG, H. M., *Curso de física básica: ótica, relatividade e física quântica*. São Paulo: Edgard Blücher. Vol.4, 2002.

NUSSENZEIG, H. M., *Curso de Física Básica 3*, Editora Blücher, São Paulo. 1997. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5481240/course/section/6000551/Moy-ses_Mecanica.pdf Acesso em: 15 fev. 2021.

OET (Office of Engineering and Technology), *Federal Communications Commission*. *Archived: Questions and Answers about Biological Effects and Potential Hazards of Radiofrequency Electromagnetic Fields (PDF)*. Washington, D.C. 1999.

OKUNO, E., VILELA, M. A. C., *Radiação Ultravioleta: Características e Efeitos - Coleção Temas Atuais de Física*, Editora Livraria da Física. Sociedade Brasileira de Física. São Paulo, 1ª ed., 2005.

OLIVEIRA, R. A.; SILVA, A. P. B.; William Herschel, os raios invisíveis e as primeiras ideias sobre radiação infravermelha, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 4, 4603, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000400022>. Acesso em: 08 set. 2021.

PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação. *Currículo Básico para a Escola Pública do Estado do Paraná*, Curitiba: SEED, Imprensa Oficial do Estado do Paraná, 1990.

- _____. Secretaria de Estado da Educação (SEED). *Diretrizes Curriculares da Educação Básica - Física*. Curitiba: SEED, 2008.
- _____. Secretaria de Estado da Educação (SEED). *Currículo da Rede Estadual Paranaense – Ciências*. Curitiba: SEED, 2020.
- _____. Secretaria de Estado da Educação (SEED). *Referencial Curricular Paranaense para o Novo Ensino Médio – versão preliminar (2)*. Curitiba: SEED, 2021.
- POSTMAN, N.; WEINGARTNER, C., *Teaching as a subversive activity*. New York: Dell Publishing Co. 1969. 219p.
- PEREIRA, F.B., FRASSON, A.C., LIMA, S.A., A leitura do texto Científico, *Revista UNIA-BEU Belford Roxo*, V.7, N.15, janeiro-abril 2014. Disponível em: https://revista.unia-beu.edu.br/index.php/RU/article/view/1326/pdf_66. Acesso em: 20 fev. 2021.
- PERNAMBUCO, M. C. A., *As funções neuropsicológicas e os distúrbios de aprendizagem*. In: SCOZ, B. J. L.; BARONE, L. M. C.; CAMPOS, M. C. M.; MENDES, M. H., *Psicopedagogia*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1992.
- PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação. *Currículo Básico para a Escola Pública do Estado do Paraná*, Curitiba: SEED, Imprensa Oficial do Estado do Paraná, 1990. 216p.
- RIBEIRO, J. L. P., “*Sobre as cores*” de Isaac Newton - uma tradução comentada, *Revista Brasileira de Ensino de Física*. 39 (4): 2017.
- RIBEIRO, L. R. C.; ESCRIVÃO FILHO, E., Avaliação formativa no ensino superior: um estudo de caso. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences (Online)* v. 33, p.45-54, 2011. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=307325356005>. Acesso em: 25 mar. 2021.
- SANATRON, *Propriedades de transmissão óptica do acrílico*, 2016. Disponível em: <https://www.sanatron.com/blog/optical-transmission-properties-of-acrylic.php> Acesso em: 07 mar. 2021.
- SANTIAGO, A., *Quais os perigos da Radiação Ionizante?*, online, Radioproteção na prática. 2021. Disponível em: <https://radioprotecaonapratica.com.br/perigos-da-radiacao-ionizante/> Acesso em 21 mar. 2022.
- SANTOS, J. C. P.; FERNANDES, M. R.; LIMA, R. C. A.; TEMP, M. S., *Comportamento óptico de vidros e policarbonatos translúcidos frente à radiação solar*, *Matéria (Rio J.)* 23 (3) • 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620180003.0493> Acesso em: 07 mar. 2021.

- SILVA, A.A., Medidas de Radiação Solar Ultravioleta em Belo Horizonte e Saúde Pública; *Revista Brasileira de Geofísica*, Vol. 26(4), 2008a.
- SILVA, F.R., *Estudo da Radiação Ultravioleta na Cidade de Natal/RN*. 2008. 74 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Natal, 2008b.
- SILVA, W.; CLARO, G. R.; MENDES, A. P. *Aprendizagem significativa e mapas conceituais*, VI Seminário Internacional de Representações Sociais, Subjetividade e Educação -SIRSSE anais..., Curitiba-PR, 2017. Disponível em:
https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24179_12230.pdf Acesso em: 25 mar. 2021.
- SILVA, P. F. Z. O., NEVES, M. C. D., SILVA, S. C. R., Análise de Mapas Conceituais: uma perspectiva fenomenológica, *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review* – V4(3), pp. 1-10, 2014.
- SOUZA, N. A.; BORUCHOVITCH, E., Mapas conceituais e avaliação formativa: tecendo aproximações, *Educ. Pesqui.* 36 (3), 2010a. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-97022010000300010> Acesso em: 21 fev. 2022.
- _____. Mapa conceitual: seu potencial como instrumento avaliativo, *Pro-Posições*, Campinas, v. 21, n. 3 (63), p. 173-192, set./dez. 2010b
- TAUHATA, L.; SALATI, P. A., DI PRINZIO, R., & DI PRINZIO, A. R., *Radioproteção e dosimetria: fundamentos*. 10ª revisão - Rio de Janeiro - IRD/CNEN. abril/2014. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/documentos/FundamentosCORv10.pdf> Acesso em: 21 mar. 2022.
- TEODORO, V. D., *Prefácio à edição portuguesa*, In: AUSUBEL, D. P., *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Lisboa: Plátano, Edições Técnicas, 2003. Tradução do original: *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*.
- THOMSEN, A., *Medidor de índice UV com Arduino*, Arduino, Projetos, blog. 2020. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-indice-uv-com-arduino/> Acesso em: 07 dez. 2020.
- TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A.; *Física Moderna*, 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- TORI, R., *Cursos híbridos ou blended learning*. In: LITTO, F.M.; FORMIGA, M. *Educação a distância: o estado da arte*. São Paulo: Pearson Educacional do Brasil, 2009.

TYDEXOPTICS, *Synthetic Crystal Quartz*, Datasheet, 2021. Disponível em: http://www.tydexoptics.com/pdf/Synthetic_Crystal_Quartz.pdf Acesso em: 21 mar. 2021.

UEM/DFI, *Notas de Aula: Eletromagnetismo* – Prof. Paulo Ricardo Garcia Fernandes, 2020.

VAN LIER, L., *Interaction in the language curriculum: Awareness, autonomy, and authenticity*. London: Longman. 1996.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, v.10, n.23, p.133-70, 1990.

WHO, *Environmental Health Criteria 160* Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/39901/9241571608-eng.pdf?sequence=1> Acesso em: 21 mar. 2022.

YAMANO, N. *et al.* Long-term effects of 222 nm ultraviolet radiation C sterilizing lamps on mice susceptible to ultraviolet radiation. *Photochemistry and Photobiology*. [s. l.], 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/php.13269>. Acesso em: 22 jun. 2020.

YOUNG, T., *On the Theory of Light and Colours*. The Bakerian Lecture, 1801. Disponível em: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k55897m/f1.chemindefer>. Acesso em: 21 mar. 2021.

ZHANG, X.; XU, W.; HUANG, M.C.; AMINI, N.; REN, F., See UV on Your Skin: An Ultraviolet Sensing and Visualization System, *Bodynets, 8th International Conference on Body Area Networks*, 2013. Disponível em: <https://eudl.eu/doi/10.4108/icst.bodynets.2013.253701>. Acesso em: 17 fev. 2021.

Apêndice A – Declaração autorizando a aplicação



DECLARAÇÃO

Eu, Elisângela Miquilini de Souza, abaixo assinado(a), brasileiro(a), casada (estado civil), portador(a) de RG nº.: 84345083 SSP-PR e inscrito(a) no CPF: 041.518.539-44, diretor(a) do Colégio Oxigênios, localizado na Rua Sebastião Guerra da Costa, 1159, na cidade de Santa Fé, no estado do Paraná, declaro que autorizei o professor e mestrando Robson Antonio Leite, brasileiro, solteiro, portador de RG N°. 9.961.885-0 SSP-PR, inscrito no CPF: 057.113.619-29, a aplicar sua sequência didática, parte integrante de sua dissertação do Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), em duas turmas dessa escola, entre os meses de fevereiro e março de 2021.

A não veracidade da declaração prestada é considerada como crime da falsidade ideológica, sujeitando-me às penas na Lei.

Santa Fé, _____ - PR, 19 de fevereiro de 2021.

ASSINATURA: _____

RG: 8434508-3

Elisângela Miquilini de Souza
DIRETORA
CPF: 041.518.539-44
ATO Nº. 003/11

**COLÉGIO EDUCACIONAL
OXIGÊNIOS LTDA.**
CNPJ 01.098.769/0001-57
Rua Sebastião Guerra da Costa, 1159
CEP 86770-000 - SANTA FÉ - PR

Apêndice B – Mapa Conceitual Aplicado

Modelo utilizado para aplicação do Mapa Conceitual sobre Radiação UV

Nome do Colégio: _____ Componente Curricular: Física – Ciências da Natureza e suas Tecnologias.
Professor(a): _____ Turma: _____
Nome do(a) aluno(a): _____ Data da Atividade: ____/____/____

Elabore um mapa conceitual a partir de Radiação Ultravioleta.

**RADIAÇÃO
ULTRAVIOLETA**

Fonte: o autor (2021).

Apêndice C – Formulário

A luz ultravioleta e a vida: uma abordagem da Física no contexto da BNCC para Ciências da Natureza – Prof. Robson Antonio Leite

O teste traz afirmações que você pode marcar S (Sim), N (Não), ou NS (Não Sei) não ter conhecimentos para avaliar a afirmativa. Vale lembrar que buscamos somente fazer um levantamento dos conhecimentos prévios (subsunçores) e melhorar a metodologia das aulas.

Nome: _____ Série: _____

Colégio: _____ Data: ___/___/2021

Afirmações	S	N	NS
1. A luz é uma onda eletromagnética, portanto um tipo de energia.			
2. O som é uma onda eletromagnética, portanto um tipo de energia.			
3. A radiação ultravioleta é uma onda eletromagnética.			
4. A Luz, Raios X e Raios Gama são tipos radiações eletromagnéticas.			
5. Os raios ultravioletas podem ser divididos em UVA, UVB e UVC.			
6. As lâmpadas, assim como o Sol, emitem radiação eletromagnética na faixa do ultravioleta.			
7. O Sol emite grande quantidade de raios ultravioleta que são, em boa parte, filtrados pela camada de ozônio.			
8. A radiação infravermelha pode ser detectada pela nossa pele e detectada também pelos nossos olhos.			
9. Os raios gama são utilizados na medicina diagnóstica e em medicina no tratamento de câncer.			
10. As ondas eletromagnéticas podem sofrer absorção, reflexão, refração, difração, polarização e ressonância.			
11. A translação da Terra em relação ao Sol, por si só, é responsável pelas estações climáticas (primavera, verão, outono e inverno).			
12. O filtro solar impede que a radiação ultravioleta interaja com a pele.			
13. O encurtamento dos dias somado a redução na intensidade luminosa pode alterar o humor e em casos mais graves causar depressão.			
14. Ao comprar um protetor solar, para trabalhadores expostos a atividades ao ar livre, deveria pagar impostos ao governo.			
15. Radiação UV que podem causar sérios danos à saúde, como o câncer de pele, é a mesma que estimula a síntese de Vitamina D, essencial à vida.			
16. O mesmo fator ambiental que causa a queda das folhas de diversas árvores pode causar efeito inverno triste e depressão sazonal em humanos.			
17. O FPS (fator de proteção solar) indica o grau de proteção contra os raios UVB e o grau de proteção contra os raios UVA.			
18. Os seres vivos conseguem suportar pequenas doses de radiação ultravioleta, pois as células danificadas podem se regenerar.			
19. Lâmpadas que emitem UVC, quando ligadas diretamente sobre os vírus, inativam diversos vírus, inclusive o Sars-Cov-2 (Coronavírus).			
20. Ondas ultravioletas são usadas para identificar alguns tipos de materiais pela perícia policial.			

Apêndice D – Investimento no Aparato Experimental

Quadro A - Lista de materiais utilizados no UV-ômetro⁶, cotados em fev. 2020.

Descrição do material	Quantidade	Obtenção do material	Investimento (R\$)
Arduino® e cabo de conexão USB.	01	Lojas de componentes eletrônicos.	100,00*
Sensor UV (GYML8511) para Arduino®	01	Lojas de componentes eletrônicos.	60,00*
Fonte de alimentação (9V-1A)	01	Lojas de componentes eletrônicos.	45,00
LEDs coloridos	Diversos	Lojas de componentes eletrônicos.	25,00
Cabos, resistores, e conectores	Diversos	Lojas de componentes eletrônicos.	20,00
Tubo termo retrátil	2 m	Lojas de componentes eletrônicos.	10,00
Liga para solda eletrônica (Fluxo RA)	200g 1 mm	Lojas de componentes eletrônicos.	20,00
Ferro de solda eletrônica	01	Lojas de componentes eletrônicos.	50,00
Vidro de relógio de pirex de 70mm de diâmetro*	01	Lojas de produtos para laboratórios.	15,00
Placa de Isopor (50 x 100 x 1 cm)	01	Lojas de embalagens ou papelaria.	20,00
Placa de Acrílico (3 mm, tam. A4)	01	Loja de produtos acrílicos	40,00
Caixa montagem painel elétrico quadro comando (20 x 20 x 12 cm)	01	Lojas de materiais elétricos.	150,00
Cabo PP e conectores	Diversos	Lojas de materiais elétricos.	50,00
Suporte Estrutura metálica	01	Metalúrgica	50,00
			605,00

⁶ Os dois únicos itens fundamentais são: o Arduino e o sensor UV (recomenda-se que sejam novos). Para os demais pode ser utilizados “matérias de segunda mão” (reciclagem), como, por exemplo, a fonte pode ser de um celular, a caixa metálica pode ser uma usada, assim como os outros materiais.

Apêndice E – Programação para Arduino

Neste apêndice está apresentado o código de programação do Arduino.

```
//Programa: Medidor de Índice UV com Arduino e Sensor UV GYML8511
//Autor: Robson Antonio LEITE
```

```
// Define pins:
```

```
#define uvpin A0
#define ext1 2
#define ver3 3
#define ver2 4
#define ver1 5
#define hig2 6
#define hig1 7
#define med3 8
#define med2 9
#define med1 10
#define low2 11
#define low1 12
#define ledpw 13
```

```
// Define variables:
// read the input pin:
```

```
int sensor = analogRead(A0);
```

```
// the setup routine runs once when you press reset:
```

```
void setup() {
  analogReference(EXTERNAL);
```

```
// initialize serial communication at 9600 bits per second:
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
// make the pushbutton's pin an input:
```

```
pinMode(sensor, INPUT);
```

```
// Set LED pins as output:
```

```
pinMode(ledpw, OUTPUT);
pinMode(low1, OUTPUT);
```

```

pinMode(low2, OUTPUT);
pinMode(med1, OUTPUT);
pinMode(med2, OUTPUT);
pinMode(med3, OUTPUT);
pinMode(hig1, OUTPUT);
pinMode(hig2, OUTPUT);
pinMode(ver1, OUTPUT);
pinMode(ver2, OUTPUT);
pinMode(ver3, OUTPUT);
pinMode(ext1, OUTPUT);

}

// the loop routine runs over and over again forever:

void loop() {

// Flashes the operation LED:

digitalWrite(ledpw, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(ledpw, LOW);
delay(1000);

// read the input pin:

int sensor = analogRead(A0);

// print out the state of the button:

Serial.print( sensor );
Serial.print( 3.3 * sensor / 1024);
Serial.println(" V ");
delay(1000); // delay in between reads for stability

// Control the LEDs:

if (sensor > 291 && sensor <= 314) {
  digitalWrite(low1, HIGH); // IUV 1
}

else digitalWrite(low1, LOW);
if (sensor > 314 && sensor <= 336) {
  digitalWrite(low2, HIGH); // IUV 2
}

else digitalWrite(low2, LOW);
if (sensor > 336 && sensor <= 359) {
  digitalWrite(med1, HIGH); // IUV 3
}
}

```

```

}

else digitalWrite(med1, LOW);
if (sensor > 359 && sensor <= 382) {
  digitalWrite(med2, HIGH);          // IUV 4
}

else digitalWrite(med2, LOW);
if (sensor > 405 && sensor <= 427) {
  digitalWrite(med3, HIGH);          // IUV 5
}

else digitalWrite(med3, LOW);
if (sensor > 427 && sensor <= 450) {
  digitalWrite(hig1, HIGH);          // IUV 6
}

else digitalWrite(hig1, LOW);
if (sensor > 450 && sensor <= 473) {
  digitalWrite(hig2, HIGH);          // IUV 7
}

else digitalWrite(hig2, LOW);
if (sensor > 473 && sensor <= 495) {
  digitalWrite(ver1, HIGH);          // IUV 8
}

else digitalWrite(ver1, LOW);
if (sensor > 495 && sensor <= 518) {
  digitalWrite(ver2, HIGH);          // IUV 9
}
else digitalWrite(ver2, LOW);
if (sensor > 518 && sensor <= 541) {
  digitalWrite(ver3, HIGH);          // IUV 10
}

else digitalWrite(ver3, LOW);
if (sensor > 541 && sensor <= 1024) {
  digitalWrite(ext1, HIGH);          // IUV 11+
}

else digitalWrite(ext1, LOW);
}

```

Apêndice F – Produto Educacional

Neste Apêndice F está presente o Produto Educacional (PE), o qual também permeia o capítulo 2 e, ainda, foi disponibilizado, para *download*, de forma independente desta dissertação de mestrado. Isso ocorre pelo fato de facilitar o seu uso, assim como, se faz necessário atender as normas do Programa de Pós-graduação: Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) da Sociedade Brasileira de Física (SBF).



PRODUTO EDUCACIONAL - Material Didático-Pedagógico

UV-ÔMETRO SOLAR: A LUZ ULTRAVIOLETA E A SAÚDE HUMANA

ROBSON ANTONIO LEITE

Produto Educacional da Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Antonio Custodio de Melo
Coorientador: Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini

Maringá - PR
maio, 2022

Carta ao leitor

Prezado Professor,

Este material foi elaborado como uma prática pedagógica educacional, visando contribuir para a ampliação das abordagens existentes na carreira docente. Começamos entendendo um pouco sobre o processo de ensino-aprendizagem, seguindo então, para a prática trazida aqui como um Produto Educacional, dentro da disciplina de Física, tendo a interdisciplinaridade com a Biologia e Química no que tange à Saúde Humana dentro de um contexto de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, visando que o presente trabalho seja visto como exemplo, podendo, assim, ser modificado e adequado para cada realidade e público específico.

É colocado um aparato experimental como material didático-pedagógico e uma proposta didática que pode auxiliar na execução da prática pedagógica, levando em consideração um maior envolvimento dos alunos, modificando sua atuação de passivo e receptor de informação para sujeito analítico e ativo no processo de ensino-aprendizagem. Nesse sentido, é indispensável compreender que se deve realizar outras leituras, as que o leitor julgar necessárias para ter melhor compreensão, além das que indico neste trabalho, uma vez que temos aqui somente uma proposta de aplicação para a práxis docente, o que pode ser realizado por meio do processo de reflexão-ação-reflexão, em que é necessário um aprofundamento em relação a conceitos e práticas.

Assim como os processos avaliativos e as orientações sugeridas para as atividades, levam-se em consideração o aprofundamento adquirido nas leituras e na minha própria prática docente. Assim, creio que terá uma visão mais adequada e uma maior gama de adequações nas atividades que poderão ser realizadas em sua própria prática docente, diferente de uma simples aplicação deste modelo, enriquecendo seu conjunto de atividades educacionais.

Este material estará disponível para download na página do MNPEF/DFI/UEM (<http://www.df.uem.br/dfimestrado/?q=node/60>) e, novamente citamos que, pode ser adaptado de acordo com a realidade de cada série pelo docente interessado.

Agradeço à leitura do trabalho e igualmente coloco aqui um pedido, de que tenham, sobretudo, olhares analíticos a esta prática pedagógica educacional, que ela seja vista com indulgência, sem tratá-la com espírito de censura, uma vez que são elaborados e apresentados, na intenção de melhorar, os processos de ensino-aprendizagem.

Maringá, 21 de março de 2021.

Robson Antonio Leite

INTRODUÇÃO

Um trabalho tem sentido para uma pessoa quando ela o acha importante, útil e legítimo.

Edgar Morin

A atividade experimental é uma ferramenta de ensino-aprendizagem e pode ser considerada valiosa quando utilizada de forma adequada na prática pedagógica educacional, sendo singular na contribuição para o ensino e a aprendizagem. Historicamente desde a década de 60, várias tentativas com relação à melhoria da qualidade do ensino de Ciências Naturais basearam-se nas atividades experimentais (KRASILCHIK, 2000).

É comum, no ensino médio, professores de Física terem muitas dificuldades no momento de construir o conhecimento junto aos alunos, e o que é ainda mais complexo é fazer isso de forma interdisciplinar, prazerosa e contextualizada.

Para muitos educadores e educandos, a Física é vista como uma disciplina difícil de ser aprendida e ensinada e, por isso, os alunos apresentam, por vezes, desinteresse e problemas de aprendizagem dos conteúdos de ensino, mostrando-se constantemente desarticulados da realidade e isolados em disciplinas, não tendo a interdisciplinaridade.

Para corroborar no ensino-aprendizagem de Ciências, alguns autores, como Araújo e Abib (2003), Gaspar (2014) e Batista (2009) sugerem o emprego de atividades experimentais como forma de estimulação aos alunos, defendendo que sua aprendizagem possa ser mais significativa, as quais podem, assim, ser consideradas como ferramentas capazes de auxiliar na compreensão de conceitos, dos princípios e das aplicações leis da Física junto com as suas correlações com a saúde e a melhoria na qualidade de vida.

Gasparin (2002) salienta que os conhecimentos científicos necessitam, hoje, ser reconstruídos em suas plurideterminações, dentro das novas condições de produção de vida humana, respondendo, quer de forma teórica, quer de forma prática, aos novos desafios propostos.

Considerando a natureza, os objetivos, as habilidades e as competências específicas presentes na BNCC (BRASIL, 2018) e nos referenciais curriculares para

os conteúdos de astronomia, biologia, estatística, física, matemática e saúde, é necessária uma mudança na metodologia das aulas de Física, para poder, assim, mostrar aos alunos que existem correlações entre os conteúdos apresentados em sala de aula e sua realidade imediata.

Suas correlações e variações na qualidade de vida, dispõe-se neste trabalho, com maior ênfase, o que está preconizado nas unidades temáticas: *Matéria e Energia e Vida, Terra e Cosmos*, dispostas na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias da BNCC (BRASIL, 2018).

Nesse contexto, e a partir das dificuldades de diversos professores para trabalhar a interdisciplinaridade, junto da falta acesso ao equipamento experimental adequado, apresenta-se, nas próximas sessões, uma proposta didática com abordagem de ondas eletromagnéticas, utilizando diversos recursos educacionais para uma aprendizagem ativa e significativa e um aparato experimental, um UV-ômetro, sensor de Radiação Ultravioleta (RUV) com Arduino®. Nesse sentido, visando a ampla divulgação e reaplicação, foi projetado e desenvolvido um aparato experimental de custo acessível.

1 PROPOSTA DIDÁTICA

Exibimos nesta sessão a proposta didática que inclui Mapas Conceituais, Texto de Apoio, materiais e métodos, a ficha técnica, os quadros de estruturação das 8 aulas propostas e as considerações para algumas das atividades, o que pode auxiliar em outras possíveis aplicação dessa Proposta Didática (PD).

1.1 Apresentação e Aplicação da Proposta Didática (PD)

A utilização da Proposta Didática sobre Ondas Eletromagnéticas, com ênfase em Radiação Ultravioleta, é conteúdo descrito na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018), no Currículo da Rede Estadual Paranaense (CREP) (PARANÁ, 2020) e no Referencial Curricular Paranaense para o Novo Ensino Médio – versão preliminar (2) (PARANÁ, 2021).

No âmbito da matéria de Ciências da Natureza, no ensino infantil, as habilidades que envolvem radiação solar, suas transformações, variações e aplicações nos organismos vivos permeiam no campo de experiências do tópico **“espaços, tempos, quantidades, relações e transformações”** (EI02ET02; EI03ET02; EI03ET03) – Quadro 1. Ainda quanto a essa matéria, há três Unidades Temáticas do Ensino fundamental: **Matéria e energia; Vida e evolução e Terra e Universo**, (EF01CI06; EF02CI05; EF02CI08; EF03CI02; EF03CI03; EF05CI11; EF09CI04; EF09CI06; EF09CI07) – Quadro 1.1 – e há duas Unidades Temáticas, **Matéria e Energia e Vida, Terra e Cosmos**, no Ensino Médio (EM13CNT101; EM13CNT103; EM13CNT202; EM13CNT203; EM13CNT205; EM13CNT301; EM13CNT306) – Quadro 1.

Encontra-se nas Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná (PARANÁ, 2008), dentro da componente curricular Física, inserido no conteúdo estruturante o Eletromagnetismo, e, nos conteúdos básicos, **“A natureza da luz e suas propriedades”**.

Isso consta também na Proposta Pedagógica Curricular de Física do Colégio Oxigênios – Educação Infantil, Ensino Fundamental e Médio, localizado na cidade de Santa Fé, no estado do Paraná, onde esta proposta didática foi aplicada para alunos do 2º e do 3º ano do Ensino Médio.

Quadro 10: Campos de experiências e habilidades das Unidades Temáticas da BNCC.

(EI02ET02) Observar, relatar e descrever incidentes do cotidiano e fenômenos naturais (luz solar, vento, chuva etc.).
(EI03ET02) Observar e descrever mudanças em diferentes materiais, resultantes de ações sobre eles, em experimentos envolvendo fenômenos naturais e artificiais.
(EI03ET03) Identificar e selecionar fontes de informações, para responder a questões sobre a natureza, seus fenômenos, sua conservação.
(EF01CI06) Selecionar exemplos de como a sucessão de dias e noites orienta o ritmo de atividades diárias de seres humanos e de outros seres vivos.
(EF02CI05) Investigar a importância da água e da luz para a manutenção da vida de plantas em geral.
(EF02CI08) Comparar o efeito da radiação solar (aquecimento e reflexão) em diferentes tipos de superfície (água, areia, solo, superfícies escura, clara e metálica etc.).
(EF03CI02) Experimentar e relatar o que ocorre com a passagem da luz através de objetos transparentes (copos, janelas de vidro, lentes, prismas, água etc.), no contato com superfícies polidas (espelhos) e na intersecção com objetos opacos (paredes, pratos, pessoas e outros objetos de uso cotidiano).
(EF03CI03) Discutir hábitos necessários para a manutenção da saúde auditiva e visual considerando as condições do ambiente em termos de som e luz.
(EF05CI11) Associar o movimento diário do Sol e das demais estrelas no céu ao movimento de rotação da Terra.
(EF09CI04) Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.
(EF09CI06) Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.
(EF09CI07) Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).
(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.
(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.

Fonte: Adaptado da BRASIL – BNCC (2018, p. 51, 333, 335, 337, 341, 351, 555, 557, 559).

Em tal PD, foi realizado um detalhamento maior no conteúdo de Ondas Eletromagnéticas, como foco especial na Radiação Ultravioleta, suas transformações e variações. Neste mesmo enfoque, elaborou-se pesquisas bibliográficas, questionários, debates, confeccionados mapas conceituais e aferiu-se dados com o auxílio do sensor de radiação ultravioleta – aparato experimental –, de maneira a integrar teoria e prática como forma de possibilitar uma Aprendizagem Significativa, conforme preconizado por Ausubel (1963, 2003), ou ainda, uma Aprendizagem Significativa Crítica, conforme Moreira (1999, 2000, 2005 e 2006a).

Procurou-se fazer com que o aluno fosse sujeito ativo e protagonista no processo de ensino-aprendizagem e, a partir dos subsunçores, desenvolvesse as habilidades de discutir, investigar, interpretar, construir e analisar como parte de sua rotina de estudo e de seu modo de aprender e conseqüentemente ampliando seus subsunçores. Assim, o estudante deixa de ser um sujeito passivo, um mero receptor de informações do professor e do livro didático.

Ao construir a PD, como parte do Produto Educacional, procurou-se pautar os conteúdos e atividades considerando a estrutura de subsunçores dos alunos, para isso, foi elaborado um formulário que foi aplicado antes de finalizar a elaboração da PD. Desta forma, tentou-se levar em consideração estas concepções prévias, o que, para a aprendizagem significativa, é uma condição necessária, segundo Moreira (2012):

A estrutura cognitiva, considerada como uma estrutura de subsunçores interrelacionados e hierarquicamente organizados é uma estrutura dinâmica caracterizada por dois processos principais, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. A diferenciação progressiva é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos. [...] A reconciliação integradora, ou integrativa, é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações. (*Ibidem*, p. 33-34).

Na proposta didática, as atividades foram sistematizadas de forma que permitissem o aprofundamento do tema estudado. As práticas pedagógicas

educacionais e as metodologias de ensino-aprendizagem presentes foram: leituras coordenadas, debates mediados, vídeos, uso de aparato experimental, construção de mapas conceituais e questionários. Neste sentido, o professor saiu do papel principal, em sala de aula, e passou a ter a função de mediador e interlocutor das metodologias propostas.

Durante a aplicação desta proposta didática, foram necessários os seguintes equipamentos e materiais:

- a) Folha A4 (papel sulfite) e lápis/caneta para elaboração dos Mapas Conceituais;
- b) Livros, revistas e artigos diversos para pesquisa bibliográfica;
- c) Projetor multimídia e computadores para apresentações dos vídeos;
- d) Computadores com acesso à internet para pesquisa de dados;
- e) Caderno e lápis/caneta para realização da aferição de dados de Raios UV;
- f) Equipamento com sensor de Radiação UV (construído e disponibilizado pelo autor).

Nesta Proposta Didática foram consideradas as seguintes práticas pedagógicas educacionais:

- a) O uso de Mapas Conceituais;
- b) Questionários pré e pós conteúdo;
- c) Uso de tecnologias educacionais – aparato experimental e vídeos educativos;
- d) Pesquisa bibliográfica e aferição de dados experimentais como princípios educativos ativos;
- e) Experimentação.

Para favorecer o entendimento e sistematizar a organização da proposta didática a seguir exposta, é apresentado aos professores leitores, a priori, uma “ficha técnica” e, a posteriori, a estruturação das atividades esquematizadas para as aulas.

1.2 Ficha Técnica – Proposta Didática

O Quadro 2 tem a intenção de relacionar algumas informações importantes para a aplicação nas aulas, as quais foram retiradas analisando os questionários prévios respondido pelos alunos. Além disso, o Quadro 2 apresenta itens como público-alvo, previsão de duração da quantidade de horas-aulas, conteúdos básicos que foram desenvolvidos, metodologias de ensino-aprendizagem, recursos didático-tecnológicos e avaliação.

Quadro 11: Ficha Técnica da Proposta Didática.

TEMA - Ondas eletromagnéticas com ênfase em Radiação UV
TIPO - Produto Educacional e Aprendizagem Significativa Crítica
PÚBLICO-ALVO - Alunos do 2º e 3º ano do Ensino Médio
DURAÇÃO - 08 horas-aula ⁷
CONTEÚDO: <ul style="list-style-type: none">- Contexto Histórico do Eletromagnetismo, Óptica, Física Moderna e Contemporânea a partir do final do século XIX;- Ondas Eletromagnéticas;- Espectro Eletromagnético;- Energia Quantizada;- Fontes e Aplicações de Raios UV no ensino-aprendizagem e no cotidiano.
OBJETIVOS: <ul style="list-style-type: none">- CONHECER, DIFERENCIAR e ANALISAR os tipos de Ondas Eletromagnéticas e suas implicações no cotidiano;- ENTENDER o Espectro Eletromagnético;- INVESTIGAR e RECONHECER as características e efeitos da Radiação UV no cotidiano do estudante;- DIFERENCIAR fontes naturais de fontes artificiais de RUV;- DISCUTIR e DIFERENCIAR as diversas áreas de aplicação dos Raios UV;- COMPREENDER e COMPARAR a importância da RUV nos dias atuais destacando a variação da intensidade e CORRELACIONAR com os fenômenos naturais, processos tecnológicos e saúde humana;- ANALISAR fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre Matéria e Energia, para PROPOR ações individuais e coletivas que melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global (BRASIL BNCC, 2018).

⁷ Considera-se que cada hora-aula contenha 50 minutos de duração.

<p>METODOLOGIAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mapas Conceituais; - Questionários pré e pós; - Pesquisas bibliográficas; - Coleta de dados; - Textos; - Vídeos; - Experimentação – AE. 	<p>RECURSOS DIDÁTICO-TECNOLÓGICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Folha A4 (papel sulfite) e lápis/caneta; - Livros, revistas e artigos; - <i>Notebook</i> e Projetor multimídia (<i>Mobile learning</i>); - Computadores com acesso ao <i>YouTube</i>; - Equipamento com sensor de Radiação UV; - Lousa, giz e pincel de quadro branco.
<p>AVALIAÇÃO:</p> <p>Avaliação diagnóstica</p> <ul style="list-style-type: none"> - Participar da aferição de subsunçores (responder formulário inicial); - Elaborar mapa conceitual (inicial); <p>Avaliação formativa</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apresentação de ideias nos debates mediado pelo professor, com os seguintes critérios de avaliação: Postura do aluno; Conteúdo da pesquisa; Domínio do conteúdo pesquisado; Criatividade; Organização das ideias principais. <p>Avaliação somativa</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elaborar mapa conceitual (final) e comparar o mapa conceitual inicial com o final; - Responder questionário. 	
<p>Referências Bibliográficas recomendadas:</p> <p>BRASIL. Ministério da Educação. <i>Base Nacional Comum Curricular</i>. Brasília, 2018.</p> <p>CHIBENI, S.S., <i>As Origens da Ciência Moderna</i>. Departamento de Filosofia, Unicamp. Disponível em: www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/cienciaorigens.pdf. Acesso em: 15 fev. 2020.</p> <p>CHIBENI, S.S., <i>Objetivos da Ciência</i>. Departamento de Filosofia, Unicamp. Disponível em: https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/objetivosciencia.pdf. Acesso em: 15 fev. 2020.</p> <p>OKUNO, E.; VILELA, M.A.C., <i>Radiação Ultravioleta: Características e Efeitos</i> - Coleção Temas Atuais de Física, Editora Livraria da Física. Sociedade Brasileira de Física. São Paulo, 1ª edição, 2005.</p> <p>PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação (SEED). <i>Currículo da Rede Estadual Paranaense – Ciências</i>. Curitiba: SEED, 2020. 42p.</p> <p>PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação (SEED). <i>Diretrizes Curriculares da Educação Básica - Física</i>. Curitiba: SEED, 2008. 98p.</p> <p>MUDI-UEM, Amigos do, <i>AS CORES DAS COISAS</i> [Experimentoteca de Física]. YouTube. (10min) Disponível em: https://youtu.be/xeVhReGfNeM. Acesso em: 15 fev. 2021.</p>	

Fonte: O autor (2021).

1.3 Espectro Eletromagnético

A Radiação Eletromagnética foi dividida em faixas de frequência (ν) e/ou comprimento de onda (λ) e de forma o espectro de radiação, que é classificado como: ondas de baixa frequência, ondas de rádio, micro-ondas, radiação infravermelha (IV), luz visível (VIS), radiação ultravioleta (UV), raios X, raios gama (γ) e raios cósmicos. Este conjunto de todos os tipos de ondas eletromagnéticas é chamado espectro eletromagnético, ilustrado na Figura 1.

Diversos livros e artigos discriminam as faixas de frequência pelo seu comprimento de onda no ar, mas, como esta propriedade é dependente do meio de propagação, a melhor forma de diferenciação das ondas eletromagnéticas é pela sua frequência, exatamente porque ela é uma característica que não depende do meio de propagação, mas sim somente da sua fonte. As frequências vão desde 10 Hz (onda gerada por uma corrente alternada doméstica) até 10^{22} Hz (raios γ) e, acima disso, há os raios cósmicos, sendo, no meio disso, a luz visível, com frequência entre 400 THz e 750 THz, e a radiação ultravioleta, que se encontra entre 750 THz e 300 PHz. A grande faixa de valores de frequências para as ondas eletromagnéticas explica a diversidade de fenômenos envolvendo estas radiações e, em particular, a sua interação com a matéria.

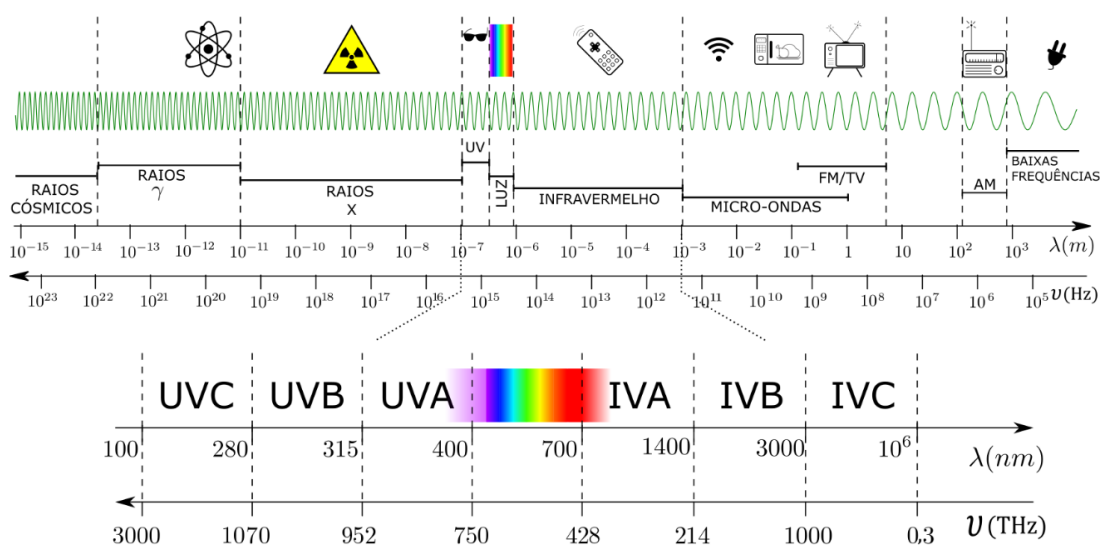


Figura 1: Espectro Eletromagnético.

Fonte: Adaptado de LEITE *et al* (2021).

1.4 Radiação Ultravioleta no espectro eletromagnético

O espectro eletromagnético da luz ultravioleta pode ser dividido de várias formas. O Quadro 3 apresenta a classificação da radiação UV segundo a norma ISO sobre ambiente espacial (natural e artificial) – processo utilizado para a determinação de irradiâncias solares (ISO-21348, 2007).

Quadro 12: Faixas de radiação ultravioleta.

Denominação	Sigla	Intervalo de λ (nm)	Frequência (THz)	Energia (eV)
Ultravioleta	UV	$10 \leq \lambda < 400$	$3 \cdot 10^4 \leq \lambda < 750$	$123,90 \leq E < 3,10$
Ultravioleta de vácuo	VUV	$10 \leq \lambda < 200$	$3 \cdot 10^4 \leq \lambda < 1500$	$123,90 \leq E < 6,20$
Ultravioleta extremo	EUV	$10 \leq \lambda < 121$	$3 \cdot 10^4 \leq \lambda < 2479$	$123,90 \leq E < 10,24$
Lyman-alpha	Ly- α	$121 \leq \lambda < 122$	$2479 \leq \lambda < 2459$	$10,24 \leq E < 10,16$
Ultravioleta longínquo	FUV	$122 \leq \lambda < 200$	$2459 \leq \lambda < 1500$	$10,16 \leq E < 6,20$
Ultravioleta C	UVC	$100 \leq \lambda < 280$	$300 \leq \lambda < 1071$	$12,39 \leq E < 4,43$
Ultravioleta médio	MUV	$200 \leq \lambda < 300$	$1500 \leq \lambda < 1000$	$6,20 \leq E < 4,13$
Ultravioleta B	UVB	$280 \leq \lambda < 315$	$1071 \leq \lambda < 952$	$4,43 \leq E < 3,93$
Ultravioleta próximo	NUV	$300 \leq \lambda < 400$	$100 \leq \lambda < 750$	$4,13 \leq E < 3,10$
Ultravioleta A	UVA	$315 \leq \lambda < 400$	$952 \leq \lambda < 750$	$3,93 \leq E < 3,10$

Fonte: adaptado de ISO 21348 (2007, p. 11).

Na radioastronomia, é identificado nas faixas de frequências denominadas: ultravioleta de vácuo, ultravioleta extremo, ultravioleta longínquo, ultravioleta médio e ultravioleta próximo (NRAO, 2021).

A divisão em UVA, UVB e UVC, nos intervalos apresentados no Quadro 3, foi inicialmente feita por dermatologistas e introduzida na década de 1930 pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), adotada formalmente em 1970 (OKUNO; VILELA, 2005). No entanto, até hoje alguns cientistas utilizam como limiar da UVA e UVB, o comprimento de onda de 320 nm.

1.5 Fótons UV e a Interação com a Matéria

Fótons transportam quantidades discretas de energia, as quais são denominadas de *quantum* (no singular) ou *quanta* (no plural) e que podem ser transferidas para moléculas e átomos quando os *fótons* são absorvidos. Dependendo da frequência da radiação eletromagnética, químicos podem analisar diferentes partes de um átomo, ou de uma estrutura molecular, utilizando diferentes tipos de espectroscopia.

Fótons da região UV, ou visíveis, podem ter energia suficiente para excitar elétrons, uma vez que estes elétrons excitados retornam para o estado fundamental, *fótons* são emitidos e, então, o átomo, ou a molécula, irá emitir uma luz de frequência específica na região do visível. Estes espectros de emissão atômica podem ser usados para entender a estrutura eletrônica e para identificar um elemento – caracterizando-se no teste da chama (KHAN ACADEMY, 2021).

Em 1905, Albert Einstein demonstrou que a energia eletromagnética, mesmo tendo a sua natureza ondulatória, pode apresentar comportamentos corpusculares, comparáveis ao de uma partícula, que denominada “*Lichtquant*” (quantidade ou pacote de Luz), mais tarde os físicos deram o novo nome de *fóton*.

Einstein não citou no seu artigo, mas cinco anos antes Max Planck já incluía a ideia de valores de distintos de energia da luz para explicar a radiação do corpo negro. Segundo Einstein, a radiação eletromagnética é emitida em feixes constituídos de *fótons*, onde a menor quantidade mensurável de energia é considerada um *fóton* transportado pela radiação eletromagnética. Assim, ele propôs a explicação satisfatória para o efeito fotoelétrico, o que o condecorou com prêmio Nobel de Física de 1921 (NOBEL, 2021).

A teoria evidencia também que o *quantum* de energia eletromagnética (E), pertencente a cada fóton de radiação, será diretamente proporcional a sua frequência. Logo:

$$E = h \cdot f,$$

em que h representa a constante de Planck e seu valor é de $6,602 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

Assim, lembramos aqui da equação fundamental da ondulatória e a velocidade

da luz no vácuo é c , assim temos:

$$v = \lambda \cdot f \rightarrow f = \left(\frac{c}{\lambda}\right).$$

Portanto, ao readequar as equações 1 e 2, obtém-se:

$$E = h \cdot \left(\frac{c}{\lambda}\right),$$

onde $c \simeq 3.10^8$ m/s e o λ é o comprimento de onda da radiação.

Em Copenhague, no ano de 1932, em seu discurso de abertura do Congresso Internacional sobre terapia através da Luz, Niels Bohr traz considerações interessantes sobre os efeitos benéficos da luz na cura de doenças. Assim, afirmou-se que, como grande parte dos Físicos é incapaz de contribuir para tal belo ramo da Ciência, tão importante para o bem-estar de toda a humanidade, poderíamos, quando muito, tecer comentários e descrições sobre os meros fenômenos inorgânicos da luz (BOHR, 2008).

1.6 Estruturação das Atividades para as aulas

Apresenta-se, nesta seção, o Quadro 4, em que consta a estrutura das atividades organizadas para a aplicação nas aulas, assim como as informações relacionadas a estas aplicações.

Quadro 13: Estrutura das atividades e conteúdos organizados para as aulas.

IDENTIFICAÇÃO	
Instituição: Colégio Oxigênios	Turma: 2º a 3º ano do Ensino Médio
Nº de Alunos: 21	Disciplina: Física - Ciências da Natureza e suas tecnologias
Professor: Robson Antonio Leite	Bimestre: 1º bimestre / 2021
AULA 1	
<p>Discussão inicial: apresentar a PD, informações em relação à autorização e aplicação. (5 min)</p> <p>Investigação e identificação dos subsunçores:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Atividade 1 – Entregar uma folha com a palavra Radiação Ultravioleta, solicitar aos alunos que busquem relacionar outras palavras que seja relevante ao tema, assim como qual a relação que tem com o tema central e escrevê-las na folha, construindo assim, um Mapa Conceitual Individual. (10 min) <p>Obs.: Os alunos já tinham conhecimento de Mapas Conceituais, abordado em aulas anteriores. Modelo no Apêndice A.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Atividade 2 – Entregar uma folha com a palavra Radiação Ultravioleta, solicitar aos alunos, em grupos de 3 a 5, que busquem interrelacionar seus Mapas Conceituais Individuais, construindo assim, um Mapa Conceitual Coletivo - grupo. Recolher os Mapas (individuais e coletivo) ao final. (10 min) ➤ Atividade 3 – Construir um Mapa Conceitual Coletivo – turma, no quadro. (15min) ➤ Atividade 4 – Entregar para aos alunos responder o Questionário: A luz Ultravioleta e a Vida. (10 min) Formulário: A luz Ultravioleta e a Vida. Apêndice B. 	
AULA 2	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Atividade 5 – Leitura (em grupo) de textos científicos: (25 min) <ul style="list-style-type: none"> - As Origens da Ciência Moderna - Prof. Dr. Silvio Seno Chibeni. Notas de aula de Introdução à Filosofia da Ciência: IFCH Unicamp. Disponível em: https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/cienciaorigens.pdf - Objetivos da Ciência - Prof. Dr. Silvio Seno Chibeni. Notas de aula de Introdução à Filosofia da Ciência: IFCH Unicamp. Disponível em: https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/objetivosciencia.pdf ➤ Atividade 6 – Debate crítico sobre a Física Moderna e Contemporânea. (25 min) 	
AULA 3	
<p>Aula expositiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Atividade 7 – Introdução a Óptica Geométrica e Ondas Eletromagnéticas. (10 min) ➤ Atividade 8 – Espectro Eletromagnético. A Natureza da Luz. Fontes de Luz. (10 min) ➤ Atividade 9 – Meios de propagação. Princípios da Óptica Geométrica. (10 min) ➤ Atividade 10 – Apresentar os Fenômenos Ondulatórios e Corpusculares da Luz. (10 min) 	

<p>➤ Atividade 11 – Vídeo: Cores de luz e pigmento e Aplicações. (10 min) Vídeo: AS CORES DAS COISAS Experimentoteca de Física - Amigos do MUDI-UEM. Disponível no YouTube: https://youtu.be/xeVhReGfNeM (10 min)</p>
<p>AULA 4</p>
<p>➤ Atividade 12 – Coletar dados do Aparato Experimental: Sensor de radiação Ultravioleta. Anotar no caderno horário da coleta, o IUV local aferido e as condições meteorológicas na hora da coleta. (25 min)</p> <p>➤ Atividade 13 – Utilizar os dados coletados para construir tabela. (25 min)</p> <p>➤ Atividade 14 – Tarefa: Coletar dados no aparato experimental: Sensor de radiação Ultravioleta, 3 vezes ao dia - entrada, intervalo e saída - nos dias que vai ao colégio. (1 semana)</p> <p>OBS: se for possível aplicação como atividade presencial. Está atividade pode ser adaptada como atividade remota.</p>
<p>AULA 5</p>
<p>➤ Atividade 15 – Utilizar os dados coletados e tabelados para confecção de gráficos. (30 min)</p> <p>➤ Atividade 16 – Discutir a variação temporal e atmosférica da radiação UV, seus efeitos e aplicações. (20 min)</p>
<p>AULA 6</p>
<p>➤ Atividade 17 – Apresentar o Efeito Fotoelétrico e a Teoria de Energia Quantizada. Investigar sobre a Energia de ionização e calcular a frequência mínima para ionização e o seu respectivo comprimento de onda. (30 min)</p> <p>➤ Atividade 18 – Propor com os alunos ações individuais e coletivas que melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global. (20 min)</p>
<p>AULA 7</p>
<p>➤ Atividade 19 – Entregar uma folha com a palavra Radiação Ultravioleta e solicitar aos alunos que construam um Mapa Conceitual Individual. Recolher os Mapas e confeccionar um novo Mapa Conceitual Coletivo – Turma. (20 min) - Entregar para aos alunos responder ao Questionário: A luz Ultravioleta e a Vida. (10 min)</p> <p>➤ Atividade 20 – Análise Final: Comparar os Mapas Conceituais e Questionários para verificação da Aprendizagem Significativa (Avaliação). (20 min)</p>
<p>AULA 8</p>
<p>➤ Atividade 21 – Avaliação Somativa: Simulado. (50 min)</p>

Fonte: o autor (2021).

Todo o processo de ensino-aprendizagem aqui elaborado e abordado deverá ser adaptado de acordo com a realidade de cada série e colégio, pelo docente interessado em sua utilização. Desde os processos de elaboração até a avaliação,

eles devem ser contínuos, uma vez que não podemos fazer “uma receita para se ensinar e aprender”.

Neste sentido, entende-se que o binômio ensino-aprendizagem deve ser avaliado e reelaborado, levando em consideração os subsunçores existentes e suas modificações. Apresentamos, assim, algumas considerações importantes para a aplicação de algumas atividades realizadas nas aulas.

Segundo as Diretrizes Curriculares da Educação Básica – Física: “A avaliação oferece subsídios para que tanto o aluno quanto o professor acompanhem o processo de ensino-aprendizagem. Para o professor, a avaliação deve ser vista como um ato educativo essencial para a condução de um trabalho pedagógico inclusivo.” (PARANÁ, 2008, p. 80). Considerando a sua dimensão diagnóstica, a avaliação é um instrumento tanto para que o professor conheça o seu aluno, antes que se inicie o trabalho com os conteúdos escolares, quanto para o desenvolvimento das outras etapas do processo educativo.

Para tanto, inicialmente, é preciso identificar os conhecimentos dos estudantes, sejam eles espontâneos ou científicos, pois ambos interferem na aprendizagem, no desenvolvimento dos trabalhos e nas possibilidades de revisão do planejamento pedagógico. Assim, a avaliação oferece subsídios para que tanto o aluno quanto o professor acompanhem o processo de ensino-aprendizagem. Por isso, a avaliação precisa ser contínua, permanente, cumulativa e diagnóstica, visando acompanhar o desempenho no presente e orientar o futuro, bem como modificar práticas insuficientes, apontando possibilidades de mudança, priorizando e aumentando efetivamente a aprendizagem.

Isso posto, pretende-se alcançar os objetivos com os instrumentos propostos nesta PD e avaliar de forma diagnóstica, formativa e somativa. Também, almeja-se que o aluno possa acomodar, adaptar, ampliar, aprimorar, assimilar, ressignificar, e tenha uma equilibração majorante de seus conhecimentos relacionados à Radiação Ultravioleta, como o conhecimento da importância para a Vida, a presença no cotidiano e sua relação com a Física Clássica (Eletromagnetismo) e a Física Moderna (Quântica).

Assim, nas subseções a seguir, são apresentados os processos de avaliação para algumas atividades realizadas em aulas.

Considerações acerca da Atividade 1, 2, 3 e 4

Uma das maneiras mais eficientes de se empregar os mapas conceituais é utilizando-os não só como ferramentas de aprendizagem, mas como ferramentas de avaliação, incentivando, assim, os alunos a usarem padrões de aprendizagem significativos (NOVAK; CAÑAS, 2010).

Para Moreira (2012), como instrumento de avaliação da aprendizagem, os mapas conceituais podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento.

Os Mapas Conceituais, desenvolvidos nas atividades 1, 2 e 3 têm como objetivo a avaliação diagnóstica dos subsunçores dos alunos, visando um planejamento melhor da aplicação da PD, assim como o formulário, (Apêndice B) Atividade 4, que também foi instrumento de avaliação diagnóstica.

Considerações acerca das Atividades 5 e 6

O ato de ler e interpretar se compõe como ferramenta primordial para que o indivíduo construa seu conhecimento, reflita e realize múltiplas inferências (PEREIRA *et al*, 2014). Neste sentido, a leitura de textos científicos e o debate crítico consiste em uma exposição de ideias do tema determinado. Este é um trabalho realizado em grupo, todos da turma devem participar, cada um lendo uma parte do texto.

Esta atividade possibilita um processo sistemático e aprofundado de leitura, análise, interpretação de textos científicos, a fim de aproximar os alunos aos conhecimentos produzidos pela academia, em especial aqueles que trazem uma melhor compreensão das ciências de suas aplicações na melhoria da qualidade de vida ou no que subsidia o exercício da cidadania de forma crítica e cientificamente pautada, e não apenas porque “caí no vestibular”.

Os alunos que almejam realizar um curso universitário devem desenvolver a competência e o hábito de fazer leituras de apreensão de textos mais complexos, uma vez que na próxima etapa terão que ser mais autônomos na aquisição do domínio dos conteúdos acadêmicos, sendo então um processo de avaliação formativa.

De acordo com Neves *et al.* (2007), os docentes de todas as disciplinas devem oportunizar aos alunos inúmeras situações de leitura, a fim de que percebam que os

livros fazem parte de um universo que propicia conhecimento, prazer, diversão e criticidade.

Cabe destacar que, na atualidade, o livro, impresso ou em sua versão online, enfrenta a forte concorrência das mídias e das redes sociais que disputam a atenção do estudante, portanto, o processo de mobilização dos afetos do estudante, para que ele atue verdadeiramente como aprendiz, demanda cada vez mais um processo de convencimento por parte dos integrantes da escola e da família sobre o papel das aprendizagens para ampliação da visão de mundo e compreensão de uma realidade, cada vez mais complexa.

Afinal, neste, há o desenvolvimento de uma rede neural rica e de base cognitiva ampla, abastada de subsunçores que se somam à plasticidade neural do sujeito. Estas são condições fundamentais para que o aluno tenha um pensamento fluido, possibilitando que esteja apto a exercer, no futuro, profissões que no momento sequer existem.

Considerações acerca das Atividades 12, 13 e 14

Nestas atividades, de coleta de dados do Aparato experimental, o processo de avaliação é contínuo, permanente, cumulativo e formativo. Nele se trabalha a autonomia dos alunos, que se dá dirigindo o acompanhamento e o desempenho no presente, e orientando para futuros trabalhos em campo, bem como modificar práticas insuficientes em sala de aula, apontando possibilidades de mudança.

Visa-se em especial, a nova estrutura do currículo para o Ensino Médio, que passa a ser composto por duas partes: a Formação Geral Básica (FGB) e os Itinerários Formativos (IF) (PARANÁ, 2021). Possibilitando, assim, o aumento da efetividade do processo de ensino-aprendizagem dentro e fora de sala de aula.

Na atividade 14, utilizamos uma proposta de quadro (Apêndice C) para coletar os dados relevantes (Figura 2), gerando análises posteriores que resultarão em gráficos (Figura 3).

Essa proposta foi desenvolvida e aplicada para auxiliar o processo de coleta de dados, porém não foi obrigatório utilizá-la, assim, os alunos tiveram a autonomia de desenvolver seus próprios quadros para anotações dos dados aferidos no aparato experimental. Esta atividade teve valor atribuído para ser realizada, nota que

contribuiu como atividade avaliativa no bimestre aplicado.

DATA	HORA	TEMPO ATMOSFÉRICO	ÍNDICE UV
05/03	8h	Nublado – Nuvens leves	2
05/03	10h	Nublado – Nuvens leves	2
05/03	12h	Chovendo	1
06/03	8h	Nublado	2
06/03	10h	Algumas Nuvens	3
06/03	12h	Poucas Nuvens	9
07/03	8h	Sem Nuvens	3
07/03	10h	Sem Nuvens	6
07/03	12h	Nublado	2
08/03	8h	Sem Nuvens	4
08/03	10h	Sem Nuvens	5
08/03	12h	Nublado – Nuvens Leves	

DATA	HORA	TEMPO ATMOSFÉRICO	ÍNDICE UV
09/03	8h	Sem Nuvens	3
09/03	10h	Nuvens Nublado – Leves	6
09/03	12h	Nuvens Leves	9
10/03	8h	Sem Nuvens	3
10/03	10h	Sem Nuvens	7
10/03	12h	Nuvens Leves	11
11/03	8h	Sem Nuvens	3
11/03	10h	Sem Nuvens	6
11/03	12h	Nublado – Poucas Nuvens	9
12/03	8h	Sem Nuvens	3
12/03	10h	Sem Nuvens	6
12/03	12h	Poucas Nuvens	8

Figura 2: Imagem do quadro-guia e escala IUUV, com anotações dos dados.

Fonte: o autor (2021).

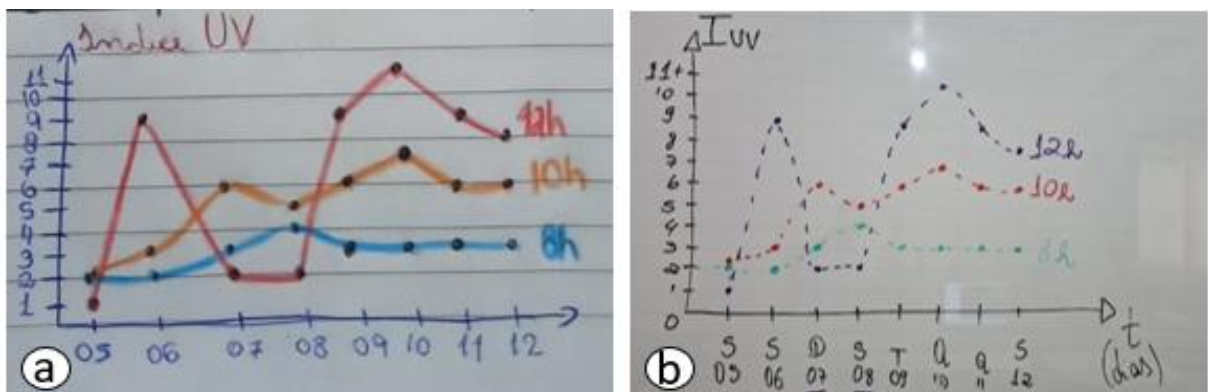


Figura 3: Imagens fotográficas dos gráficos construídos com os dados anotados e tabelados, aferidos pelo aparato experimental. a) Gráfico feito por um aluno. b) Gráfico feito pelo professor.

Fonte: o autor (2021).

Considerações acerca das Atividades 19 e 20

Neste momento, o Mapa Conceitual é usado como um instrumento avaliativo de comparação e verificação. Assim, compara-se os Mapas Conceituais Individuais iniciais e finais, assim como os Mapas Conceituais Coletivos inicial e final de cada turma, nos quais o professor e os alunos podem avaliar se ocorreram mudanças nos subsunçores, tendo em vista uma aprendizagem significativa crítica, como propõe Moreira (2000c; 2006b).

Aprender significativamente implica atribuir novos significados e estes têm sempre componentes pessoais. Afinal, a aprendizagem sem a atribuição de significados pessoais, sem relação com o conhecimento preexistente, é mecânica, não-significativa (MOREIRA, 2009, p. 8).

E conforme acrescenta Gasparin (2002), em *Uma didática para pedagogia Histórico-Crítica*, o aprendizado de conhecimentos científicos, a partir dos conhecimentos preexistentes, permite que o aluno faça transposições dos conhecimentos científicos para a sua vida, o que faz dele um cidadão capaz de apropriar-se e utilizar-se autonomamente os conceitos científicos no seu cotidiano.

Sempre se faz importante salientar que, quando utilizamos Mapa Conceitual, não existe o conceito de certo ou errado. Afinal, se tem uma ferramenta de avaliação contextual, uma vez que todo aprendizado é individualizado, depende de memórias vividas, i.e., dos subsunçores adquiridos no decorrer da vida de cada indivíduo. Neste sentido, é válido lembrar que a educação formal, feita na escola com organização estrutural, se complementa com a educação informal e a educação não-formal.

Logo, a avaliação realizada com o uso ferramental de Mapas Conceituais é de grande valia para o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que pode ser utilizada tanto como diagnóstico de aprendizagem do aluno como da prática pedagógica educacional do professor.

2 APARATO EXPERIMENTAL - UV-ômetro

Nesta sessão, apresentamos o aparato experimental, UV-ômetro, utilizado para a captação de dados de radiação ultravioleta solar, com objetivo de estimular a compreensão da radiação ultravioleta, do ponto de vista da Física e de suas repercussões, no meio ambiente e na saúde humana.

O UV-ômetro foi criado como parte do produto educacional e utilizado como tecnologia digital de informação e comunicação para o ensino de Física, feito com um Arduino (Figura 4) e outros componentes eletroeletrônicos.

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de computação física com código aberto, que permite aos usuários criarem objetos eletrônicos interativos. Além do Arduino, utilizamos, um sensor UV, o qual foi instalado para absorver radiação solar, acoplado ao Arduino, que foi então programado e calibrado para fornecer o Índice Ultravioleta – IUV – (ou *UV Index*, do inglês, no padrão internacional), dado que foi coletado pelos alunos e é parte das atividades da proposta didática, como indicado na sessão anterior.

Aulas práticas empregando tais objetos, aliadas à fundamentação teórica, colaboram para o desenvolvimento de várias Competências Gerais da Educação Básica, previstas na BNCC, em especial as competências gerais 2, 5 e 7:

2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.

5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.

7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta. (BRASIL - BNCC, 2018 p. 9).

2.1 UV-ÔMETRO SOLAR: Equipamento com Arduino, sensor a RUV Solar e Escala de Índice IUV.

Com objetivo de colaborar com o desenvolvimento de atividades práticas viáveis para o Ensino de Física no Ensino Médio, propôs-se o desenvolvimento de um aparato experimental com valores acessíveis que capte a radiação ultravioleta (RUV) e forneça o Índice Ultravioleta (IUV).

Ademais, propôs-se a produção de um manual que permita a reaplicação do experimento, e propôs-se uma forma de abordagem interdisciplinar do tema envolvendo física, biologia/saúde, química e matemática.

Inicialmente, realizou-se um estudo teórico sobre a RUV e suas aplicações (IRPA, 1991; ICNIRP, 2004; WHO, 2002; BRASIL – INPE, 2020; BRASIL – INCA, 2008; OKUNO; VILELA, 2005; KIRCHHOFF *et al*, 2000; FIOCRUZ, 2013; NASA SCIENCE, 2010; SILVA, 2008a; SILVA, 2008b), e, também, sobre aparatos já existentes que forneçam o IUV (BRASIL – INPE, 2020; ZHANG *et al*, 2013; THOMSEN, 2015; CORREA, 2005).

Na sequência, pesquisou-se sobre a disponibilidade de componentes e materiais que propiciassem a produção do aparato, uma das opções viáveis foi utilizar um Arduino como componente principal.

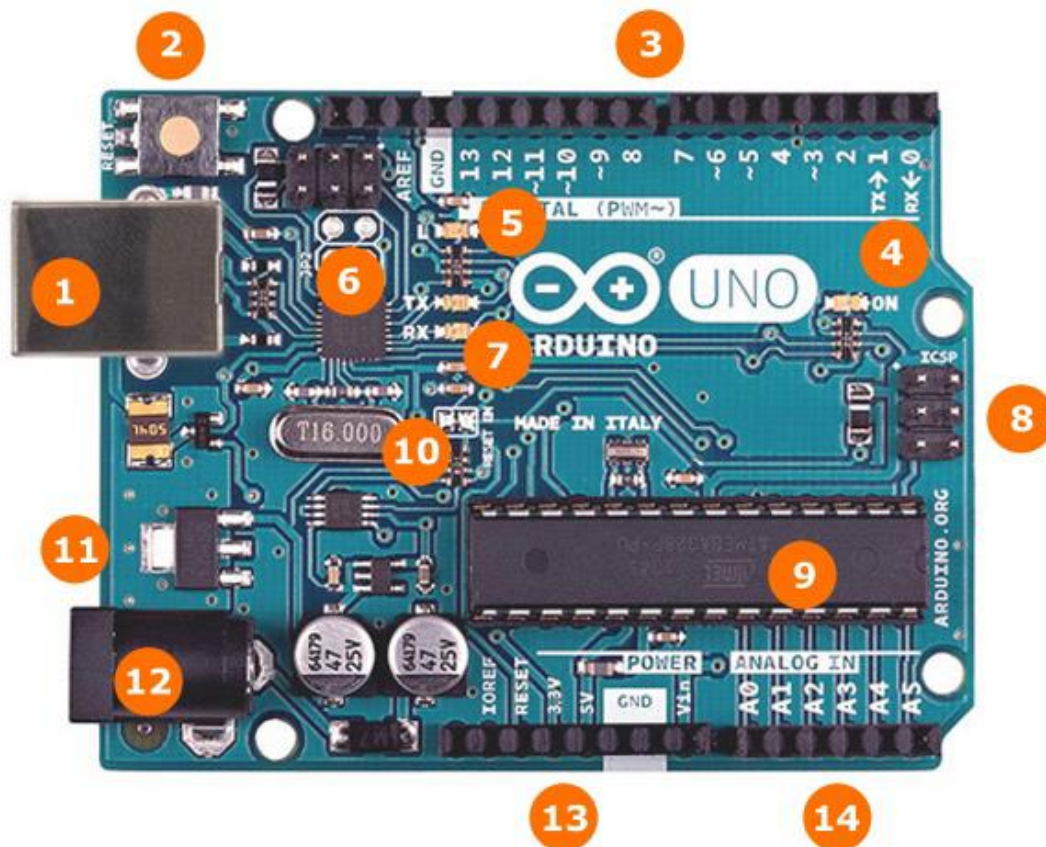
Assim, pesquisou-se e avaliou-se materiais periféricos que complementassem o Arduino para que ele pudesse ser utilizado na aferição do IUV e vários materiais para construir uma estrutura de proteção para o aparato que não interferisse significativamente com o seu funcionamento.

Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar. As placas Arduino são capazes de ler entradas - luz em um sensor, um dedo em um botão ou uma mensagem do Twitter - e transformá-la em uma saída - ativando um motor, ligando um LED, publicando algo online. Você pode dizer à sua placa o que fazer enviando um conjunto de instruções para o microcontrolador da placa. Para fazer isso, você usa a linguagem de programação Arduino (baseada em Wiring), e o Software Arduino (IDE), baseado em Processing.

Ao longo dos anos, o Arduino tem sido o cérebro de milhares de projetos, de objetos do cotidiano a instrumentos científicos complexos. Uma comunidade mundial de criadores - estudantes, amadores, artistas, programadores e profissionais - reuniu-se em torno desta plataforma de código aberto, suas contribuições somaram uma quantidade incrível de conhecimento acessível que pode ser de grande ajuda para novatos e especialistas. (ARDUINO, 2021, online).

O Arduino, modelo Uno, pode ser adquirido em lojas de eletrônicos, assim como, os demais equipamentos e componentes que são necessários para a confecção do aparato experimental, os materiais utilizados para a elaboração estão listados no Quadro 5. Nele estão descritos os materiais necessários, a quantidade para cada um dos itens e os locais de obtenção desses elementos.

Junto dessa etapa, foi realizada um esquema de montagem (online) da parte eletrônica com auxílio do site: <https://www.tinkercad.com/dashboard> (Figura 5), e o código de programação foi desenvolvido – também online – com o auxílio do site: <https://create.arduino.cc/editor>, assim como com o programa de licença livre Arduino – esse offline –, disponível para *download* no site: <https://www.arduino.cc/en/software>.



- | | | | |
|---|--|----|--|
| 1 | Conector USB para o cabo tipo AB | 8 | Porta ICSP para programação serial |
| 2 | Botão de reset | 9 | Microcontrolador ATmega 328 |
| 3 | Pinos de entrada e saída digital e PWM | 10 | Cristal de quartzo 16Mhz |
| 4 | LED verde de placa ligada | 11 | Regulador de voltagem |
| 5 | LED laranja conectado ao pin13 | 12 | Conector fêmea 2,1mm com centro positivo |
| 6 | ATmega encarregado da comunicação com o computador | 13 | Pinos de voltagem e terra |
| 7 | LED TX (transmissor) e RX (receptor) da comunicação serial | 14 | Entradas analógicas |

Figura 4: Imagem fotográfica do Arduino Uno com a indicação dos seus componentes.

Fonte: adaptado de Multilógica-Shop (2021, p. 47).

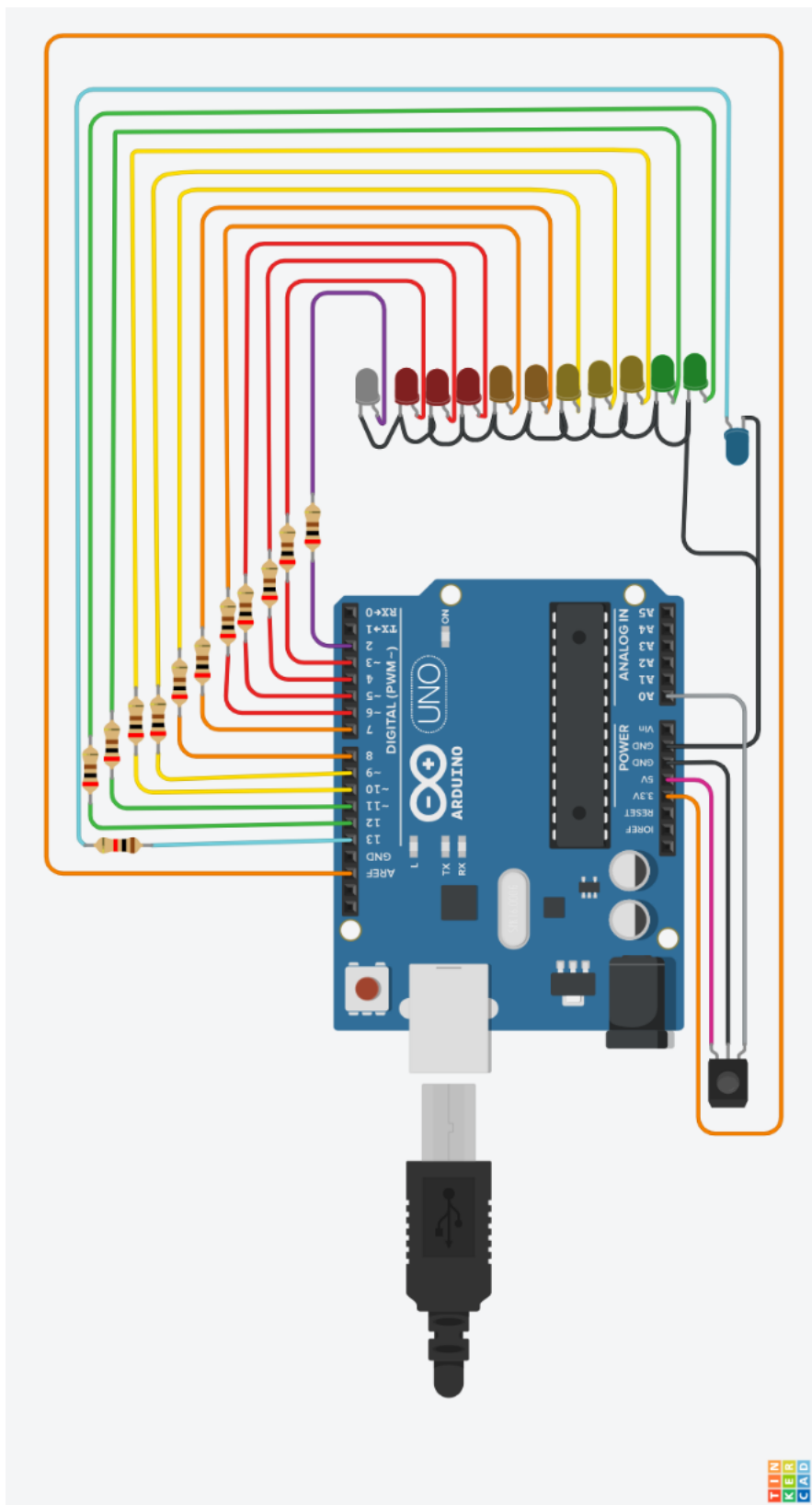


Figura 5: Cópia de tela do site: <https://www.tinkercad.com/dashboard>, esquema com Arduino e outros componentes, esquema eletrônico desenvolvido pelo autor.

Fonte: o autor (2021).

2.2 Materiais utilizados

Quadro 14: Lista de materiais utilizados no UV-ômetro⁸.

Descrição do material	Quantidade	Obtenção do material
Arduino® e cabo de conexão USB.	01	Lojas de componentes eletrônicos.
Fonte de alimentação para Arduino® (9V-1A)	01	Lojas de componentes eletrônicos.
Sensor UV (GYML8511)* para Arduino®	01	Lojas de componentes eletrônicos.
LEDs coloridos	Diversos	Lojas de componentes eletrônicos.
Cabos, resistores, e conectores	Diversos	Lojas de componentes eletrônicos.
Tubo termo retrátil	2 m	Lojas de componentes eletrônicos.
Liga para solda eletrônica (Fluxo RA)	200g 1 mm	Lojas de componentes eletrônicos.
Ferro de solda eletrônica	01	Lojas de componentes eletrônicos.
Vidro de relógio de pirex® de 70mm de diâmetro**	01	Lojas de produtos para laboratórios.
Placa de Poliestireno “isopor” (50 x 100 x 1 cm)	01	Lojas de embalagens ou papelaria.
Placa de Acrílico (3 mm, tam. A4)	01	Loja de produtos acrílicos
Caixa montagem painel elétrico quadro comando (20 x 20 x 12 cm)	01	Lojas de materiais elétricos.
Cabo PP e conectores	Diversos	Lojas de materiais elétricos.
Arte frontal em Adesivo	01	Empresa de Comunicação visual

Fonte: o autor (2021).

* Foi utilizado o sensor UV GYML8511 porque seu fotodiodo é sensível para UVA e UVB.

** Pode ser substituído por uma lâmina ou cúpula de quartzo ou até um vidro de relógio (cristal).

⁸ Os dois únicos itens fundamentais são: o Arduino e o sensor UV (recomenda-se que sejam novos). Para os demais pode ser utilizados “matérias de segunda mão” (reciclagem), como, por exemplo, a fonte pode ser de um celular, a caixa metálica pode ser uma usada, assim como os outros materiais.

2.3 Especificações do sensor de Luz Ultravioleta (UV GYML8511)

O sensor de Luz Ultravioleta, UV GYML8511, é de fácil uso, com custo acessível, e é ideal para projetos de detecção de RUV. Ele funciona, basicamente, para capturar raios UV e emitir um sinal analógico, na forma de tensão elétrica, referente à quantidade de radiação ultravioleta detectada na entrada, o qual pode ser convertido para uma outra linguagem.

Com o Arduino, podemos transformar estes dados analógicos de entrada em dados digitais de saída, podendo fazer relatórios e/ou utilizar para informar o IUV de outras maneiras, *i.e.*, para acender LEDs indicados em uma escala, como foi feito neste trabalho, ou em um *display* LCD. Utilizamos este modelo por ser o que melhor detecta a radiação nas faixas de UVA e UVB, uma vez que outros modelos como o UVM30A ou GUVA-S12SD e não capta UVB e nem toda a UVA. (LAPIS, 2013)

Este sensor detecta a radiação solar dentro das frequências (ν) de $1.071 \rightarrow 750$ THz, ou seja, com comprimento de onda (λ) de $280 \rightarrow 400nm$, com uma resposta espectral mais eficiência em ν : 821 THz; ou λ : $365nm$, ou seja, ele é sensível no espectro, quanto a classificação de danos à saúde, *UVB* e com a maior parte do espectro *UVA*. (LAPIS, 2013)

O sensor emite uma voltagem (tensão elétrica) analógica linearmente relacionada à intensidade da radiação UV medida (mW/cm^2). Para um funcionamento correto, temos que conectar a saída do módulo a um canal ADC (conversor analógico-digital) de um microcontrolador, como o Arduino, para aferir a intensidade da luz UV. (LAPIS, 2013).

Principais Características do sensor:

- Tensão de operação: 3,3 ~ 5 V;
- Corrente de saída: 5 mA;
- Potência dissipada: 30 mW;
- Raios de detecção: UVA e UVB;
- Tempo de resposta de saída: 1 ms;
- Dimensões: 12 x 13 x 5 mm;
- Massa: 0,085 kg;
- Temperatura de operação:
 - 20 ~ 70 °C;
- Temperatura de armazenagem:
 - 30 ~ 85 °C

2.4 Esquema de montagem do UV-ômetro solar

O sensor, responsável por captar RUV (GYML8511) foi conectado através dos orifícios para conexão, conforme a Figura 6, fixados com solda eletrônica na placa do sensor, com 4 cabos condutores de corrente elétrica, cada um com 50 cm de comprimento e suas outras extremidades soldadas nas portas de entrada da placa de Arduino UNO, com auxílio do *Datasheet* – ficha de dados – (LAPIS, 2013). O Quadro 6 traz as conexões que foram feitas entre a placa do sensor RUV e a placa do Arduino.

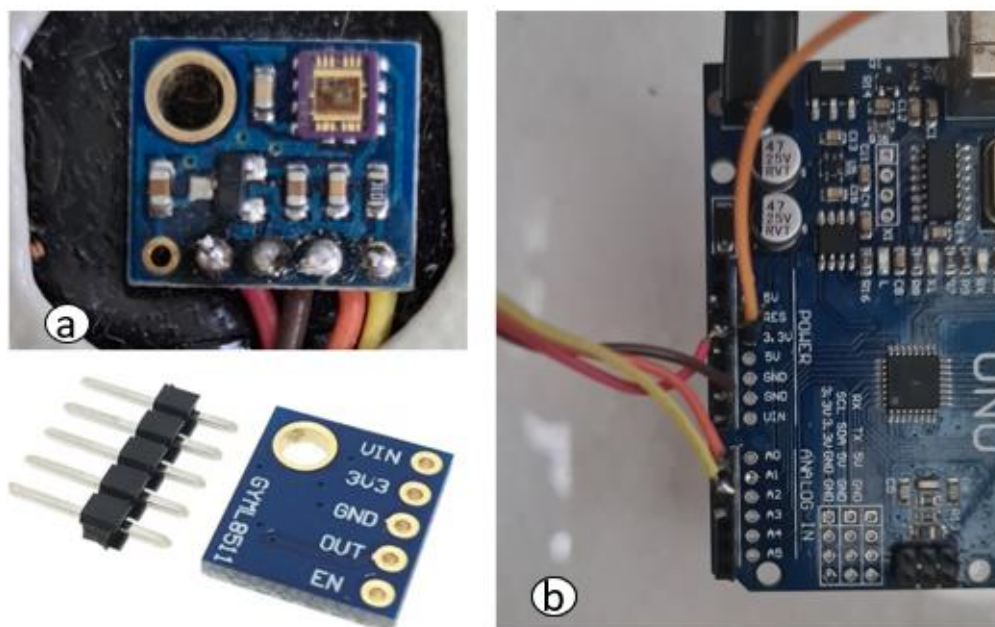


Figura 6: Imagens fotográficas do esquema de ligação dos fios do sensor ao Arduino.

a) Esquema ligação no sensor RUV. b) Esquema ligação no Arduino.

Fonte: o autor (2021).

Quadro 15: Esquema de ligação do sensor de radiação ultravioleta e a placa do Arduino.

Cor do fio condutor	Conexão sensor RUV	Conexão Arduino
---	VIN	SEM CONEXÃO
Vermelho	3V3	3.3V
Marrom	GND	GND
Alaranjado	OUT	A0
Amarelo	EN	A1

Fonte: o autor (2021).

Nas portas de saída foram soldados 12 cabos, com 30 cm de comprimento, os quais foram conectados aos resistores de 150 Ω (Figura 7a), e, em suas extremidades, foram acoplados 12 LEDs pelo ânodo (conector menor) (Figura 7b).

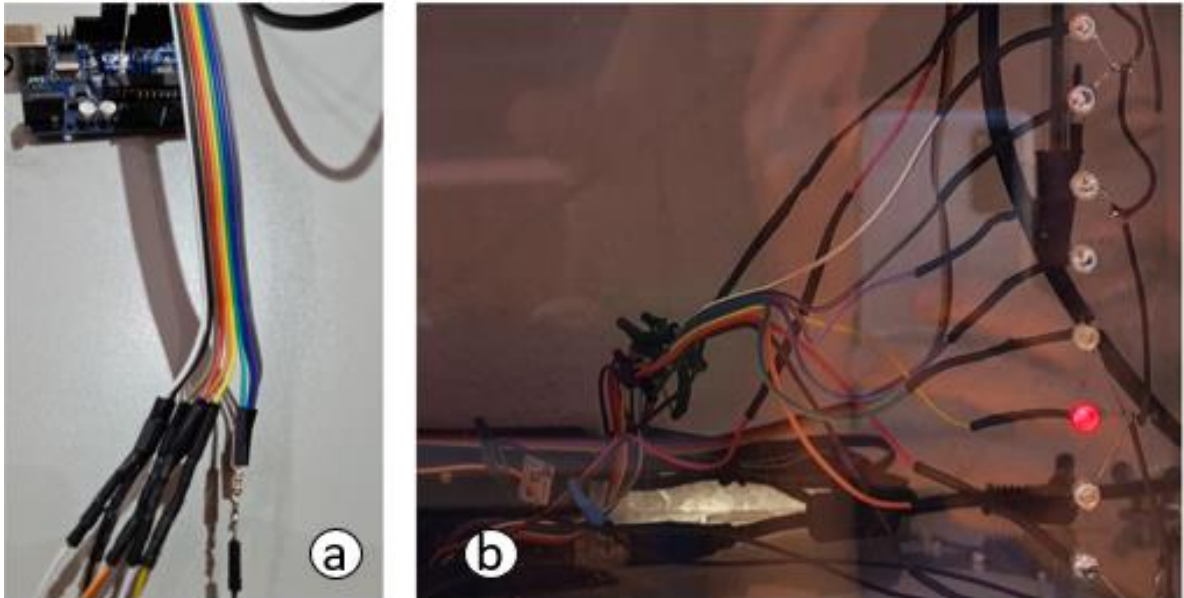


Figura 7: Imagens fotográficas do esquema de ligação dos fios nos resistores e LEDs.

a) Esquema ligação no resistor.

b) Esquema ligação no LED.

Fonte: o autor (2021).

Os 12 cátodos dos LED (conector maior) foram soldados ao um fio de 30 cm ligado na porta GND (terra) do Arduino. Em seguida, um fio de 7 cm foi soldado na porta AREF à porta 3,3 V (Figura 8), para a calibração da voltagem, com a própria voltagem fornecida pelo Arduino.

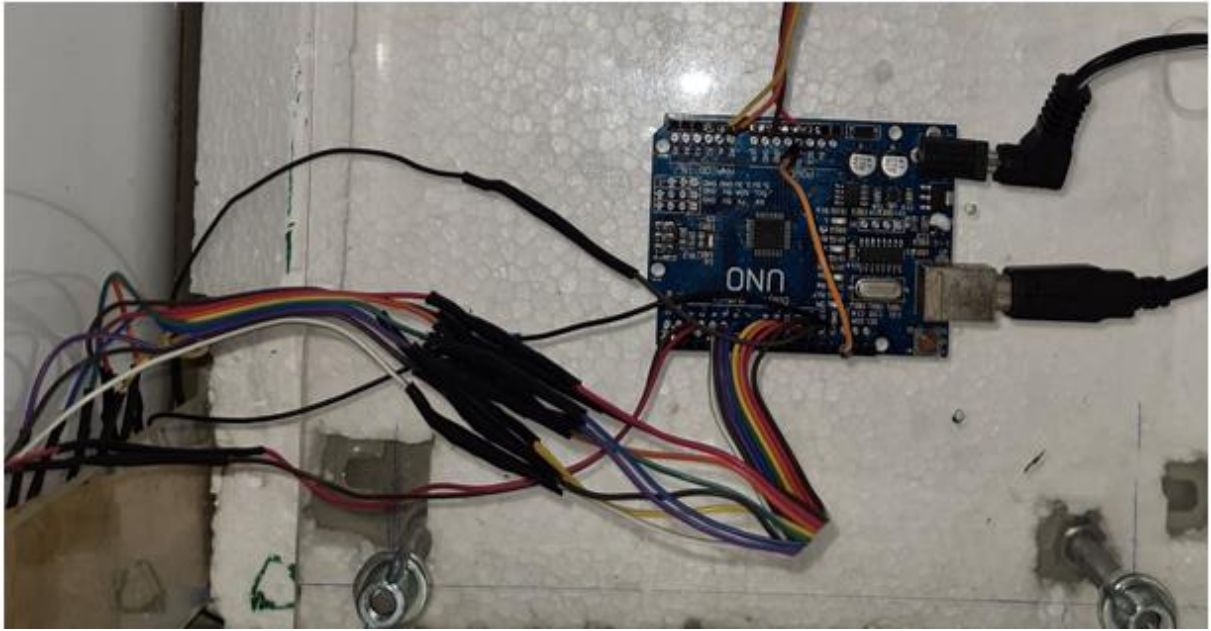


Figura 8: Imagem fotográfica das conexões dos fios do Arduino aos resistores e LEDs.

Fonte: o autor (2021).

Para carregar o código de programação (Anexo D), desenvolvido pelo autor, conectou-se o Arduino ao computador via cabo USB (Figura 9). Para a calibração, foram utilizados os dados do Quadro 7, adaptados de Zhang (2013, p. 3), os quais se fazem necessários para a calibração do sensor de radiação ultravioleta, que realiza a conversão dos dados analógicos emitidos pelo sensor para os dados digitais, saída do Arduino, por meio do código de programação.

Quadro 16: Índices UV Correspondentes ao Sensor e ADC Saídas ($V_{cc} = 3,0 \text{ V}$).

Voltagem de saída do sensor	saída ADC	IUV
0,993 V	291	0
1,073 V	314	1
1,153 V	337	2
1,233 V	360	3
1,313 V	383	4
1,393 V	406	5
1,473 V	429	6
1,553 V	452	7
1,633 V	475	8
1,713 V	498	9
1,793 V	521	10
1,873 V	544	11
1,953 V	567	12
1,033 V	590	13
2,113 V	613	14
2,193 V	636	15
2,273 V	659	16
2,353 V	682	17
2,433 V	705	18
2,513 V	728	19
2,593 V	751	20
2,673 V	774	21

Fonte: Adaptado de Zhang (2013, p. 3).



Figura 9: Imagem fotográfica da conexão Arduino ao computador via cabo USB, o computador é só usado para fazer modificações no programa do Arduino.

Fonte: o autor (2021).

A seguir, o aparato foi exposto à luz solar e teve seu funcionamento testado, ou seja, verificou-se se ele estava captando a RUV. Isso foi evidenciado pelo acendimento dos LEDs (Figura 10).

A calibração do aparato experimental foi conferida comparando os dados coletados, pelo equipamento proposto no estacionamento do Museu Dinâmico Interdisciplinar da Universidade Estadual de Maringá (MUDI-UEM – Bloco O33), com os dados oficiais da Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM - Bloco O01), encontrados *in loco* ou no sítio eletrônico do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-INPE), disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>.

Faz-se importante comentar que a localização do terreno do MUDI-UEM é vizinha da ECPM, ou seja, a calibração teve uma alta confiabilidade, pois o aparato coletor dos dados oficiais estava cerca de 200 m de distância do ECPM, diminuindo as interferências atmosféricas, como a nebulosidade.

Os dados também podem ser verificados, para diversas regiões, por aplicativos para *Smartphones*, i.e., “*UV Index Global*” da *SulApp*, ou “*Índice UV Rastreador e Previsão – UVI Mate*” da *Full Stack Cafe Pty Ltd*, entre outras opções como: “*Previsão do tempo: The Weather Channel*”, da *International Business Machines Corporation (IBM)*, e o *AccuWeather*. Esses estão disponíveis para baixar nas lojas de aplicativos, contendo versões gratuitas e pagas.

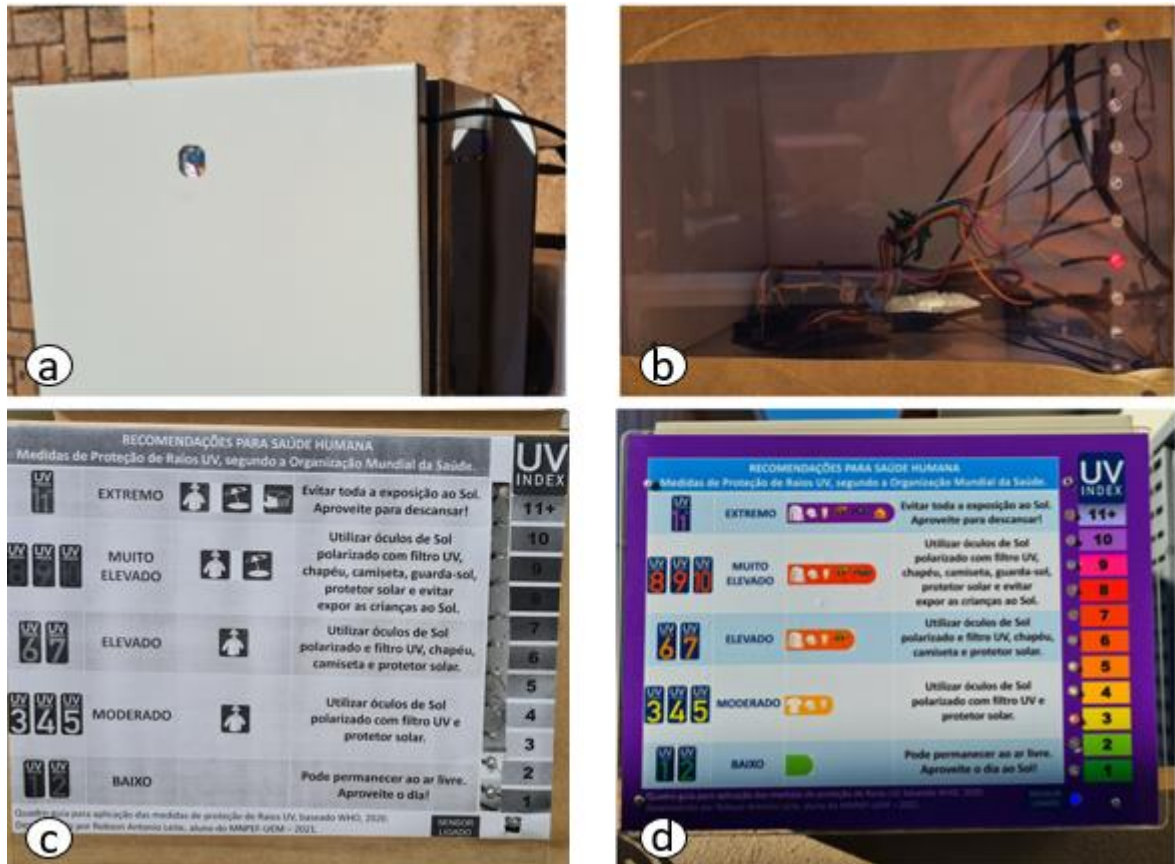


Figura 10: Imagens fotográficas: a) caixa vista de cima mostrando o orifício com o sensor; b) eletrônica: led, cabos e Arduino; c) parte frontal do equipamento em preto e branco; d) parte frontal final em colorido.

Fonte: o autor (2021).

Na sequência, o aparato foi instalado em um quadro painel de comando elétrico hermético revestido internamente com isopor (Figura 11). Na parte interna foi colocada uma placa de acrílico suspensa 5 cm acima do fundo, por meio de porcas e parafusos, sobre a qual foi fixado o Arduino.

Retirou-se a fechadura da tampa e utilizou-se o orifício para exposição do sensor, o qual foi fixado com cola quente sobre uma placa de isopor (Figura 11). Por proteção, foi inserida, na parte lateral, uma nova fechadura, para que fosse possível o travamento mecânico da caixa protetora (Figura 12).

Na parte frontal da caixa foi adesivado o quadro-guia com as recomendações e medidas de proteção para os Raios UV para a saúde e a escala de IUUV (Figura 13), como recomendado pela Organização Mundial da Saúde. A seguir, perfurou-se a

parte frontal e acoplou-se os LEDs. Na parte póstero-inferior fez-se um orifício para passagem do fio de energia da fonte e/ou cabo USB.

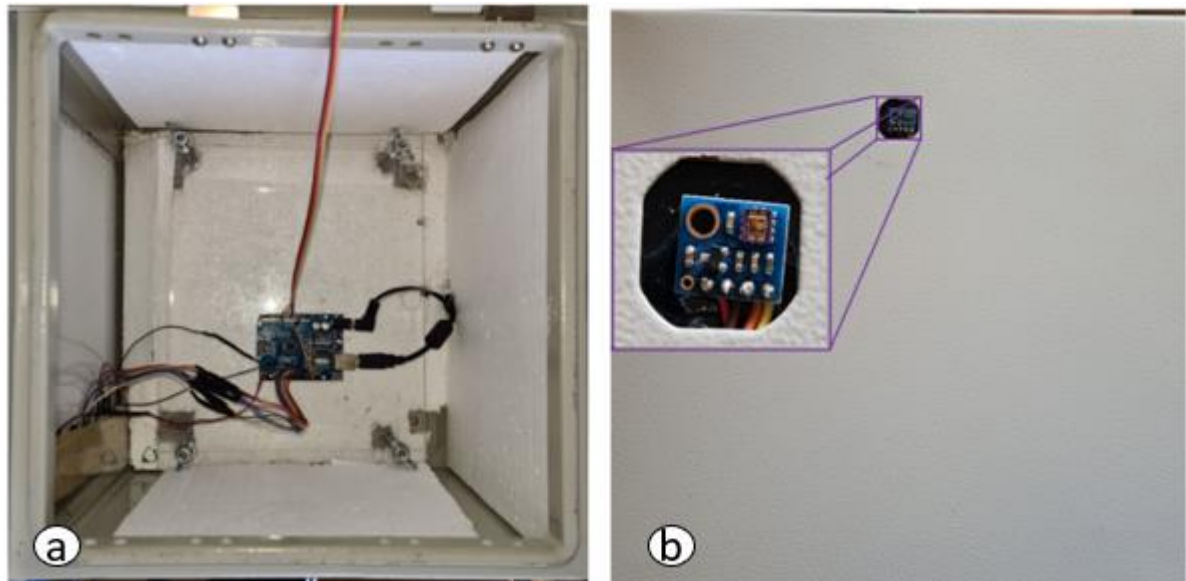


Figura 11: Imagens fotográficas: detalhes da caixa (quadro painel de comando elétrico).

a) Esquema interno de proteção.

b) Esquema da tampa, parte externa superior.

Fonte: o autor (2021).

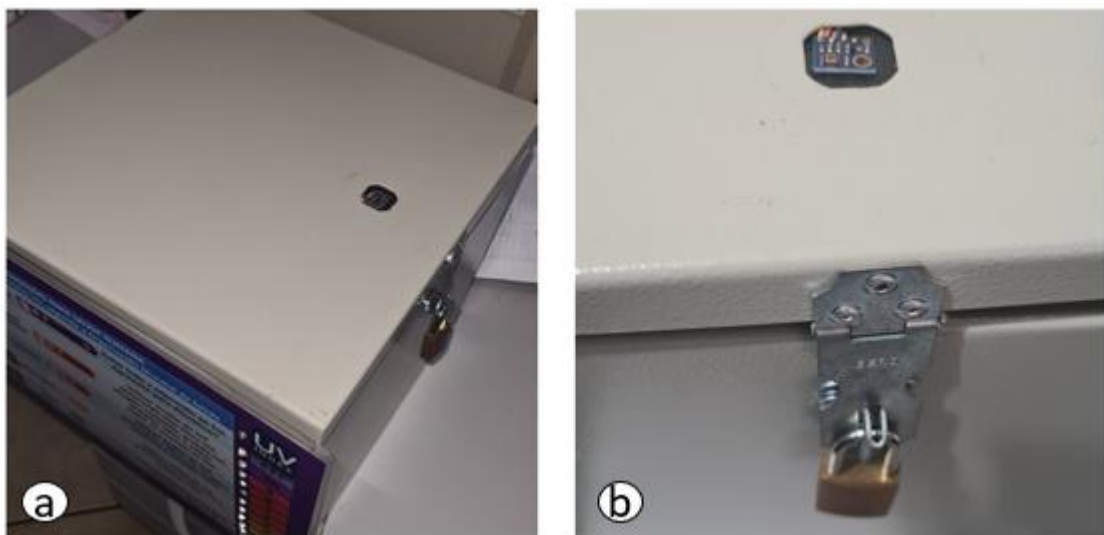


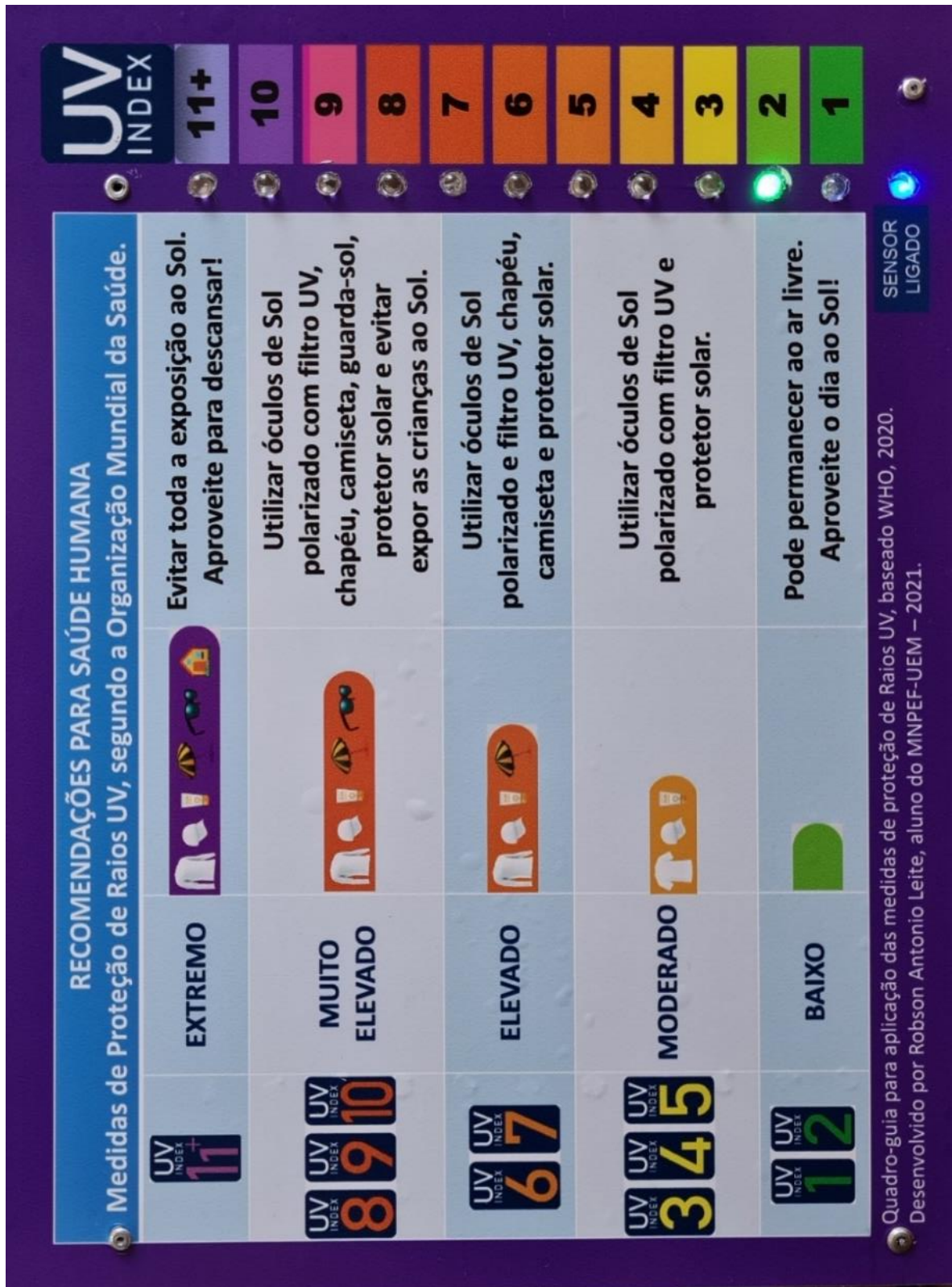
Figura 12: Imagens fotográficas da tampa com o sensor instalado e com a nova fechadura.

a) Esquema Externo De Proteção.

b) Fechadura Da Tampa.

Fonte: o autor (2021).

Figura 13: Imagem fotográfica do quadro-guia e escala IUV, parte frontal do aparato.



Fonte: o autor (2021).

CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTO EDUCACIONAL

Em síntese, o UV-ômetro foi criado e utilizado como tecnologia digital de informação e de comunicação para o ensino de Física, e feito com um Arduino e outros componentes eletroeletrônicos.

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de computação física com código aberto que permite aos usuários criarem objetos eletrônicos interativos. Além do Arduino, utilizamos, um sensor UV, o qual foi instalado para absorver radiação solar, acoplado ao Arduino, que foi, então, programado e calibrado para fornecer o índice ultravioleta – IUV – (*UV Index*, do inglês, no padrão internacional), dado que foi coletado pelos alunos e que é parte das atividades da proposta didática, como indicado na sessão anterior.

Aulas práticas empregando tais objetos, aliadas à fundamentação teórica, colaboram para o desenvolvimento de várias Competências Gerais da Educação Básica, prevista na BNCC, em especial as competências gerais 2, 5 e 7, ver página XXXXX:

A produção e a utilização do aparato de valor acessível mostraram-se viável e pode representar uma maneira prática de os estudantes perceberem as variações da radiação ultravioleta ao longo de um dia, em diferentes condições meteorológicas e em diferentes estações do ano motivando aprendizagens interdisciplinares de física, astronomia e cronobiologia. Isso representa uma forma de dar um aspecto prático aos conhecimentos teóricos sobre ondas eletromagnéticas, suas características e suas aplicações.

Os dados por eles obtidos podem ser o ponto de partida para discussões sobre as importâncias positivas e negativas da RUV para a saúde humana, em função de seus efeitos sobre as células e de seu papel na síntese de vitamina D.

Pode-se, também, motivar a compreensão de quando há necessidade de uso de protetores solares. Outrossim, os dados, coletados pelos estudantes, podem ser agrupados em tabelas e gráficos, servindo de base para diversos exercícios matemáticos, como a própria confecção e interpretação dos dados e das curvas obtidas.

Procurou-se fazer, no presente trabalho, este aparato experimental para que o aluno possa ser um sujeito ativo e protagonista no processo de ensino-aprendizagem, partindo de sua base cognitiva e ampliando seus subsunçores e consequentemente suas habilidades de discutir, investigar, interpretar, construir e analisar como parte de sua rotina de estudo e de seu modo de aprender, bem como de transpor tais conhecimentos para o seu cotidiano, melhorando sua qualidade de vida. Além disso, visa-se que o aluno utilize tais conhecimentos como base para exercer sua cidadania de forma crítica e embasada por conhecimentos científicos.

BIBLIOGRAFIA

ARDUINO, *Guia: Introdução, online*, 2021. Disponível em:

<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 21 fev. 2021.

ARAÚJO, M.S.T.; ABIB, M.L.V.S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

AUSUBEL, D. P, *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune and Stratton. 1963. 685p.

_____. *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston. 1968.

_____. *A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.

_____. *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 2000. 212p.

_____. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Lisboa: Plátano, Edições Técnicas, 2003. Tradução do original: *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*.

BATISTA, M. C.; *A experimentação no ensino de física: modelando um ambiente de aprendizagem*, 2009. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

BRASIL – INPE, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2020. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>. Acesso em: 20 jan. 2020.

BRASIL – BNCC, Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018.

BOHR, N., *Física Atômica e conhecimento humano: ensaios 1932-1957*, Niels Bohr, tradução Vera Ribeiro. - Rio de Janeiro: Contaponto, 3ª. Imp. 2008.

CHIBENI, S.S., *As Origens da Ciência Moderna*. Notas de aula de Introdução à Filosofia da Ciência: Departamento de Filosofia, Unicamp. Disponível em: www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/cienciaorigens.pdf Acesso em: 15 fev. 2021.

CHIBENI, S.S., *Objetivos da Ciência*. Notas de aula de Introdução à Filosofia da Ciência: Departamento de Filosofia, Unicamp. Disponível em: <https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/objetivosciencia.pdf> Acesso em: 15 fev. 2021.

CORRÊA, M. P., *Uma avaliação preliminar de medidas experimentais de albedo UVB*. IX Congremet, Buenos Aires, Argentina. Outubro 2005.

FIOCRUZ, invivo, Ciência, *Ultravioleta*, 2013. Disponível em: <http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inoid=125&sid=9>. Acesso em: 08 set. 2021.

GASPARIN, J. L., *Uma Didática para a Pedagogia Histórico-Crítica*. 3ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2002.

ISO 21348:2007, *Space environment (natural and artificial) — Process for determining solar irradiances*, Switzerland, 2007.

ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. *Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation)*. Health Physics, 87:171–186, 2004.

IRPA, *Guidelines on Protection against non-ionizing radiation*. A. S. DUCHÊNE, J.R.A. LAKEY, M. H. REPACHOLI, eds. New York: Pergamon, 1991.

KHAN ACADEMY, *Luz: ondas eletromagnéticas, espectro eletromagnético e fótons, online*, Biblioteca de Física, 2021. Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/physics/light-waves#introduction-to-light-waves> Acesso em: 08 set. 2021.

KIRCHHOFF, V. W. J. H.; ECHER, E.; LEME, N. P.; SILVA, A. A., A variação sazonal da radiação ultravioleta solar biologicamente ativa, *Revista Brasileira de Geofísica*. 18 (1), 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2000000100006>. Acesso em: 10 jan. 2020.

KRASILCHIK, M., *Reforma e Realidade: o caso do ensino das ciências*. São Paulo em Perspectiva, São Paulo, v.14, n.1, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/spp/a/y6BkX9fCmQFDNnj5mtFgzyF/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 15 set. 2020.

LAPIS, Semiconductor, *ML8511 UV Sensor with Voltage Output*, Datasheet, FEDL8511-05, Issue Date: March 08, 2013. Disponível em: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/LightImaging/ML8511_3-8-13.pdf Acesso em: 21 dez. 2019.

LEITE, R. A.; FERREIRA, M. J. B.; MIRANDA NETO, M. H.; MELO, M. A. C., *Ensino de Ciências da Natureza: os movimentos da Terra, a Vida e o Cosmos*. In: SILVA, I.; MIRANDA NETO, M. H., *Plantas Medicinais: utilização e noções sobre organismo humano*, Maringá, PR: Gráfica Clichetec, 2021.

MOREIRA, M.A., *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB, 1999.

_____. *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Visor, 2000a.

_____. O Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. *Revista Brasileira de ensino de física*. São Paulo. Vol. 22, n. 1. Mar., p 94-99, 2000b.

_____. *Aprendizagem significativa subversiva*. In: III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, 2000, Peniche. Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, p. 33-45. 2000c.

_____. *Aprendizaje significativa crítica*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2005.

_____. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB, 2006a.

_____. *Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica*. 2006b. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/visaoclasicavisaocritica.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021.

_____. *Mapas Conceituais & Diagramas V*, Editora do autor, Porto Alegre, 2006c. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Livro_Mapas_conceituais_e_Diagramas_V_COMPLETO.pdf Acesso em: 10 fev. 2021.

_____. *Subsídios Didáticos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências*, Instituto de Física, Porto Alegre: UFRGS, 2009.

_____. Al final, qué es Aprendizaje Significativo? *Revista Currículum*, n. 25, 2012.

MUDI-UEM, Amigos do, *AS CORES DAS COISAS* [Experimentoteca de Física]. YouTube. (10min) Disponível em: <https://youtu.be/xeVhReGfNeM>. Acesso em: 15 fev. 2021.

MULTILOGICA SHOP, *Arduino: Guia Iniciante*, Open-Source Hardware, *online*, V.2, 2021. Disponível em: https://multilogica-shop.com/download_guia_arduino/ Acesso em: 21 fev. 2021.

NASA SCIENCE, *Tour of the Electromagnetic Spectrum: Ultraviolet Waves*. Science Mission Directorate. 2010. Disponível em: http://science.nasa.gov/ems/10_ultravioletwaves. Acesso em: 07 set. 2021.

NEVES, I. C. B.; SOUZA, J.; GUEDES, P.; SCHAFFER, N.; KLUSENER, R., *Ler e escrever: compromisso de todas as áreas*. 8 ed. Porto Alegre, RS: Ed. da UFRGS, 2007.

NOBEL, *The Nobel Prize in Physics 1921*. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2022. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1921/summary/> Acesso em: 7 abr 2021.

NOVAK, J.D., CAÑAS, A.J., A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los, *Práxis Educativa*, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29, jan.-jun. 2010. Disponível em: https://eventos.unipampa.edu.br/seminariodocente/files/2011/03/Oficina-9-A_TEORIA_SUBJACENTE.pdf. Acesso em: 28 mar. 2021.

NRAO, *National Radio Astronomy Observatory*, *online*, 2021. Disponível em: <https://science.nrao.edu/> Acesso em: 27 mar. 2021.

SILVA, A.A., Medidas de Radiação Solar Ultravioleta em Belo Horizonte e Saúde Pública; *Revista Brasileira de Geofísica*, Vol. 26(4), 2008a.

SILVA, F.R., *Estudo da Radiação Ultravioleta na Cidade de Natal/RN*. 2008. 74 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Natal, 2008b.

OKUNO, E., VILELA, M. A. C., *Radiação Ultravioleta: Características e Efeitos* - Coleção Temas Atuais de Física, Editora Livraria da Física. Sociedade Brasileira de Física. São Paulo, 1ª ed., 2005.

PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação. *Currículo Básico para a Escola Pública do Estado do Paraná*, Curitiba: SEED, Imprensa Oficial do Estado do Paraná, 1990.

_____. Secretaria de Estado da Educação (SEED). *Diretrizes Curriculares da Educação Básica - Física*. Curitiba: SEED, 2008.

_____. Secretaria de Estado da Educação (SEED). *Currículo da Rede Estadual Paranaense – Ciências*. Curitiba: SEED, 2020.

_____. Secretaria de Estado da Educação (SEED). *Referencial Curricular Paranaense para o Novo Ensino Médio – versão preliminar (2)*. Curitiba: SEED, 2021.

PEREIRA, F.B., FRASSON, A.C., LIMA, S.A., A leitura do texto Científico, *Revista UNIABEU Belford Roxo*, V.7, N.15, janeiro-abril 2014. Disponível em: https://revista.uniabeu.edu.br/index.php/RU/article/view/1326/pdf_66. Acesso em: 20 fev. 2021.

THOMSEN, A., *Medidor de Índice UV com Arduino*, Arduino, Projetos, blog. 2020. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-indice-uv-com-arduino/> Acesso em: 07 dez. 2020.

WHO, *Environmental Health Criteria 160* Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/39901/9241571608-eng.pdf?sequence=1> Acesso em: 21 mar. 2022.

ZHANG, X.; XU, W.; HUANG, M.C.; AMINI, N.; REN, F., See UV on Your Skin: An Ultraviolet Sensing and Visualization System, *Bodynets*, *8th International Conference on Body Area Networks*, 2013. Disponível em: <https://eudl.eu/doi/10.4108/icst.bodynets.2013.253701>. Acesso em: 17 fev. 2021.

1. As origens da ciência moderna - Prof. Dr. Silvio Seno Chibeni (UNICAMP)

1.1. Ciência e filosofia

Desde a sua origem, o homem sempre cuidou de obter conhecimento sobre os objetos que o cercam. Esse conhecimento primitivo é motivado por algo externo à atividade cognitiva propriamente dita: a necessidade de controle dos fenômenos naturais, com vistas à própria sobrevivência biológica. A Grécia Antiga testemunhou, no entanto, o surgimento de uma perspectiva cognitiva nova: a busca do conhecimento pelo próprio conhecimento, por mera curiosidade intelectual. Aqueles que cultivavam essa busca do saber pelo saber foram chamados *filósofos*, “os que amam ou buscam a sabedoria”.

Naquela época e, em certa medida, por muitos séculos da era cristã, a filosofia englobava todos os ramos do conhecimento puro (em contraste com o que chamavam “artes” ou “técnicas”). Uma primeira tendência à especialização levou gradualmente à separação de uma grande área de investigação, que se ocupava dos fenômenos naturais, ou seja, aqueles que não dizem respeito ao homem, enquanto ser intelectual, moral, político, etc. Essa área, a que se chamou *filosofia natural*, experimentou grande impulso a partir do século XVII, quando passou a ser cultivada sob um novo enfoque metodológico. Foi justamente dessa nova filosofia natural que surgiu a ciência, como hoje a entendemos.

Hoje em dia costuma-se considerar pertencentes ao tronco principal da filosofia as disciplinas da estética, lógica, ética, epistemologia e metafísica, sendo que as duas primeiras mostram tendência à autonomização. De forma muitíssimo simplificada, pode-se dizer que a estética examina abstratamente a beleza e a feiura; a lógica investiga o encadeamento formal das proposições; a ética estuda questões relativas ao bem e ao mal, aos direitos e deveres; a epistemologia ocupa-se do conhecimento, suas origens, fundamentos e limites, enquanto que a metafísica procura especular sobre a natureza última das coisas. Fora esses ramos fundamentais, há ainda diversos outros ² que resultam de suas interconexões e especializações, como a filosofia política, a filosofia da linguagem, a filosofia da ciência, a teologia, etc.

1.2. Um novo método de investigar o mundo

Embora a caracterização precisa do novo método de investigação exija detalhamentos que não faremos aqui, dois de seus traços fundamentais merecem destaque: a *experimentação* e a *matematização*.

Os responsáveis pela criação da ciência moderna, entre os quais se destaca a figura de Galileo Galilei, acreditavam que os estudos anteriores em filosofia natural exibiam uma dependência excessiva de especulações metafísicas e um apego ilegítimo à opinião de autoridades, particularmente Aristóteles, cujas doutrinas dominavam a cena filosófica havia mais de 1800 anos. Os novos filósofos contrapunham a isso a observação da própria natureza. É nessa observação – a *experiência* – que se encontrariam os verdadeiros fundamentos do conhecimento da natureza.

Na constituição da nova ciência, tão importante quanto assentar as bases do conhecimento na experiência foi obter essa experiência de forma *controlada* e *sistemática*, por meio daquilo que se chamou experimentos. Para tomar um exemplo famoso daquela época, sabe-se que Galileo concebeu vários desses experimentos para observar como os corpos pesados caíam. Para ele, não bastava soltar uma pedra e olhar sua descida. Ele queria saber *quantitativamente* como ela o faz. Para tanto, concebeu o famoso experimento do plano inclinado, descrito em seu livro *Discursos e Demonstrações Matemáticas sobre Duas Novas Ciências* (1638). Com a inclinação, retarda-se a queda, facilitando a medição de tempos e distâncias. Esse experimento comprova a lei galileana da queda dos corpos, segundo a qual na queda o corpo percorre distâncias proporcionais ao quadrado dos tempos de queda.

Esse exemplo ajuda a ver vários outros pontos importantes na nova abordagem.

O primeiro é que um experimento só é concebido com vistas ao esclarecimento de um dado *problema*, previamente configurado na tradição de investigação. Nesse caso, o problema era dado pela suspeita de Galileo de que a tese aristotélica, de que os corpos mais pesados caem mais rápido do que os mais leves, estava errada. O experimento de Galileo permite resolver essa dúvida de forma objetiva.

Um segundo ponto é que os dados brutos de um experimento são pouco ou nada significativos se não forem *refinados intelectualmente*. No exemplo em análise, devesse, para chegar à lei de Galileo, “descontar” a interferência de causas espúrias, como o atrito e a imperfeição dos relógios da época (batimento do pulso e relógio d’água, inicialmente). Fazer isso sem mutilar fundamentalmente os resultados é algo que exige perícia e verdadeira genialidade.

Por fim, o exemplo destaca o segundo dos grandes traços da nova ciência, mencionados acima, a preocupação em obter uma descrição *quantitativa* dos fenômenos, por meio de sua *matematização*. Vale notar, como contraste, que na visão aristotélica, nem mesmo a física poderia ser matematizada. As leis físicas assumiam, segundo Aristóteles, um caráter puramente qualitativo.

Num ensaio publicado em 1623, intitulado *Il Saggiatore* (“O Ensaíador”), Galileo expressou, numa metáfora que se tornou famosa, sua nova proposta de estudo da natureza, que, como estamos vendo, se tornaria fundamental no desenvolvimento da

ciência moderna:

“A filosofia está escrita neste grandíssimo livro, que continuamente está aberto diante de nossos olhos (eu quero dizer o universo), mas que não se pode entender se não se aprende a entender a língua, e a conhecer os caracteres nos quais está escrito. Ele está escrito em língua matemática, e os caracteres são os triângulos, círculos, e outras figuras geométricas, sem cujos meios é humanamente impossível entender uma só palavra; sem eles [a filosofia] é um vão caminhar por um obscuro labirinto.”
(Tradução de Henrique Fleming, em <http://www.hfleming.com/confgal2.html>.)

Uma das consequências desse novo enfoque de pesquisa foi a necessidade de um uso cada vez mais extenso de aparelhos de observação. Por exemplo, Galileo, ele próprio, pôs a óptica a serviço das observações astronômicas, construindo sua famosa luneta; construiu também o primeiro relógio de pêndulo. Essas observações instrumentais tiveram um papel crucial na implantação da nova ciência.

1.3. Uma nova visão de mundo

Até aqui, tratamos do surgimento da ciência moderna focalizando mais a questão do método de investigação da natureza. Mas, evidentemente, o surgimento da ciência, no sentido usual do termo hoje em dia, envolveu muito mais do que isso. Como veremos em outros tópicos desta série, o conhecimento científico não se resume à observação sistemática e registro de fenômenos, sendo encapsulado em teorias. Pois bem: a época de eclosão da ciência moderna (séculos XVI a XVIII) ficou marcada não somente pelo desenvolvimento de novos procedimentos de investigação, mas também pela descoberta de novos fenômenos e, principalmente, pelo desenvolvimento de novas teorias capazes de explicá-los. Tais teorias trouxeram uma nova visão científica do mundo, que contrastava fortemente com a visão então predominante, proveniente de uma mistura de elementos da filosofia antiga e da filosofia e religião medievais.

O núcleo das novas teorias da ciência foi constituído gradualmente, pelo trabalho de muitos cientistas e filósofos – sendo que essa distinção ainda não estava claramente delineada na época –, entre os quais estão o já citado Galileo, René Descartes, Christiaan Huygens, Robert Boyle e Isaac Newton. Com Descartes, sobretudo, desenvolveu-se uma perspectiva teórica que serviria como pano de fundo de toda a ciência, nos séculos XVII, XVIII e XIX. Essa perspectiva ficou conhecida como *mecanicismo*, visto que, nela, a base de *tudo* o que ocorre no mundo físico seriam processos mecânicos, ou seja, que envolvem o movimento de corpos.

No mecanicismo, o mundo corporal é caracterizado por um número muito pequeno de “*qualidades primárias*”, isto é, inerentes aos próprios corpos: extensão, forma, tamanho, movimento, impenetrabilidade, número e arranjo de partes. É a partir dessas qualidades que todas as demais, como as cores, os sons, os cheiros, os gostos, etc., deveriam ser explicados. Descartes e seus sucessores próximos lançaram, assim, um fértil *programa de investigação*, que forneceria material de pesquisa por vários séculos, nas mais diversas áreas da ciência, incluindo-se aí a química e a própria biologia. Inegavelmente, parte de sua excepcional fertilidade se devia justamente ao fato de propor uma base extremamente simples para o estudo dos corpos, uma base, além disso, que permitia a implementação plena de um dos dois ideais metodológicos principais da nova ciência, a matematização: formas e movimentos podiam ser tratados geometricamente, dentro da nova ciência mecânica desenvolvida pelos referidos pioneiros.

Um importante complemento, ou refinamento, da visão mecanicista de mundo foi introduzido por Newton. Ele obteve sucesso sem precedentes na formulação de princípios teóricos quantitativos precisos para a nova mecânica, mostrando ainda, de forma admirável, como lidar com a questão delicada da idealização e interpretação dos fenômenos, e como pôr a teoria mecânica a serviço da meta de predizer e explicar toda uma rica variedade de fenômenos físicos a partir de pressupostos simples. Na mecânica Newtoniana, as leis básicas do movimento foram estabelecidas, com o auxílio de algumas noções físicas novas, como a de massa e força. E, entre as forças, cumpriu papel de destaque a força de gravitação universal. A assimilação filosófica

deste último elemento, inteiramente novo, causou muita discussão e mesmo perplexidade, visto que não estava clara – como talvez não esteja até hoje – a questão das causas da atração gravitacional. Seja como for, a nova mecânica funcionava muito bem na explicação e predição dos fenômenos naturais, e constituiu o modelo ou “paradigma” de toda a ciência moderna, até que alguns de seus princípios viessem a ser questionados e modificados no início do século XX.

2. Objetivos da ciência - Prof. Dr. Silvio Seno Chibeni (UNICAMP)

2.1. Ciência: Teoria e experiência

No tópico precedente, enfatizamos a importância da experiência, ou, mais particularmente, dos experimentos, para a ciência. É a experiência que constitui o fundamento de todo conhecimento científico do mundo físico. Além disso, a própria motivação para a busca de conhecimento científico quase sempre está ligada à observação de algum tipo de fenômeno, quer no âmbito do dia-a-dia, quer da própria ciência. (A palavra *fenômeno* significa, em sua origem grega, “aquilo que aparece”, isto é, aquilo de que temos experiência direta.)

No entanto, a mera observação e registro de fenômenos, por mais importante que seja, não constitui uma ciência. Para tanto, esse conhecimento experimental ou “empírico” (na linguagem filosófica) precisa ser integrado em uma *teoria*. A construção de teorias capazes de absorver e concatenar de forma sistemática o conhecimento empírico é uma das marcas principais da ciência, tal qual hoje entendida, e que ajuda a traçar a distinção do conhecimento científico relativamente a outras formas de conhecimento.

O estudo da demarcação entre ciência e não-ciência constitui um dos temas mais importantes de uma área da filosofia chamada *filosofia da ciência*, comportando desdobramentos complexos, que não serão abordados aqui. Diversos pontos a serem analisados neste tópico e nos próximos contribuirão, no entanto, para, de maneira simples, esclarecer a questão.

Antes de mais nada, é importante notar que, do ponto de vista da filosofia da ciência, a noção de teoria não tem o sentido pejorativo que usualmente recebe nos contextos ordinários, em que “teoria” se opõe a “prática”, no sentido de que a “prática” seria o que é certo e o que importa, enquanto que a teoria seria uma especulação incerta e, no fim das contas, dispensável. Não. Teorias são parte essencial da ciência. São elas que por assim dizer “carregam” o conhecimento científico em sua forma mais completa e sistemática. Das teorias depende, ademais, a consecução dos dois grandes objetivos da ciência, como veremos a seguir.

Outro ponto que convém deixar claro desde o início é que a razão de ser de uma teoria científica são os fenômenos. Se ela não estiver de algum modo conectada a fenômenos, não passará de uma ideia vazia de conteúdo científico. As conexões das teorias científicas com o plano da experiência, ou seja, com os fenômenos, são bastante complexas. Há, por um lado, os fenômenos que serviram de *motivação* para a formulação da teoria. Usualmente, esse papel motivador dos fenômenos cai no âmbito da psicologia do cientista, ou da comunidade científica, e não é considerado tão importante quanto o segundo papel dos fenômenos: o de *justificar* a aceitação ou rejeição de uma teoria científica, uma vez formulada por alguém. Na próxima seção já teremos condições de começar a ver como essa importante questão epistemológica pode ser abordada.

2.2. Objetivo 1: Predição de fenômenos

Um primeiro ponto importante para a análise da questão mencionada no final da última seção é que não há como provar teorias a partir de fenômenos, no sentido estrito do termo, tal qual usado na lógica ou na matemática. Simbolizando uma teoria por 'T' e um fenômeno (ou grupo de fenômenos) por 'F', teríamos então o esquema:

$$F \rightarrow T$$

(Leia-se, "F não implica T") No entanto, é possível em geral estabelecer a relação oposta, ou seja, é possível inferir fenômenos a partir de teorias:

$$T \rightarrow F$$

Essa relação é de fundamental importância. Ela mostra que uma teoria científica não é uma especulação solta, desvinculada da realidade experimental. Na linguagem filosófica, uma teoria científica genuína *tem implicações empíricas*.

Quando uma relação do tipo de $T \rightarrow F$ se estabelece, dizemos que a teoria prevê, ou *prediz* o fenômeno F. Esse esquema, na verdade, simplifica uma relação mais complexa, pois a inferência de F a partir de T requer que se especifiquem também as chamadas "*condições iniciais*" do problema, que são os fenômenos que descrevem a situação em que o objeto investigado se encontra, quando a previsão é feita. Deixaremos, porém, essa qualificação implícita na discussão que se segue.

Pois bem: a predição de fenômenos é um dos dois grandes *objetivos da ciência*. O cientista e, mais do que ele, também o tecnólogo, que recorre à ciência para intervir na natureza, está interessado em se antecipar ao desenrolar dos processos naturais, prevendo o que acontecerá, se tais e tais objetos estiverem dispostos de tal e tal modo. Por exemplo, ao soltarmos simultaneamente da mesma altura duas esferas de mesmo diâmetro, uma de chumbo e outra de madeira, queremos saber, de antemão, como elas cairão. Nesse caso, a teoria mecânica desenvolvida por Galileo poderia ser usada para fazer a previsão. Como já notamos no tópico anterior, essa teoria leva à previsão de que (desconsiderando-se o atrito com o ar) ambas as esferas cairiam juntas, percorrendo, ao longo da queda, espaços proporcionais ao quadrado do tempo de queda.

Quando uma teoria prediz corretamente um fenômeno, não podemos dizer que ela foi provada pelo fenômeno, é claro. Mas essa ideia contém uma intuição correta: que a teoria é, de algum modo, *confirmada* ou *corroborada* pela efetiva observação do fenômeno. Para ver isso, pense na situação oposta, em que a teoria prevê um fenômeno F e de fato se observa um fenômeno F*, incompatível com F. Neste caso, a teoria errou a predição, e deve, portanto, ser rejeitada, ou modificada, para que essa *refutação* ou *falseação* seja evitada.

A dinâmica de extrair predições a partir das teorias é, pois, essencial não somente para fins práticos – pôr a teoria a serviço da tecnologia – mas também para a própria *avaliação* da teoria. Esse processo a rigor não acaba nunca: novas predições podem sempre ser feitas; se se confirmarem, a teoria poderá continuar sendo aceita; caso sejam desmentidas pelos fatos, a teoria deverá ser abandonada ou modificada. Poderíamos então dizer que o preço que a ciência paga para avançar, por meio de

teorias que levam a novas predições, é expor-se permanentemente ao risco de algum fenômeno contradizer uma predição teórica, acarretando a necessidade de correções.

2.3. Objetivo 2: Explicação de fenômenos

O segundo dos dois principais objetivos da ciência é o de fornecer *explicações* para os fenômenos. Numa visão filosófica tradicional, adotada daqui em diante nestas notas, esse objetivo deve ser buscado apontando-se as *causas* dos fenômenos. Essa é uma tarefa que envolve mais problemas científicos e filosóficos do que a predição de fenômenos. É que em grande parte dos casos relevantes para a ciência essas causas não são itens disponíveis na experiência, como por exemplo o impacto de uma porta, que ordinariamente seria dado como a causa – e, portanto, a explicação – de um determinado som que se ouviu. A ciência precisa desse tipo simples de relação causal, evidentemente, mas em geral não se limita a ele. A curiosidade científica quer, por assim dizer, penetrar mais fundo na busca de causas.

É nesse ponto que as teorias se fazem, mais uma vez, necessárias. Além de seu poder preditivo – que, como vimos, depende da existência de uma implicação que vai da teoria ao fenômeno predito –, a maioria (embora não todas, como veremos depois) das teorias científicas da física, química e biologia contemporânea (para mencionar apenas as ciências consideradas básicas) se propõem a fornecer explicações para os fenômenos de que tratam. E fazem isso *postulando, a título de hipóteses, diversos entes, mecanismos e processos inobserváveis* que seriam, segundo a teoria, as causas daquilo que percebemos diretamente, ou seja, dos fenômenos.

Consideremos um exemplo simples. A lei de Boyle, segundo a qual em uma porção de gás mantida a temperatura constante a pressão é inversamente proporcional ao volume ($pV = \text{const.}$) é uma lei dita fenomenológica, pois nada mais expressa senão uma relação direta entre fenômenos (as leituras de manômetros, régua e termômetros), podendo em princípio ser confirmada pela observação cuidadosa e sistemática de fenômenos. Mas ela não explica *por que* o gás se comporta desse modo. Robert Boyle, que descobriu essa lei, no século XVII, queria também responder a essa questão. Para tanto, formulou um conjunto de hipóteses sobre a constituição do gás, depois chamado de “teoria cinética dos gases”. Grosso modo, propôs que um gás seria formado por corpúsculos microscópicos que se moveriam no espaço vazio, obedecendo a certas leis mecânicas. Assim, a pressão seria explicada pelo impacto de tais corpúsculos com as paredes do recipiente, a temperatura por sua “agitação”, etc. Com isso, conseguiu uma explicação quantitativa bastante plausível, e que continua, em seus traços gerais, sendo aceita ainda hoje. Essa explicação de Boyle inegavelmente foi uma contribuição importante para física; mas por outro lado suscitou o problema filosófico (ou mais propriamente epistemológico) de como sua teoria explicativa poderia ser justificada. A cruz da questão é que essa teoria envolve itens inobserváveis: não é possível verificar diretamente se o que a teoria diz sobre o gás é verdadeiro ou não. No tópico seguinte trataremos com mais detalhes desse problema epistemológico, bastante discutido pelos filósofos em nossos dias.