



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Paulo Renato Carollo de Oliveira

**AS RADIAÇÕES IONIZANTES E SEUS EFEITOS BIOLÓGICOS –
DIALOGANDO SOBRE RISCOS E BENEFÍCIOS NA AULA DE FÍSICA**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prof. Dr. Nathan Willig Lima

Orientador

Prof. Dr. Caetano Castro Roso

Coorientador

Tramandaí

Setembro de 2021.

CIP - Catalogação na Publicação

Carollo de Oliveira, Paulo Renato
AS RADIAÇÕES IONIZANTES E SEUS EFEITOS BIOLÓGICOS -
DIALOGANDO SOBRE RISCOS E BENEFÍCIOS NA AULA DE FÍSICA
/ Paulo Renato Carollo de Oliveira. -- 2021.
287 f.
Orientador: Nathan Willig Lima.

Coorientador: Caetano Castro Roso.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte, Programa de
Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em
Ensino de Física, Tramandaí, BR-RS, 2021.

1. Ensino de Física. 2. Física das Radiações. 3.
Questões Sociocientíficas. 4. Leitura da radiação UV
com o Arduino. 5. Júri Simulado. I. Lima, Nathan
Willig, orient. II. Roso, Caetano Castro, coorient.
III. Título.

Paulo Renato Carollo de Oliveira

**AS RADIAÇÕES IONIZANTES E SEUS EFEITOS BIOLÓGICOS –
DIALOGANDO SOBRE RISCOS E BENEFÍCIOS NA AULA DE FÍSICA**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovado em 9 de setembro de 2021.

Prof. Dr. Nathan Willig Lima – Presidente da Banca – MNPEF-UFRGS/CLN

Prof^a. Dr^a. Aline Cristiane Pan – MNPEF-UFRGS/CLN

Prof. Dr. Terrimar Ignácio Pasqualetto – MNPEF-UFRGS/CLN

Prof^a. Dr^a. Cleci Teresinha Werner da Rosa – UPF

Dedicatória

Dedico este trabalho para minha esposa e eterna namorada Rozeli, que suportou minhas ausências, mantendo sempre o apoio psicológico e suporte necessário para que esta etapa da minha vida passasse de um sonho à realidade.

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, em especial aos meus pais Ulisses e Hilda (*in memoriam*) que sempre incentivaram para que os filhos tivessem estudo, não medindo esforços para tal, apesar das dificuldades de criarem sete filhos, moldaram nosso caráter ensinando o certo e o errado, nos deixando trilhar os caminhos do bem. Tudo o que somos hoje devemos sempre agradecer a eles.

Às minhas filhas Danielle, Patrícia e Fernanda, e também aos netos Emily e Gabriel para motivá-los e servir de exemplo para seguirem sempre trilhando o caminho do aperfeiçoamento com determinação e persistência.

À minha companheira de muitas lutas, minha amada Rozeli, que me acompanha há longos anos, com muito amor, pela excelente pessoa que é, pela amizade e companheirismo e pela fortaleza de enfrentar a vida com uma palavra amiga, um sorriso e sempre disposta a ajudar. Você foi o presente que Deus reservou pra mim! Obrigado por existires!

Ao Prof. Terrimar Pasqualetto meus agradecimentos pelo empréstimo de placas de Arduino UNO sem o qual não seria possível montar os experimentos a tempo para a aplicação em dezembro, tendo em vista que o material teria que vir da China e ficaria inviável para aplicar na escola em 2020. Valeu!

Ao Prof. Marcelo Paravisi do IFRS de Osório pela ajuda na programação das placas Arduino que não estavam respondendo ao meu programa anterior. Ele foi muito atencioso e solícito, auxiliando sem pedir nada em troca, revisando toda a minha programação e corrigindo-a inclusive em finais de semana, mantendo o contato para dúvidas e tornando possível a realização das medidas e a aplicação do produto a tempo. Sou muito grato pelo seu empenho.

Aos orientadores Nathan e Caetano pela acolhida, orientação, dedicação, disponibilidade, empenho, leveza no tratamento, apoio e amizade. Vocês são demais!

Aos professores do MNPEF pelo profissionalismo e excelência, respeitando os conhecimentos dos mestrados, mas mostrando novas possibilidades e atualizando a nossa prática. Muito obrigado a todos.

Aos meus alunos do Ensino Médio e Técnico do Colégio Dom João Becker para servir de inspiração e motivação na continuação de seus estudos e agradecer pela participação efetiva deste trabalho oportunizando as análises e narrativas do projeto. A todos desejo sucesso.

RESUMO

O presente trabalho parte de uma reflexão sobre a noção de educação dialogada e de autonomia apresentadas por Freire para propor uma sequência didática apoiada sobre quatro eixos didáticos: abordagem histórica, abordagem de questões sociocientíficas (QSC), abordagem investigativa e aula expositiva-dialogada. Propôs-se um sentido específico em que essas atividades devem ocorrer, sugerindo que elas culminem em um júri simulado. No caso do presente trabalho, elaborou-se uma sequência didática para dialogar sobre benefícios e riscos de radiação ionizantes (o que demanda a construção de diferentes conhecimentos de Física Moderna – tema pouco explorado na Educação Básica). Essa sequência didática parte da apresentação de uma QSC, e, em uma sequência de 8 aulas, passando por todos eixos mencionados, culmina no júri simulado, em que os alunos devem debater e chegar a uma conclusão sobre o tema proposto. Com isso, fomenta-se o aprendizado da Física para interpretação de situações concretas, viabilizando a autonomia dos estudantes. Além da proposta didática, o produto contém os seguintes itens: material para formação de um júri simulado, um manual de instalação e programação do Arduino para detecção de raios UV, uma planilha com dados de radiação UV para análise e interpretação dos alunos, material com reportagens de jornais e revistas sobre duas QSC envolvendo radiações, e quatro textos com questionários sobre Física das Radiações para Educação Básica. O produto foi aplicado em duas turmas dos terceiro ano do Ensino Médio em uma escola pública de Porto Alegre, de forma remota, devido à pandemia de COVID-19. Neste texto, as aulas realizadas são brevemente narradas e as respostas dos alunos aos diferentes questionários são discutidas em detalhe. Por fim, faz-se uma discussão sobre o debate dos alunos no júri simulado.

Palavras-chave: Ensino de Física. Questão Sociocientífica. Física das Radiações.

ABSTRACT

The present work starts from a reflection on the notion of dialogued education and autonomy presented by Freire to propose a didactic sequence supported by four didactic axes: historical approach, approach to socio-scientific issues (SSI), investigative approach and expository-dialogued class. We propose a specific sense in which these activities should take place, suggesting that they culminate in a mock jury. In the case of this work, we developed a didactic sequence to discuss the benefits and risks of ionizing radiation (which requires the construction of different knowledge of Modern Physics – a topic that is little explored in Basic Education). This didactic sequence starts with the presentation of a SSI, and, in a sequence of 8 classes, going through all the aforementioned axes, it culminates in the simulated jury, in which students must debate and reach a conclusion on the proposed topic. With this, we encourage the learning of Physics for the interpretation of concrete situations, enabling the students' autonomy. In addition to the didactic proposal, the product contains the following materials: material for training a simulated jury, an Arduino installation and programming manual for UV detection, a spreadsheet with UV radiation data for analysis and interpretation of students, material with newspaper and magazine reports on two SSI involving radiation, and four texts with questionnaires on Radiation Physics for Basic Education. The product was applied to two groups of the third year of high school in a public school in Porto Alegre, remotely, due to the COVID-19 pandemic. In this text, the classes held are briefly narrated and the students' responses to the different questionnaires are discussed in detail. Finally, we have a discussion about the students' debate in the mock jury.

Keywords: Teaching Physics. Socio-scientific issue. Radiation Physics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do referencial teórico do trabalho.	18
Figura 2 - Sentido da proposta didática.	25
Figura 3 - Predominância dos três tipos de interação de fótons com a matéria em função da energia e do número atômico.....	28
Figura 4 - Equipamento usado por Lenard para estudar o efeito fotoelétrico	30
Figura 5 - Diagrama experimental de Compton	31
Figura 6 - Esquematização do Efeito Compton.....	32
Figura 7- Produto educacional: distribuição das atividades dos três eixos em 08 aulas. 39	
Figura 8 - Montagem do medidor de UV com Arduino	45
Figura 9 - Sensor de raio UV UVM-30A	45
Figura 10 - Índice da radiação UV	46
Figura 11- Planilha com alguns dados das medidas de radiação UV	46
Figura 12 - Votação dos temas do Júri Simulado para cada turma	51
Figura 13- Respostas dos alunos sobre o interesse em desempenhar um papel no júri. 56	
Figura 14 - Quatro primeiras perguntas e as respostas dos alunos.....	59
Figura 15- Classificação das respostas para a questão 2.5	60
Figura 16 - Classificação das respostas da questão 2.6	62
Figura 17 - Respostas da questão 2.7	63
Figura 18 - Classificação das respostas da questão 3.5, 3.6,3.7 e 3.8	69
Figura 19- Classificação das repostas das questões 4.1. a 4.8.....	71
Figura 20 - Respostas para a questão 4.9.....	72
Figura 21 - Detector de UV com Arduino	73
Figura 22 - Tabela de médias das leituras do índice de radiação UV em 15/12/2020 ...	74
Figura 23 - Resultados da questão 5.1	75
Figura 24 - Classificação de respostas da questão 5.2.....	76
Figura 25 - Respostas à questão 5.3	78
Figura 26 - Classificação das respostas para a questão 5.4	80
Figura 27 - Classificação das respostas para a questão 5.5	81
Figura 28 - Classificação das respostas à questão 5.6	83
Figura 29 - Respostas à questão 5.7	84
Figura 30 - Respostas à questão 5.8	86

Figura 31 – Gráficos elaborados por um aluno relacionando as diferentes variáveis do arquivo.....	88
Figura 32 - Classificação das respostas da questão 6.1	89
Figura 33 - Respostas à questão 6.3	92
Figura 34 - Respostas à questão 6.4	92
Figura 35 - Panorama das respostas à questão 6.5	93
Figura 36 - As reações ao projeto de JS e as sugestões de melhoria.....	99
Figura 37 - Sobre a recomendação do projeto a outros professores	104
Figura 38 - Relevância do tema.....	106
Figura 39 - Esquema de montagem do medidor de UV	160
Figura 40 - Intervalos da tensão e o Índice UV relacionado	161
Figura 41 - Módulo para cartão de memória SD.....	162
Figura 42 - Detalhe dos pinos do módulo de cartão SD.....	162
Figura 43 - Esquema de ligação dos componentes da placa Arduino	173
Figura 44 - Detalhe da placa montada na caixa aberta	174
Figura 45 - Caixa com a montagem da placa fechada.....	174
Figura 46 - Projeto da caixa com dimensões.....	176
Figura 47 - Projeto da tampa da caixa com dimensões	176
Figura 48 - Esquema de leitura dos dados	177
Figura 49 - Sistema realizando as medidas de UV.....	177
Figura 50 - Página oficial do Arduino	178
Figura 51 - Baixando o Arduino.....	179
Figura 52 - Página final para baixar o Arduino	179
Figura 53 - Atalho na Área de trabalho	181
Figura 54 - Tela inicial do Arduino	182

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivo Geral.....	16
2.2. Objetivos Específicos	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1. Questões Sociocientíficas	19
3.2. História da Ciência.....	21
3.3. Atividades Investigativas	21
3.4. Aula expositiva dialogada.....	24
4. A FÍSICA DAS RADIAÇÕES.....	26
4.1. Conceito de Radiação	26
4.2. Classificação das Radiações	26
4.3. O espectro Eletromagnético e alguns parâmetros físicos	27
4.4. Interação da radiação com a matéria.....	27
4.4.1. O Efeito fotoelétrico	29
4.4.2. Efeito Compton	31
4.5. Efeitos biológicos da radiação ionizante.....	33
4.6. Proteção contra a radiação ionizante	36
5. O PRODUTO EDUCACIONAL	38
5.1. Estrutura do Produto	40
5.2. Materiais desenvolvidos com o produto educacional.....	48
6. APLICAÇÃO DO PRODUTO – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
6.1. Aulas 1 e 2 – Pré-teste sobre radiações, distribuição dos papéis no Júri Simulado e discussão sobre reportagens.....	51
6.2. Aula 3 – História dos estudos da radiação	57

6.3.	Aula 4 – Interação da radiação com a matéria.....	64
6.4.	Aula 5. Radioatividade e Efeitos biológicos da radiação	70
6.5.	Aula 6 – Atividade Prática.....	72
6.6.	Aula 7 – Proteções e Aplicações da Radiação	89
6.7.	Aula 8 - Júri Simulado - Descrição dos argumentos levantados	94
6.7.1.	Turma 301	95
6.7.2.	Turma 302	98
6.7.3.	Respostas dos alunos ao questionário final sobre a atividade.	99
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
8.	REFERÊNCIAS	115
	APÊNDICE A – Apresentação da Aula 1	119
	APÊNDICE B – Dinâmica do Júri Simulado.....	120
	APÊNDICE C – Questionário da Aula 1.....	122
	APÊNDICE D – Questionário da Aula 2	123
	APÊNDICE E – Apresentação da Aula 2.....	124
	APÊNDICE F – Reportagens para os Debates do JS	125
	APÊNDICE G – Apresentação da Aula 3	127
	APÊNDICE H – Material Didático: Linha do Tempo História das Radiações e Conceito de Radiação.....	128
	APÊNDICE I – Questionário da Aula 3.....	133
	APÊNDICE J – Apresentação da Aula 4.....	134
	APÊNDICE K – Material Didático: Natureza da Luz e da Matéria.....	135
	APÊNDICE L – Questionário da Aula 4.....	144
	APÊNDICE M – Apresentação da Aula 5	148
	APÊNDICE N – Material Didático: Radioatividade e Efeitos Biológicos da Radiação	
	149	
	APÊNDICE O – Questionário da Aula 5	157
	APÊNDICE P – Apresentação da Aula 6.....	159

APÊNDICE Q – Manual de Montagem e Programação de Placa Arduino para Detecção de Radiação UV.....	160
APÊNDICE R – Dados de Radiação UV Coletados	183
APÊNDICE S – Questionário da Aula 6	184
APÊNDICE T – Apresentação da Aula 7.....	185
APÊNDICE U – Material Didático sobre Proteção Radiológica	186
APÊNDICE V – Questionário da Aula 7	190
APÊNDICE W – Questionário da Aula 8	192
APÊNDICE X – Slides das Aulas	193
APÊNDICE Y – Produto Educacional	194

1. INTRODUÇÃO

O gosto pela leitura, a grande curiosidade científica e a paixão pelas artes, herdados da família: da avó paterna, Julita Neves de Oliveira (professora), avô paterno, Pedro Odemar de Oliveira (farmacêutico), avô e tio maternos, Sobragil e Edy Gomes Carollo (artistas plásticos), respectivamente, que delinearão a trajetória educacional e profissional do autor. Formado em Química Industrial, Licenciaturas em Química e Física e recentemente em Engenharia Química atuou primeiramente nas áreas técnicas de análise de ferro fundido com espectrofotometria, formulação de tintas e vernizes, assistência técnica e produção de resinas à base de colofônia.

Na área da educação, iniciou em 1994 lecionando Química em algumas escolas particulares e cursinhos tendo também lecionado Física e Matemática em diversas instituições. Em 2009 entrou para o Estado para lecionar Física, no Instituto Paulo da Gama e, no ano seguinte, foi transferido definitivamente, a seu pedido, para a escola atual, onde fez seu Ensino Médio e Técnico, o Colégio Estadual Dom João Becker de Porto Alegre, atualmente sendo professor do Curso Técnico em Química, nas disciplinas de Corrosão, Processos Industriais, Físico-Química, Operações Unitárias, Estatística e Metrologia, e, Qualidade, Saúde e Segurança do Trabalho e Física e Matemática no Ensino Médio. Atualmente somente está lecionando Física e Matemática neste nível, juntamente com mais dois colegas professores. No ano de 2019, assumiu, também, a proposta de criar na escola uma Sala "Maker" com Robótica Educacional concomitante a um Laboratório de Física, buscando com isso, dar mais sentido ao ensino de Física, estimulando pequenos grupos de alunos a pesquisar e programar em Arduino, buscando solucionar algumas missões dadas a eles, primeiramente com instruções básicas, como acender alguns LED's, programar sensores Ultrassom, de temperatura, de radiação e, por fim serem capazes de montar e comandar um carrinho por "Bluetooth".

Essa ideia de inovação na forma de ensinar, como Salas de Aula Invertida, Ensino por Projetos e Movimento "Maker" motivaram muito a trilhar caminhos não convencionais para o ensino de Ciências. O Becker, em 2020 está contando com 7 turmas de EM de 1º ano, 4 turmas de 2º ano e 3 turmas de 3º ano e mais as turmas do Curso Técnico em Química (3 etapas = 3 turmas) e com o Curso Técnico em

Informática (com 3 etapas também), com cerca de 500 alunos matriculados, cujo perfil é de classe média baixa e cerca de 20% de classe social baixa.

A prática docente do autor sempre foi voltada para as tecnologias inovadoras na educação, como o uso rotineiro da sala de informática, muito por ter forjado a sua trajetória primeiramente em ambientes muito desafiadores, como escolas particulares de Porto Alegre (Santa Inês, Vera Cruz, ACM e Santo Antônio) e cursinhos (Ativação, Uniforte, Elite, Teorema, Unificado Concursos, entre outros).

As inspirações de sempre querer ser melhor que o dia anterior fizeram trilhar essa jornada de graduações, buscando o aprimoramento profissional e o conhecimento motivados sempre pela grande curiosidade científica. A vontade, resiliência e superação de todos os problemas pessoais que surgiram ao longo do caminho, sendo de poucas posses e consciente que o desfecho dependia basicamente da força de vontade própria, sem incentivo financeiro e tendo que trabalhar para manter a si próprio e a sua família. Hoje com a sua experiência, já fazendo um mestrado, ainda há muita vontade de melhorar a educação do Brasil como sempre imaginou tentando ser uma pessoa melhor a cada dia. Para isso, sentiu a necessidade de fazer os alunos ter mais interação com a Ciência de uma forma que eles pudessem, a partir de um problema social de suas realidades, ter um novo olhar para esta área de conhecimento, tão deixada de lado para muitos alunos que desejam continuar seus estudos.

Algo que sempre intrigou o autor, nestes anos de docência, são os conteúdos engessados, conforme Roso *et al.*, (2016) que não trazem discussões para a sala de aula, que apenas refletem o que as universidades exigem como conteúdo mínimo para seus vestibulares. Muitos professores utilizam tais conteúdos visando tão apenas que o espaço da sala de aula sirva como um trampolim para o ensino superior.

Acredita-se que todo o conteúdo a ser abordado dentro do espaço escolar deve ter relação com a vida dos estudantes e deve ser relevante para debates e discussões a fim de resolver problemas da sociedade. Para isso, a realização de currículos temáticos, envolvendo a interdisciplinaridade, propostas de investigação e pesquisa baseados em resolução de problemas sociais, de acordo com estudo de Mozena; Ostermann, (2014), traria mais sentido aos esforços dos estudantes com relação aos conteúdos ao mesmo tempo que promoveria a motivação em cada um de ser mais participativo, discutindo questões relevantes e tentando encontrar soluções para as situações debatidas. Nesse sentido, no mestrado, deparou-se com a necessidade de entender a educação básica como um espaço de formação para cidadania, viabilizando que os alunos e as alunas

aprendam a ciência como uma forma de ganhar autonomia, como define Freire (2013a), e de serem capazes de se posicionar frente às diferentes situações que se lhes apresentam no dia-a-dia (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Uma forma possível de alcançar tal objetivo é por meio da inserção, na sala de aula, de questões sociocientíficas (SADLER; BARAB; SCOTT, 2007; SADLER; DONNELLY, 2006; SADLER; ZEIDLER, 2005; ZEIDLER *et al.*, 2002, 2005; ZEIDLER; NICHOLS, 2009), isto é, por meio da apresentação e estudo sobre problemas que têm três características: são socialmente relevantes, dependem da ciência para serem entendidos, e são controversos (SANTOS; MORTIMER, 2000).

Ao trazer um tema sociocientífico para sala de aula, tem-se como objetivo fomentar a alfabetização científica (AULER; DELIZOICOV, 2001; OLIVEIRA, 2010; SASSERON; CARVALHO, 2011) e o desenvolvimento da autonomia dos estudantes (FREIRE, 2013), trabalhando, portanto, no sentido de mobilizar os conhecimentos científicos para uma formação para a cidadania (PINHÃO; MARTINS, 2016).

Portanto, o produto educacional desenvolvido e aplicado foi concebido a partir do encontro das ações e experiência com robótica do autor, por um lado, com a perspectiva de questões sociocientíficas e educação para a cidadania deparados durante o mestrado. Ao longo do processo de concepção e criação do produto, sentiu-se a necessidade de introduzir outras abordagens para contribuir com o processo de aprendizado dos alunos. Assim, chegou-se à conclusão de que o produto deveria ser criado sobre quatro eixos principais: questões sociocientíficas (ZEIDLER; NICHOLS, 2009), abordagem histórica (MATTHEWS, 1995), atividades investigativas (SASSERON, 2018) e aula expositivo-dialogada (FREIRE, 2013b). Ainda, as atividades foram organizadas, ao longo da sequência, com um sentido específico, de forma a culminar em um debate (no formato de um júri simulado), para que, ao final da sequência, os alunos possam se posicionar criticamente sobre uma questão sociocientífica – o que deve ser um dos objetivos da educação básica (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Por fim, a área de Ensino de Física aponta há muito tempo a necessidade de um maior esforço para inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica (OSTERMANN; MOREIRA, 2000). As pesquisas sobre livros didáticos mostram que os livros do Plano Nacional do Livro Didático apresentam apenas tópicos iniciais, contendo erros históricos, e reforçam visões ingênuas sobre a relação entre ciência e sociedade (LIMA; OSTERMANN; CAVALCANTI, 2017). Uma vez que o autor trabalha com turmas de terceiro ano, decidiu-se propor uma sequência

didática sobre interação da radiação com a matéria e efeitos biológicos da radiação. Existem já outros trabalhos publicados no contexto do Mestrado Profissional Nacional sobre o tema (FRANÇA, 2017; JESUS, 2015; PINHEIRO, 2016; SOUZA, 2019). Nosso trabalho se soma, portanto, a outros esforços de renovar o currículo da educação básica, tendo a especificidade, entretanto, de se apoiar sobre os eixos mencionados.

Assim, levando em consideração que Física Moderna, é um tema pouco abordado no Ensino Médio apesar de ela permear grande parte das tecnologias que nos cercam e compõem nosso mundo, foi decidido que o tema de Física a ser abordado no produto seria a Física das Radiações, na qual está presente tópicos sobre a natureza da luz e da matéria assim como a interação da radiação com a matéria, desenvolvidos no início da Teoria Quântica, no início do século XX.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Desenvolver e implementar uma sequência didática sobre Física Moderna, envolvendo radiações ionizantes e efeitos biológicos da radiação, visando promover a autonomia dos alunos, por meio da integração de quatro eixos didáticos: a abordagem de questões sociocientífica, a abordagem histórica, a abordagem investigativa e a aula expositiva-dialogada.

2.2. Objetivos Específicos

- a) Fomentar a reflexão dos alunos sobre questões sociocientíficas que envolvem o uso de radiações ionizantes, de forma que eles possam se posicionar sobre o tema.
- b) Apresentar conceitos fundamentais sobre radiações ionizantes e efeitos da radiação que precisam ser mobilizados para que possam se posicionar sobre os problemas sociocientíficos, partindo de concepções iniciais dos próprios estudantes, em aulas expositivas-dialogadas.
- c) Desenvolver reflexões históricas sobre o desenvolvimento da ciência e da tecnologia.
- d) Mobilizar diferentes métodos de ensino oportunizando várias formas de apropriação do tema estudado
- e) Viabilizar que os alunos entrem em contato com dados reais sobre radiação e interpretem tais dados em planilhas eletrônicas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Freire (2013a) destaca que ensinar não é apenas “transferir conhecimento”, mas que o educador deve criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção. O ato de ensinar, diz ele, não existe sem o ato de aprender. Sua crítica se dá com relação ao ensino chamado de “bancário”, onde o educando não é o ator central do processo, onde inexistente o diálogo, a discussão crítica e a troca de ideias, onde somente o detentor do conhecimento, o professor, despeja os conteúdos sem se preocupar se existe alguma aplicação social na comunidade, quais são os saberes prévios de cada um, se o aluno teria alguma solução para um problema real da sua vida, ou mesmo se aquele conteúdo faz sentido para ele.

Assim, os pressupostos teóricos freireanos motivam este trabalho, que busca promover a autonomia do educando, a predominância do formar ao invés de treinar, o respeito e lealdade na crítica em relação ao outro, a capacidade de conviver com o diferente e reconhecer que cada indivíduo tem o seu tempo para aprender, a reflexão crítica sobre a prática, pois “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para a sua produção ou a sua construção”, “quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender”(FREIRE, 2013, p. 12).

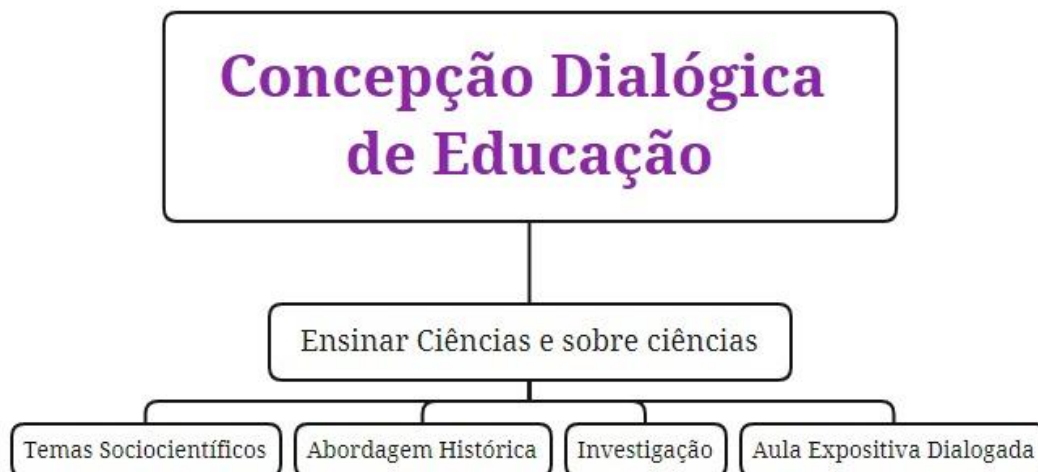
Entre outras coisas, Freire preconiza como importante para o ato de ensinar:

- Ensinar exige rigorosidade metódica (p. 28);
- Ensinar exige pesquisa (p. 30);
- Ensinar exige respeito aos saberes dos educandos (p. 31);
- Ensinar exige criticidade (p. 32);
- Ensinar exige risco, aceitação do novo e rejeição a qualquer forma de discriminação (p. 36);
- Ensinar exige reflexão crítica sobre a prática (p. 39);
- Ensinar exige a convicção de que a mudança é possível (p. 41);
- Ensinar exige curiosidade (p. 82);
- Ensinar exige comprometimento (p. 94);
- Ensinar exige tomada consciente de decisões (p. 106);
- Ensinar exige saber escutar (p. 110);
- Ensinar exige disponibilidade para o diálogo (p. 132).

Um grande desafio é pensar como a educação pode incorporar tal visão freireana. No contexto em que vivemos, em que a ciência faz parte de toda nossa vida, estando presente no nosso trabalho, em questões relacionadas à saúde, e modo de vida, é importante que os alunos não somente entendam os conteúdos da ciência, mas também desenvolvam uma noção sobre o que é a ciência, por que devemos confiar na ciência, quais as limitações de modelos científicos, entre outros aspectos (CHASSOT, 2003).

Para que isso possa ser feito, é importante valer-se de diferentes métodos e abordagens capazes de permitir aos educandos um maior contato com a Física, até conseguir desenvolver a autonomia que Freire propõe. Existem várias formas de buscar tal pluralidade metodológica na sala de aula (ALLCHIN; ANDERSEN; NIELSEN, 2014). Neste trabalho, adotou-se quatro pilares: discussão de questões sociocientíficas (QSC) (ZEIDLER; NICHOLS, 2009), abordagem histórica (MATTHEWS, 1995), abordagem investigativa (SASSERON, 2018) e aula expositiva dialogada (FREIRE, 2013b). Pode-se sintetizar o referencial teórico deste trabalho na Figura 1.

Figura 1 - Estrutura do referencial teórico do trabalho.



Fonte: o autor.

Na sequência, é apresentado, em linhas gerais, o entendimento sobre cada um desses métodos que foi utilizado na concepção do produto educacional bem como uma justificativa do sentido em que essas atividades devem ser realizadas ao longo do produto.

3.1. Questões Sociocientíficas

Na segunda metade do século XX, surgiram diferentes estudos que passaram a olhar para a ciência levando em consideração sua dimensão social. Em especial, a obra *Silent Spring* (CARSON, 1994) mostrou possíveis efeitos do avanço tecnológico na sociedade moderna, e *A Estrutura das Revoluções Científicas* (KUHN, 1970) apresentou uma descrição sociológica do desenvolvimento científico.

Nesse contexto, surgiu o campo denominado Estudos das Ciências (*Science Studies*), ou Estudos das Ciências, Tecnologia e Sociedade (CTS) (LATOURET, 2013) dedicado a tomar não somente as comunidades e as práticas científicas como produtos sociais mas, também, o próprio conhecimento científico, como foi explicitamente defendido no Programa Forte da Sociologia (BLOOR, 1991). Esse campo de estudo, além das pesquisas, teve desdobramentos sobre a promoção de políticas públicas e sobre a educação (LINSIGEN, 2007).

No Brasil, há muitas especificidades do contexto nacional que desafiam a possibilidade da inserção de um ensino verdadeiramente CTS (AULER; BAZZO, 2001). Em especial, as desigualdades sociais e o baixo número de instrumentos para o exercício da cidadania demandam uma discussão mais profunda e ampla sobre o projeto de país que estamos estabelecendo. Nesse sentido, o ensino CTS pode ser implementado com diferentes níveis dependendo da profundidade com que se possa adentrar nos aspectos sociais e direcionar a discussão para viabilizar o aumento da autonomia epistêmica dos estudantes (FREIRE, 2013a).

Em especial, nesse trabalho, está presente a concepção de alfabetização científica ampliada (AULER; DELIZOICOV, 2001), segundo a qual não são os problemas sociocientíficos que devem ser mobilizados para motivar o estudo da ciência, mas os conhecimentos científicos é que devem ser mobilizados para que os estudantes possam se posicionar com maior autonomia em relação aos problemas sociocientíficos. Ou seja, o objetivo final não é apenas o aprendizado de conceitos, mas sua apropriação, aumentando a autonomia do cidadão e suas tomadas de decisões, principalmente sobre aspectos sociocientíficos, o qual só pode ser conquistado com melhor entendimento sobre a ciência, suas práticas e valores.

Nesse sentido, é importante não somente apresentar a dimensão social da ciência, mas também enfatizar o potencial que o conhecimento científico tem em dar respostas a problemas contemporâneos (LIMA; NASCIMENTO, 2019). Afinal, é com ciência que

saímos de uma pandemia, é com ciência que combatemos o aquecimento global e é, com ciência, que podemos traçar caminhos para desenvolver uma sociedade mais justa e sustentável, desde que isso seja feito em diálogo com os diferentes setores da sociedade e através dos diferentes mecanismos do processo democrático.

Portanto, o primeiro eixo sobre o qual o produto desenvolvido se apoia é a discussão de temas sociocientíficos (ou questões sociocientíficas)¹. Tal proposta tem a função de provocar a crítica, o diálogo e a discussão de ideias a partir de um tema gerador envolvendo o conteúdo da Física, que faça com que os estudantes tenham poder de discernimento a respeito dos benefícios e riscos na qual o assunto possa gerar na sociedade, não somente pelo fato de levantar hipóteses, mas de construir soluções para problemas que envolvam tal conhecimento.

Em especial, define-se a abordagem com questões sociocientíficas da seguinte forma:

As questões sociocientíficas (QSC) envolvem o uso deliberado de tópicos científicos que requerem que os alunos se envolvam em diálogo, discussão e debate. Geralmente, são controversos por natureza, mas têm o elemento adicional de exigir um certo grau de raciocínio moral ou avaliação de questões éticas no processo de tomada de decisões quanto à possível resolução dessas questões. A intenção é que tais questões sejam pessoalmente significativas e envolventes para os alunos, exigem o uso de dados baseados em evidências, raciocínio e fornecer um contexto para a compreensão das informações científicas (ZEIDLER; NICHOLS, 2009, p. 49, nossa tradução).

Zeidler e Nichols (2009) argumentam ainda que o campo da QSC afasta-se de abordagens CTS usuais, pois levam em conta, também, questões da psicologia da aprendizagem. Isto é, além de discutir as interrelações entre ciência, tecnologia e sociedade, o campo das questões sociocientíficas também é informado pela discussão sobre a aprendizagem. Em especial, os autores apontam que os alunos, em geral, não pensam no seu dia a dia sobre a segunda lei da termodinâmica, sobre o binômio de Newton ou sobre a força de Lorentz, mas sobre temas que lhes dizem respeito e que os afetam diretamente. Assim, o tema sociocientífico conecta-se à discussão do aprendizado na medida em que adota discussões que dizem respeito ao universo dos estudantes; fazendo valer a máxima de que deve-se partir dos conhecimento prévios dos estudantes para debates e obtenção de soluções envolvendo a ciência para as QSC.

Existem diversas formas de trazer problemas sociocientíficos para a sala de aula. Uma forma, por exemplo, seria partir de temas trazidos pelos próprios estudantes.

¹ Em português, a sigla para questões sociocientíficas pode ser QSC, em inglês a sigla é SSI (socio-scientific issues)

Normalmente, essas propostas exigem uma abordagem interdisciplinar e uma maior flexibilidade curricular para poder tratar os temas trazidos. Outra forma possível é o professor levar temas sociocientíficos contemporâneos a partir de eventos e acontecimentos contemporâneos, que aparecem, por exemplo, em reportagens de revistas e jornais (GARCÍA-CARMONA; ACEVEDO DÍAZ, 2016). Ao trazer reportagens, também, enfatiza-se o espaço educacional como um ambiente de leitura e escrita (LIMA; OSTERMANN; CAVALCANTI, 2018). Assim, o ponto de partida de uma discussão sociocientífica pode ser notícias contemporâneas, a partir das quais o tema sociocientífico passa a ser discutido na sala de aula e os conhecimentos de Física são mobilizados para melhor compreensão da questão.

3.2. História da Ciência

O segundo eixo sobre o qual o produto educacional desenvolvido se apoia é a abordagem da história da ciência. Para qualquer pessoa que se dedica ao ensino das ciências, é muito importante fornecer ao estudante uma visão da busca eterna pelo conhecimento empenhado pelos cientistas e pesquisadores ao longo do tempo. Assim, a ciência deve ser mostrada como uma construção humana (CHASSOT, 2018), que ocorre com acertos e falhas, algumas vezes com certo grau de criatividade e, também, com alguns aspectos atribuídos ao acaso ou a sorte.

Nesse contexto, é de suma importância que os alunos tenham essa visão da ciência imperfeita, mas que está sempre em busca da correção. Em muitos casos, professores não contextualizam com a história dando a impressão de que a ciência nasceu pronta, quando, na verdade, essa visão entra em conflito com a própria ciência. O conhecimento da história da ciência deixa em aberto a possibilidade de existir alguma lacuna na teoria que um dia pode ser confrontada e se tornar ultrapassada por uma teoria mais abrangente e que consiga explicar mais fenômenos (MATTHEWS, 1995). Enfim, a utilização da história no ensino de ciências, além de valorizar todos aqueles que de uma forma ou outra contribuíram para seu desenvolvimento, oportuniza aos alunos uma forma mais complexa do pensar científico como uma evolução em caminho da perfeição.

3.3. Atividades Investigativas

O terceiro eixo sobre o qual se apoia o produto a ser apresentado são as atividades investigativas. Há muito tempo, na literatura da educação, há propostas que enfatizam a

necessidade de os estudantes se engajarem em investigações – como o que propõe Pedro Demo em sua proposta de educar pela pesquisa (DEMO, 1997). Várias discussões sobre ensino por investigação enfatizam a importância de alunos se engajarem na resolução de problemas de pesquisa, desenvolvendo habilidades que ultrapassem a resolução de exercícios fechados. Tal proposta exige que os alunos se debruçam sobre problemas concretos e podem ter diferentes abordagens (SASSERON, 2018).

Qual vai ser o grau de autonomia e independência que os alunos recebem em um processo investigativo depende não somente do objetivo pedagógico a ser alcançado, mas do contexto pedagógico concreto. Práticas menos diretivas podem demandar mais tempo, ou exigir mais recursos, o que muitas vezes não é possível. Por esse motivo, foi adotado o pressuposto de que é importante que os alunos se engajem em atividades que fujam do perfil tradicional das listas de exercícios e que permitam eles se debruçarem, por exemplo, sobre dados concretos, interpretando-os e analisando-os. Mesmo atividades que não sejam totalmente abertas e que apresentem os alunos apenas a uma parte do processo de investigação têm um potencial de promover novas reflexões sobre a prática e o conhecimento científicos.

No presente trabalho, por exemplo, os alunos tiveram que trabalhar (analisar, interpretar, manipular) com dados coletados por um detector de radiação programado em uma placa Arduino. Ou seja, os alunos trabalharam e responderam perguntas sobre dados concretos, obtidos em um experimento real.

Ao trazer dados concretos para sala de aula, permite-se que os estudantes se engajem em uma atividade diferente da qual estão acostumados. Ainda que, dependendo do contexto, os alunos não possam participar de todo processo de investigação, essa abordagem traz novas experiências e reflexões sobre a ciência.

A escolha do Arduino para executar a atividade investigativa se dá por diferentes motivos. Em especial, na literatura, se encontram as seguintes vantagens:

O Arduino é diferente de outras plataformas presentes no mercado em razão dos seguintes fatores: » Trata-se de um ambiente multiplataforma; ele pode ser executado no Windows, Macintosh e Linux. » Tem por base o IDE de programação *Processing*, ambiente de desenvolvimento fácil de ser utilizado e que costuma ser empregado por artistas e designers. » Pode ser programado utilizando-se um cabo USB, sem necessidade de uma porta serial. Esse recurso é útil, uma vez que muitos computadores modernos não têm portas seriais. » É um hardware e software de fonte aberta – se você quiser, pode fazer o download do diagrama de circuito, comprar todos os componentes e criar seu próprio Arduino, sem ter de pagar nada aos criadores originais. » O hardware é barato. A placa USB custa cerca de €20 (atualmente, algo em torno de US\$35) e substituir um chip queimado é muito fácil, além de não custar mais do que €5 ou US\$4. Justamente por isso, seus eventuais erros não acarretarão grandes prejuízos. » Há uma comunidade ativa de usuários, com muitas pessoas que

podem ajudá-lo. » O Arduino Project foi desenvolvido em um ambiente educacional; portanto, é ideal para iniciantes que desejam resultados rápidos (BANZI, 2011, p. 17–19).

Basicamente, o Arduino consiste de um hardware específico e um software que permite sua programação:

O Arduino é formado por dois componentes principais: a placa Arduino , elemento de *hardware* com o qual trabalhamos ao construir objetos; e o ambiente de desenvolvimento integrado do Arduino , ou IDE, *software* executado no computador. Você usará o IDE na criação de um *sketch* (esboço, um pequeno programa de computador) cujo *upload* deve ser feito para a placa Arduino . O *sketch* dirá a placa o que fazer” (BANZI; SHILOH, 2015, p. 31).

O uso do Arduino no contexto pedagógico tem grande potencial para ser explorado e promover atividades investigativas. Uma primeira forma de usar o Arduino no contexto pedagógico seria permitir que a turma se engajasse em movimentos de programação, como o movimento *maker*, definido da seguinte forma:

O movimento *maker* é uma evolução do Faça Você Mesmo (ou *Do-It-Yourself*, em inglês), que se apropriou de ferramentas tecnológicas como a placa Arduino , impressoras 3D, cortadoras a laser, kits de robótica e máquinas de costura, para incentivar um aprendizado a partir da criação e descoberta. A internet, ao conectar “fazedores” e facilitar a divulgação de vídeos e manuais de experiências, também foi responsável pela popularização da cultura (RAABE; GOMES, 2018, p. 20).

Conforme comentado, entretanto, a participação em movimentos como o *maker* depende do contexto pedagógico. Nem todas as escolas dispõem de material ou tempo para execução desse projeto em sua organização curricular. Uma alternativa é propor atividades um pouco mais diretas, mas que exijam dos alunos o tratamento de dados por exemplo. Assim, uma segunda forma de se usar o Arduino na sala de aula seria o professor construir um protótipo de modelo e coletar dados físicos reais para serem utilizados pela turma. Nesse caso, o trabalho de investigação da turma consistiria em lidar com os dados e tirar conclusões sobre o fenômeno estudado².

Em especial, no caso de coletas de dados, essas informações podem ser armazenadas em planilhas eletrônicas, que serão manipuladas pelos estudantes para tirar conclusões sobre o fenômenos físico. Assim, ao trabalhar com planilhas eletrônicas, os estudantes não somente se envolvem em uma atividade investigativa, que demanda a análise e interpretação de dados, como se familiarizam com o uso de uma ferramenta

² Como será discutido na descrição do produto, neste trabalho, optou-se pela segunda forma de trabalhar com o Arduino devido às restrições impostas pela pandemia de COVID-19.

computacional, extremamente comum e muito útil na resolução de diferentes problemas – como é discutido por Betz e Teixeira, (2012). Em especial, como os autores comentam, o uso de planilhas eletrônicas permite que se interpretem dados, construam-se gráficos, entre outros procedimentos importantes para análise de fenômenos físicos.

3.4. Aula expositiva dialogada.

A aula expositiva dialogada é uma estratégia caracterizada pela participação ativa dos alunos no desenvolvimento dos conteúdos durante toda a sequência de aulas por meio do diálogo. Ela tem por objetivo discutir os conteúdos considerando o conhecimento prévio dos estudantes, tendo no professor um papel de mediador, de condutor da trajetória de construção dos conhecimentos.

O professor provoca a dúvida em certos momentos, contextualizando o tema, para que haja questionamentos, críticas, interpretações e discussões sobre o objeto de estudo. Nesse sentido, a técnica aprimora o diálogo entre professor e alunos melhorando a participação e envolvimento dos estudantes e criando um melhor vínculo entre as partes contribuindo também para criar uma atmosfera crítica na sala de aula em torno de um assunto, o que vai ao encontro dos ideais freireanos (Freire, 2013b).

De acordo com OLIVEIRA *et al.*, (2018) existem muitas vantagens para utilização desta abordagem didática, como permitir aos docentes e educandos uma melhor interação, com o cuidado de respeitar a opinião de cada um, usando, para tanto, um questionamento prévio sobre os saberes dos estudantes, tendo em vista a proposição dialógica na sala de aula de conceitos equivocados demonstrados nestes questionários prévios. Esse cuidado é importante para que o professor possa entender o que e como o aluno estava pensando para produzir a resposta e tentar conduzi-lo sem ofender o seu ponto de vista, mas mostrando o caminho adequado para um dado conceito. Essa proposta é profícua em época de pandemia, em que a forma de se fazer essa troca entre professor e aluno ocorreu de forma remota síncrona.

A estratégia da aula expositiva dialogada caracteriza-se pela exposição de conteúdos, não sendo o professor o dono do conhecimento, mas com a participação efetiva dos estudantes em discussões, questionamentos e interpretações dos objetos de estudos, reservando ao professor o papel de mediador do processo, de antemão considerando o conhecimento prévio dos educandos e colocando situações e suposições

para que o entendimento seja alcançado por meio desta troca de ideias (HARTMANN; MARONN; SANTOS, 2019).

Além de usar esses quatro pilares, neste trabalho, entende-se que há um sentido específico em que os pilares devem aparecer. Dialogando com a noção freireana de autonomia, entende-se que o objetivo final da sequência didática é a tomada de decisão dos alunos frente a uma situação concreta. Auler e Delizoicov (2001) também argumentam que devemos apresentar os conhecimentos científicos para resolver um problema real. Esse sentido da organização didática faz com que a ciência seja apresentada para o ganho de autonomia dos alunos, como defende Freire. Por isso, o sentido das aulas segue a proposta representada na Figura 2.

Figura 2 - Sentido da proposta didática.



Fonte: o autor.

4. A FÍSICA DAS RADIAÇÕES

Apresenta-se ao longo deste capítulo, alguns conceitos que foram importantes para a construção do produto educacional.

4.1. Conceito de Radiação

Segundo Okuno e Yoshimura (2016), radiação é energia em trânsito emitida por uma fonte e transmitida através do vácuo ou de meios materiais. Para Hewitt (2006), o termo “radiação” é vinculado à forma de transmissão das ondas eletromagnéticas emitidas pelo Sol (que são emitidas de forma “radial”), sendo, portanto, a energia transmitida dessa maneira denominada de energia radiante. Tipler e Llewellyn (2001) não trazem uma definição específica para o termo radiação, apesar de mencionar a radiação térmica quando tratam da radiação de corpo negro, perigos para a saúde, dose, radiação eletromagnética como partícula e onda, radioatividade, etc.

4.2. Classificação das Radiações

Existem diferentes formas de classificar a radiação, dependendo do critério adotado. Primeiramente, podem se dividir as radiações em corpusculares e ondulatórias, usando como critério o transporte de massa. Os nomes utilizados, atualmente, podem ser considerados inadequados devido à natureza dual da radiação (LIMA; CAVALCANTI; OSTERMANN, 2021), pois – inicialmente – imaginava-se que a luz (que não tem massa) seria uma radiação ondulatória, enquanto radiações com massa seriam somente corpusculares. Hoje sabe-se que ambas formas de radiação possuem comportamento dual. Assim, seria mais adequado simplesmente classificar as radiações entre aquelas que transportam ou não massa. No caso, todo espectro eletromagnético se classifica no caso de radiação que não transporta massa.

Assim, pode-se citar como exemplos de radiação sem massa todo o espectro eletromagnético (ondas de rádio, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama). Por outro lado, as radiações com massa são a beta menos (elétrons), beta mais (pósitrons), prótons, nêutrons, alfa (dois prótons e dois nêutrons) (OKUNO; YOSHIMURA, 2016).

Outra forma de classificar a radiação se refere à sua capacidade de ionização (ejetar um elétron ligado de um átomo). Assim, as radiações podem ser classificadas

como ionizantes ou não ionizantes. Todas as radiações corpusculares são ionizantes. Além disso, a radiação gama, X e parte do ultravioleta são ionizantes. O restante do espectro eletromagnético é não ionizante. Como, no produto educacional desenvolvido, são discutidas radiações eletromagnéticas em maior profundidade, o espectro eletromagnético é explorado na próxima seção.

4.3. O espectro Eletromagnético e alguns parâmetros físicos

Quando uma partícula carregada eletricamente se move de forma acelerada, ela emite radiação eletromagnética (GRIFFITHS, 2010). A radiação emitida pode ter diferentes frequências (HEWITT, 2006). As frequências mais baixas estão associadas às ondas de rádio. Micro-ondas têm frequências mais altas que o rádio, depois tem-se as ondas infra vermelhas, a luz visível, a radiação ultravioleta, os raios-X e os raios gama.

Ondas eletromagnéticas (OEM) com frequências de vários milhares de hertz (kHz) são classificadas como ondas de rádio de frequência muito baixa. Frequências de milhão de hertz (MHz) situa-se no meio da banda de rádio AM. A banda de televisão, de frequências VHF (“*Very High Frequency*”) começa em cerca de 50 MHz, e a de rádio FM vai de 88 a 108 MHz. A partir daí, começa a faixa das frequências UHF (“*Ultra High Frequency*”), seguidas das micro-ondas e das chamadas “ondas de calor” ou infravermelhas. Em frequências acima do infravermelho, tem-se a luz visível, que consiste em menos do que 1% do espectro eletromagnético, sendo uma faixa estreita com cerca de 100 trilhões de oscilações por segundo, variando do vermelho ($4,3 \cdot 10^{14}$ Hz) ao violeta ($7,5 \cdot 10^{14}$ Hz). Frequências mais altas, logo acima da luz visível, compreendem a região do ultravioleta. Estas ondas de frequências mais altas provocam queimaduras na pele e podem levar ao câncer. Algumas R-UV podem ionizar o átomo de carbono. Frequências acima do UV se estendem para as regiões dos raios-X e raios gama, sendo perigosas para a vida por serem radiações de pequeno comprimento de onda, grande penetração e grande energia, podendo causar a mutação genética ao serem capazes de romper as moléculas de DNA da célula.

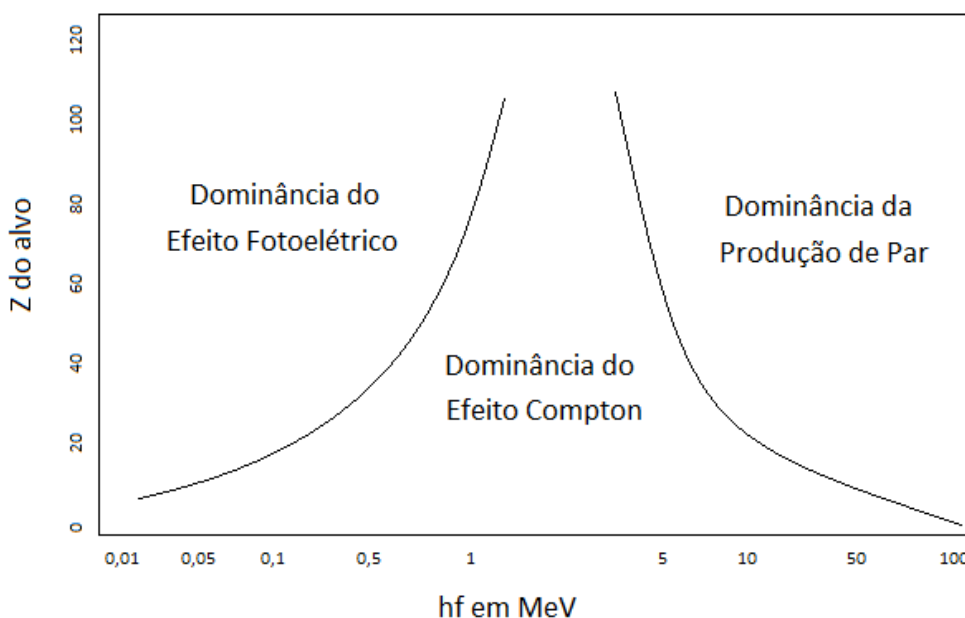
4.4. Interação da radiação com a matéria

As interações da radiação com a matéria nos indicam quais os mecanismos que a radiação opera e nos dão pistas sobre a natureza tanto do meio incidente como da própria radiação. As partículas associadas às radiações eletromagnéticas, os fótons, ao

atravessarem a matéria, são responsáveis pela sua ionização indireta, realizando processos de transferência de energia para partículas carregadas do material atravessado (elétron ou pósitron) e em segundo estágio, a deposição de energia nessas partículas carregadas. Estão relacionados com a probabilidade de interação fóton-matéria: a energia do fóton incidente, a densidade do meio e o seu número atômico. Essa probabilidade de interação é denominada seção de choque e pode ocorrer tanto no núcleo atômico como na eletrosfera.

As interações da radiação com os elétrons orbitais do material incidente podem ser classificadas em espalhamento Thomson, espalhamento Rayleigh, o efeito Compton e o efeito fotoelétrico (OKUNO; YOSHIMURA, 2016). Os espalhamentos Thomson e Rayleigh não serão abordados também neste trabalho, pois a ordem de energia da radiação para esses dois casos é muito baixa e o maior interesse está em situações que provoquem a ionização da matéria. Evans (1955) ilustra, na Figura 3, a divisão entre as predominâncias das três principais interações dos fótons com a matéria em relação ao número atômico (Z) e da energia do fóton (hf): as regiões em que o efeito fotoelétrico, efeito Compton ou produção de pares são dominantes.

Figura 3 - Predominância dos três tipos de interação de fótons com a matéria em função da energia e do número atômico



Fonte: *The Atomic Nucleus*, R. D. Evans – McGraw–Hill 1955, p.712, tradução do autor

4.4.1. O Efeito fotoelétrico

O efeito fotoelétrico é um processo de interação de um fóton com um elétron fortemente ligado ao átomo do material incidente, com a completa absorção da energia desse fóton pelo elétron ocorrendo sua ejeção com uma energia cinética resultante dada pela diferença entre a energia do fóton incidente e a energia de ligação do elétron com o material, chamada de função trabalho e sendo característico de cada tipo de material alvo para a radiação. A Equação 1 abaixo representa a energia cinética do fotoelétron (E_K) ejetado pelo átomo alvo, geralmente das camadas mais internas, camada K é a mais comum, com o negligenciamento da energia de recuo do átomo por conta da sua massa extremamente grande quando comparada à de um elétron, sendo a energia do fóton dada pelo produto da constante de Planck pela frequência ($h \cdot f$) descontada a energia de ligação do elétron com o material chamada de função trabalho (φ).

$$E_K = h \cdot f - \varphi \quad (1)$$

No efeito fotoelétrico, o fóton é totalmente absorvido por elétrons internos do material alvo, principalmente das camadas K e L, ocorrendo a ionização pela ejeção do fotoelétron, bem como a excitação do íon formado, que podem relaxar deste estado excitado fazendo a emissão de um ou mais fótons, que podem conter energia na faixa de raios X (OKUNO; YOSHIMURA, 2016). A frequência mínima (f_0) ou frequência de corte, em que os elétrons escapam do metal está relacionada com a constante de Planck (h) e a função trabalho (φ) com a Equação 2

$$\varphi = h \cdot f_0 \quad (2)$$

Assim, a expressão para a energia cinética dos fotoelétrons pode ser dada apenas em função das frequências como mostra a Equação 3

$$E_K = h \cdot (f - f_0) \quad (3)$$

A energia cinética máxima dos fotoelétrons é relacionada ao potencial de corte (V_0) representado pela Equação 4

$$E_K = e \cdot V_0 \quad (4)$$

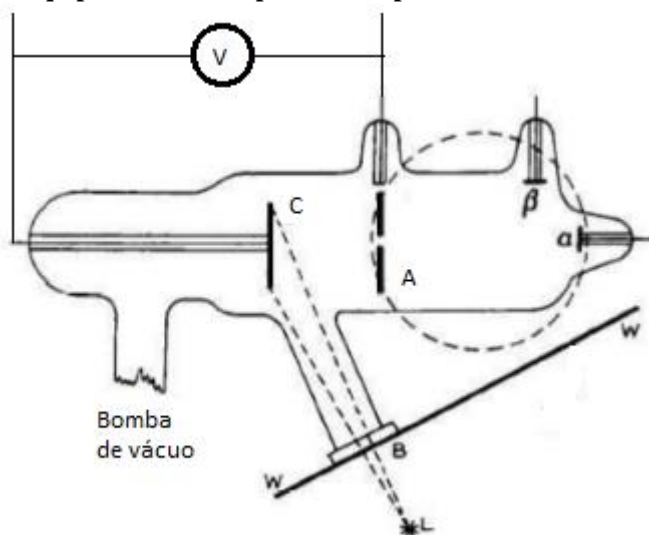
Assim, a expressão resultante da junção das duas equações foi chamada por Einstein de equação do efeito fotoelétrico, representada na Equação 5.

$$e \cdot V_0 = E_K = h \cdot (f - f_0) \quad (5)$$

Apesar de o efeito fotoelétrico ter sido descoberto por Hertz, tendo ele publicado um artigo relacionando a partículas negativas sendo emitidas pelo metal irradiado com luz, Lenard submeteu essas partículas a um campo magnético e constatou que elas tinham a mesma razão carga-massa descoberta por Thomson, conseqüentemente se tratando de elétrons.

O aparato desenvolvido por Lenard era um tubo de Crookes adaptado em que os raios catódicos podiam ser desviados por uma janela fina o suficiente para permitir a passagem dos raios para fora e forte para suportar a pressão interna, o que pode ser visto na Figura 4, em que a luz incidente diretamente sobre o cátodo (terminal negativo) do equipamento elétrons eram emitidos da placa sendo atraídos para o ânodo (terminal positivo) sendo registrada uma corrente elétrica.

Figura 4 - Equipamento usado por Lenard para estudar o efeito fotoelétrico



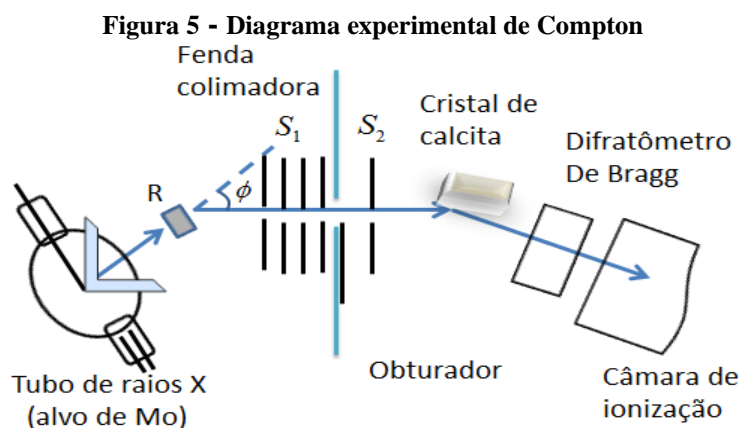
Fonte: (TIPLER; LLEWELLYN, 2001, p. 88).

Tipler e Llewellyn (2001) mencionam que Lenard chegou a conclusões interessantes sobre o fenômeno sem explicá-lo completamente. Lenard concluiu que a corrente máxima era proporcional à intensidade da luz, porém não observou uma intensidade mínima, abaixo da qual a corrente seria nula, conforme previsão da teoria clássica. Einstein, em 1905, propôs um modelo de radiação quantizada para descrever a

radiação emitida pelo corpo negro, tendo implicações para a interpretação do efeito fotoelétrico. Nesse modelo, trata-se a radiação como composta por pacotes de energias chamado de “*quantum*” esclarecendo as inconsistências que Lenard não conseguiu explicar com a teoria clássica, obtendo sucesso em experimentos realizados por Milikan entre 1914 e 1916, comprovando como correta a teoria de Einstein. Milikan, um cientista experimental meticuloso, conseguiu com isso, medir experimentalmente a constante de Planck sabendo o valor da carga elétrica elementar que já havia medido anos antes com o experimento da gota de óleo.

4.4.2. Efeito Compton

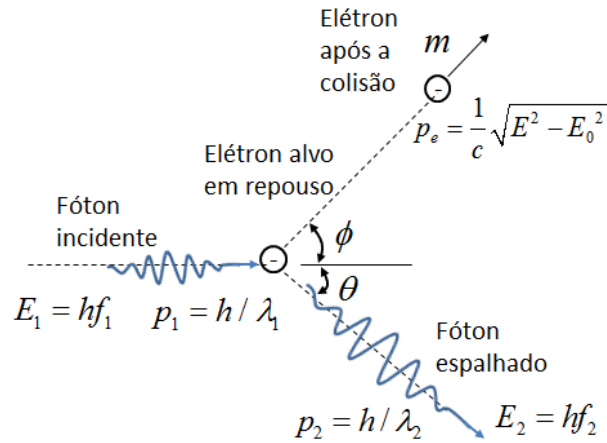
Diferentemente do efeito fotoelétrico, no qual a radiação incidente é totalmente absorvida, o efeito Compton é caracterizado pelo espalhamento da radiação, isto é, apenas parte da energia incidente é absorvida pelo elétron fracamente ligado do material alvo, colocando-o em movimento com a emissão de um fóton de energia menor do que a da radiação inicial (Figura 5). Este efeito não tinha uma explicação com a Física Clássica, pois a frequência da radiação espalhada e da incidente deveria ser a mesma. A explicação foi possível considerando-se cada fóton como uma partícula carregando um *quantum* de energia hf colidindo com um elétron considerado estacionário, transferindo-lhe energia E e espalhando uma radiação com menor energia hf' . Utilizando os princípios de conservação de momento e energia em sua forma relativística, consegue-se explicar o espectro final de espalhamento. A energia do elétron é negligenciada por ter uma ordem de grandeza bem menor que a energia da radiação incidente (raios X e gama), da ordem de 10^4 vezes menor.



Fonte: (TIPLER; LLEWELLYN, 2001, p. 94).

A demonstração da Equação de Compton abaixo nos fornece a sequência lógica obtida pelo seu trabalho a partir das considerações apresentadas de acordo com Tipler e Llewellyn (2001, p. 95–96) cujo esquema é apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Esquemática do Efeito Compton



Fonte: (TIPLER; LLEWELLYN, 2001, p. 95)

Sejam λ_1 e λ_2 os comprimentos de onda da radiação incidente e difratada respectivamente (Figura 6), os momentos são dados por:

$$p_1 = \frac{E_1}{c} = \frac{hf_1}{c} = \frac{h}{\lambda_1}$$

e

$$p_2 = \frac{E_2}{c} = \frac{hf_2}{c} = \frac{h}{\lambda_2}$$

Usando a lei da conservação do momento, tem-se:

$$\vec{p}_1 = \vec{p}_2 + \vec{p}_e$$

ou

$$p_e^2 = p_1^2 + p_2^2 - 2\vec{p}_1 \cdot \vec{p}_2$$

$$p_e^2 = p_1^2 + p_2^2 - 2p_1 p_2 \cos \theta \quad (6)$$

onde p_e é o momento do elétron após a colisão da radiação incidente e θ é o ângulo do espalhamento do fóton (Figura 6). Para a conservação de energia, utiliza-se a energia

intrínseca do elétron antes da colisão $E_0 = mc^2$ e depois da colisão sua energia passa a ser $(E_0^2 + p_e^2 c^2)^{1/2}$, obtendo-se:

$$p_1 c + E_0 = p_2 c + (E_0^2 + p_e^2 c^2)^{1/2}$$

Isolando a raiz e elevando ao quadrado, tem-se:

$$E_0^2 + c^2 (p_1 - p_2)^2 + 2cE_0 (p_1 - p_2) = E_0^2 + p_e^2 c^2$$

ou

$$p_e^2 = p_1^2 - 2p_1 p_2 + p_2^2 + \frac{2E_0}{c} (p_1 - p_2) \quad (7)$$

Juntando as Equações (6) e (7) elimina-se o momento do elétron p_e

$$\frac{E_0}{c} (p_1 - p_2) = p_1 p_2 (1 - \cos \theta)$$

Multiplicando os membros da equação por $\frac{hc}{p_1 p_2 E_0}$, fazendo $\lambda = \frac{h}{p}$ e

$E_0 = mc^2$ obtém-se finalmente a equação de Compton (8):

$$\lambda_2 - \lambda_1 = \frac{h}{mc} (1 - \cos \theta) \quad (8)$$

O parâmetro $\frac{h}{mc}$ é conhecido como comprimento de onda Compton para o elétron cujo valor é

$$\lambda_c = \frac{h}{mc} = \frac{1,24 \times 10^3 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{5,11 \times 10^5 \text{ eV}} \therefore \lambda_c = 0,00243 \text{ nm} = 2,43 \text{ pm}$$

4.5. Efeitos biológicos da radiação ionizante

Os efeitos biológicos da radiação foram relatados, inicialmente, pelas pessoas que começaram a sentir os primeiros sintomas do seu uso através da observação de seus efeitos perigosos (OKUNO; YOSHIMURA, 2016). Os principais efeitos eram dermatite aguda, queimaduras, quedas de cabelo e câncer. Dentre os casos estão queimaduras em Becquerel por transportar um frasco em um bolso da camisa, o assistente de Thomas

Edison teve amputação dos membros superiores por excesso de radiação para testar a fonte de ser fluoroscópio e efeitos cumulativos (estocásticos) em Madame Curie provocando leucemia.

Maiores dados de exposições mais críticas à radiação como nas vítimas de Hiroshima e Nagasaki e utilização de cobaias permitiu aos cientistas perceberem que os danos da radiação estavam ligados principalmente à quantidade, forma e período de exposição, além da observação dos efeitos ao longo do tempo. Ainda até hoje, usam modelos de proteção radiológica fazendo uma correlação entre a dose recebida e o efeito para valores mais elevados de dose³.

Pode-se, de uma forma geral, classificar os danos biológicos pelo mecanismo de atuação da radiação. Há dois mecanismos principais: o dano direto e o dano indireto. O dano direto acontece quando a radiação quebra diretamente a molécula de DNA, conseqüentemente produzindo fragmentos perdidos nos cromossomos, que, quando não reparados, resultam em defeitos de transcrição na divisão celular, causando mutação genética.

O dano indireto ocorre quando a radiação ionizante atua na molécula de água promovendo sua quebra (radiólise) com produção de radicais livres, altamente reativos, podendo chegar até o agente oxidante peróxido de hidrogênio, que ataca moléculas importantes como a do próprio DNA. Este mecanismo é responsável pela maioria dos efeitos biológicos da radiação pela proporção de água que tem-se no corpo.

Além disso, classificam-se os danos biológicos pelo tipo de efeito, podendo ser determinístico (tecidual) ou estocástico. As reações teciduais são os danos que resultam da morte celular de um número muito grande de células ou tecidos devido a alta dose de radiação (UNSCEAR, 1982). Estes casos ocorrem em acidentes com elementos radioativos como ocorreu no caso do Césio 137 de Goiânia, no acidente de Chernobyl e em tratamentos de câncer em que o tecido sadio é danificado pela radiação no tumor na sua vizinhança.

Para medir a quantidade de radiação absorvida por um corpo, usa-se a grandeza denominada dose, definida como a quantidade de energia absorvida por unidade de massa ($D=E/m$). A unidade de dose é o Gray (Gy) que equivale a 1 joule por

³ A UNSCEAR (*United Nation Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation*) publica relatórios periodicamente sobre os efeitos das radiações ionizantes. Seu material está público no site <https://www.unscear.org/unscear/publications.html>

quilograma. Em especial, uma característica dos efeitos teciduais é que quanto maior a dose de radiação, maior é o efeito (OKUNO; YOSHIMURA, 2016).

Os órgãos e tecidos do corpo têm um limiar de dose média de radiação ionizante suportável para o aparecimento de sequelas, muitas vezes irreversível, como em testículos, ovários, cristalino e medula óssea de humanos adultos de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Estimativa dos limiares de dose para alguns órgãos

Tecido e efeito	Limiar de dose (Gy)		
	Dose única aguda	Dose alta total fracionada	Taxa anual de dose fracionada
Testículos Esterilidade temporária Esterilidade permanente	0,15 3,5 – 6,0	Não aplicável Não aplicável	0,4 2,0
Ovários Esterilidade	2,5 – 6,0	6,0	> 0,2
Cristalino Opacidade detectável Catarata	0,5 – 2,0 5,0	5,0 > 8	> 0,1 > 0,15
Medula óssea Depressão hematopoiética	0,5	Não aplicável	> 0,4

Fonte:(OKUNO; YOSHIMURA, 2016, p. 216)

Por outro lado, os efeitos estocásticos são alterações das células normais devido ao acúmulo de radiação ionizante que se manifestam como efeitos cancerígenos e efeitos hereditários. Estes efeitos são probabilísticos e não se manifestam em todas as pessoas de mesma forma. Os tecidos mais sensíveis à induzirem câncer são a tireoide infantil, mama feminina, medula óssea. Os tecidos menos sensíveis são tecido muscular e tecido conectivo (OKUNO; YOSHIMURA, 2016).

Ainda deve-se levar em consideração que há efeitos imediatos da radiação, como eritema no caso de efeito determinísticos, até efeitos de médio e longo prazo. No caso de efeitos estocásticos, o efeito pode se manifestar muitos anos depois da exposição à radiação.

4.6. Proteção contra a radiação ionizante

A proteção radiológica ou também chamada de Radioproteção pode ser resumida em um conjunto de medidas, procedimentos e normas que servem para proteger os seres vivos e o ecossistema dos possíveis efeitos nocivos causados pela radiação ionizante. A Portaria 453, de 1998, do Ministério da Saúde menciona e comenta os três cuidados mais importantes para otimizar a proteção à radiação ionizante: tempo de exposição; distância da fonte; blindagem (BRASIL, 1998).

A dose de radiação recebida é diretamente proporcional ao tempo de exposição à fonte radioativa, sendo controlada pela limitação deste tempo.

$$\text{Dose} = \text{Taxa} \cdot \text{Tempo}$$

De acordo com o tipo de trabalho a ser executado em áreas nas quais existem materiais radioativos ou fontes de radiação, deve-se procurar reduzir ao máximo a dose do IOE (Indivíduo Operacionalmente Exposto) com a utilização de recursos de blindagem entre a fonte e o trabalhador, aumento da distância da fonte, além de treinamento do operador para que o tempo de exposição ao local seja mínimo, que é um dos recursos mais eficazes.

A intensidade da energia da radiação ionizante é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre a fonte e o receptor no caso de uma fonte ser puntiforme. Neste caso, define-se a radiação pelo ângulo sólido definido pela fonte puntiforme e a superfície hipotética de uma calota esférica definida pela distância r , entre a fonte de radiação e o objeto na qual se mede, durante um determinado tempo t de exposição. A expressão que relaciona as taxas de doses (\dot{D}) em relação a duas distâncias (r) é dada por:

$$\frac{\dot{D}_1}{\dot{D}_2} = \frac{(r_2)^2}{(r_1)^2}$$

A expressão nos diz que ao dobrar-se a distância entre a fonte e o alvo, a dose fica reduzida à quarta parte. A colocação de barreiras mecânicas entre o indivíduo e a fonte de radiação atenua o feixe radioativo que chega até o receptor da radiação. A escolha do tipo de barreira depende do tipo de radiação, da atividade da fonte e a taxa de dose considerada aceitável sem contar com o material da blindagem de acordo com Tauhata *et al* (2013). A blindagem deve ser específica para o local onde a fonte ficará e também para o tipo de radiação usada.

A colocação de barreiras para blindagem de radiação em instalações prevê para o seu cálculo alguns parâmetros a serem seguidos: a localização no ambiente dos geradores de radiação e as direções de incidência do feixe, o tempo de operação da máquina, as áreas vizinhas (laterais, inferiores e superiores) e a planta da instalação. Esse cálculo prevê além de uma barreira primária, uma secundária, para lidar com o espalhamento da radiação no interior do local que ocorre nos meios em que a radiação pode interagir, isto é, nas paredes, no ar e nos equipamentos dentro da sala.

Os fótons de raios X e raios gama, por terem maior energia e poder de penetração, conseguem atravessar o material da blindagem, mas pode-se determinar a redução da radiação através da energia da radiação, a natureza do material absorvedor e sua espessura. A atenuação do feixe é feita com a lei de atenuação exponencial.,

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x} = I_0 \cdot e^{-(\mu/\rho)\rho x}$$

onde μ é o coeficiente de atenuação total do material absorvedor para a energia E, x é a espessura da blindagem, μ/ρ é o coeficiente de atenuação total em massa e ρ é a densidade do material da blindagem.

5. O PRODUTO EDUCACIONAL

O produto desenvolvido parte da noção de que o objetivo da educação é promover autonomia (FREIRE, 2013a). Quando se traz tal noção para educação, deve-se mobilizar os conhecimentos científicos para que os alunos se posicionem sobre um tema concreto (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Conforme argumentam Zeidler *et al.* (2005), promover tal reflexão não é fácil e exige uma rigorosa preparação didática para que o objetivo educacional seja alcançado. Por isso, foi organizado um produto que culmina na tomada de decisão dos alunos em processo de debate (um júri simulado). Até chegar no momento do júri, os alunos passam por outras experiências didáticas que visam os preparar para tal momento. Em especial, são usadas a abordagem histórica, abordagem investigativa e aulas expositivas-dialogadas.

Conforme discutido no Capítulo 3, a abordagem de questões sociocientíficas, históricas e ensino baseado em investigação formam campos amplos dentro da área de educação em ciências. Existem diferentes propostas com diferentes graus de profundidade. O quanto se pode aprofundar em cada um dos quatro eixos depende de fatores concretos do contexto escolar. Assim, enquanto na Figura 2 foi apresentado um esquema genérico sobre como seria uma abordagem a partir do referencial teórico, neste capítulo, será discutida a estruturação concreta do produto desenvolvido.

O tempo destinado para a implementação dessa sequência didática no currículo escolar foi oito períodos. Considerando que a Física Moderna é praticamente inexistente no currículo regular, foi necessário um grande esforço para introduzir essa abordagem mesmo porque o conteúdo é bastante amplo, podendo ser explorado de outras formas também, por exemplo, trabalhando a Física de Partículas, aprofundando a Energia Nuclear, a Radioatividade além de ampliar para a Relatividade em propostas bem mais extensas com o uso de mais aulas e dedicando um trimestre inteiro para esses conteúdos.

Essas oito aulas foram, então, distribuídas ao longo da sequência didática conforme a Figura 7.

Figura 7- Produto educacional: distribuição das atividades dos três eixos em 08 aulas.



Fonte: autor

São explicadas, na sequência, em linhas gerais, as atividades desenvolvidas em cada uma das aulas na próxima seção de Aplicação do Produto.

5.1. Estrutura do Produto

No Quadro 1 é apresentada uma visão geral do produto e, depois, uma descrição mais detalhada de cada aula.

Quadro 1 - Estrutura da sequência didática.

Aulas	Sugestão de Aplicação
1	<p>Aplicação de questionários prévios sobre conceito da radiação (esse questionário serve para elaboração de todas os diálogos da sequência)</p> <p>Apresentação dos temas para debates no júri simulado e escolha das funções nos grupos.</p> <p>Apresentação da dinâmica do júri simulado (JS) e das funções de cada grupo.</p>
2	<p>Aula para apresentar reportagens para os alunos começarem a se preparar para o júri.</p>
3	<p>Aula expositiva dialogada sobre histórico da radiação e conceituação de radiação. Diálogo em aula de acordo com as respostas anteriores.</p> <p>Aplicação de um questionário sobre história da radiação e conceito de radiação</p>
4	<p>Aula expositiva dialogada sobre natureza da luz, Efeito Fotoelétrico, Efeito Compton, dualidade. Diálogo em aula de acordo com as respostas anteriores.</p> <p>Aplicação de um questionário sobre natureza da luz e efeito fotoelétrico</p>
5	<p>Aula expositiva dialogada sobre os perigos da radiação ionizante. Diálogo em aula de acordo com as respostas anteriores.</p> <p>Aplicação de um questionário sobre efeitos biológicos da radiação.</p>
6	<p>Tarefa investigativa – a partir de dados coletados de sensores UV os alunos respondem aos questionamentos por meio de interpretação desses dados.</p>
7	<p>Aula expositiva dialogada sobre aplicações da radiação ionizante e proteção radiológica. Diálogo em aula de acordo com as respostas anteriores.</p> <p>Aplicação de questionário sobre proteção radiológica</p>
8	<p>Realização do JS e avaliação da proposta.</p>

Fonte: autor

Aula 1 – Apresentação da sequência didática

Na primeira aula que compõe a sequência didática, é apresentada aos alunos a proposta a ser desenvolvida ao longo das oito aulas, para que os alunos saibam o que acontecerá, fazer combinações e definir objetivos para o final da atividade.

Antes de qualquer apresentação, os alunos são solicitados a responder um questionário inicial⁴ sobre radiação e efeitos biológicos com as suas concepções. Esse questionário é fundamental, pois as respostas dos alunos servem de ponto de partida para o diálogo em todas as aulas subsequentes.

Na sequência, a aula se inicia com o professor apresentando duas questões sociocientíficas. No caso, como o tema é radiações, os temas propostos foram: a) Deve-se usar radiações ionizantes na medicina mesmo sabendo que há riscos de efeitos biológicos? b) Deve-se permitir o uso de bronzamento artificial mesmo sabendo que há riscos de efeitos biológicos?

Como apontam Auler e Delizoicov (2001), a ciência deve ser apresentada para responder problemas concretos. Assim, na primeira aula, é apresentada a questão, que será respondida pelos alunos somente ao final do processo. Ao trazer a questão no início da atividade, também afasta-se do ensino bancário, em que todos os conceitos aparecem de forma descontextualizada. A aula 1 inicia, portanto, trazendo os alunos para sua realidade concreta.

Após se decidir o tópico a ser discutido, apresenta-se, então, que tal decisão ocorrerá por um júri simulado. Nesse momento, apresenta-se funcionamento do Júri Simulado. A proposta consiste em desenvolver um júri, para provocar a reflexão e o diálogo sobre alguns aspectos positivos e negativos de tecnologias que utilizam radiação ionizante no campo da medicina. Cada turma tem um assunto para desenvolver e os alunos são separadas em quatro grupos: os jurados (responsáveis pelo veredito final do debate), o grupo a favor (que faz pesquisas para convencer os jurados de que estão certos usando todo o tipo de recurso possível inclusive científicos, sociais, econômicos, etc.), o grupo contra (que tenta convencer os jurados do contrário) e a imprensa especializada (que faz a cobertura do evento fornecendo informações de ambos os grupos e produzindo material para divulgação). O professor desempenha o papel de orientador dos trabalhos de pesquisa, mediador do Júri Simulado e avaliador do

⁴ Os questionários estão disponíveis nos Apêndices C, D, I, L, O, S, V e W.

processo todo. Nesse momento, os alunos já são divididos em grupos de acordo com o papel que desempenharão.

Explica-se que o júri simulado ocorrerá na oitava aula. Até lá, serão desenvolvidas outras atividades didáticas para permitir que os alunos se preparem e ganhem domínio sobre o tema para desenvolver o debate.

Aula 2 – Apresentação de reportagens de jornais, revistas e mídias sociais motivadoras para a discussão e pesquisa.

Nessa aula, é apresentado o material da mídia (reportagens de jornais, revistas e mídias sociais) como ponto de partida para que os alunos possam começar a se apropriar sobre o tema sociocientífico em questão. Uma turma recebeu reportagens sobre o tema “risco de procedimentos médicos com radiação x” e a outra turma sobre “riscos dos bronzeamento artificial”.

A ideia de trazer reportagens também é fomentar a leitura e a produção de textos no contexto didático (GARCÍA-CARMONA; ACEVEDO DÍAZ, 2016), afastando-se da noção de que aprender Física é somente responder listas de exercícios (LIMA; OSTERMANN; CAVALCANTI, 2018). Para que os alunos possam se preparar para cidadania, é importante que eles percebam que a ciência está no seu dia-a-dia, que ela faz parte de tecnologias que usa, e que ele precisa se posicionar sobre temas que envolvem a ciência e a tecnologia. Portanto, trazer reportagens é uma forma de chamar a atenção dos alunos para a presença da ciência na sua vida, incentivando que ele conecte os conhecimento da sala de aula com a sua experiência real. Ou seja, ao trazer tais reportagens no início da unidade didática, permite-se que, ao discutir os assuntos específicos da Física, os alunos possam problematizá-los de forma contextual.

Aula 3– Aula expositiva-dialogada sobre a História e conceituação da radiação, Radiações Não Ionizantes e Ionizantes.

Uma vez apresentados os temas sociocientíficos, e uma vez que os alunos tomaram conhecimento de diferentes posicionamentos sobre os temas por meio de reportagens, chega-se no momento de introduzir os conceitos de Física necessários para que eles possam construir os seus argumentos sobre a questão.

Por esse motivo, na aula 3, optou-se por fazer a introdução do tema das radiações de forma histórica, trazendo elementos sobre a radioatividade, a radiação X e seu pronto aproveitamento para diagnósticos médicos, bem como toda a sequência envolvendo o desenvolvimento de várias áreas científicas como a evolução dos modelos atômicos, o nascimento da mecânica quântica, a descoberta de novas partículas subatômicas, culminando na construção de armas nucleares e usinas de energia nuclear. Ao longo dessa discussão histórica, naturalmente surge a necessidade de conceituar e formalizar conceitos sobre radiação – o que é feito ao final da aula. Posteriormente, os alunos respondem um novo questionário, podendo refletir sobre o que foi dialogado.

Aula 4 – Aula expositiva-dialogada sobre a Interação da radiação com a matéria

Nessa aula, é discutido com os alunos tópicos de Física Moderna, principalmente sobre os processos de interação da radiação com a matéria bem como sobre a natureza dual da radiação. Como essa discussão envolve a controvérsia sobre a natureza da luz e da matéria do início do século XVII ao século XX, ela foi introduzida a partir de uma discussão histórica também. Além disso, como os alunos já leram as reportagens e já estão pesquisando sobre os temas do júri simulado, a aula pode se desenvolver trazendo exemplos concretos. Além disso, sempre se dialoga, nas aulas, com as respostas dos questionários anteriores.

É importante notar que essa não é uma aula expositiva convencional. Na medida em que os alunos já estão preocupados e engajados na sua preparação para o júri e já responderam questionários anteriores, os conceitos ganham um sentido contextualizado e não são apenas fórmulas matemáticas abstratas. Ao aprender tais conceitos na aula, os alunos passam a entender o que é radiação, como ela interage e porque pode causar os danos sobre os quais leram nas reportagens. Ao final, os alunos respondem um novo questionário, podendo refletir sobre o que foi dialogado.

Aula 5 – Aula expositiva-dialogada sobre Efeitos biológicos da radiação.

Seguindo no mesmo sentido da aula 4, na aula 5, avança-se na discussão sobre os efeitos biológicos da radiação. Nessa aula, diferencia-se radiação de radioatividade, fala-se sobre o projeto Manhattan, sobre bronzeamento artificial, uso diagnóstico da radiação, entre outros. Enquanto na aula 4, discutia-se principalmente a radiação em si e

sua interação com a matéria, nesta aula já se introduzem os conceitos necessários para que os alunos entendam o que é um dano biológico e o que pode acontecer em um procedimento diagnóstico com raios X e um procedimento de bronzeamento artificial. Ao final, os alunos respondem um novo questionário, podendo refletir sobre o que foi dialogado.

Aula 6 – Atividade investigativa⁵

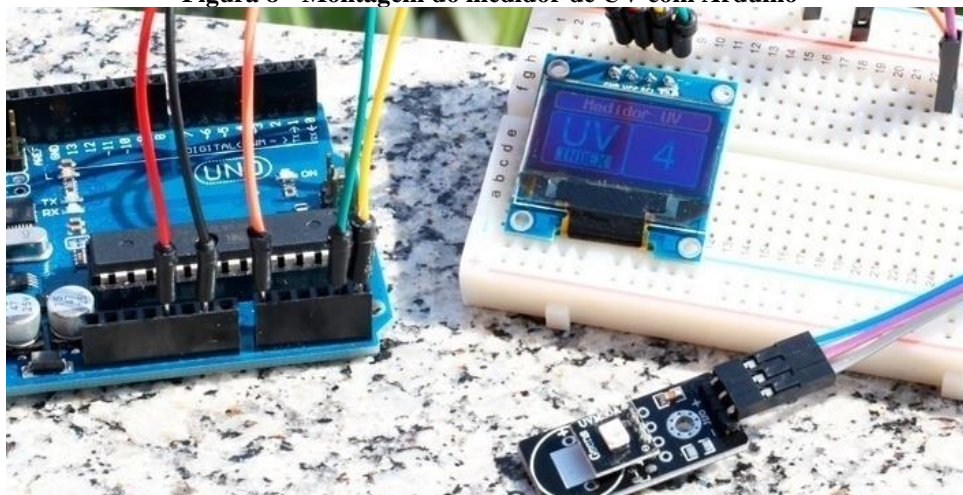
Conforme discutido ao longo deste texto, a abordagem de temas sociocientíficos leva em consideração os resultados obtidos em pesquisas de ensino e aprendizagem. Um resultado muito importante obtido nesse campo de estudo é a noção de que, para haver aprendizado, é importante que os alunos se engajem de forma ativa. Em certa medida, a aula expositiva-dialogada permite essa maior interação com o aluno, visto que a discussão é feita a partir das ideias dos próprios alunos.

Mesmo assim, é importante também ter um momento em que os alunos possam se engajar de forma ativa na análise e interpretação de fenômenos físicos. Por esse motivo, na aula 6, há uma atividade investigativa. Conforme discutido no Capítulo 3, atividades investigativas no processo pedagógico podem ser tão complexas quanto se deseje, dependendo do contexto em que isso é viável. Originalmente, a ideia deste produto era engajar os alunos na montagem e programação dos detectores de radiação com placa Arduino.

Devido, entretanto, à pandemia de COVID-19 e mesmo a limitação de tempo da atividade, foi decidido organizar uma versão simplificada de tal atividade, que fosse factível no contexto concreto e que permitisse aos alunos se engajar em uma atividade de natureza investigativa. Para tanto, somente o professor montou e programou a placa de Arduino (Figura 8), coletando dados da radiação UV durante um dia claro em Porto Alegre.

⁵A relação de peças, montagem e programação estão descritas no APÊNDICE Q – **Manual de Montagem e Programação de Placa Arduino para Detecção de Radiação UV.**

Figura 8 - Montagem do medidor de UV com Arduino



Fonte: Filipeflop⁶

O sensor de raio UV está representado na Figura 9. Por meio dele são coletados os dados que, posteriormente, são analisados pelos alunos.

Figura 9 - Sensor de raio UV UVM-30A



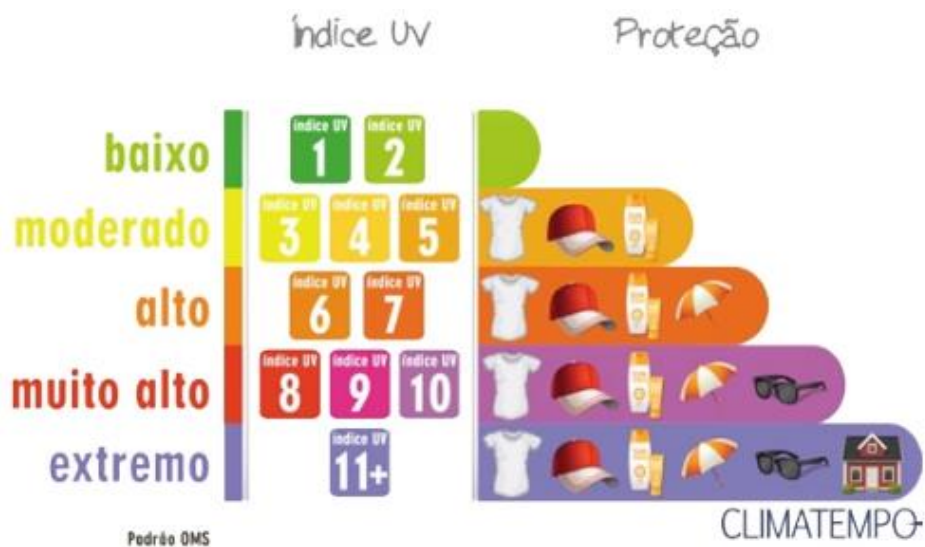
Fonte: Filipeflop⁷

Este sensor utiliza uma tabela criada em 1992 (Figura 10) chamada *UV Index* (Índice Ultravioleta), que varia de zero (baixo) até 11 ou mais (extremo), indicando o nível da radiação UV. Assim, através deste nível, pode-se tomar medidas de prevenção com relação à indicação feita como: utilizar protetores solares, uso de camisas e bonés, guarda-sol, óculos escuros, ou até mesmo ficar em casa, conforme padrão OMS (THOMSEN, 2020).

⁶ Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-indice-uv-com-arduino/>>, acesso em 06/09/2020.

⁷ Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-indice-uv-com-arduino/>>, acesso em 06/09/2020.

Figura 10 - Índice da radiação UV



Fonte: Filipeflop⁸

A sensibilidade do sensor produz uma resposta rápida, sendo capaz de detectar ondas entre 200 e 370 mm de comprimento de onda, proporciona saída de dados analógica de único pino que pode ser lido pela maioria dos microcontroladores e usa uma tensão de trabalho entre 3 e 5 V (THOMSEN, 2020). Os dados são, então, coletados, e armazenados em uma planilha. Uma parte dessa planilha é mostrada na Figura 11, onde foram coletados mais de 2800 dados de cada sensor⁹.

Figura 11- Planilha com alguns dados das medidas de radiação UV

DATA	HORÁRIO	TEMPERATURA(°C)	S/ FPS		FPS 30		FPS 50	
			ddp (mV)	I-UV	ddp (mV)	I-UV	ddp (mV)	I-UV
15/12/2020	06:38:12	19	207	1	47	0	30	0
15/12/2020	06:38:22	18,25	224	1	49	0	38	0
15/12/2020	06:38:32	18,25	216	1	47	0	41	0
15/12/2020	07:15:52	28,75	325	2	52	1	25	0
15/12/2020	07:16:12	29	319	2	47	0	30	0
15/12/2020	07:16:22	29	313	1	46	0	29	0
15/12/2020	07:16:32	29	304	1	53	1	35	0
15/12/2020	07:31:01	36,5	305	1	53	1	34	0
15/12/2020	07:31:11	36,5	307	1	50	0	36	0
15/12/2020	07:31:21	36,5	347	2	46	0	29	0
15/12/2020	07:32:01	36,5	295	1	46	0	42	0

Fonte: o autor

⁸Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-indice-uv-com-arduino/>>, acesso em 06/09/2020.

⁹ No APÊNDICE R – Dados de Radiação UV Coletados está disponibilizada a tabela integral com todos os dados coletados.

Essa planilha com as médias das medidas realizadas de hora em hora é apresentada aos alunos juntamente com uma série de perguntas que demanda a interpretação e análise dos dados e raciocínio lógico. Conforme discutiu-se, ainda que essa seja uma atividade em que o professor entrega já os dados coletados e perguntas, a atividade viabiliza que os alunos manuseiem dados e se familiarizem com uma ferramenta computacional para chegar a conclusões sobre um fenômeno físico (BETZ; TEIXEIRA, 2012), o que apresenta uma contribuição para o engajamento ativo dos alunos no seu processo de construção de conhecimento. No início da aula, antes de entregar os dados, foi realizada uma breve discussão sobre a radiação UV e seus efeitos para contextualizar a apresentação dos dados.

Aula 7 – Aula expositiva-dialogada sobre aplicações da radiação e proteção radiológica.

Novamente, na aula 7, retomou-se as exposições dialogadas. Nessa aula, o tema tratado foi, principalmente, sobre proteção radiológica, indicando, com base nos conhecimentos da Física, quais são as formas de reduzir ou evitar os efeitos biológicos da radiação. Para permitir o diálogo, parte-se das respostas do questionário inicial e dos questionários anteriores. Com essa aula, fecha-se discussão sobre os conceitos necessários para os alunos entenderem os fatores que estão presentes no uso de radiação na medicina e no bronzeamento artificial. Ao final, os alunos respondem um novo questionário, podendo refletir sobre o que foi dialogado.

Quando essa aula termina, os alunos já se engajaram em leitura de reportagens, dialogaram sobre conceitos de Física da radiação, aprenderam sobre história da radiação, lidaram com dados reais de radiação coletados pelo professor. Todas essas experiências contribuem para o seu aprendizado de Física e para subsidiar seu posicionamento sobre o tema sociocientífico em questão.

Aula 8 – Realização do Júri Simulado e Avaliação dos alunos acerca dos conhecimentos construídos e da experiência didática.

A sequência didática culmina na atividade do Júri Simulado. Nessa atividade, os alunos têm a oportunidade de organizar seus conhecimentos e argumentos

desenvolvidos ao longo da sequência didática para se posicionar frente ao tema sociocientífico.

A atividade se desenvolve da seguinte forma: primeiramente, os alunos envolvidos na mídia, podem apresentar os materiais produzidos sobre o problema, mostrando reportagens com os dois grupos (promotora e defensoria). Na sequência, abre-se um espaço para a promotora fazer sua apresentação; depois, a defesa. Na sequência, faz-se uma nova rodada de argumentação em que promotora e defesa podem contra-argumentar as teses defendidas pelos colegas. Na sequência, o júri direciona perguntas, respondidas por ambos os lados. Finalmente, fazem-se considerações finais. O júri se ausenta para chegar em um consenso. E, finalmente, o júri retorna e apresenta sua decisão. Nesse momento, professor e alunos fazem uma reflexão final sobre a atividade.

5.2. Materiais desenvolvidos com o produto educacional¹⁰

Pensando que o produto foi concebido, também, para que possa inspirar ou ser utilizado por outros docentes, ele oferece as seguintes produções:

- i) A estrutura da sequência didática para apresentação de Física Moderna construída sobre quatro eixos (temas sociocientíficos, abordagem histórica, abordagem investigativa, aula expositiva-dialogada) construída em um sentido específico para culminar no júri simulado. Essa estrutura pode ser adaptada por outros professores para outros temas e com outra duração dependendo do contexto concreto de sua atuação.
- ii) Questionários que acompanham os textos: a) questionário de concepções iniciais (p. 122); b) questionário sobre história da Física da radiação (p. 133); c) questionário sobre Física das Radiações (p. 144); d) questionário sobre efeitos biológicos da radiação (p. 157); e) questionário sobre a radiação UV e sobre experimento de coleta da R-UV (p. 184); f) questionário sobre proteção radiológica (p. 190); g) questionário final de avaliação da atividade (p. 192).
- iii) Apresentações de todas as aulas em formato pdf: Aula 1 (p. 119); Aula 2 (p. 124); Aula 3 (p. 127); Aula 4 (p. 134); Aula 5 (p. 148); Aula 6 (p. 154).

¹⁰ Materiais disponíveis nos Apêndices de acordo com as páginas indicadas.

159); Aula 7 (p. 185); Sete aulas apresentadas aos alunos em forma de arquivos JPG (p.193).

- iv) Material com estruturação e dinâmica de um júri simulado: estabelecimento de papéis para o júri simulado, proposta de organização do júri. Essa estrutura pode ser usado para repetir o tema dessa dissertação ou para qualquer outro tema (p.119).
- v) Material inicial de consulta (reportagens de jornais e revistas) para o caso dos temas escolhidos nessa dissertação (bronzeamento artificial e uso das radiações na medicina – p.123).
- vi) Manual de montagem e programação do Arduino para detecção de radiação UV (p.160).
- vii) Quatro textos didáticos em nível da Educação Básica sobre Física das Radiações: i) uma linha do tempo da Física das Radiações com um texto sobre conceitos básicos sobre radiações (p. 128); ii) um texto sobre natureza da luz e matéria (p. 135); iii) texto sobre efeitos biológicos da radiação (p. 149); iv) texto sobre Proteção Radiológica. (p. 186).
- viii) Dados sobre radiação UV do Sol coletados com placa Arduino e roteiro com perguntas para os alunos analisarem os dados com planilhas eletrônicas. Caso o professor ou a escola não tenham condições de adquirir Arduino e fazer a atividade, os dados coletados podem ser utilizados para os alunos fazerem tarefas de análise e interpretação de dados (p.183).

6. APLICAÇÃO DO PRODUTO – RESULTADOS E DISCUSSÃO

O produto educacional consiste em uma sequência didática para o conteúdo de Física Moderna, particularmente focando na Física das Radiações. Apoiando-se em quatro eixos (questões sociocientíficas, abordagem histórica, abordagem investigativa e aula expositiva dialogada), o objetivo principal é permitir que os alunos tenham uma experiência em que podem mobilizar seus conhecimentos para desenvolver autonomia.

O local de aplicação do produto foi o Colégio Estadual Dom João Becker, em Porto Alegre, instituição fundada em 1947, tendo atualmente aproximadamente 500 alunos entre EM e ensino técnico (Química e Informática). A escola, neste ano atípico de pandemia do Coronavírus, tem 7 turmas de 1º ano, 4 turmas de 2º e 3 turmas de 3º ano do EM, mais 3 etapas dos cursos técnicos de Química e Informática. A escola ficou conhecida na década de 70 por ter sido a escola modelo do Estado, quando na ocasião tinha altos índices de aprovação por parte de seus alunos nos mais diversos exames de ingresso para o ensino superior. A estrutura da escola contém salas de audiovisual, laboratórios de Informática, Química, Física, Robótica e Biologia, biblioteca, salão de atos, canchas de futebol de salão e vôlei descobertas, além de 22 salas de aula em três pisos.

O produto foi aplicado para duas turmas de terceiro ano do EM (turmas 301 e 302), entre os dias 27/11/2020 e 18/12/2020, de forma virtual devido ao surto de Corona vírus, pandemia mundial que praticamente parou o mundo todo, sendo um ano difícil para profissionais da educação e estudantes, que tiveram que se adaptar às novas condições de trabalho, com aprendizado de novas tecnologias, além do distanciamento social, usos de máscaras e higienização constantes. Muitas das atividades inicialmente concebidas antes da pandemia tiveram que ser readequadas para o contexto que vivemos.

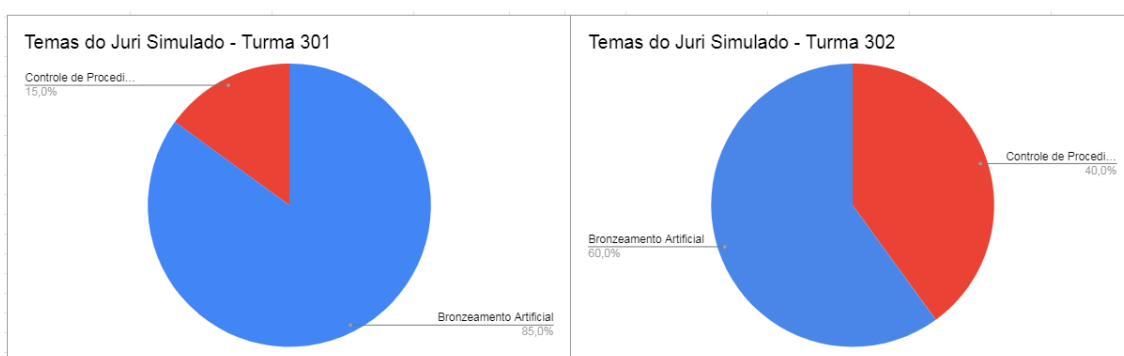
A discussão a seguir apresenta uma breve narrativa sobre como se sucedeu as atividades em aula, explicando o que foi feito em cada aula. Além disso, principalmente, apresenta-se uma análise detalhada das respostas dos alunos aos diferentes questionários aplicados ao longo do produto. Optou-se por fazer essa apresentação detalhada sobre os resultados para que se possa contribuir com a discussão sobre a inserção de Física Moderna no Ensino Médio. Há muitas pesquisas que apontam a necessidade de levar Física Moderna na Educação Básica; mas poucas que conhecem

a realidade escolar. O que os alunos entendem sobre Física Moderna? Quais são suas dificuldades? Até onde deve-se aprofundar aspectos conceituais e matemáticos? Os resultados obtidos nessa pesquisa podem ajudar a pensar em respostas para essas questões.

6.1. Aulas 1 e 2 – Pré-teste sobre radiações, distribuição dos papéis no Júri Simulado e discussão sobre reportagens.

Antes de iniciar a sequência didática, apresentado aos alunos como seria a dinâmica do projeto do Juri Simulado (APÊNDICE A – **Apresentação da Aula 1** e APÊNDICE B – **Dinâmica do Júri Simulado**) foi solicitado aos alunos que respondessem um questionário. Esse primeiro questionário, além do conhecimento prévio sobre radiações (APÊNDICE C – **Questionário da Aula 1**), continha uma pesquisa para determinar os assuntos que os estudantes gostariam de discutir e as funções que cada aluno gostaria de participar no JS. Os temas disponíveis para escolha foram os seguintes: 1) Bronzeamento Artificial e 2) Controle de Procedimentos por Radiação na Medicina (APÊNDICE D – **Questionário da Aula 2** e APÊNDICE E – **Apresentação da Aula 2**). Tanto a turma 301 como a turma 302 escolheram o tema 1 com maior expressividade de votos. Assim, ficou determinado os temas para cada turma pelo percentual obtido na votação. A Figura 12 mostra a contagem dos votos para cada turma, definindo para a turma 301 o tema 1 e o tema 2 para a turma 302.

Figura 12 - Votação dos temas do Júri Simulado para cada turma



Fonte: autor

As demais perguntas do questionário tinham por objetivo permitir que os alunos expressassem suas concepções iniciais sobre radiação. Tais respostas foram importantes para o estabelecimento do diálogo nas aulas subsequentes, esclarecendo dúvidas iniciais

bem como para acompanhar, ao longo da atividade, a mudança nas concepções sobre radiação da turma.

Nas instruções para responder os questionários, foi solicitado que o fizessem sem fazer qualquer pesquisa, apenas tecendo a sua opinião pessoal sobre o tema. Aqui, cabe uma reflexão sobre a cultura do ensino de Física, em uma visão pessoal do autor, na qual os alunos buscam se “livrarem” dos afazeres o quanto antes for possível. Das duas turmas em que o produto foi aplicado, totalizando 74 alunos, exatamente 37 alunos em cada turma, menos da metade, participou do projeto, sendo neste primeiro questionário 20 alunos da turma 301 e 15 da 302. Isso também reforça as dificuldades impostas pela pandemia, que impactaram muito as atividades educacionais.

Na análise das respostas dadas pelos alunos aos questionários, classificou-se em cinco grupos: resposta adequada (RA), resposta incompleta (RI), resposta equivocada (RE), similaridade com internet (SI) (testou-se todas as respostas com o programa “CopySpider”) e similaridade com colegas (SC). A seguir, comenta-se apenas as respostas incompletas e equivocadas. O critério para essa escolha foi obter resultados das inconformidades levantadas nas perguntas pois as mesmas eram comentadas em aula. As respostas dos alunos estão entre aspas e com o estilo de fonte *itálico*. A primeira pergunta do questionário era “Na sua opinião, o que é radiação?” Algumas respostas obtidas foram as seguintes:

“É um processo em que ondas eletromagnéticas são emitidas por certos elementos, e podem ser muito úteis para a humanidade, desde que seja manipulada corretamente, como também pode trazer muitos malefícios”.

“É um processo físico que transmite ondas eletromagnéticas”.

“Energia tóxica”.

“Energias emitidas por certos tipos de materiais”.

“É toda matéria que pode passar uma parede”.

“Produtos químicos”.

“Radiação para mim é algo tóxico que prejudica a saúde humana”.

“São ondas perigosas, que alcançam uma longa distância, que com contato com o ser vivo podem trazer sérias consequências”.

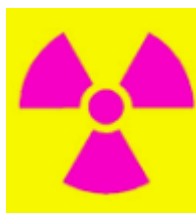
Nota-se, na maioria das respostas equivocadas ou incompletas, a tendência a relacionarem radiação apenas às ondas eletromagnéticas, não mencionando que também existe a radiação formada por partículas. Outra constatação nos mostra que as respostas têm a ideia de que as radiações emanam de algum material ou produto químico, reportando a radioatividade natural, porém existem radiações produzidas artificialmente como os raios-X e também processos em que a radiação é emitida naturalmente, como a radiação emanada das estrelas, pelo processo de fusão nuclear.

A “matéria” que atravessa paredes está vinculada à radiação corpuscular, porém sabe-se que estas radiações têm pouco poder de penetração, partículas alfa penetram poucos centímetros na pele e são barradas por uma folha de papel, já partículas betas, com menor massa, têm maior poder de penetração, sendo barradas por alumínio, porém a radiação gama e raios-X, que são radiações eletromagnéticas, têm massa nula e possuem maior poder de penetração podendo transpassar paredes dependendo da sua constituição e espessura.

Outra observação nas respostas é que alguns alunos vinculam a radiação a algo tóxico e perigoso, neste caso, eles estão se referindo sem deixar claro, apenas às radiações consideradas ionizantes sendo boa parte do espectro eletromagnético de radiações não ionizantes (do ultravioleta para frequências mais baixas).

A segunda pergunta foi “Quais os possíveis malefícios da radiação?” Nesta questão, as possibilidades de resposta são muitas, sendo que a maioria dos alunos relatou a questão do câncer em geral, câncer de pele, queimaduras, mutação genética, perda de cabelo, cegueira, falência dos órgãos, feridas, náuseas e vômitos e até a morte dependendo da dose. Alguns alunos, mesmo com essa questão de resposta ampla, preferiram reproduzir exatamente da internet algumas sentenças inteiras. Nesse sentido, pode-se dizer que os alunos têm a noção que há uma relação entre exposição à radiação e ocorrência de efeitos estocásticos, embora provavelmente não tenham nesse momento conhecimento dos mecanismos de tal efeito.

Na sequência, a terceira pergunta foi “O símbolo da figura abaixo remete a qual significado?”



Sendo apresentado o símbolo de radiação ionizante para os alunos mencionarem seu significado, um símbolo bastante divulgado e presente em muitos jogos de videogame atuais esperava-se maior facilidade para responderem adequadamente, podendo-se considerar correta qualquer resposta que contenha alguma menção à radiação como: perigo à radiação, zona de perigo radioativo, contaminação por radiação, muito embora, com maior rigor, o correto seria o símbolo de radiação ionizante, enfim, a totalidade dos alunos respondeu corretamente com respostas curtas, não sendo possível atribuir similaridades com a internet ou com os próprios colegas. Assim, nesta questão, todos obtiveram êxito nas respostas.

A quarta pergunta do questionário inicial era a seguinte: “Como a radiação está relacionada com o seu dia-a-dia?” Esta questão foi proposta para que o aluno faça uma correlação dos conteúdos de Física com o seu cotidiano ao ponto de perceber todos os aspectos em termos de radiações que contemplam a sua vida. Neste aspecto, os comentários contiveram Sol (15 vezes), celular (12 vezes), micro-ondas (7 vezes), rádio AM/FM (5 vezes), raios-X, IV, UV (3 vezes), tomografia, TV e radioatividade, esterilização (1 vez), e ainda uma resposta “não sei” e outra que não fez sentido com a pergunta “sem muita atenção”. Mais uma vez, embora o conceito de radiação ainda não tenha sido discutido formalmente, pode-se ver que os alunos têm uma concepção prévia sobre o que seja a radiação e como ela está presente no dia a dia. Esse tipo de conceito perpassa a linguagem coloquial do dia a dia e todas as pessoas formam alguma concepção sobre ele. Nesse sentido, é importante que as aulas a serem desenvolvidas dialoguem com esses conceitos e os formalizem de forma correta.

Na sequência, foi perguntado: “Você acha que a radiação pode ser benéfica? Justifique.” A maioria dos alunos acha que sim (26), não (8) e nem sempre (1). As justificativas positivas com maior destaque estão para o uso em medicina, diagnósticos e tratamentos médicos (16 vezes), aproveitamento de energia (5 vezes), em doses baixas e tecnologia (2 vezes), bronzamento, alimentos e indústrias (1 vez). Para o aspecto negativo da radiação levantou-se 4 alunos e foram mencionados o lixo radioativo, os perigos à saúde (1 vez), sendo ainda 2 alunos responderam “não sei” e um aluno acredita que a radiação somente é benéfica para uso médico.

A sexta pergunta do questionário inicial era: “Por que é importante conhecer a radiação?” Os termos mais usados pelos estudantes para responder à esta pergunta foram: conhecimento (10), benefícios e malefícios (7), riscos (6), usos e cotidiano (5), perigo (4), efeitos (3), segurança e proteção (2), e aquecimento global (1). Nesse

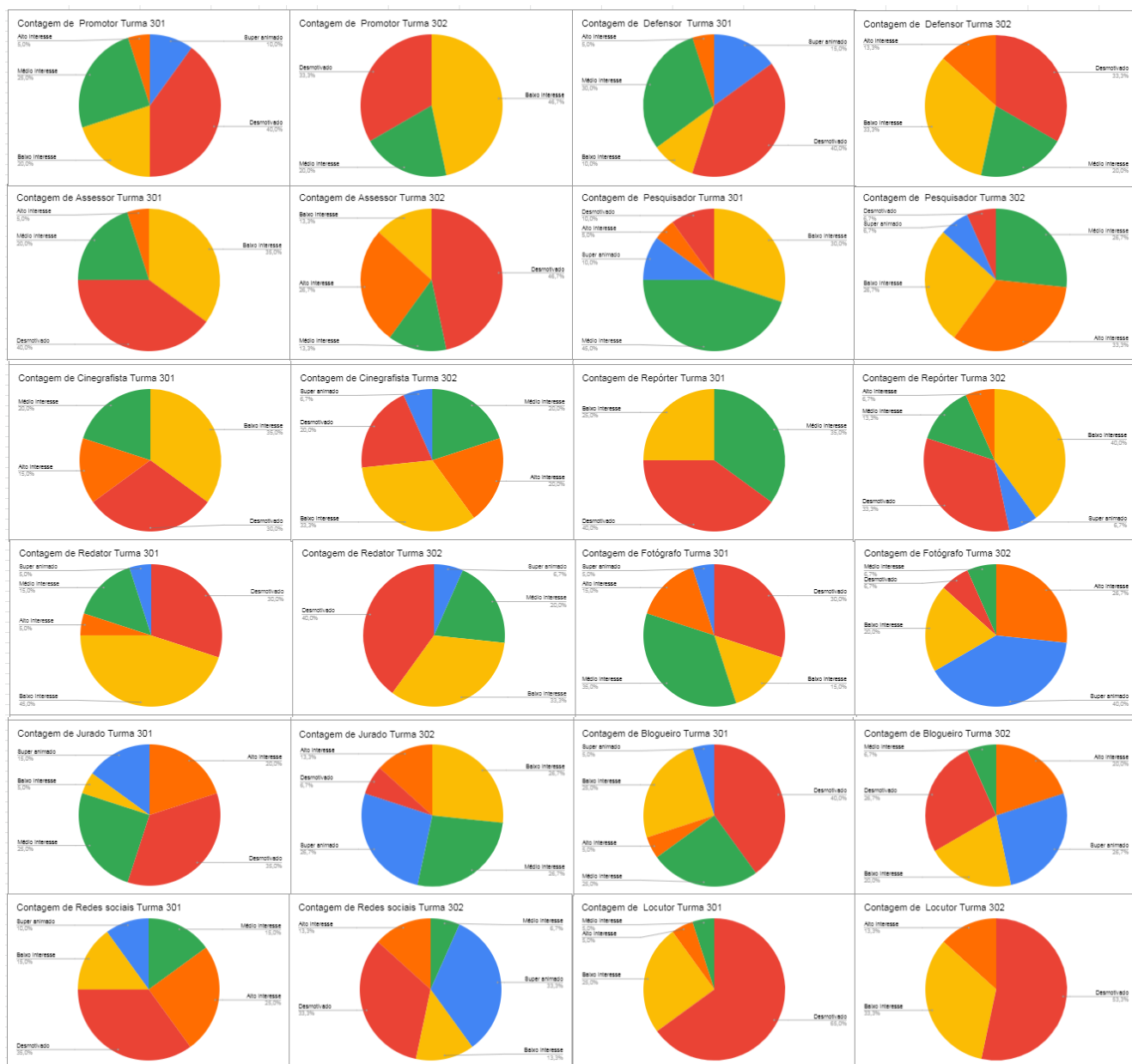
aspecto, uma resposta ao qual foi classificada como segurança, o aluno respondeu: “Para evitar”. Bem, a princípio, é praticamente impossível evitar a radiação, pode-se apenas minimizá-la, pois estamos a todo o momento recebendo radiação de alguma forma, desde as mais inofensivas as mais nocivas.

A sétima pergunta do questionário era “Quais os riscos do contato com a radiação?” Os riscos enumerados foram: doenças (13), morte (10), câncer (9), queimaduras (7), mutação (6), vômitos (3), febre e diarreia (2), enjoos, deformações, catarata e dificuldade respiratória (1). Aqui encontrou-se 6 respostas idênticas a uma página da internet, mostrando que boa parte dos alunos desrespeitou a premissa de responder com os seus próprios conhecimentos a respeito do assunto.

A oitava pergunta dizia: “O que devemos fazer para minimizar os riscos da radiação?” Aqui as respostas foram as mais variadas, sendo principalmente voltadas ao uso de EPI’s (4), aumentar a distância à fonte e evitar a exposição (3), alertar a população dos riscos, evitar contato com lixo hospitalar, diminuir o tempo de exposição e manter uso restrito da radiação para especialistas (2), selar mais os reatores, diminuir o tempo de jogos em videogames, buscar orientação, evitar locais que tenha radiação ionizante, planejamento de utilização, jogar em modo avião, usar o fone fixo, não utilizar o celular ao dormir e junto ao corpo, usar fone de ouvido em longas ligações, evitar usar eletrônicos (1).

Após as respostas do questionário, foram apresentadas as questões sociocientíficas para cada turma. Nesta mesma aula foi feita uma explicação sobre cada função que os alunos iriam assumir no Júri Simulado, divididas em: promotor, defensor, júri, e funções da mídia. Os alunos respondiam para cada função, através de questionário do Google *Forms*, em ordem de preferência, do mais alto índice de empolgação para o mais baixo como: superanimado, alto interesse, médio interesse, baixo interesse, desmotivado, respectivamente, assim pode-se chegar às funções preferenciais de cada um através de uma planilha e classificando cada um conforme suas preferências, fazendo com que dessa maneira o aluno se sentisse mais à vontade para desempenhar com maior ânimo as funções. As respostas estão na Figura 13.

Figura 13- Respostas dos alunos sobre o interesse em desempenhar um papel no júri.



Fonte: autor

No quesito envolvendo as funções de advogado (promotoria e a defesa), notou-se um maior interesse pela turma 301, o que refletiu no desempenho de argumentação durante o Júri Simulado, ficando visível também a maior participação da turma nos debates (o que aparece nos resultados discutidos na última aula). Para as funções de assessor da promotoria ou da defesa, notou-se um desinteresse maior nas duas turmas com índices de desmotivação e baixo interesse variando de 60% a 75% de acordo com o levantamento feito.

Já para a função de pesquisador, a turma 302 mostrou alto índice de interesse. O cargo de jurado foi bastante procurado nas duas turmas ficando entre 40% e 45%. Para a turma 301, as maiores motivações estavam justamente nos papéis principais de uma atividade como julgamento, o que nos leva a crer que os estudantes dessa turma tinham mais inclinações para se engajar em atividades que demanda exposição, ao passo que a turma 302, se motivou mais por funções envolvendo as mídias sociais, TV e rádio.

A ideia de propor diferentes atuações no júri visa justamente permitir que cada aluno escolha a atividade da forma que se sinta mais confortável. Assim conseguiu-se um maior engajamento e, também, permitiu-se uma maior pluralidade de expressões dentro da sala de aula. No final da aula, foram distribuídas as reportagens referente ao tema de cada turma (APÊNDICE F – **Reportagens para os Debates do JS**). Uma turma recebeu reportagens sobre a questão da bronzeamento artificial. A outra turma recebeu as reportagens sobre o uso de radiação na medicina. Os alunos foram instruídos a ler as reportagens, prestando atenção aos conteúdos de Física presentes. Essas reportagens serviram como ponto de partida para a preparação para o júri simulado.

6.2. Aula 3 – História dos estudos da radiação

Uma vez distribuídos os temas sociocientíficos e realizados os primeiros questionários, passou-se para o momento histórico da sequência didática. Na aula, foi apresentado o histórico da radiação em uma aula dialogada (APÊNDICE G – **Apresentação da Aula 3**). A discussão histórica começa com Roentgen em 1895 e a descoberta dos raios-X, seguido de Becquerel com a descoberta de emissões espontâneas diferentes do raio-X. Em seguida, comentou-se sobre o casal Curie, com a atribuição do termo radioatividade e descoberta do polônio e rádio.

Foi discutido o fato de que Marie Curie foi uma das primeiras vítimas do uso frequente de radiação em suas pesquisas, vindo a sofrer leucemia. Na sequência,

apresentou-se o papel de Rutherford no uso da radioatividade para investigação da natureza da matéria, propondo o famoso modelo atômico planetário, onde o átomo passou a ser nucleado, tendo esse núcleo a maior parte da massa do átomo e carga positiva.

Discutiu-se que Villard descobre um novo tipo de radiação – a radiação gama - a partir de um aparato em que a radiação era emitida entre placas carregadas, constatando que havia uma radiação ainda não descoberta que não desviava ao passar entre as placas

Ainda foi conversado sobre o fato de que a investigação de efeitos biológicos da radiação começou a partir de Becquerel em 1901 por meio de queimaduras e efeitos bactericidas e medicinais dos raios gama. Bardeen, em 1903, investiga anormalidades em rãs fecundadas com RX e Muller em 1927 estuda as mutações genéticas de drosófilas irradiadas com RX e gama.

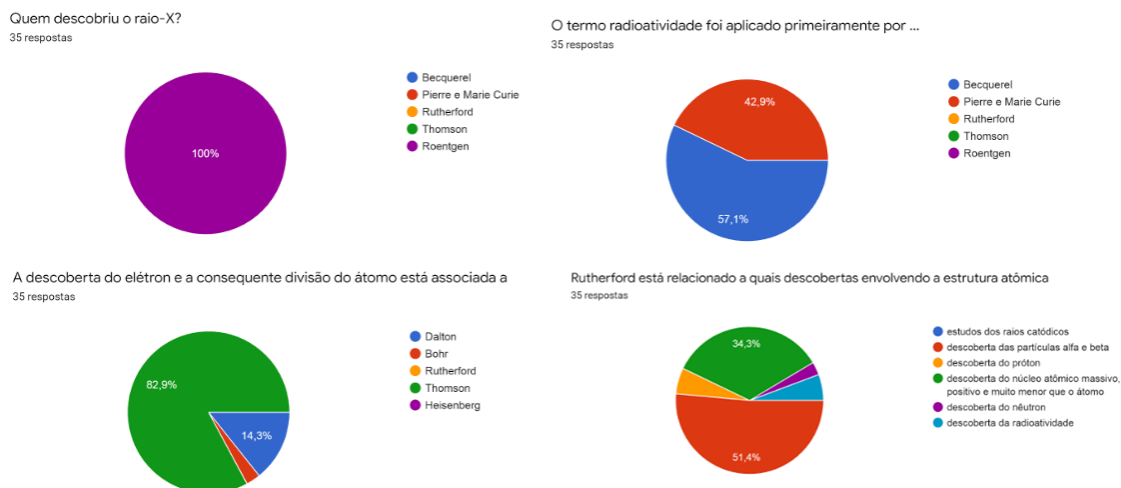
É importante que a aula histórica seja trazida no início da sequência por que ela mesma exige que se comece a definir alguns conceitos relacionados à radiação. Por isso, nesta mesma aula, foram discutidos os conceitos de radiação, o espectro EM, relações entre frequência, energia e comprimento de onda, o limite entre a radiação não ionizante e ionizante, conceito de radioatividade e seus tipos de radiação como: radiação alfa, beta e gama, suas características com relação à massa, carga e poder de penetração, poder de ionização e alcance médio. Esse material didático está disponível no APÊNDICE H – **Material Didático: Linha do Tempo História das Radiações e Conceito de Radiação.**

Ao final da aula, foi aplicado um questionário para os alunos sistematizarem o que foi discutido (APÊNDICE I – **Questionário da Aula 3**). O questionário proposto adota tanto perguntas pontuais, apenas com o objetivo de incentivar os alunos a seguirem se familiarizando com o tema apresentado, bem como questões mais abertas e que exigem a expressão de um posicionamento e opinião. Ao fazer isso, o objetivo é começar a incentivar os alunos a ver os temas da Física como elementos históricos e que têm impacto direto na sociedade, fomentando sua curiosidade e seu posicionamento autônomo diante de questões relevantes.

Nesse sentido, é importante destacar que, ao tratar de temas sociocientíficos, deseja-se que os alunos se apropriem corretamente dos conceitos físicos; mas almeja-se, também, que eles desenvolvam a autonomia para se posicionar diante da realidade, mobilizando seu conhecimento. Como isso, usualmente, não é fomentado no contexto pedagógico, o presente questionário mescla questões mais “conteudistas” e mais

contextualizadas a fim de aos poucos trazer o aluno para o uma posição mais autônoma e ativa diante do conhecimento. As quatro primeiras questões, cujas respostas eram objetivas, foram sumarizadas na Figura 14. É possível ler cada uma das perguntas e as respostas na figura.

Figura 14 - Quatro primeiras perguntas e as respostas dos alunos.



Fonte: o autor

Todos os alunos acertam a primeira questão. Sobre a segunda questão, o termo radioatividade foi criado pelo casal Curie, que foram motivados pela descoberta da radiação natural de Becquerel, sendo a minoria das respostas (42,9%). A Figura 14 demonstra que a grande maioria dos alunos (57,1%) respondeu considerando Becquerel como o responsável pelo termo. Com relação à descoberta do elétron, a grande maioria dos alunos (82,9%) acertou essa questão, contudo 14,3% atribuíram a descoberta do elétron ao Dalton, quando na verdade, seu modelo atômico previa uma esfera homogênea, maciça e indestrutível, conhecido popularmente como “modelo da bola de bilhar”, ou seja, o átomo ainda era indivisível na sua concepção.

Já 2,8% dos estudantes acharam que Bohr seria a resposta correta, porém a sua contribuição para o modelo atômico foi a aplicação de órbitas estacionárias de energias quantizadas para o elétron, onde o mesmo ao girar não perderia energia. Segundo Bohr, se o elétron recebesse uma dada energia específica poderia “saltar” de um nível a outro de mais energia, fenômeno conhecido como absorção, e, quando esse elétron retorna a níveis mais internos da eletrosfera, emite energia na forma de fótons, cuja frequência depende da diferença de energia entre os níveis transitados, fenômeno chamado de emissão.

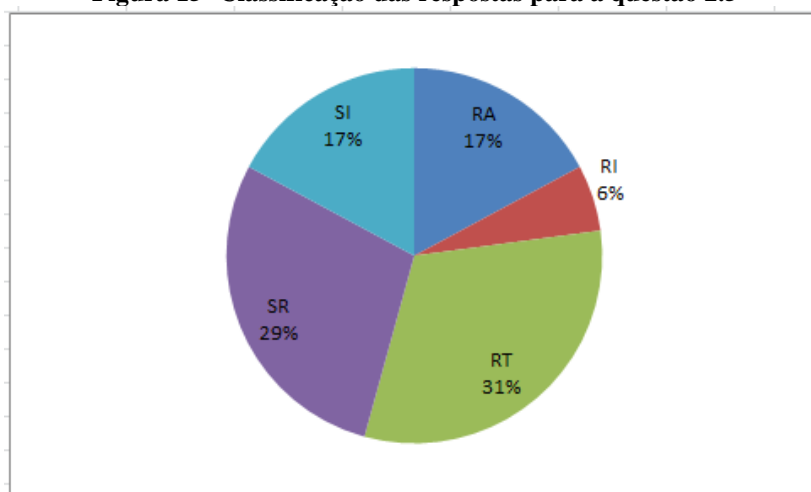
Foi com esse modelo que foi possível, para Bohr, explicar as raias de absorção e emissão, específicas para cada elemento químico e com isso, veio o desenvolvimento de técnicas de análise química pelo espectro, a espectroscopia, importantíssima, por exemplo, para se investigar a composição de estrelas. O fato de os alunos errarem a questão após a discussão história feita pode indicar que esses conceitos abstrato ainda estão confusos e são indiferenciados para eles.

Na questão sobre Rutherford apenas 34,3% dos alunos responderam corretamente. Sabe-se, entretanto, que as descobertas da radioatividade e a do nêutron não são atribuídas a Rutherford e sim a Becquerel e Chadwick, respectivamente.

A partir da questão 5, começa-se a solicitar que os alunos refletissem sobre o tema discutido. A questão 5 dizia: “Como os estudos sobre radiação mudaram a visão sobre os conceitos físicos no início do século XX?”.

A Figura 15 mostra a classificação feita para as respostas dadas da seguinte forma: resposta adequada (RA), resposta incompleta (RI), resposta tangencial (RT), similaridade com a internet (SI) e sem resposta (SR). A grande maioria respondeu com uma explicação geral, tangenciando o tema sem responder adequadamente, igualmente considerável o grupo de alunos que não respondeu à questão. Os grupos classificados com SI e RA tiveram o mesmo percentual e o grupo RI obteve a menor incidência.

Figura 15- Classificação das respostas para a questão 2.5



Fonte: autor

Abaixo alguns trechos de respostas classificadas como RT:

“A radiação começou a ser usada para muita coisa, assim inovando as coisas e o mundo como era visto”.

“A radiação quando descoberta abriu caminho para novas conclusões. Como descobrir que todo o universo, inclusive nós seres vivos somos fruto da radiação, e que ela é o componente mais presente no universo”.

“Acredito que tenha modificado a forma de pensamento e de utilização da radiação, porque o ser humano, com estes estudos, aprendeu a utilizá-la tanto para o bem quanto para o mal”.

“Após ser descoberta a radiação no início do século XX, fez com que os físicos começassem a estudar mais sobre ela, descobrir em qual campo ela atua e se poderia ser nociva ao ser humano pela exposição”.

“Começaram a olhar mais para os conceitos físicos, assim fazendo novas descobertas”.

“Por conta dos estudos sobre radiação, foi possível entrar no mundo microscópico, onde os cientistas descobriram diversas coisas”.

Na sequência, relata-se algumas respostas consideradas como RI:

“Graças a Física Moderna conseguimos compreender fenômenos que até então não eram entendidos, como fenômenos da luz”.

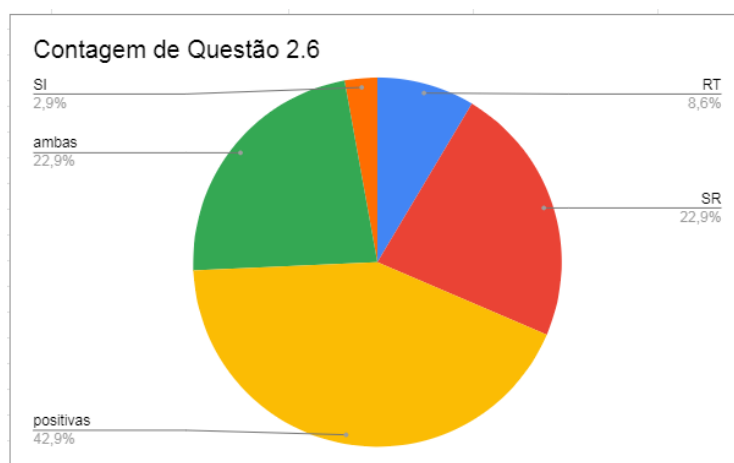
Talvez aqui, o estudante quisesse mencionar a natureza dual da luz, porém não soube se expressar adequadamente, parecendo se tratar de fenômenos ondulatórios que já se conhecia na época de Newton, no século XVII.

“Pois com eles houveram inúmeras descobertas, a visão do átomo e sua formação foi uma das principais, no entanto muitas outras foram importantíssimas fazendo que nossa evolução chegasse onde estamos hoje em dia”.

Nesta outra resposta, talvez, o estudante estivesse tentando mostrar a importância da FMC para a evolução dos modelos atômicos, sua constituição em partículas mais fundamentais, o caráter dual do elétron e a inclusão da mecânica quântica para solucionar a diferença de energia associada às transições eletrônicas e sua relação com fenômenos de emissão e absorção. Na sequência, na questão 6, perguntou-se: “Em que medida os estudos sobre radiação promoveram mudanças em nossa sociedade? Essas mudanças foram positivas ou negativas?” Novamente outra questão de resposta ampla, aberta que reflete a opinião do estudante acerca do assunto quando associado aos aspectos positivos ou negativos perante a sociedade, como se percebe na

divisão das respostas apresentada na Figura 16. Infelizmente, ainda nota-se o apoio da internet integralmente em orações inteiras copiadas de páginas da web. Outro aspecto notado aqui são as respostas tangenciais e respostas em branco ou não souberam opinar, representando 30,5%. A grande maioria dos estudantes respondeu que os estudos sobre radiação foram positivos para a sociedade (42,9%) e boa parte atribui aspectos tanto positivos como negativos para estudos da radiação. Não houve respostas para aspectos apenas negativos.

Figura 16 - Classificação das respostas da questão 2.6



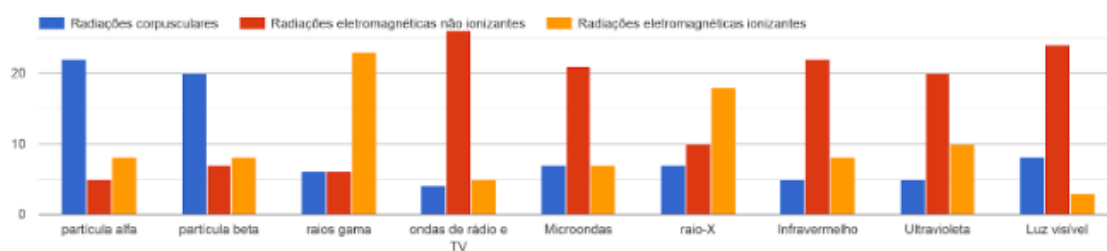
Fonte: autor

O alto percentual de alunos que não opinaram pode evidenciar justamente o estranhamento que os alunos podem sentir ao serem solicitados para adotar um posicionamento crítico em uma aula de Física. Isso reforça a necessidade e importância da presente atividade para fomentar nos alunos a aplicação dos conhecimentos em sua vida concreta. Ainda, o fato de que quase metade da turma apontou apenas aspectos positivos, mesmo tendo no questionário anterior respondido sobre quais eram os riscos da radiação, indica que há uma dissonância entre as respostas dos dois questionários. Isso pode evidenciar que a reflexão sobre o tema proposto ainda não alcançou uma grande maturidade. Ou seja, embora os alunos saibam responder que as radiações podem trazer efeitos negativos, quando perguntados sobre a vida real, não conseguem relacionar com esses conceitos.

Na questão 7, pediu-se que os alunos relacionassem as colunas de acordo com o tipo de radiação. As respostas estão na Figura 17.

Figura 17 - Respostas da questão 2.7

Relacione as colunas com os tipos de radiação



Fonte: autor

Esta questão tinha o objetivo de fazer o aluno classificar as radiações entre corpusculares, eletromagnéticas não ionizantes e eletromagnéticas ionizantes. A Figura 17 mostra a gama de respostas dos estudantes, evidenciando uma parcela de equívocos perante o assunto. Nota-se que a maioria acertou a classificação para cada item, mas em boa parte, consideraram radiações eletromagnéticas como corpusculares o que é um equívoco, pois a partícula associada à radiação eletromagnética – o fóton - possui massa intrínseca nula e, portanto, não é considerada corpuscular, o que se encaixa para as partículas alfa e beta. Outro equívoco foi a classificação da luz visível como ionizante, por exemplo.

6.3. Aula 4 – Interação da radiação com a matéria

Como discutiu-se no capítulo anterior, a aula histórica tinha por objetivo contextualizar o estudo da Física das Radiações, ajudando a dar sentido aos conceitos que seriam formalizados na sequência. A partir da aula 4, aprofunda-se a sistematização do conhecimento que permite um melhor posicionamento sobre o tema sociocientífico.

Nesta aula, partiu-se, mais uma vez, das respostas dos alunos ao questionário inicial, comentando as respostas, para construir a discussão. Como a natureza da radiação é importante para entender o efeito fotoelétrico e Compton, foi resgatada, também, uma disputa histórica que se arrastou do século XVII até o século XX sobre a natureza da luz (APÊNDICE J – **Apresentação da Aula 4**), começando com Descartes e suas crenças sobre a natureza da luz como sendo composta de movimentos vibratórios, explicando os fenômenos do arco-íris e dos halos, correção das aberrações geométricas e a lei da refração.

Comentou-se que, na sequência, Huygens propôs a frente de ondas em seu estudo sobre a refração, considerando, assim como Descartes, a luz como tendo natureza ondulatória. Ele também se interessou pelas cores e foi opositor ferrenho de Newton na época, se opondo à sua teoria, que considerava a luz composta de partículas. Neste momento da aula, utilizou-se uma simulação do PhET¹¹ sobre reflexão e refração mostrando a incidência de um feixe de laser do ar para o vidro, com a modificação do ângulo de incidência e também um demonstrativo da decomposição da luz branca, como Newton descobriu, aproveitando a ocasião para falar do arco-íris.

Tomas Young, na sequência, mostrou que a luz poderia ser interpretada como onda após mostrar o experimento famoso da dupla fenda, conseguindo calcular com muita precisão o comprimento de onda de várias cores. Neste momento foi demonstrada aos alunos uma simulação do PhET com a interpretação da interferência construtiva e destrutiva, bem como a difração, sendo um golpe duro para a teoria corpuscular de Newton. Discutiu-se, também, que, posteriormente, a teoria eletromagnética de Maxwell e a noção de ondas eletromagnéticas contribuíram para a concepção ondulatória da luz.

¹¹ PhET significa *Physics Education Technology Project* sendo um projeto de ensino de Ciências e Matemática da Universidade do Colorado – EUA contendo simuladores virtuais para apoio pedagógico disponível na versão traduzida em https://phet.colorado.edu/pt_BR/.

Passou-se, finalmente, da visão clássica para a visão quântica, reforçando o papel de Planck e Einstein para o desenvolvimento de uma visão corpuscular da luz. Neste momento foi demonstrada uma simulação de corpo negro para estrelas que mostra a variação de temperatura provocando um deslocamento do pico de emissão para cores de maior energia, variando do vermelho para o violeta e uma demonstração de uma simulação sobre o Efeito Fotoelétrico. Fechou-se a aula com uma discussão sobre de Broglie e a dualidade onda partícula para o elétron. A aula foi encerrada com um vídeo do Dr. Quantum sobre a natureza do elétron na experiência da fenda dupla dando uma noção da Física Quântica. Este material didático completo está no APÊNDICE K – **Material Didático: Natureza da Luz e da Matéria.**

Ao final, aplicou-se um questionário sobre natureza da luz e matéria e sobre interação da radiação com a matéria (APÊNDICE L – **Questionário da Aula 4**). A primeira questão desse questionário dizia: “Com relação a interação da radiação com a matéria e as teorias conflitantes sobre a natureza da luz, marque verdadeiro ou falso.” As respostas aparecem na Tabela 4.

Tabela 4 - Comentários da questão 3.1

Gabarito e afirmativa	verdadeira	falsa	comentários
(F) O efeito fotoelétrico foi explicado por Einstein considerando a natureza ondulatória da luz	24/27 = 88,9%	3/27 = 11,1%	Natureza corpuscular da luz
(V) Na experiência de Young, as franjas claras e escuras podem ser explicadas pelo fenômeno da interferência	16/27 = 59,3%	11/27 = 40,7%	
(V) Uma forma de explicar o fato de que a luz arranca elétrons de uma placa metálica é que ela deve ser formada por fótons (porções localizadas de energia) que transferem energia para os elétrons da placa, sendo essa energia suficientemente maior que a função trabalho	15/27 = 55,6%	12/27 = 44,4%	
(V) A energia mínima para acontecer o efeito fotoelétrico depende diretamente da frequência da luz emitida.	20/27 = 74,1%	7/27 = 25,9%	
(F) As teorias corpuscular e ondulatória da luz explicam perfeitamente o padrão de franjas claras e escuras do experimento de Young	17/27 = 63,0%	10/27 = 37%	Este padrão é explicado pela teoria ondulatória
(F) O fenômeno da interferência representa bem a teoria corpuscular da luz	12/27 = 44,4%	15/27 = 55,6%	Teoria ondulatória
(V) A teoria corpuscular da luz dá conta de explicar perfeitamente o efeito fotoelétrico	13/27 = 48,1%	14/27 = 51,9%	
(V) A dualidade da matéria foi proposta por de Broglie	20/27 = 74,1%	7/27 = 25,9%	

Fonte: autor

A Tabela 4 revela que algumas afirmativas tiveram alto índice de acertos enquanto que outras, alto índice de erros. Alguns desses conhecimentos intuitivos referem-se à natureza da luz sob o ponto de vista da experimentação como, por exemplo, a experiência de Young, que evidencia a característica ondulatória da luz, enquanto que o efeito fotoelétrico é melhor explicado considerando um caráter corpuscular para ela. O aproveitamento médio, dentre os que participaram da pesquisa, ficou em 51,9% e o desvio padrão amostral em 20,6%, muito embora esses números não expressam um nível de confiança dos dados devido à baixa participação nas duas turmas (cerca de metade dos alunos). Na questão dois, foi perguntado: “Estudos sobre a radiação térmica, iniciados pelo físico alemão Gustav Robert Kirchhoff com contribuições de Stefan-Boltzmann, Rayleigh-Jeans, Wien e finalmente explicados por Max Planck deslumbrou o nascimento da Mecânica Quântica, ramo da Física Moderna. Com relação aos seus conhecimentos sobre estes estudos, marque V ou F:”. As respostas estão na Tabela 5.

Tabela 5 - Comentários da questão 3.2

Gabarito e afirmativa	Verdadeira	falsa	comentários
(V) Resultados experimentais não podiam ser explicados adequadamente com a teoria clássica	23/27 = 85,2%	4/27 = 14,8%	
(F) A catástrofe do ultravioleta foi confirmada pela teoria quântica	12/27 = 44,4%	15/27 = 55,6%	Teoria clássica
(V) Na teoria clássica, a intensidade da emissão de um corpo negro tendia ao infinito na região do UV	14/27 = 51,9%	13/27 = 48,1%	
(V) O corpo negro ideal foi o modelo escolhido para estudos da radiação térmica	22/27 = 81,5%	5/27 = 18,5%	
(V) Para Kirchoff a radiação térmica dependia da temperatura do corpo, mas não da frequência da radiação	16/27 = 59,3%	11/27 = 40,7%	
(V) Stefan-Boltzmann definiram a relação entre a energia e a temperatura	19/27 = 70,4%	8/27 = 29,6%	
(V) Wien ajustou os dados experimentais propondo que o comprimento de onda máximo tinha uma relação com a temperatura do corpo negro	13/27 = 48,1%	14/27 = 51,9%	
(V) Planck propôs apenas valores discretos possíveis para a energia e essa seria proporcional à frequência	20/27 = 74,1%	7/27 = 25,9%	

Fonte: autor

Computando-se as porcentagens de acertos referentes à Tabela 5, obtém-se um aproveitamento médio de acertos de 65,8% com um desvio padrão amostral de 14,0%. Na questão 3, foi perguntado “Einstein recebeu o prêmio Nobel por seu trabalho sobre o efeito fotoelétrico. Marque verdadeiro ou falso em relação ao seu trabalho.” As respostas estão sumarizadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Comentários da questão 3.3

Gabarito e afirmativa	verdadeira	falsa	comentários
(V) A energia mínima para remover um elétron da placa metálica foi chamada de função trabalho do metal.	20/27 = 74,1%	7/27 = 25,9%	
(F) A energia da luz incidente na placa é determinada pelo produto da constante de Boltzmann pela frequência da luz	12/27 = 44,4%	15/27 = 55,6%	Constante de Planck
(V) A energia cinética dos fotoelétrons emitidos pela placa metálica é dada pela diferença da energia do feixe incidente e a função trabalho	21/27 = 77,8%	6/27 = 22,2%	
(V) A quantidade de fotoelétrons é diretamente proporcional à intensidade da luz incidente	23/27 = 85,2%	4/27 = 14,8%	
(F) O aumento da frequência da luz incidente diminui a energia cinética dos elétrons ejetados do material	10/27 = 37%	17/27 = 63,0%	aumenta
(V) As células fotoelétricas são aplicações do efeito fotoelétrico	20/27 = 74,1%	7/27 = 25,9%	
(F) O elétron da placa absorve mais de um fóton de energia $h \cdot f$ da luz incidente	13/27 = 48,1%	14/27 = 51,9%	Absorve um fóton

Fonte: autor

Para a questão 3.3, o aproveitamento médio de acertos foi de 68,8% com um desvio padrão amostral de 12,2%. Esta questão tem por objetivo verificar o nível de entendimento dos alunos com relação a alguns detalhes do efeito fotoelétrico relacionando a energia mínima para arrancar um elétron do metal, sua energia cinética em relação a energia do fóton incidente na placa, a corrente em função da intensidade e frequência da luz, entre outros. Na questão 3.4, foi perguntado “Com relação ao espalhamento Compton (ou Efeito) marque V ou F.” As respostas estão sumarizadas na Tabela 7.

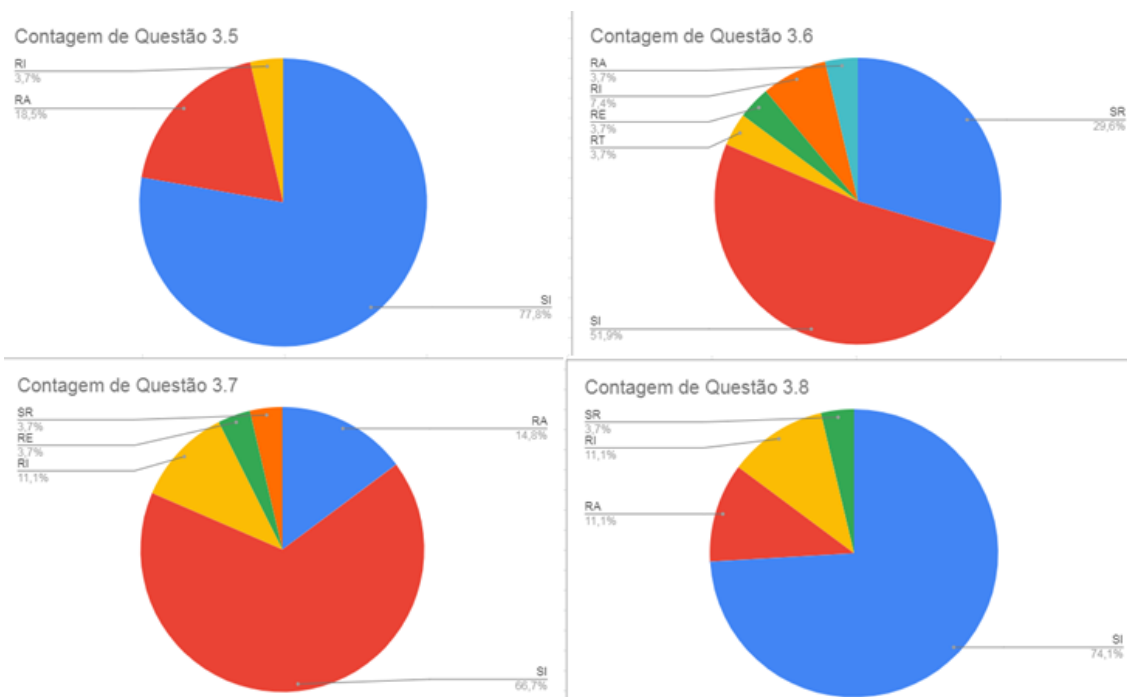
Tabela 7 - Comentários da questão 3.4

Gabarito e afirmativa	verdadeira	falsa	comentários
(V) Indicou que o espalhamento da radiação X poderia ser considerado como uma colisão entre o fóton da radiação incidente com o elétron do material alvo	21/27 = 77,8%	6/27 = 22,2%	
(F) Determinou a natureza ondulatória da luz	19/27 = 70,4%	8/27 = 29,6%	corpuscular
(V) Leis de conservação de energia e momento dão conta de explicar o fenômeno	17/27 = 63,0%	10/27 = 37%	
(V) Tendo como base a teoria ondulatória, a frequência da onda espalhada deveria ter a mesma frequência da radiação incidente	16/27 = 59,3%	11/27 = 40,7%	
(F) A energia do fóton espalhado é maior que do fóton incidente	19/27 = 70,4%	8/27 = 29,6%	menor
(V) A frequência do fóton espalhado e a energia são menores do que o fóton incidente	12/27 = 44,4%	15/27 = 55,6%	
(V) É mais uma prova do comportamento corpuscular da radiação	18/27 = 66,7%	9/27 = 33,3%	

Fonte: autor

A análise das respostas apresentadas na Tabela 7 nos indica um aproveitamento percentual médio da questão de 52,9% com um desvio padrão amostral de 18,8%. As questões seguintes, realizadas de forma aberta, suscitaram uma grande maioria de respostas com similaridade com páginas da internet copiadas inteiramente. Assim faço a partir desse momento a análise gráfica das mesmas. A classificação feita para as respostas foi: resposta adequada (RA), resposta incompleta (RI), resposta equivocada (RE), resposta tangencial (RT), similaridade entre colegas (SC), similaridade com a internet (SI) e sem resposta (SR). A pergunta 5 era “Explique o que é o fenômeno fotoelétrico.” A pergunta 6 era “Qual foi a proposta de Einstein para explicar o efeito fotoelétrico? Qual a concepção de natureza da luz está por trás dessa proposta?” A pergunta 7 era “Explique o que é o efeito Compton com suas palavras.” A pergunta 8 era “Qual a diferença entre o Efeito Compton e o Efeito Fotoelétrico”. As respostas classificadas estão sintetizadas na Figura 18.

Figura 18 - Classificação das respostas da questão 3.5, 3.6,3.7 e 3.8



Fonte: autor

As quatro últimas questões de 3.5 a 3.8 revelaram que a grande maioria das respostas foram copiadas integralmente da internet. A porcentagem média de respostas adequadas (RA) para essas 4 questões apresentou um índice baixo de 12,0% e desvio padrão amostral de 6,3%. Isso mostra como os temas de Física Moderna são abstratos e distantes para os alunos. Mesmo com toda a contextualização da atividade, boa parte dos alunos buscou a informação pronta. Isso reforça a importância de atividades que envolvam o raciocínio e posicionamento pessoal juntamente com a investigação.

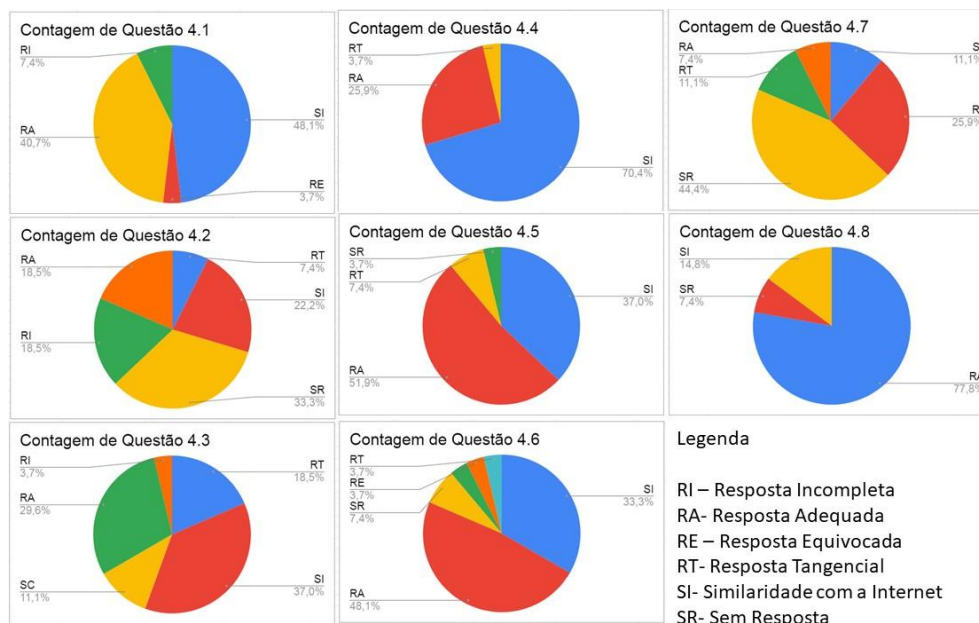
6.4. Aula 5. Radioatividade e Efeitos biológicos da radiação

Nesta aula, foi tratada a interação da radiação com a matéria de forma também dialogada de acordo com as respostas frente ao questionário inicial e aos questionários anteriores sendo feita a discussão sobre aspectos equivocados de alguns estudantes. Os principais efeitos da radiação ionizante discutidos foram: dermatite aguda, queimaduras, quedas de cabelo, necrose e câncer (APÊNDICE M – **Apresentação da Aula 5**).

Discutiu-se sobre as primeiras vítimas da radiação ionizante e primeiras pesquisas sobre os efeitos biológicos da radiação. Os efeitos biológicos por mecanismo direto e indireto, reações teciduais imediatas e tardias também foram discutidos. Foram vistos, também, os limiares de dose e seus sintomas associados à quantidade de radiação, bem como, os limiares de dose para alguns órgãos do corpo. Efeitos devidos ao acúmulo de radiação (efeitos estocásticos) e os tecidos mais sensíveis foram discutidos. Falou-se, também, sobre os principais fatores de proteção à radiação ionizante: distância, tempo de exposição e blindagem. Essa aula também foi utilizada para falar sobre os principais acidentes com radiação: *Three Mile Island* (1979), Chernobyl (1986), Goiânia (1987), Fukushima (2011). Material didático no APÊNDICE N – **Material Didático: Radioatividade e Efeitos Biológicos da Radiação**.

Ao final da aula 5, os alunos responderam um questionário sobre radioatividade e efeitos biológicos da radiação (APÊNDICE O – **Questionário da Aula 5**). As 8 primeiras questões do questionário eram as seguintes: (4.1) “O que são os efeitos biológicos da radiação?” (4.2) “Quais as etapas do desenvolvimento dos efeitos biológicos?” (4.3) “Qual a diferença entre efeitos determinísticos e estocásticos?” (4.4) “Dê exemplos de efeitos determinísticos.” (4.5) “Dê exemplos de efeitos estocásticos?” (4.6) “Há uma dose mínima para haver risco ao entrar em contato com a radiação?” (4.7) “Como o efeito fotoelétrico e o efeito Compton estão relacionados com o aparecimento de efeitos biológicos?” (4.8) “Você recebe radiação do ambiente? Quais as fontes?”. As respostas estão sumarizadas na Figura 19.

Figura 19- Classificação das repostas das questões 4.1. a 4.8.

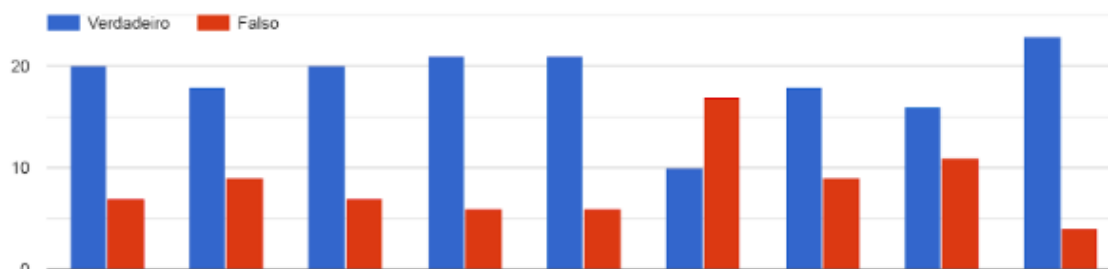


Fonte: autor.

A análise de médias das repostas das questões 4.1 a 4.8 indica que uma parte dos alunos respondeu adequadamente em média correspondendo a 37,5%, seguido dos que copiaram da internet com 34,3%, o grupo sem resposta veio a seguir com 12,0%, resposta incompleta com 7,4%, resposta tangente com 6,5%, resposta similar ao colega com 1,4% e com 0,9% as respostas equivocadas. Na questão 4.9, foi perguntado: “Com relação a radioatividade, suas causas, tipos de emissões e seus efeitos biológicos, marque V para verdadeiro e F para falso.” As repostas estão na Figura 20 e na Tabela 8.

Figura 20 - Respostas para a questão 4.9

Com relação a radioatividade, suas causas, tipos de emissões e seus efeitos biológicos, marque V para verdadeiro e F para falso.



Fonte: autor

Tabela 8- Respostas da questão 4.9

Gabarito e afirmativa	verdadeira	Falsa	comentários
(V) O termo "radioatividade" foi aplicado primeiramente pelo casal Curie	20/27 = 74,1%	7/27 = 25,9%	
(F) A radioatividade está associada à instabilidade da eletrosfera dos átomos	18/27 = 66,7%	9/27 = 33,3%	Instabilidade do núcleo
(V) Marie Curie descobriu os elementos Polônio e Rádium bem mais radioativos que o Urânio	20/27 = 74,1%	7/27 = 25,9%	
(V) As partículas alfa são equivalentes ao núcleo do átomo de Hélio	21/27 = 77,8%	6/27 = 22,2%	
(V) O termo "meia-vida" está associado ao tempo médio que um radioisótopo leva para que sua atividade inicial se reduza à metade	21/27 = 77,8%	6/27 = 22,2%	
(F) Para deter partículas beta é necessário apenas uma folha de papel ou de alumínio fina	10/27 = 37,0%	17/27 = 63,0%	Papel passa Al 2 cm
(V) Os raios gama podem causar mutações genéticas	18/27 = 66,7%	9/27 = 33,3%	
(V) Exposições a altas doses de radiação conhecida como envenenamento por radiação causam reações imediatas como necrose, catarata e vermelhidão latente	16/27 = 59,3%	11/27 = 40,7%	
(V) Os primeiros sintomas ao excesso de radiação são náuseas, vômitos, diarreia e baixa imunidade	23/27 = 85,2%	4/27 = 14,8%	

Fonte: autor

A questão 4.9 apresentou um bom índice de acertos, porém a afirmativa sobre a associação da radioatividade com a instabilidade da eletrosfera não foi satisfatória, devido a maioria dos alunos pensarem que estava correto quando a afirmativa é falsa.

6.5. Aula 6 – Atividade Prática

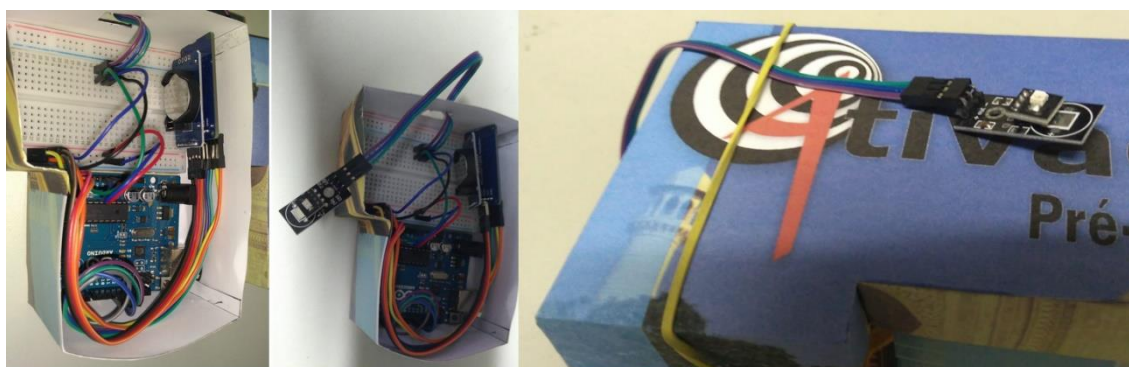
A aula 6 teve um componente diferente das demais aulas, de acordo com a proposta teórica, a ideia era desenvolver uma atividade investigativa. Conforme foi

discutido, entretanto, a pandemia de COVID-19 impôs muitas limitações nas formas de trabalho, de maneira que teve-se que limitar os objetivos iniciais dessa atividade.

Primeiramente, dialogou-se sobre os perigos da R-UV na apresentação teórica (APÊNDICE P – **Apresentação da Aula 6**). Meses antes dessa aula, para realização dessa atividade, montou-se o Arduino com os sensores de radiação UV e foi programado para que ele pudesse fazer medidas ao longo de um dia ensolarado. As pesquisas sobre programação da placa apresentavam separadamente os programas para o sensor UV e para o registro de datas e horário. Precisou-se juntar essas propostas em uma programação nova, a partir do que já existia separadamente, de forma que os dados fossem coletados conjuntamente. Nesse momento, contou-se com o auxílio de um especialista, que auxiliou na programação. O manual completo da montagem e programação está no APÊNDICE Q – **Manual de Montagem e Programação de Placa Arduino para Detecção de Radiação UV**.

Na Figura 21, apresenta-se as imagens do sistema montado.

Figura 21 - Detector de UV com Arduino



Fonte: autor.

Ao invés de ter uma atividade em que os alunos construíssem detectores, e tentassem elaborar uma pesquisa, foi elaborada uma atividade em que os alunos tivessem que lidar com dados em planilhas eletrônicas e, a partir deles e de estudos próprios, pudessem tirar conclusões sobre a radiação ultravioleta. Ainda que esse objetivo seja bem mais restrito do que o original, existe um grande benefício em permitir que os alunos manipulem dados, tentem os interpretar e aprendam a lidar com uma ferramenta computacional simples, mas muito útil, a planilha eletrônica (BETZ; TEIXEIRA, 2012). Para tanto, tratou-se os dados das medidas feitas pelo detector e

forneceu-se uma tabela com dados para que os alunos pudessem os interpretar e tirar conclusões sobre eles (Figura 22).

Figura 22 - Tabela de médias das leituras do índice de radiação UV em 15/12/2020

	A	B	C	D	E	F
1	Medida da Radiação UV (R-UV) em Porto Alegre (15/12/20) em função do horário do dia, clima, temperatura e atenuação do protetor solar FPS 50 e FPS 30 (reposição de 2 em 2h)					
2	Horário do dia	temperatura (°C)	clima	Medidas da R-UV		
3				sem protetor	protetor FPS 30	protetor FPS 50
4	06:00	19	claro	1	0	0
5	07:00	21	claro	2	0	0
6	08:00	24	claro	3	1	0
7	09:00	25	claro	5	3	2
8	10:00	26	claro	7	5	3
9	11:00	28	claro	9	6	4
10	12:00	29	claro	12	8	5
11	13:00	30	claro	12	8	5
12	14:00	31	claro	10	7	4
13	15:00	31	claro	9	5	3
14	16:00	31	claro	7	3	2
15	17:00	31	claro	5	2	0
16	18:00	28	claro	3	1	0
17	19:00	25	claro	2	0	0

Fonte: autor

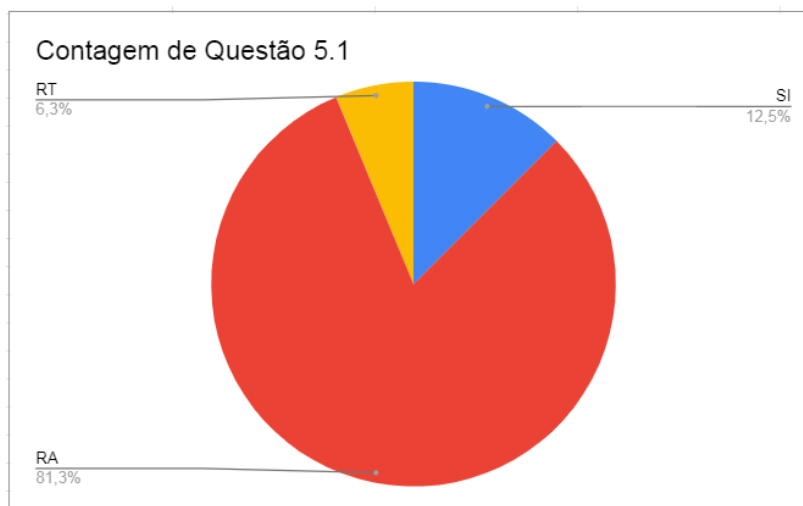
Na aula dialogada, foi feita uma breve introdução. Discutiu-se o que é radiação UV e os tipos de R-UV: UV A, B e C, classificação das ondas no espectro EM, extensão da faixa de comprimento de onda UV (100 nm a 400 nm).

Discutiu-se que praticamente toda a radiação UV-C, que possui menor comprimento de onda (entre 100 nm e 280 nm), é absorvida pela camada de ozônio, sendo a radiação mais perigosa para a vida no planeta por ser altamente penetrante e extremamente danosa à saúde. Discutiu-se que a radiação UV é utilizada para esterilização de instrumentos cirúrgicos e água por meio de fontes artificiais e os filtros solares não são capazes de bloquear essa radiação. As radiações UV-A e UV-B conseguem atravessar a atmosfera que chegam à superfície, sendo assim, os protetores solares devem ser capazes de bloquear esses dois tipos de R-UV. A R-UV-A é considerada cancerígena com maiores danos à pele e olhos, possui comprimento de onda entre 315 nm e 400 nm penetrando nas camadas mais profundas da pele. Já a R-UV-B com comprimentos de onda entre 280 nm e 315 nm é fortemente absorvida pela camada de ozônio, mas parte dessa radiação pode chegar à superfície da Terra e são substancialmente danosas à saúde.

Após essa breve discussão, para introduzir a atividade, foi fornecida uma tabela (Figura 22) com dados médios coletados durante um dia inteiro medidos de 10 em 10 segundos para três placas disponíveis no APÊNDICE R – **Dados de Radiação UV Coletados**, contendo horário, temperatura, condição climática (dia ensolarado, nublado, chovendo, etc.) e medidas de radiação UV apontadas com o auxílio de um aparato produzido com o auxílio de programação em Arduino. Foi explicado como os dados foram obtidos e pedido que os alunos interpretassem os dados para responder as perguntas (APÊNDICE S – **Questionário da Aula 6**). Foi proposto aos alunos que imaginassem como se fossem cientistas diante de dados recém coletados. Quando os dados não pudessem fornecer a resposta, eles deveriam usar ainda raciocínio lógico ou recorrer às discussões feitas em aulas.

A primeira questão perguntava: “Como se comporta o índice de radiação UV versus horário do dia.” De um modo geral, os alunos responderam de forma adequada ao questionamento, porém alguns alunos ainda continuaram insistindo em copiar respostas prontas da internet, onde na realidade a questão busca um raciocínio lógico dos estudantes em relação aos dados lidos na tabela (Figura 23).

Figura 23 - Resultados da questão 5.1



Fonte: autor

Abaixo relaciona-se algumas respostas consideradas RA:

“Quanto mais perto do pico do Sol, entre 10 e 15 horas, maior a taxa de R-UV.”

“No intervalo das 10h às 16h, é possível perceber um aumento no índice de radiação UV, podemos perceber um índice 12, de uma média que vai de 1 à 16.”

“A radiação UV é mais intensa no horário das 11:00 as 15:00.”

“Os horários 12:00 e 13:00 chegam ao pico de radiação UV, onde chegam ao máximo de 12 de energia UV”

“Os piores horários são, 10, 11 e 12 horas”

“O índice é alto em alguns pontos de dia”

“Quanto mais próximo do horário do meio dia mais fortes os indicadores de radiação UV”

“O índice de radiação UV tem mais força nos horários do meio do dia.”

“Mais perto do meio dia, horário que o sol está mais perto da terra e em cima fica mais quente.”

“O pior horário por conta da radiação é entre às 11:00 até as 16:00”

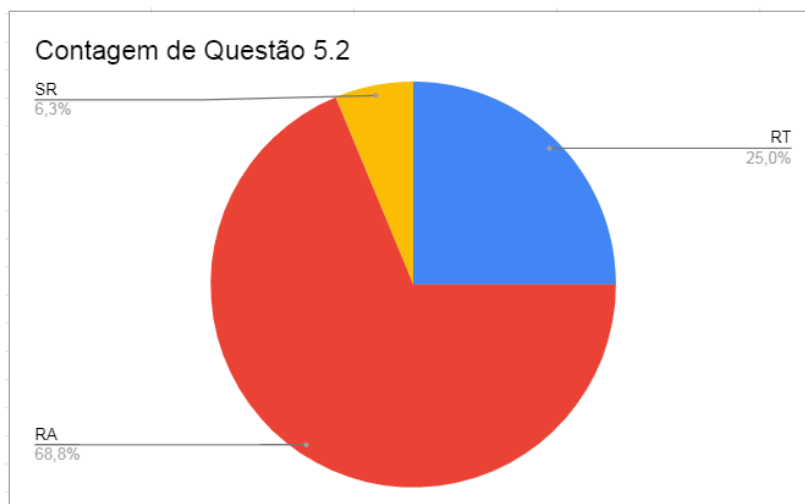
“O índice de Maior nível de radiação UV sem protetor é de 11:00 até as 17:00 horas”

“Concluimos que a radiação tem os níveis mais elevados no horário entre 10:00 e 16:00 hs mesmo usando filtro solar FPS 50”

“Conforme vai se aproximando das 12 hrs, pelo o Sol estar em seu ápice, há um pico na radiação.”

A segunda pergunta se referia ao entendimento do papel da condição climática “Comente sobre o índice de radiação UV versus clima”. As respostas estão categorizadas na Figura 24.

Figura 24 - Classificação de respostas da questão 5.2



Fonte: autor

A Figura 24, mostra igualmente um alto índice de respostas consideradas RA, mas tem-se um aumento considerável das respostas RT. Apesar da tabela inicial apresentar apenas o clima claro, a pergunta buscava algum raciocínio lógico a respeito da variação climática, para a reflexão de cada um. E se estivesse nublado ou chovendo, como ficaria a radiação UV que chega ao solo? A resposta esperada é que havendo mais matéria para a radiação atravessar, naturalmente haveria mais interação da radiação com essa matéria e, logicamente, a radiação que chega ao solo deve ser menor intuitivamente. Abaixo transcreve-se algumas das respostas incorretas.

“Enquanto o dia ainda continua claro, a R-UV ainda ataca a nossa pele de maneira sutil.”

“O clima não muda”

“Através das nuvens a radiação pode aumentar, como estava claro emite uma radiação menor”

Apresenta-se, também, algumas respostas RA:

“O índice de radiação decai e quase fica nulo quando está noite em Porto Alegre, o que é compreensível visto que a luz solar é a principal fonte de Radiação UV.”

“Medir a radiação UV requer um clima claro e limpo, tendo em vista que a luz precisa chegar até nós para medirmos, algo que não é possível caso o clima esteja nublado.”

“O clima quente é mais propício a radiação UV”

“Quanto mais aberto o céu maior o índice dos raios”

“O índice de radiação UV é mais forte em dias claros.”

“O clima estando claro, a pessoa sem protetor sempre estará exposta à radiação UV”

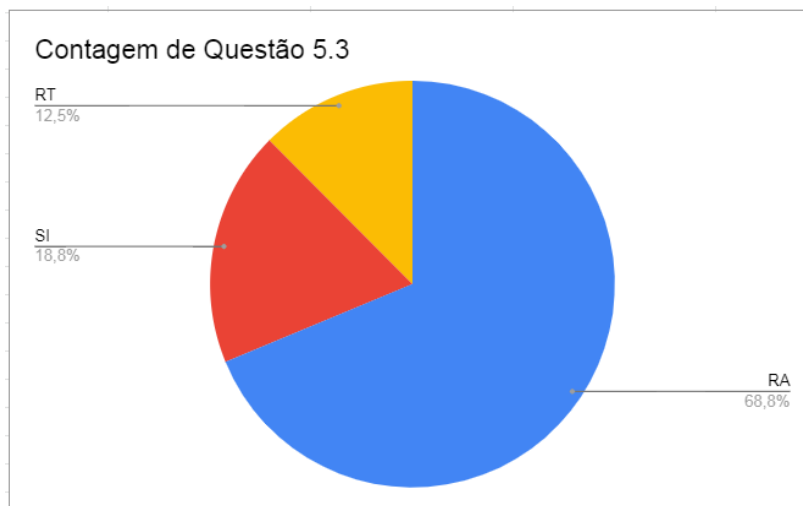
“Tendência a maior níveis de radiações UV por clima claro”

“Podemos notar também que como o clima estava com a temperatura elevada e o clima claro também os horários entre 10:00 e 16:00hs a radiação é mais forte.”

“Com o clima obstruindo a passagem total do Sol há diminuição na radiação.”

A terceira questão pedia para os alunos analisar a relação entre o índice UV e o fator de proteção: Comente sobre o índice de radiação UV versus FPS (Fator de Proteção Solar). As respostas estão organizadas conforme a Figura 25.

Figura 25 - Respostas à questão 5.3



Fonte: autor

Nesta questão, o aluno deveria investigar os níveis de R-UV da tabela inicial para os casos com e sem protetor solar para tirar uma conclusão. Os dados indicam que quanto maior o FPS usado menor é o índice da R-UV lido pelos sensores, mas observou-se aqui, mais uma vez, o uso de respostas prontas (SI) da internet através de constatação feita com o programa *CopySpider*¹² de frases exatamente iguais em páginas da web. Apresenta-se algumas respostas classificadas como RT:

“Há necessidade de repor o protetor em alguns horários”

“Fator 50”

E algumas respostas com a classificação RA:

“É perceptível que o protetor solar fator 50, protege um pouco mais que o de fator 30, pelas medidas de R-UV se percebe isso.”

“Mesmo com o uso do protetor solar nos horários de maior índice de radiação UV (das 11h as 15h), ainda não estamos 100% protegidos contra esse mal, porém, é imprescindível a utilização dessa proteção.”

¹² *CopySpider* é um software gratuito que analisa plágio a partir de textos escritos e os compara com o que já existe disponível em páginas da internet, mostrando de onde os trechos assinalados foram copiados. Disponível em <https://copyspider.com.br/main/pt-br/download>.

“O protetor solar ajuda na proteção da pele contra os raios UV”

“Quanto maior o número de proteção do protetor menor os danos ao corpo”

“O índice de radiação UV possui menos agressão quando utilizamos FPS.”

“Dependendo do FPS que estiver usando, o índice de radiação diminuí”

“Diminuição grande de fator 50, do que fator 30”

“Pode-se notar que conforme a tabela ambos os protetores auxiliam na proteção contra os raios UV, porém o FPS 50 tem maior proteção.”

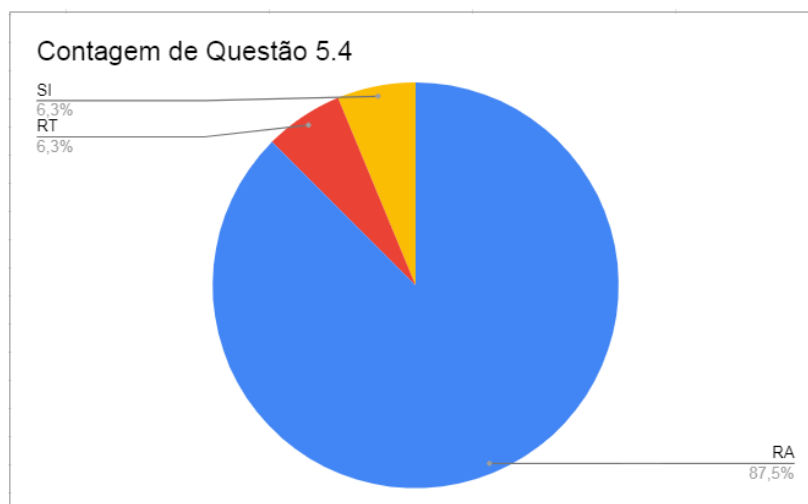
“Tanto depende da qualidade do produto quanto do horário”

“O FPS é como se fosse uma armadura para o nosso corpo, dependendo do fator do protetor, mais forte essa armadura e menos R-UV recebemos no nosso corpo.”

“Quanto maior o nível de fator menor vai ser a radiação em você ou a "queimadura"”

A próxima questão perguntava: “Comente sobre a duração média dos FPS”. Para essa pergunta, o aluno poderia verificar se, de acordo com os dados, pode-se perceber algum desgaste do filtro utilizado, o que não é possível. Não podendo interpretar isso do gráfico, o aluno poderia discutir sobre a duração do filtro que utiliza-se no dia-a-dia recorrendo à discussão feita em aula. Com relação a isso, a duração média de um protetor solar depende do tipo de cada pele, do FPS do protetor e também se o local onde o mesmo foi aplicado, se o local da aplicação foi molhado ou não. Em geral, sem o banho, o número que corresponde ao FPS nos diz quanto tempo a mais pode-se ficar expostos à R-UV sem sofrer danos. Por exemplo, um FPS igual a 15, permite a exposição da pele ao sol por um período de tempo 15 vezes maior do que seria sem a utilização do protetor para um mesmo nível de radiação e mesma pele. As respostas dos alunos a essa questão foram classificadas conforme a Figura 26.

Figura 26 - Classificação das respostas para a questão 5.4



Fonte: autor

Apresenta-se uma resposta classificada como RT:

“A duração média deles é de 8:00 até as 18:00”

E algumas respostas classificadas como RA:

“Em média a duração de um protetor com FPS 50, de boa qualidade é de 8h, mas é sempre importante passar de 2 em 2 horas para reforçar a proteção.”

“Geralmente, deve ser reaplicado a cada 2 horas.”

“De 2 em 2 horas é preciso repor para proteger melhor a pele”

“Quanto maior exposição ao sol direto menor a duração”

“Duração média de 2 horas.”

“O FPS 30 precisa repor mais vezes, já que é um FPS menor que o 50. Já o FPS 50 dura muito mais na pele e protege mais da radiação UV”

“É recomendável reaplicar os protetores a cada 2h para garantir uma melhor proteção.”

“30 minutos.”

“Entre 2 a 3 horas.”

“Se coloca em média de 2 em 2 horas por causa do calor, que resseca.”

“A duração média é de 30 minutos “

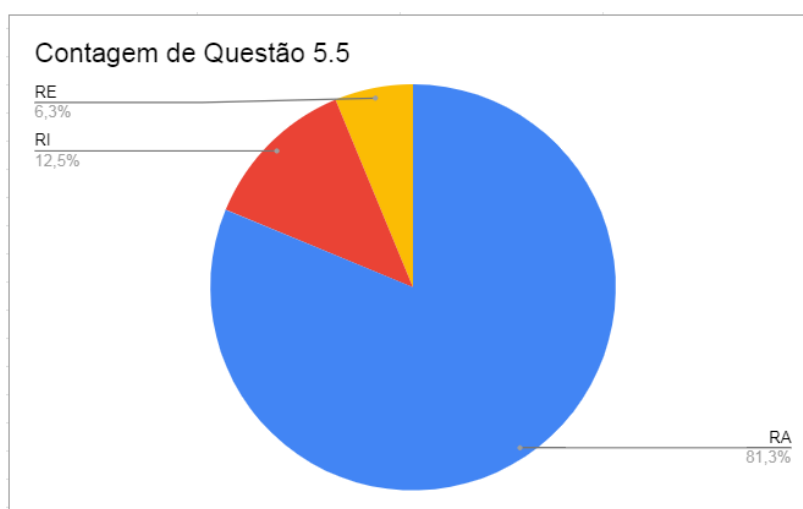
“Recomendado passar a cada duas horas.”

“O FPS 30 pode durar 5 horas e o FPS 50 pode durar até mesmo 8 horas”

“O número nos protetores solares indicam quanto tempo a mais uma pessoa pode ficar exposta ao sol, por exemplo: se a pele de uma pessoa demora cinco minutos para sofrer os efeitos do sol, usando um filtro solar de FPS 30 ela consegue ficar 30 vezes mais do que esse período, ou seja, 150 minutos.”

A próxima questão exigia uma interpretação dos dados e um entendimento das discussões conceituais: “Quais os horários mais adequados para ir à praia?” O recomendável é evitar os horários em que o pico da radiação ocorre, ou seja, das 10h00 até às 16h00. Apresenta-se na Figura 27, a classificação das respostas.

Figura 27 - Classificação das respostas para a questão 5.5



Fonte: autor

Apresenta-se uma resposta RE:

“Entre 10:00 da manhã até 18:00 da tarde”

Duas respostas RI:

“Das 6 as 10 e das 14 as 19”

“A tarde”

E algumas respostas RA:

“Os horários mais adequados para ir à praia são antes das 10h e após às 16h, em que os raios estão com menor incidência.”

“Os horários ideais para tomar sol são antes das 10h e depois das 16h.”

“Pela manhã e a tardinha”

“Antes do meio dia, até as 10 horas em média, e depois da tarde, por volta das 18 horas.”

“Os horários mais adequados são no início da manhã e no final da tarde.”

“Antes das 10:00hs e após as 16:00”

“Às 06:00 e 19:00”

“Pela manhã, a partir das 6h até as 10h; pela tarde, a partir das 16h até o anoitecer.”

“Até as 11:00 e depois das 15:00.”

“Das 6 as 9 da manhã e das 16 as 19 horas “

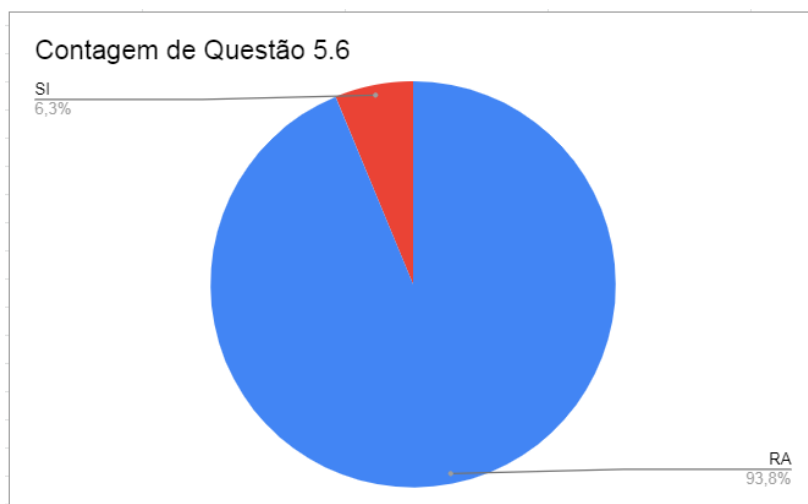
“Das 6 horas da manhã as 10 horas da manhã e das 15:00 até as 19:00.”

“Devemos evitar a praia entre 10h e 15h, que é o período em que os raios UV estão presentes em maior quantidade, então, qualquer horário que não seja entre este período é mais seguro, mas mantendo o uso de protetor solar.”

“Devemos evitar a exposição solar no período entre 10h e 15h.”

A questão 6 perguntava: “Qual o FPS mais indicado e qual seu tempo médio de duração?” Essa é uma outra questão em que o aluno deveria mobilizar sua interpretação dos dados e conhecimentos sobre o tema. Os dados permitem ver a diferente atenuação permitida por cada filtro. Além disso, essa questão traz uma amplitude maior de respostas consideradas adequadas porque tanto o FPS quanto o tempo dependem de muitos fatores, principalmente do tipo de pele, dos horários de exposição, do local da exposição, do clima, enfim, são muitos fatores a considerar. Esperava-se que o aluno comentasse sobre a filtragem identificada nos dados e, a partir disso, refletisse sobre possibilidades de uso no dia-a-dia. Aqui obteve-se uma resposta classificada como SI, de acordo com a Figura 28.

Figura 28 - Classificação das respostas à questão 5.6



Fonte: autor

Algumas respostas RA são as seguintes:

“O FPS 50 protege 1,67 vezes mais tempo que o FPS 30, dependendo da qualidade do protetor e do horário que se expõe ao sol, pode durar em média 8h.”

“No mínimo o FPS 30 e deve ser reaplicado a cada 2 horas.”

“Fator 50 duração de 2horas”

“50 e reposição de 2 em 2 horas. “

“FPS 50 dura aproximadamente 8 horas.”

“O FPS que garante uma maior proteção é o 50, e deve ser reaplicado a cada 2h”

“50, cerca de 30/40 minutos.”

“Para um dia comum (FPS 30); para um dia de praia e sol intenso (FPS 50 ou maiores).”

“FPS 50, média de 2 horas.”

“Protetor 50, de 30 em 30 minutos”

“60 e caso seja de boa qualidade, pode durar até 8 horas.”

“O FPS indicado varia de pele para pele, mas é recomendável que ele seja superior a 30.”

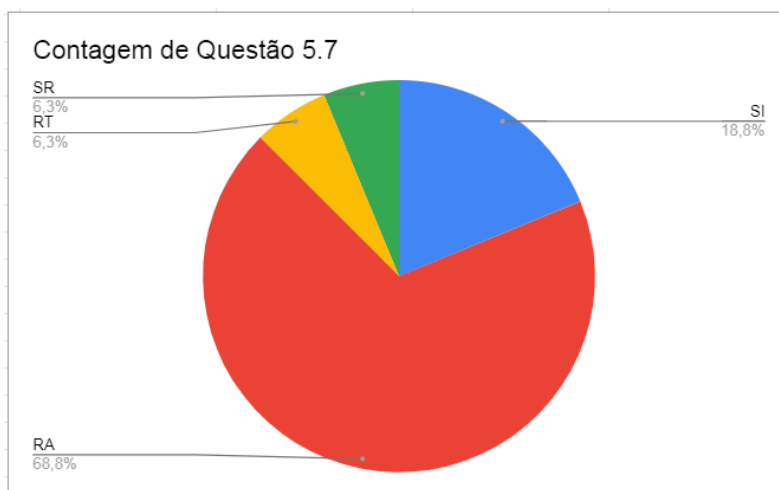
“Depende do seu tipo de pele.”

“Fator 50, dura até 08:00 horas”

“50 FPS com média de 2 horas”

A questão 7 perguntava: “Você poderia sugerir como varia a radiação UV durante o ano? Quais meses a radiação é mais perigosa?” Durante o verão, a radiação solar é mais intensa e no inverno menos, pois, a inclinação do eixo de rotação da Terra com o plano da sua órbita varia com as estações do ano, sendo que, por ser mais inclinada, a radiação durante o inverno atravessa maior distância na atmosfera, resultando em menores índices de radiação em comparação com o verão. A Figura 29 mostra as respostas dos alunos.

Figura 29 - Respostas à questão 5.7



Fonte: autor

Apresenta-se algumas respostas classificadas como RA:

“A radiação UV é mais intensa durante os equinócios devido ao tempo de incidência solar que é o mesmo em ambos os hemisférios e ocorrem em 23 de setembro e 21 de março. O índice de radiação UV varia durante os solstícios que ocorrem em 22 de dezembro (solstício de verão / + RUV no Hemisfério sul) e 22 de junho (solstício de inverno / + RUV hemisfério norte). Também é importante”

“Durante o ano ela é alta no verão pelos meses de dezembro à fevereiro”

“Acredito que a radiação UV é mais perigosa no verão (dezembro até março), pois o Sol está "mais forte".”

“A radiação UV varia conforme a Terra gira em torno do Sol. Os piores meses são na estação de veraneio, no caso entre Novembro até Março.”

“No Brasil durante os meses de inverno, como é maior a incidência de chuvas e a falta de sol, pode-se dizer que os meses de verão onde a incidência do sol é maior existe uma maior incidência de raios UV”

“Meses onde a posição do Sol fica proporcional para colaborar com a radiação, como no verão.”

“Acredito, que em todos os meses há perigo, porém na primavera e no verão as exposição é maior “

“Varia de acordo com as estações tendo em vista que a fase mais suscetível a raios UV é o verão, de 21 de dezembro a 21 de março.”

“O verão é o período onde há maior presença de radiação UV, a primavera também tem uma alta concentração, mas menor que o verão. O inverno é o período com menor concentração e o outono também tem baixa concentração de radiação UV, mas já é mais elevada.”

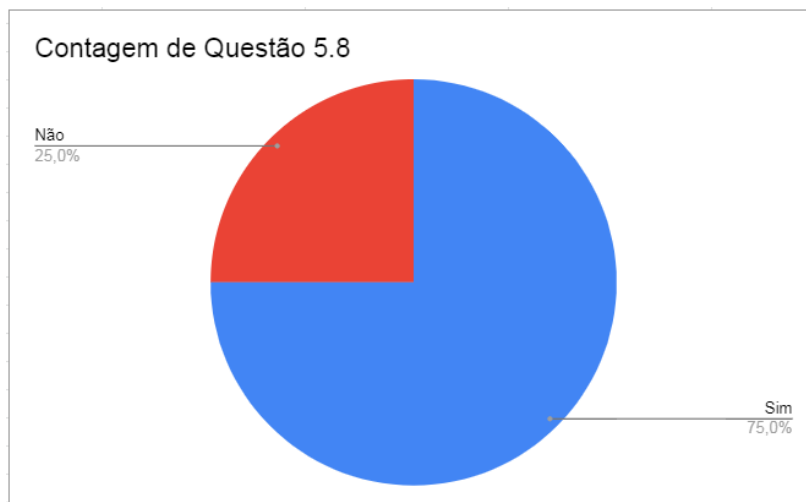
“Varia entre o começo da tarde e o começo da manhã, verão é o onde é mais perigoso, janeiro, fevereiro”

“Nós meses mais quentes temos índices maiores pois temos maior contato com o sol”

“Acredito que ela varie em tempos como 12:00 onde está mais perto de nós a radiação é maior.”

A questão 8 perguntada, “No seu modo de pensar, o nível de radiação varia conforme a altitude do local medido? Dê a sua opinião.” Esperava-se nesta questão que o aluno pensasse no percurso da radiação UV em relação às camadas da atmosfera que tem que atravessar. Quanto maior a altitude do local, menor a camada de atmosfera, e, portanto, a radiação será mais intensa. Apenas pequena parcela dos alunos acharam que não há relação (Figura 30).

Figura 30 - Respostas à questão 5.8



Fonte: autor

Apresentam-se algumas justificativas de respostas negativas:

“Não, mas como nós protegemos muda”

“Creio que não pois a camada de ozônio fica num nível muito alto e a não ser que se esteja acima dela, nesse caso não teríamos a proteção a raios UV”

“Acredito que não, pois ainda há o mesmo nível de proteção atmosférica sobre o local, é normal até mesmo que a temperatura seja menor em locais de altitude elevada.”

Algumas respostas positivas foram as seguintes:

“Acredito que sim, pois quanto mais perto do sol mais radiação receberíamos.”

“Sim pois em um lugar mais alto se fica mais próximo da radiação”

“Sim, pois acho que fatores como umidade do ar também pode influenciar.”

“Sim, quanto mais alto, mais exposto ao Sol e perto ficará da radiação.”

“Sim. o nível de radiação depende da altitude de cada cidade.”

“Varia conforme a altitude, muito provavelmente a proximidade com o Sol”

“Sim, varia, pois depende de muitas variáveis “

“Sim quanto mais alto mais próximo ao sol”

“Sim, quanto maior a altitude maior vai ser a radiação. A cada 300 sobe 4% o nível de radiação”

“Acredito que pelos raios UVA não há uma variável conforme a altitude, mas com os raios UVB há sim uma variação conforme a altitude do local.”

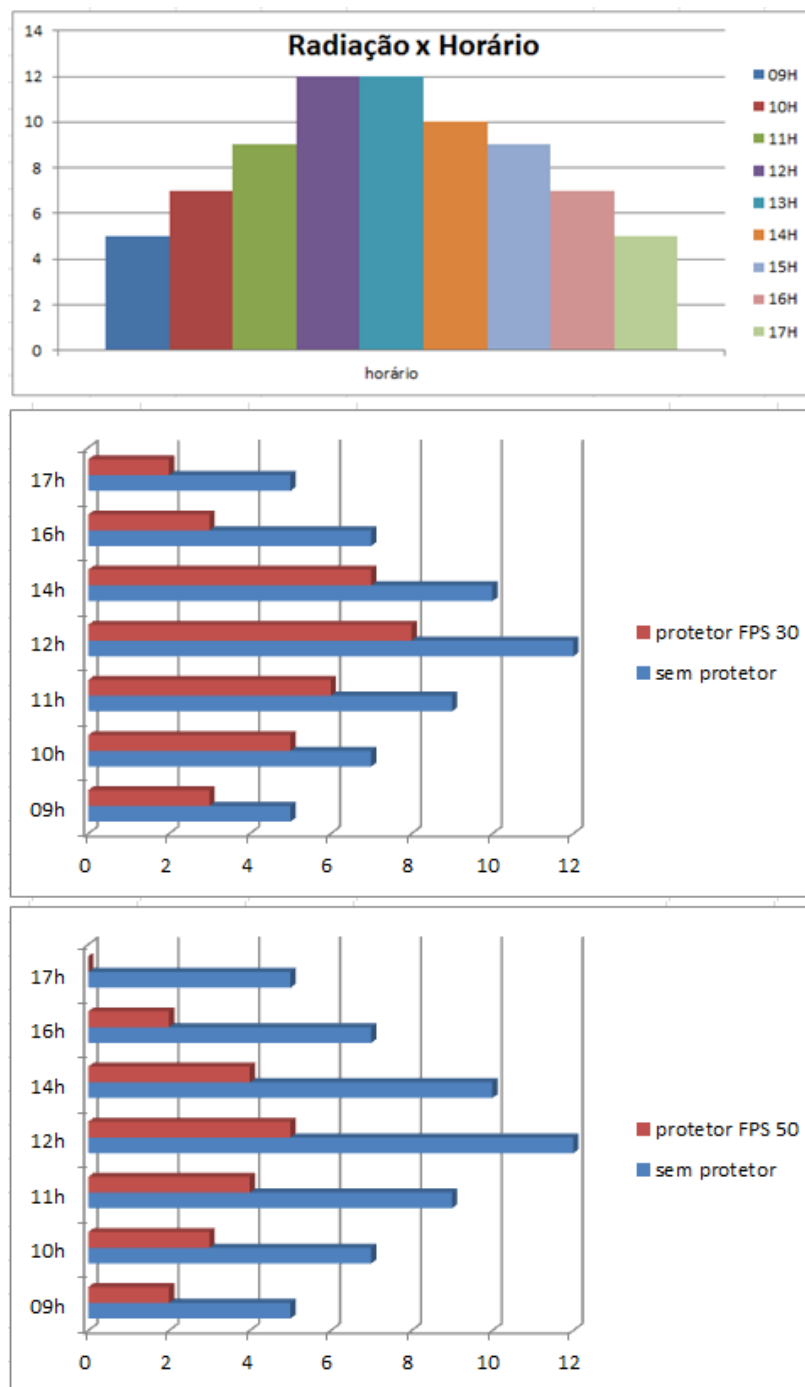
“Acredito que apenas em cidades com níveis consideráveis de altura em relação as que ficam em uma superfície padrão; pois com a altura muito elevada os R-UV podem atingir com mais força a nossa pele, porque contém menos "barreiras" até chegar no indivíduo.”

”acho que sim, pela intensidade dos raios solares.”

Ou seja, mesmo os alunos que disseram que havia variação, justificaram, de uma forma geral, de forma equivocada, achando que se devia à maior proximidade com o Sol.

A última questão tinha por objetivo incentivar a manipulação dos dados com a planilha eletrônica e criação de gráficos. “Faça gráficos em uma planilha que relacionem as variáveis estudadas e envie o arquivo.” Esta questão exigia que o aluno procurasse um jeito de fazer os gráficos que relacionam as variáveis apresentadas inicialmente na questão 5.1. Muitos alunos apenas copiaram gráficos da internet e outros responderam em branco. Apresenta-se, a seguir, a resolução de um estudante que concluiu a tarefa de forma correta e completa (Figura 31).

Figura 31 – Gráficos elaborados por um aluno relacionando as diferentes variáveis do arquivo.



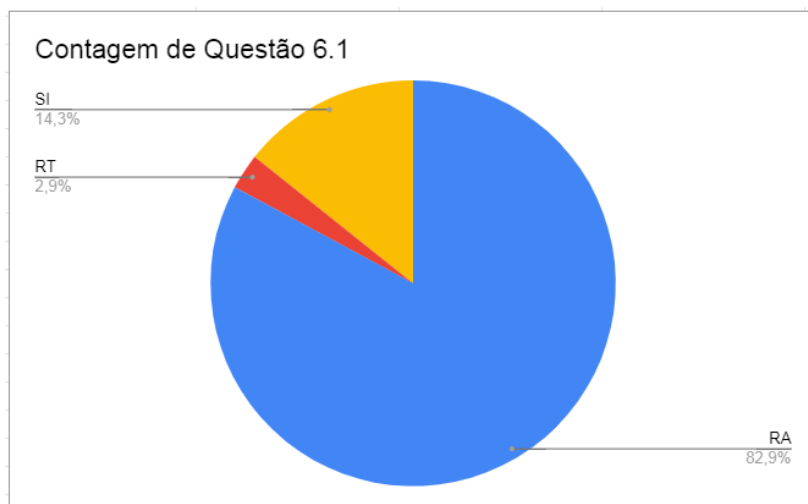
Fonte: autor

6.6. Aula 7 – Proteções e Aplicações da Radiação

Na aula dialogada, foram trabalhados os conteúdos de radioatividade, efeitos biológicos da radiação, tratamento e diagnósticos com radiação ionizante esterilização, o projeto Manhattan e energia nuclear (APÊNDICE T – **Apresentação da Aula 7**). Discutiu-se que os efeitos nocivos dos raios-X foram evidenciados pelo próprio Thomas Edison que passou a produzir as lâmpadas em larga escala e seu assistente, que testava os produtos em si próprio, começou a perder cabelo e ter ulcerações na pele, sofrendo amputações e vindo a falecer aos 39 anos.

As aplicações dos raios-x também foram abordadas, a partir das respostas dos alunos, principalmente em exames médicos, controle de qualidade, inspeções industriais, esterilização, pesquisa, astronomia, radiografia, mamografia, fluoroscopia, segurança em aeroportos, tomografia. Radioatividade natural ou espontânea, radiações alfa, beta e gama e suas características, seus poderes de penetração, decaimento radioativo, e as unidades para representar a radioatividade também foram discutidos com os alunos. Tratou-se também da proteção contra os efeitos da radiação (Material didático no APÊNDICE U – **Material Didático sobre Proteção Radiológica**). Ao final da aula, os alunos responderam um questionário para sistematizar as discussões (APÊNDICE V – **Questionário da Aula 7**). A questão 6.1. perguntava: “ Como se proteger da radiação?”. As respostas estão na Figura 32.

Figura 32 - Classificação das respostas da questão 6.1



Fonte: autor

Na sequência, apresenta-se as respostas classificadas como RT:

“A descontaminação de pessoas que entram em contato com material radioativo é feita de acordo com o grau da contaminação. Se a contaminação não for alta, a pessoa passa primeiramente por um processo de lavagem com água, sabão e vinagre.”

E respostas classificadas como RA:

“Coletes de chumbo para que não aja influência dos raios.”

“Protetores, ficar longe de lugares que tenham radiação, etc...”

“Qual das radiações? Se for a UV, usamos protetor solar. Se for a radiação ionizante temos 3 itens, são eles: Tempo (o quanto antes a profilaxia, melhor a proteção contra a radiação); Distância (quanto mais distante do foco de propagação, melhor) e Blindagem (qualquer coisa/construção que fique entre a pessoa e o foco da radiação servirá como escudo, principalmente se essa construção tiver chumbo envolvido); como também as roupas especiais de proteção.”

“Alguns materiais evitam sua passagem e contaminação, o chumbo e alguns tipos de plástico são exemplos disto”

“Como se proteger: a melhor maneira de se proteger da radiação ultravioleta é usar protetor solar diário com mínimo de fator de proteção 30, usar chapéus para proteger o rosto dos raios ultravioletas e evitar a realização de bronzeamento artificial.”

“A melhor forma de se proteger da radiação é tentar ao máximo não se expor, mas passar protetor solar, usar chapéu de proteção e colete de chumbo são maneiras de se proteger.”

“Utilizando os devidos equipamentos sugeridos por especialistas, de acordo com grau da radiação e do tipo. Por exemplo, a radiação ultravioleta: é aconselhável o uso de protetor solar todos os dias.”

“Não entrando em contato. Evitar contato com raios ultravioletas, usando utensílios como chapéu e protetor solar. Estando normalmente bem longe de alguma radiação muito forte.”

“Principalmente ficando longe de fontes de radiação.”

“Qualquer pessoa deve usar dosímetro de radiação e equipamentos de proteção, como por exemplo, o colete de chumbo.”

“Utilizando matérias como chumbo para proteção”

“Tomando as medidas cabíveis para cada tipo de radiação expostas, algumas matem o mesmo procedimento de proteção, mas não são todas que tem a mesma maneira de se defender.”

“Usando equipamentos de proteção contra radiação “

“Com casacos para radiação, óculos e evitar muito o contrato “

“Ficar distante, tempo de exposição e blindagem”

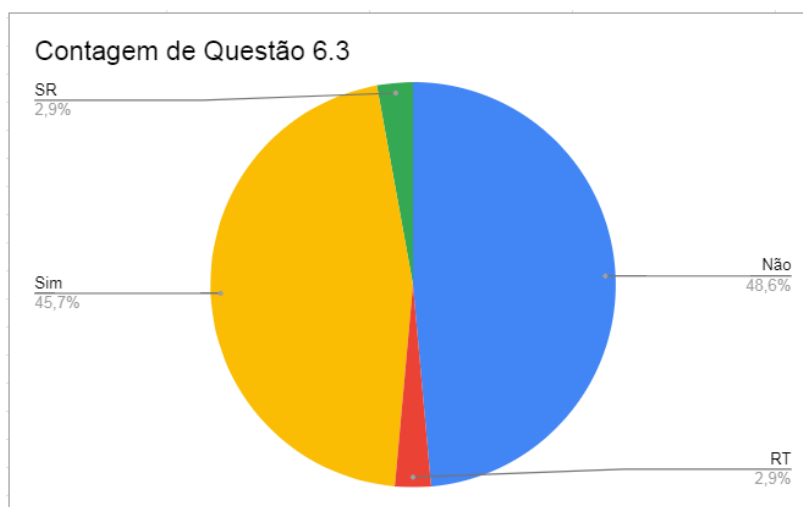
A questão 6,2, perguntava “Por que os coletes são feitos de chumbo?” Questão objetiva onde todos os alunos responderam corretamente dentre as opções das alternativas apresentadas. As alternativas foram:

- É muito denso e barato (resposta correta);
- É um material leve;
- Não é poluente;
- É um material muito duro.

Por exclusão dá para chegar à resposta mais adequada devido o chumbo ser um metal denso, poluente e macio.

A questão 6.3, perguntava “Se desligarmos os aparelhos de raios X eles ainda apresentam algum risco para população?” Esta questão sugere que o aluno faça a diferença entre equipamentos que produzem radiação artificialmente como os aparelhos de radiologia e tomografia que somente produzem raios X quando ligados e aparelhos de radioterapia que usam fontes de radiação natural a partir de elementos radioativos. Isto é, não há nenhum risco à população quando aparelhos de raios X estão desligados. A Figura 33 mostra a classificação das respostas dos alunos, sendo que uma boa parcela deles respondeu como se os aparelhos de raios X desligados oferecessem risco.

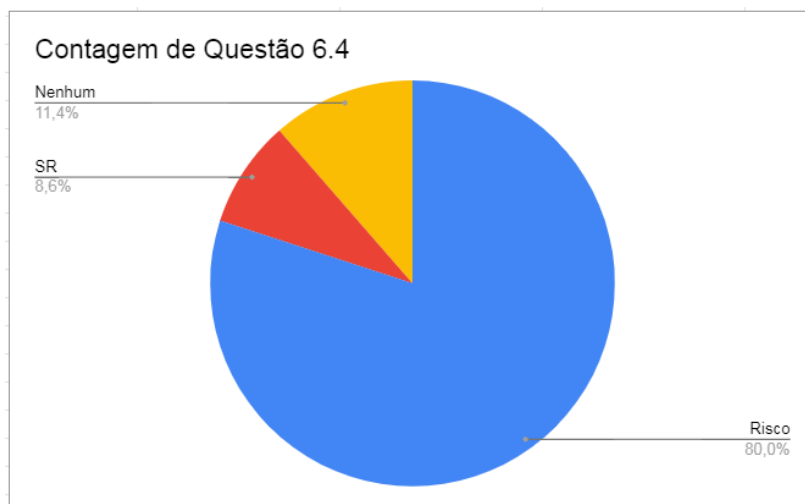
Figura 33 - Respostas à questão 6.3



Fonte: autor

A questão 6.4 perguntava “Você encontra um ferro velho com aparelhos de raios X abandonados, qual o risco há de abrir esses aparelhos?” O ocorrido em Goiânia, em 1987, onde um equipamento de radioterapia com uma fonte radioativa de césio 137 foi encontrada por uma dupla de catadores de ferro-velho em um prédio abandonado e desmontado inadvertidamente expondo a fonte radioativa, contaminando uma grande região da cidade e pessoas envolvidas, influenciou muito as respostas dos alunos. Incrivelmente, a grande maioria das respostas a esta pergunta, apresentadas na Figura 34, traz a preocupação com riscos, porém como viu-se na questão anterior, não há nenhum risco ao desmontar aparelhos de raios X, pois não existe fonte radioativa neles.

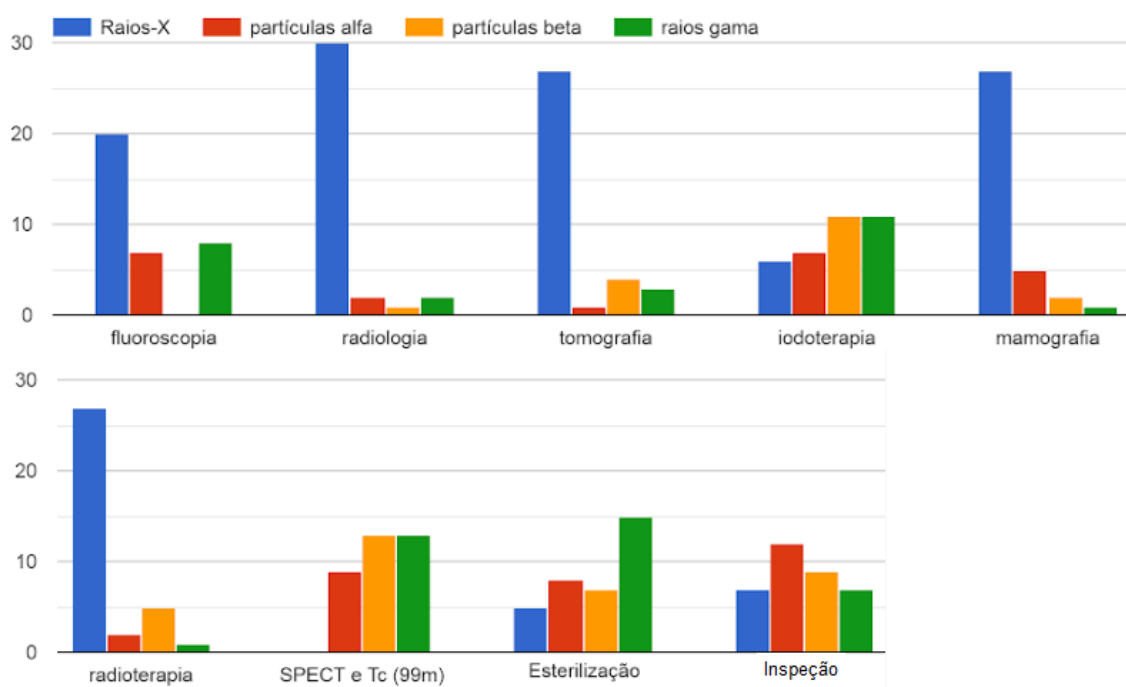
Figura 34 - Respostas à questão 6.4



Fonte: autor

A questão 6.5 pedia para os alunos relacionar a aplicação com o tipo de radiação. A Figura 35 mostra a disposição das respostas para a questão. O correto seria atribuir aos raios X as técnicas de fluoroscopia, radiologia, tomografia, mamografia, inspeção e esterilização (usa radiação gama e beta também). Já a iodoterapia e SPECT usa partículas beta menos e gama respectivamente e a radioterapia usa partículas alfa, gama e raios x.

Figura 35 - Panorama das respostas à questão 6.5



Fonte: autor

A questão 6.6 pedia para os alunos marcar V ou F sobre a proteção radiológica. A Tabela 9 abaixo mostra o resultado das respostas dos participantes da pesquisa. As assertivas falsas é que tiveram o mais alto índice de erros, muito embora a média de acertos da questão ficasse acima da média com 56,5% com um desvio padrão amostral de 22,7%.

Tabela 9 - Gabarito e comentários para a questão 6.6

Gabarito e afirmativa	verdadeira	falsa	comentários
(V) A atividade é uma grandeza que relaciona o número de desintegrações de um radionuclídeo por segundo, denominada de becquerel	22/35 = 62,9%	13/35 = 37,1%	
(F) A razão entre a energia depositada pela radiação e a massa é denominada de Dose absorvida comprometida.	25/35 = 71,4%	10/35 = 28,6%	
(F) Os coeficientes de dose para exposição ao público dependem apenas do tipo do radionuclídeo envolvido	17/35 = 48,6%	18/35 = 51,4%	Dependem também da idade e tempo de exposição
(V) Deve-se notificar à CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) sempre que a dose recebida por algum IOE (Indivíduo Ocupacionalmente Exposto) ultrapassar o nível de restrição efetiva.	29/35 = 82,9%	6/35 = 17,1%	

Fonte: autor

6.7. Aula 8 - Júri Simulado - Descrição dos argumentos levantados

O júri simulado, nessa sequência didática, é a atividade final. Nele, a turma pode se posicionar sobre uma QSC (que foi apresentada na primeira aula da sequência). Todas as aulas anteriores permitiram que os alunos discutissem sobre Física da Radiação, sistematizando alguns conceitos importantes, refletindo sobre sua história e lidando com dados reais de radiação UV. Todas essas construções devem contribuir para o entendimento da QSC e ajudar os alunos a se posicionar. Como discutiu-se, no Capítulo 3, entretanto, QSC depende da ciência e, também, de valores da sociedade. Por isso, na última aula os alunos podem exercer seu domínio sobre o tema abordado (por meio de argumentos) e também se posicionar criticamente (apresentando seu posicionamento sobre o tema).

O Júri Simulado transcorreu, como planejado, nas turmas 301 e 302. Descreve-se, a seguir, em linhas gerais, como ocorreu o júri, os principais argumentos levantados para cada turma e seus debates com o desfecho final do veredito e na sequência, apresentar-se-ão as respostas dos alunos sobre como eles perceberam e o que sentiram com o desenvolvimento da sequência didática.

6.7.1. Turma 301

O tema da turma 301 foi a questão do bronzamento artificial. Os alunos deveriam se posicionar sobre a liberação (ou não) desse tipo de prática, com finalidade estética. Na turma, havia os alunos que, previamente, ficaram com o cargo de promotoria (contra a prática), os alunos da defesa (a favor da prática), e o júri. Devido à baixa participação, no contexto da pandemia e pelo fato de ser um evento remoto síncrono na qual a participação foi pequena, distribuiu-se os alunos da mídia nas demais categorias de promotoria, defensoria e jurados para que o evento pudesse ter um desfecho.

O júri começou com a apresentação da promotoria. Os alunos na posição da promotoria partiram de uma argumentação explicando o que é o bronzamento artificial, reforçando que ela reproduz um espectro parecido com o do Sol e, por isso, pode ter efeitos negativos semelhantes aos da exposição ao Sol, mencionando a presença de UVA e UVB e reforçando que os efeitos podem demorar anos para aparecer (o que foi um dos temas abordados em aula)

Os alunos reforçaram a possibilidade de desenvolvimento de câncer de pele (melanoma) causado pelo UV (um dos efeitos estocásticos da radiação). Eles mencionam que o UV pode causar impactos na elastina da pele, causando aspecto de envelhecimento do tecido e podem prejudicar os olhos. Os alunos ainda trouxeram dados numéricos sobre câncer de pele em países que autorizam o uso de bronzamento artificial e chamam ainda atenção ao fato de que pessoas que se expõem ao bronzamento artificial, ainda se expõem ao Sol, aumentando os riscos.

Nesse sentido, pode-se dizer que muitos dos conceitos abordados em aulas apareceram diretamente no discurso dos alunos. Os alunos mobilizaram noções de efeitos biológicos da radiação, o conceito de espectro e buscaram valores estatísticos para embasar seus argumentos. Assim, pode-se dizer que a promotoria organizou seus argumentos apropriando-se das discussões da aula e do modo de argumentação típico da ciência.

Na sequência, foi a vez da defesa fazer sua argumentação. Os alunos da defesa argumentaram que tanto a exposição ao Sol quanto ao bronzamento artificial são perigosos quando a exposição é feita de forma incorreta. Portanto, o problema não é o bronzamento artificial em si mas o mau uso da tecnologia. Assim, o argumento da defesa é no sentido de um controle da aplicação e não da proibição da tecnologia em si.

Os alunos poderiam ter trazido dados ou informações, mas optaram por um caminho sobre valores. Isso pode indicar que, de fato, os dados e indícios são desfavoráveis à prática. Isso fez com que o debate se deslocasse do plano puramente conceitual para o campo social.

A promotoria, por sua vez, contra argumentou que a proibição no Brasil já dura dez anos, justamente porque não é possível garantir o uso adequado dessas tecnologias. Assim, a melhor forma de garantir a segurança, segundo os alunos, é a manutenção da proibição. Percebe-se que os argumentos da promotoria, agora, são sobre a sociedade e não somente científico. É porque é arriscado e porque não se pode controlar que deve ser proibido.

Os alunos da defesa, por outro lado, argumentaram que nos últimos dez anos houve um avanço na tecnologia, há um aumento do controle, de forma que clientes precisariam assinar termos de compromisso e de responsabilidade, informando que adotariam as precauções adequadas. A promotoria, por fim, argumentou que há um aumento significativo no aumento de incidência do câncer de pele causado pelo bronzeamento, por isso não valeria a pena se arriscar a desenvolver uma doença apenas por um efeito estético.

O último argumento da promotoria, assim, retoma um dado científico. Os alunos mobilizam, inicialmente, um argumento estatístico (há um aumento na incidência de câncer de pele). Esse argumento, entretanto, implica uma análise de valores: não vale a pena fazer um procedimento estético que afete a saúde. Ou seja, os alunos entram no cerne do problema das QSC, elas são científicas e sociais ao mesmo tempo.

Esse movimento de complexificação da argumentação é justamente o que se espera ao propor um debate. Ao longo do debate, os argumentos ficam cada vez mais complexos não somente com relação ao conteúdo científico, mas também à estrutura da argumentação.

Na sequência, houve a proposta de perguntas pelos jurados. As seguintes perguntas foram realizadas: qual o tempo seguro para ficar na câmara? E quais os tipos de radiação são emitidos pelo aparelho? Há algum método para evitar que haja qualquer dano da radiação?

Os alunos da defensoria e promotoria responderam retomando a explicação sobre o espectro emitido e explicando que a segurança estaria em respeitar o limite de 7-8 minutos de aplicação. Ao final, foi dado um tempo para que o júri pudesse discutir e

chegar a uma conclusão. Após, alguns minutos os alunos retornaram à sala virtual e anunciaram que o júri decidiu que não deveria ser permitido o bronzamento artificial, ainda que os alunos reconhecessem que os dois lados fizeram boas defesas.

A partir dessa breve descrição, pode-se concluir que os argumentos apresentados ao longo do debate estavam baseados no conhecimento sobre radiações e nos efeitos da radiação. Embora a promotoria tenha usado conceitos específicos de Física da Radiação de forma mais explícita, a defesa soube contra-argumentar (sabendo do que se tratava a discussão) bem como soube responder as questões do júri. Isso aponta que houve um processo de apropriação dos alunos com relação aos conceitos físicos abordados em aula. Mais do que isso, pode-se dizer que os alunos parecem ter chegado em um estágio de usar os conceitos físicos para interpretar situações físicas reais e entender como elas funcionam. Esse é um nível de apropriação mais elevado e complexo do que responder uma questão de lista de exercício, embora listas ajudem a conduzir até esse nível de apropriação.

Essa primeira característica do debate (o uso de conceitos abordados em aula) indica, portanto, que houve um bom aproveitamento das atividades expositivas dialogadas, apoiadas pelas discussões históricas e investigativa. Os alunos mostraram ter conhecimento claro sobre o espectro da radiação e os seus possíveis efeitos estocásticos. A discussão, então, se centrou sobre o risco associado à prática e a uma questão de valor, isto é, se valeria a pena ou não fazer um procedimento estético que traga riscos à saúde.

O conhecimento científico permitiu que os alunos entendessem o problema e os fatores envolvidos e pudessem, então, chegar no centro da questão a ser decidida: deve-se correr o risco à saúde por um procedimento estético? Essa não é uma questão científica apenas, mas também valorativa. O entendimento científico fornece o cenário necessário para que possa se decidir.

Considerando que o júri decidiu que o procedimento não deve ser aprovado, entende-se que todos compreenderam os riscos do uso de radiação ionizantes e assumiram como valor social a defesa da saúde antes de preocupações estéticas. Tendo isso em vista, ressalta-se que o objetivo da sequência didática foi alcançado de forma que foi possível engajar os alunos no entendimento de uma QSC mobilizando conhecimentos de Física Moderna.

6.7.2. Turma 302

Na turma 302, discutiu-se sobre o uso de radiações na medicina. Os alunos deveriam decidir se é desejável ou não usar procedimentos que adotam radiação na medicina, uma vez que eles podem trazer efeitos biológicos. Novamente, houve alunos na defensoria, na promotoria, no corpo de jurados, e mídia.

Os alunos da promotoria apenas argumentaram no sentido dos possíveis danos maléficos do raios X, podendo causar efeitos biológicos. Os alunos trouxeram pontos já discutidos em sala de aula. Por outro lado, a defensoria ressaltou a importância dos procedimentos radiológicos para que se possa ter diagnósticos rápidos, os quais dependem da radiação. O argumento da defensoria ainda se concentrou na segurança dos profissionais que lidam com radiação no hospital, os quais podem atuar de forma segura desde que obedeçam certos protocolos, como carga horária de trabalho reduzida (o que remete a um dos fatores de proteção radiológica discutidos em aula, tempo de exposição).

Assim, o argumento da defesa é, de forma semelhante ao que se obteve na primeira turma, no sentido de uma neutralidade da tecnologia. Os efeitos negativos são frutos do mau uso e não da tecnologia em si. A partir disso, a promotoria leu alguns efeitos biológicos possíveis do uso da radiação em pacientes, ressaltando os possíveis riscos da radiação. A defesa seguiu argumentando em termo da proteção de profissionais.

As perguntas feitas pelo júri foram as seguintes: o uso de radiação pode curar certos tipos de câncer, mas também causa câncer. Como se equilibra isso? Além disso, como se pode diminuir os custos de tratamento?

A defensoria argumentou em termos do planejamento do tratamento, que a radiação é focada para o tratamento e adicionou que os funcionários que não estão se tratando usam os EPIs (equipamentos de proteção individual) para se proteger.

No final, o júri se ausentou para deliberar. Após alguns minutos, os alunos retornaram ao ambiente virtual e anunciaram que haviam decidido pela adoção de procedimentos com radiação, uma vez que o risco é controlado e, apesar dos possíveis efeitos, há benefícios comprovados.

Embora, na turma 302, os alunos não tenham trazido tantos argumentos científicos (como dados de pesquisas), como no caso da turma 301, ainda sim, nota-se que a discussão girou em termos dos conceitos adotados ao longo da disciplina.

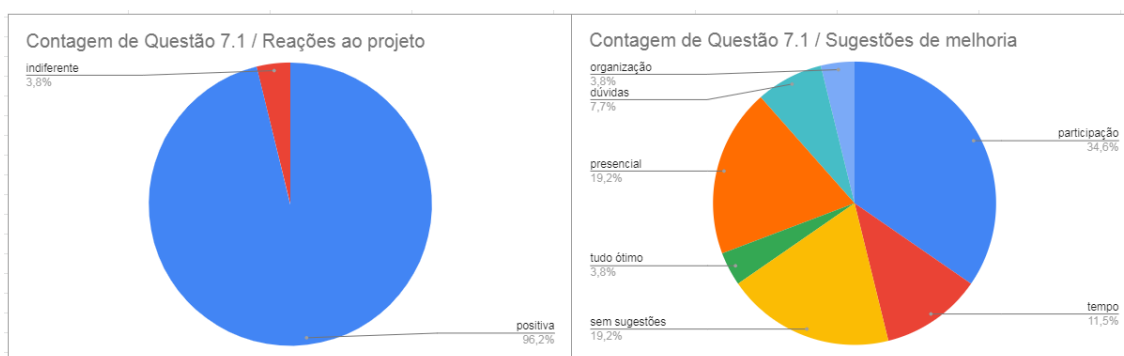
Mais uma vez, é interessante notar que o debate se centrou em torno da neutralidade da tecnologia. Entretanto, diferentemente do caso do bronzamento artificial, a tecnologia em questão é uma tecnologia com finalidade médica. Ou seja, o risco é compensado pelo benefício médico, esse foi a essência do parecer do júri e está em consonância com o que é defendido no âmbito da proteção radiológica (BRASIL, 1998).

Assim, tem-se um indício de que a sequência didática aplicada contribuiu não somente para o entendimento da Física das Radiações; mas, também, para que os alunos possam se posicionar de forma crítica sobre um tema sociocientífico.

6.7.3. Respostas dos alunos ao questionário final sobre a atividade.

Por fim, foi aplicado um questionário (APÊNDICE W – **Questionário da Aula 8**) para avaliar a percepção dos alunos sobre a atividade realizada. A primeira questão perguntava: “O que achou do projeto de Júri Simulado? O que poderia ser melhorado?”. As respostas estão na Figura 36.

Figura 36 - As reações ao projeto de JS e as sugestões de melhoria



Fonte: autor

Aqui transcreve-se algumas respostas dos próprios alunos demonstrando que a sequência didática planejada, apesar de todos os problemas oriundos da situação global de pandemia e em vista disso, da aplicação de forma virtual, o que se mostrou pouco eficiente, foi positiva para a grande maioria e como sugestões de melhoria apareceram alguns itens inesperados como falta de organização e dúvidas acerca do projeto.

“Achei muito legal, poderiam ter mais alunos”

“Achei interessante, mas acho que poderia ter sido mais para o início do ano, pois é um trabalho para ser feito com "calma"”.

“Eu achei um projeto muito interessante, legal de participar e mesmo sendo online, foi muito bom. Creio que o que poderia ser melhorado é ter mais participação dos colegas”.

“Achei muito boa a ideia.”

“Gostei do projeto, não há nada que precise melhorar”

“Achei legal a ideia, não pude participar, pois não estava em casa, tive que resolver alguns assuntos pessoais relacionados ao meu estágio”.

“Achei que foi bem bom mesmo não tendo sido muito elaborado e com poucos participantes, saiu um resultado melhor que o esperado.”

“Achei muito bom, acho que as melhorias se devem principalmente se forem presencialmente, o que faz muita diferença em trabalhos assim”

“Bom, seria melhor só se fosse presencial.”

“Achei muito divertido, acho que o fato de ser por aulas online dificultou o Júri, mas fora isto foi ótimo.”

“Sim, ter mais tempo para fazer e um tema escolhido pelos alunos.”

“Achei um projeto muito interessante e diferente. Poderia ser melhor se todos da turma tivessem participado.”

“Legal, mas fico em dúvida do trabalho.”

“Achei bem interessante”

“Eu adorei esse projeto, mas acho que faltou os alunos para ajudar a realizar com perfeição”

“Como não participei da aula, pois estava trabalhando, vi a aula grava e achei muito boa, poderia ser melhor se fosse pessoalmente na aula, mas como estamos em pandemia não conseguimos.”

“Achei uma baita ideia, mas mal executada. Faltou organização.”

“Eu achei o projeto muito interessante e bem interativo. Porém, eu acho que teria sido melhor se a turma toda tivesse participado.”

“Achei uma boa ideia. Entretanto em função das circunstâncias impostas pela pandemia limitou muito o alcance do projeto. Como melhora, talvez adiantar um pouco mais cedo os conteúdos que serão abordados.”

“Eu achei a ideia muito legal. Mas fiquei 20 minutos tentando entrar e não consegui, por causa do meu celular, eu acho.”

“Gostei bastante, eu atuei como Jurado e foi bem divertido”

“Achei muito bom, gostei do trabalho”

“Uma boa ideia, porém como estávamos fazendo EAD, poucas pessoas participaram, no meu grupo eram 4 e só 2 fizeram, e também a questão do horário da aula, que do meu grupo ninguém conseguiu assistir por que tinha que trabalhar na hora da aula.”

“Achei bem legal a proposta”

“Gostei da ideia, poderiam ter mais alunos no projeto.”

“Eu não entendi o projeto e não consegui fazer.”

Na sequência, na pergunta 2, tinha-se: Fale sobre a sua atuação no projeto, sua pesquisa e o resultado do grupo. Transcrevem-se as respostas dos alunos comentando a sua participação no projeto, seu comprometimento e algumas “desculpas” da não participação:

“Pesquisei como defensoria e descobri que existem muitos pontos positivos e negativos no bronzamento artificial”

“Não consegui participar da live, porém respondi todos os questionários, olhei a live após e achei bom o resultado do meu grupo, apesar do pouco tempo para realizar o trabalho.”

“Eu gostei muito de me posicionar em relação ao assunto, tive ajuda da assessoria com as pesquisas e foi um resultado bastante gratificante.”

“Eu como assessora da defensoria reuni alguns fatos para embasar meu argumento: "A maioria dos acidentes causados em câmaras de bronzamento artificial são causados pela irresponsabilidade ou desconhecimento das precauções necessárias por parte da clínica ou do paciente" - A clínica deve ter licença concedida pela Vigilância Sanitária

e estar em um local visível - O operador do equipamento deve ser treinado pelo fabricante e comprovante deve ficar à disposição dos clientes. - Os clientes devem apresentar atestado médico e assinar termo, declarando ciência dos riscos (ex: câncer de pele) - Pessoas com antecedente familiar de doenças de pele, sensibilidade, pele clara, gestantes ou utilizando medicamentos fotossensibilizantes não deve realizar o procedimento. - O procedimento é proibido para menores de 16 anos, caso haja a ausência do operador ou com intervalo menor que 48h - De acordo com a dermatologista Meire Brasil Parada, 10 minutos em uma câmara de bronzeamento artificial são equivalentes a cinco vezes o mesmo tempo de exposição solar em um dia quente, no horário de radiação solar intensa. Portanto, assim como o cuidado que temos com a luz solar na praia e no dia a dia nos centros urbanos, não se deve exagerar nas sessões de bronzeamento nas câmaras, acredito que o grupo da defensoria tenha se saído tão bem quanto a promotoria.”

“Não pude participar infelizmente”

“Pelo que vi no grupo do Júri, a defesa ganhou, e, pelo que foi dito, creio que seja convincente.”

“Achei o assunto muito interessante, o grupo se saiu muito bem, conseguiu apresentar todas suas análises e foi um ótimo resultado”

“Jornalista - Trazer várias informações e notícias sobre o assunto abordado no Júri Simulado”

“Conversei com os colegas, pesquisei sobre, o resultado foi bom.”

“Eu sendo da assessoria da promotoria, consegui mandar bastante informações para “fulana”, e com isso tivemos bastante argumentos.”

“Não consegui participar muito bem por conta do trabalho.”

“Infelizmente esse foi um projeto individual. Porém, achei muito divertido, pois, eu amo jornalismo.”

“Ajudei a planejar e pôr em prática para o meu grupo”

“Fiquei no grupo das redes sociais, mas nenhuma outra pessoa do mesmo grupo participou”

“Eu defendi o exame realizados com radiação de última hora pois era pra eu fazer parte do jurados e acabei fazendo papel de defensora baseadas nas minhas conclusões”

“Não consegui participar.”

“Não tive papel significativo no projeto, aliás, poucos tiveram porque quase ninguém entendeu.”

“Eu acho que me saí bem neste trabalho do Júri, porém fiquei um pouco nervosa e eu conclui que o resultado foi bom.”

“Minha atuação foi mínima em função da pandemia. Tanto a pesquisa quanto o resultado do grupo, para mim não influenciou em nada, já que não houve muito tempo para se preparar.”

“Eu fiquei com a assessoria da promotoria, conversei com outros colegas sobre o que poderia pesquisar e ideias. Mas no fim não usei nada”

“Eu atuei como jurado e fiz perguntas para a defesa”

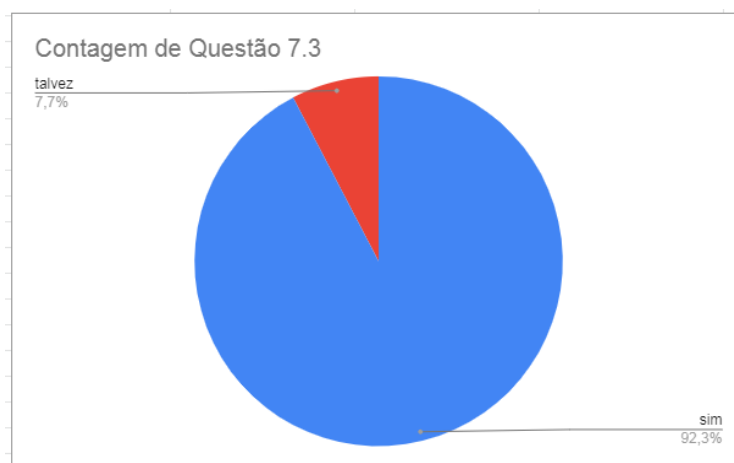
“Somente eu e outro colega fizemos ele, então foi meio complicado mais concluímos”

“Minha parte foi fazer as imagens da página e a postagem.”

“Bom não consegui me aprofundar no assunto por falta de tempo”

“Meu grupo foi muito desorganizado na verdade.”

A questão 3 perguntava: Você recomendaria esta didática de aula para outros professores e por quê? As respostas estão sintetizadas na Figura 37.

Figura 37 - Sobre a recomendação do projeto a outros professores

Fonte: autor

A grande maioria dos alunos aprovaram a didática e a recomendam para outros professores, de acordo com as respostas abaixo transcritas.

“Sim, pois foi um aprendizado mais divertido e dinâmico”

“Sim, pois acho uma boa didática de ensinar os alunos sobre assuntos do dia a dia.”

“Com certeza recomendaria essa didática a outros professores, pois aprendemos sobre o assunto ao pesquisar e formamos nossa opinião ao debater.”

“Acredito que sim, em matérias como história, geografia e filosofia, pois é muito bom para ampliarmos nossos conhecimentos.”

“Sim porque é bem interessante e prende a atenção dos alunos”

“Talvez, é uma ótima ideia, mas acredito que é necessário um nível de comprometimento e organização muito grande, o que não é ruim, muito pelo contrário.”

“Sim, achei algo diferente e interessante para se fazer, talvez se fosse em aula presencial poderíamos ter mais participantes e deixar o simulado mais divertido”

“Sim, achei muito dinâmico e até diferente para envolver mais uma turma.”

“Sim, porque é uma maneira de entender melhor sobre o assunto.”

“Sim, conhecimento é sempre ótimo, ainda mais de algo do dia-a-dia”

“Sim, faz os alunos buscarem entender o conteúdo”

“Sim, foi algo totalmente diferente do que estamos acostumados.”

“Sim, porque é uma ideia nova é legal a ser aderida”

“Sim, mas é complicado, pois não são todos que tem a disponibilidade para participar”

“Sim, pois aprendemos de várias visões do assunto e aprendemos de uma forma mais leve”

“Sim, para a professora de química, para estudar os compostos e formulas.”

“Sim, porque põe a prova algum conteúdo que possa vir a ser essencial para a matéria.”

“Sim, por que seria uma forma mais legal de se discutir sobre assuntos importantes.”

“Sim. Pois demonstra o funcionamento de júri real, o que é algo inato a cidadania de qualquer pessoa, na sociedade moderna.”

“Sim, porque ajuda a nos entrosar, como turma, e faz pesquisar assuntos com mais entusiasmo”

“Sim, sem dúvidas, é bem divertida e estimula os alunos a falar em público”

“Sim, pois é algo que eu gostei de fazer”

“Sim, mas dependendo da matéria que ira trabalhar é uma ótima ideia de trabalho em grupo”

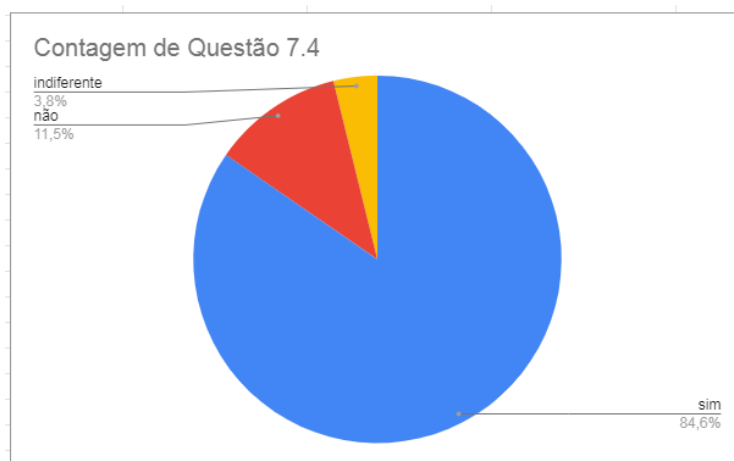
“Acho que sim, pois se aprofundando mais do assunto ira te trazer mais conhecimentos”

“Sim, foi algo que chamou a atenção dos alunos.”

“Sei lá”

A quarta pergunta questionava: O tema proposto para a turma foi relevante para críticas e sugestões de melhoria com relação ao seu dia-a-dia? Sintetizam-se as respostas na Figura 38.

Figura 38 - Relevância do tema



Fonte: autor

Transcrevem-se abaixo algumas respostas:

“Sim, me fez rever como cuidar da minha pele em relação ao sol”

“Sim.” (11 ocorrências simples)

“Acho que o tema foi super relevante, um assunto que não é muito debatido, mas deveria ser e aprendemos com o debate.”

“Infelizmente não pude participar, mas acredito que sim”

“Sim, acredito que toda informação é útil, principalmente quando é relacionada a um tema com tantas controvérsias e mitos sobre.”

“Achei um assunto bem relevante e que trouxe um debate bem interessante que pode trazer consequência para nós no dia a dia.”

“Nesse aspecto não muito.”

“O veredito final foi o que eu já acreditava. Mas, a promotora falou muitas verdades nos seus argumentos.”

“Sim fez abrir a cabeça para os exames que tem que ser feito com radiação”

“Sim, algo recente no mundo que atualmente está sendo muito usado”

“Não muito.”

“Sim, talvez deste trabalho alguns queiram levar mais para frente o que foi trabalhado na matéria, como a ideia de fazer um podcast.”

“Ainda não”

“É interessante pensar sobre o projeto e comparar com o dia a dia”

“Acho que sim para quem entendeu o projeto proposto.”

A questão cinco perguntava: Como foi a interação com os colegas de turma sobre o tema debatido? Alguns relatos dos estudantes onde constam nomes de colegas foram trocados para manter o anonimato:

“Foi pouco participativa, mas bem divertido”

“Poucos colegas se interessaram pelo trabalho, porém os que trabalharam nele se esforçaram para realizar da melhor forma possível.”

“A interação com os colegas foi boa, podemos trocar informações, saber o que o outro pensa e como se posiciona acerca do assunto tratado.”

“Muito boa, todos que estavam em funções de apresentar fatos e argumentos, assim como o Júri.”

“Provavelmente tenha sido boa”

“Acredito que tenha sido boa.”

“Foi tranquila”

“Devido ao estado que está, não teve tanto debate, mas o pouco que teve foi bem interessante”

“Boa.”

“Foi ótimo, com certeza, mesmo faltando empenho de alguns.”

“Construtivo”

“Conversei com uma colega minha e trocamos ideias sobre o tema.”

“Tenso”

“Muito boa”

“Entre os que participaram foi boa, mas o que não participaram prejudicaram um pouco a dinâmica”

“Não consegui participar.”

“Ninguém se “coçou” para tal debate.”

“Apesar de ter tido poucos alunos para debater, conseguimos realizar o trabalho.”

“Pouca.”

“Foi divertido, informativo e estimulante.”

“Foi bem tranquila, todos falaram bem e interagiram amigavelmente”

“Somente eu e meu colega fulano fizemos”

“Meio difícil, tentei interagir com os outros 2 mas só o ciclano demonstrou interesse pelo trabalho, mas trabalhar só nós 2 foi ótimo”

“Não debati com nenhum colega sobre o assunto”

“Quase não houve diálogos na verdade, mas resolvemos o projeto da maneira que deu”

“Meus colegas não souberam me explicar também.”

A sexta questão perguntava: O projeto de Júri Simulado ajudou a formar opiniões críticas sobre determinada tecnologia? Explique. Essa pergunta é importante porque traz o cerne do trabalho que é justamente buscar o protagonismo do ensino no aluno, incentivo à pesquisa, iniciação científica, análise de soluções para problemas sociais com a utilização da Ciência, incentivando a criatividade, a argumentação e o debate crítico para a formação da cidadania. Algumas respostas dos estudantes estão abaixo.

“Sim, vimos que o uso irresponsável pode causar grandes danos”

“Sim, pois muitas pessoas fazem tal procedimento sem nem saber sobre as consequências, que são totalmente relacionadas a saúde.”

“Na minha opinião o projeto ajudou sim, a criarmos críticas ao assunto, podemos ver os dois lados e entender os riscos e benefícios que essa tecnologia traz, cada um pode tirar sua conclusão.”

“Sim, foi muito bom para ter conhecimento sobre os fatos e os pontos de vista a respeito do assunto.”

“Creio que sim”

“Sim, acredito que é um procedimento necessário, e cabe ao profissional alertar ao paciente dos prós e contras de tal escolha e também cabe, somente, ao próprio paciente a decisão de, sabendo dos prós e contras, aceitar ou não o procedimento.”

“Sim, ele ajudou a obter várias informações sobre o assunto e obter mais conhecimento”

“O projeto trouxe opiniões diferentes acerca dessa tecnologia e como podemos usar ela melhor de uma forma eficaz e principalmente mais segura.”

“Sim, pois debatemos muito.”

“Certamente sim, pois conseguimos ver os malefícios e benefícios do bronzamento artificial.”

“Sim, cada aluno com um ponto de vista diferente nos ajudou a formar a própria opinião.”

“Sim, pois gerou novas ideias de cada pessoa, cada pensamento sendo diferente.”

“Sim, não sabia da maioria das coisas citadas no debate”

“Sim vimos várias opiniões diferentes”

“Sim, que devemos ter mais cuidados com o que usamos.”

“Sim e não, pois eu já tinha determinadas opiniões sobre os assuntos envolvendo o júri, ele só ajudou a reafirmar elas.”

“Sim, pois sabemos que algumas tecnologias pode variar um tipo de risco de radiação.”

“Sim. Tanto a câmara de bronzamento como outras tecnologias que utilizam dos raios catódicos, comumente apelidado de raio X. Pois nos foi informado brevemente os possíveis danos da exposição a esse tipo de radiação.”

“Sim, nos fez fazer pesquisas sobre um assunto que, antes, não nos preocupávamos em buscar saber mais sobre”

“Sim, me fez pensar nos riscos de certos tratamentos e de como são riscos que devem ser tomados, afinal o tratamento salva vidas e vale a pena tentar”

“Sim, pois foi de modo bom que para entender melhor a tecnologia”

“Eu como já tenho um bom conhecimento nesta área, não teve nada de novo, mas acredito que com as outras pessoas que não se davam bem com a tecnologia, acho que foi um bom trabalho.”

“Não me aprofundei do assunto, mas pretendo dar mais uma pesquisada sobre”

“Sim, nos fez repensar as nossas opiniões e é bom ouvir as pessoas que pensam diferente”

Por fim, foi pedido que os alunos fizessem comentários finais: Fique à vontade para mandar um recado final acerca das aulas e do teu aproveitamento. As respostas são relatadas a seguir:

“Projeto muito legal e divertido”

“Foi um ano complicado e inesperado porém acho que conseguimos fazer o possível para ter um ano bom apesar das dificuldades.”

“Acredito que mesmo a distância, podemos compartilhar conhecimento, ajuda e debatermos sobre diversos assuntos dentro da Física, foi um bom ano, apesar de tudo.”

“Infelizmente eu não pude participar do simulado mas gostaria de ter participado, as aulas são muito boas, aprendemos bastante.”

“Apesar de ser um ano atípico e de forma de aprendizado diferente do que estamos acostumados, acredito que os resultados sejam muito bons, não diria que foram tão bons quanto as aulas presenciais, porque, querendo ou não, são muito eficientes para mim. Mas no geral, acredito que eu tenha ido bem, consegui aprender bastante, todas as matérias me trouxeram boas reflexões, vou levar as experiências e reflexões deste ano pro resto da vida, porque com certeza é uma no que ficará marcado na vida de todos nós, pelas dificuldades encontradas, mas também por superá-las da forma que era possível.”

“As aulas foram bem complicadas por serem a distância, mas tenho certeza que todos deram o seu melhor”

“Com relação ao meu aproveitamento acho que não foi dos melhores, mas ao mesmo tempo propondo e se dispondo a fazer o necessário.”

“Não gosto de Física, mas o Carollo é o melhor professor para ensinar.”

“Mesmo as aulas sendo um pouco diferente do nosso hábito, foi ótimo ter os professores nos dando apoio e procurando saber mais das plataformas para dar aula para nós e dar-nos um futuro.”

“Apesar de ter sido um ano difícil, e ter problemas de conciliar a escola e o trabalho mais a internet ruim foi bom.”

“Apenas quero agradecer por toda sua paciência e esforço. Espero que fique tudo bem.”

“Muito obrigado, acompanhei tudo mesmo com o difícil acesso à internet e com os problemas em casa ajudando minha mãe (trabalhando na rua das 11:00as23:00)! Se eu deixei de fazer uma ou duas atividades peço desculpa.”

“Aproveitei bastante a aula sobre a última matéria”

“Agradeço muito pelas aulas, foi meu primeiro e último ano na escola e estou contente com meu desempenho, por mais que tenha sido EAD”

“Sor, eu realmente não tive um bom aproveitamento da tua aula, gostaria de ter entendido mais, como também, ter tido a chance de estudar sem essas complicações da pandemia, peço desculpas se em algum momento eu fui rude contigo e agradeço pela tua persistência na turma. Boas festas e te cuida cara, sucesso!”

“As aulas valeram a pena, bastante esforço e dedicação para alcançarmos o objetivo final.”

“As aulas foram boas no cenário possível. Através das aulas pude ter um guia relativamente claro acerca dos conteúdos que iria estudar no terceiro ano. Como também a organização do meu próprio guia de aprendizado nessa matéria.”

“As aulas foram muito interessantes e interativas, num modo geral. Mesmo eu não tento muito entusiasmo pra estudar, e estando um pouco atarefado com outras coisas”

“Quero agradecer ao professor pela força que nos deu esse ano, as aulas foram ótimas e o conteúdo bem explicado, agradeço de coração !! bom natal e feliz ano novo <3”

“Não consegui acompanhar muitos as aulas on-line mais realizei boa parte dos trabalhos, meu aproveitamento foi bom mais poderia ser melhor”

“Como eu estava trabalhando nestes últimos meses não consegui participar das lives, mas as que eu participei foram boas, e teve boas ideia de aula.”

“O trabalho dos professores em geral é maravilhoso, por conta de muitas coisas que veem acontecendo fiquei bastante ausente nesse segundo semestre do ano, espero que consiga suprir isso”

“Meu trabalho atrapalhou muito a escola este ano, queria ter me dedicado mais.”

“Todas as aulas foram boas, porém esse último projeto eu queria ter feito porém não consegui.”

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentado teve por objetivo desenvolver autonomia nos alunos, de forma que eles possam decidir sobre temas sociocientíficos. Todo o produto foi pensado para envolver o aluno com situações problemas que tragam à tona as questões sociais frente aos avanços científicos, incentivando nos estudantes a análise crítica, a discussão em grupos, a pesquisa e a capacidade de arguir sobre as vantagens e desvantagens de cada tema, associando aspectos sociais e formalizando uma opinião fundamentada e articulada com a sua realidade.

Para tanto, apresentou-se uma sequência didática a partir de quatro eixos: questões sociocientíficas, abordagem histórica, abordagem investigativa, aula expositiva-dialogada. Propôs-se, também um sentido para essas abordagens: a sequência deve começar com uma questão sociocientífica e terminar com a decisão sobre a mesma questão em um júri simulado. Além disso, todas as aulas devem ser construídas de forma a dialogar com as concepções dos alunos, o que foi implementado com um questionário inicial e diferentes questionários ao longo da sequência.

Ao longo de toda a sequência, aplicou-se questionários para identificar qualitativamente se a sequência didática elaborada teve impacto na apropriação dos alunos com relação aos temas abordados. E, por fim, avaliou-se a participação dos alunos no júri simulado. Mendes (2012) conclui, ao afirmar que o desenvolvimento de argumentações em discussões sociocientíficas, favorece a articulação das dimensões sociais e científicas enriquecendo o Ensino de Ciências ao associar a ele objetivos mais abrangentes do que apenas a aprendizagem dos conteúdos desvinculada da realidade dos estudantes, sem menosprezar a importância dessa aprendizagem.

Por experiência própria do autor, a FMC fica, usualmente, destinada ao último trimestre do 3º ano do EM e, via de regra, não sobra tempo para desenvolver esse assunto que pode cativar mais os alunos, nem para fazer uma abordagem histórica, que satisfaria a maior parte dos estudantes que não são apreciadores das disciplinas de exatas, por conta do excesso de Matemática.

Pretende-se com esse trabalho explorar mais a FMC no EM, motivar a participação na construção dos saberes dos alunos e contribuir para a formação mais ampla do futuro cidadão, incentivando o senso crítico sobre assuntos relacionados com

o seu dia-a-dia e conjuntamente envolvidos com a ciência, bem como auxiliar colegas professores a vislumbrar novas maneiras de compartilhar a Física.

Com a aplicação deste trabalho sendo prejudicada pela pandemia de Covid-19 que acometeu o planeta todo no ano de 2020, as aulas presenciais, importantíssimas para realizar de maneira mais controlada tanto os questionamentos aos alunos como as discussões sociocientíficas do Júri Simulado, foram suspensas, e o trabalho virtual não obteve o empenho e dedicação de todos os atores para obter maior sucesso, principalmente entre os próprios estudantes, que se mostraram muito desmotivados para as aulas virtuais. Alguns deles estavam sem condição de internet adequada e aparelhos com a capacidade reduzida de assistir aos múltiplos vídeos que os seus professores produziram ao longo deste ano letivo.

Tendo em vista o próprio depoimento dos estudantes e seus relatos sobre a prática do projeto do Júri Simulado, de maneira geral, o experimento pedagógico foi bem aceito pela grande maioria de alunos envolvidos. Muitos mencionaram o fato de que seria bem mais proveitoso e com mais participação se fosse feito de forma presencial. Mesmo assim, com baixo índice de envolvimento das turmas, foi possível realizar a tarefa de maneira satisfatória e até mesmo surpreendente para alguns, que inicialmente não colocavam muitas esperanças no seu desfecho. De qualquer forma, os alunos expressaram que gostaram de expor suas opiniões e debater com colegas com opinião contrária, atitude que promove a capacidade de reflexão, questionamento e posicionamento sobre determinado tema motivador.

Espera-se, com este trabalho, também motivar outros colegas professores a utilizar esta sequência didática nas suas práticas, inclusive ajudando a aperfeiçoá-la, inserindo cada vez mais a presença da FMC nos conteúdos do Ensino Médio para que a Física passe cada vez mais a ser mais querida entre os estudantes.

8. REFERÊNCIAS

ALLCHIN, D.; ANDERSEN, H. M.; NIELSEN, K. **Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice**. *Science Education*, v. 98, n. 3, p. 461–486, 2014.

AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 7, n. 1, p. 1–13, 2001.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA PARA QUÊ? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 3, n. 2, p. 122–134, dez. 2001.

BANZI, M. **Getting Started with Arduino**. 2. ed Ed. Sebastopol, CA: O'Reilly & Associates, 2011.

BANZI, M.; SHILOH, M. **Primeiros Passos com o Arduino – 2ª Edição: A plataforma de prototipagem eletrônica open source**. São Paulo: Novatec Editora, 2015.

BETZ, M. E. M.; TEIXEIRA, R. M. R. **Conteúdos de métodos computacionais em material instrucional para o ensino de Física**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. 0, p. 787–811, 15 out. 2012.

BLOOR, D. **Knowledge and Social Imagery**. University of Chicago Press, 1991.

BRASIL. **Portaria SVS/MS Nº 453 de 1 de junho de 1998**. Brasília, 1998.

CARSON, R. **Silent Spring**. Robbisdale: Fawcett Publications, 1994.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n. 22, p. 89–100, abr. 2003.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica – questões e desafios para a educação**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2018.

DEMO, P. **Educar Pela Pesquisa**. Campinas: Associados, 1997.

EVANS, R. **The Atomic Nucleus**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1955.

FRANÇA, F. H. P. **A utilização da teoria dos raios X para o ensino de conceitos de mecânica quântica sob a perspectiva sociocultural em uma turma do primeiro ano de ensino médio**. 2017. - Universidade Estadual de Feira de Santana, 2017.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013 a.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Terra e Paz, 2013 b.

GARCÍA-CARMONA, A.; ACEVEDO DÍAZ, J. A. Learning About the Nature of Science Using Newspaper Articles with Scientific Content. **Science & Education** , v. 25, n. 5, p. 523–546, 2016.

GRIFFITHS, D. J. **Eletrodinâmica**. São Paulo: Pearson Universidades, 2010.

HARTMANN, A. C.; MARONN, T. G.; SANTOS, E. G. A IMPORTÂNCIA DA AULA EXPOSITIVA DIALOGADA NO ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA. **II Encontro de Debates sobre Trabalho, Educação e Currículo Integrado**, v. 1, n. 1, 25 jul. 2019.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Tradução: Maria Helena Gravina. Edição: 9 ed. São Paulo: Bookman, 2006.

JESUS, J. da S. de. **O estudo da radiação X: desenvolvendo uma estratégia de ensino para a aprendizagem significativa**. 2015. - Universidade Estadual de Feira de Santana, 2015.

KUHN, T. S. **Estrutura das revoluções científicas**.

LATOUR, B. **Jamais Fomos Modernos**. São Paulo: Editora 34, 2013.

LIMA, N.; CAVALCANTI, C.; OSTERMANN, F. **Concepções de Dualidade Onda-Partícula: Uma proposta didática construída a partir de trechos de fontes primárias da Teoria Quântica**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2021.

LIMA, N. W.; NASCIMENTO, M. M. Nos Becos da Episteme: Caminhos confluentes para uma contra colonização didática em meio à crise da verdade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**2, v. 36, n. 3, p. 589–598, 2019.

LIMA, N. W.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. de H. Física Quântica no ensino médio: uma análise bakhtiniana de enunciados em livros didáticos de Física aprovados no PNLDEM 2015. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 435–459, 2017.

LIMA, N. W.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. de H. A não-modernidade de Bruno Latour e suas implicações para a Educação em Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 367–388, 2018.

LINSIGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. número especial, 2007.

- MATTHEWS, M. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência atual de Reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164–214, 1995.
- MENDES, M. R. M. A Argumentação em Discussões Sociocientíficas: O Contexto e o Discurso. Tese de Doutorado. Brasília. UnB. p. 211, 2012.
- MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE A INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 16, p. 185–206, ago. 2014.
- OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. **Física das Radiações**. São Paul: Oficina de Textos, 2016.
- OLIVEIRA, G. J. DE *et al.* A AULA EXPOSITIVA DIALOGADA. **CIPEEX**, v. 2, p. 1878+1879-1878+1879, 2018.
- OLIVEIRA, M. A. Alfabetização Científica no Clube de Ciências do Ensino Fundamental: Uma Questão de Inscrição. **Revista Ensaio**, v. 12, n. 02, p. 11–26, 2010.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23–48, 2000.
- PINHÃO, F.; MARTINS, I. Cidadania E Ensino De Ciências : Questões Para O Debate. **Revista Ensaio**, v. 18, n. 3, p. 9–29, 2016.
- PINHEIRO, D. A. M. **Ensino de Física das Radiações Ionizantes: do senso comum ao conhecimento científico**. 2016. - UFAM, 2016.
- RAABE, A.; GOMES, E. B. Maker: uma nova abordagem para tecnologia na educação, v. 26, n. 10, p. 20, 2018.
- ROSO, C. C. *et al.* A participação na construção do currículo: práticas educativas vinculadas ao movimento CTS. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 22, n. 2, p. 371–389, jun. 2016.
- SADLER, T. D.; BARAB, S. A.; SCOTT, B. What do students gain by engaging in socioscientific inquiry? **Research in Science Education** , v. 37, n. 4, p. 371–391, 2007.
- SADLER, T. D.; DONNELLY, L. A. Socioscientific argumentation: The effects of content knowledge and morality. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 12, p. 1463–1488, 2006.

SADLER, T. D.; ZEIDLER, D. L. Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 42, n. 1, p. 112–138, 2005.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma Análise de pressupostos teóricos de abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no Contexto da educação Brasileira. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, p. 110–132, 2000.

SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3 SE-Artigos, p. 1061–1085, 2018.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2011.

SOUZA, R. B. de. **Interação das radiações eletromagnéticas com a matéria: conceitos de física moderna propelidos por jogos pedagógicos em um pano de fundo clássico**. 2019. - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2019.

TAUHATA, I. *et al.* Radioproteção e Dosimetria. Rio de Janeiro: IRD, 2013.

THOMSEN, A. **Medidor de Índice UV com Arduino**. 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-indice-uv-com-arduino/>>. Acesso em 06 set. 2020.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

UNSCEAR. **IONIZING RADIATION: SOURCES AND BIOLOGICAL EFFECTS**. New York: 1982.

ZEIDLER, D. L. *et al.* Tangled Up in Views: Beliefs in the Nature of Science and Responses to Socioscientific Dilemmas. **Science Education**, v. 86, n. 3, p. 343–367, 2002.

ZEIDLER, D. L. *et al.* Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. **Science Education**, v. 89, n. 3, p. 357–377, 2005.

ZEIDLER, D. L.; NICHOLS, B. H. Socioscientific issues: Theory and practice. **Journal of Elementary Science Education**, v. 21, n. 2, p. 49–58, 2009.

APÊNDICE A – Apresentação da Aula 1

A figura abaixo contém um hiperlink possibilitando baixar a apresentação do projeto do JS.

UFRGS UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

A radiação na sociedade contemporânea

JURI SIMULADO
ORIENTAÇÕES
Prof. Paulo Carollo

Orientador: Nathan W. Lima
Coordenador: Caetano C. Roso

Ondas de rádio Ondas Micro ondas Infravermelho Luz Ultra-violeta Raios X Raios Gama Raios cósmicos

Radiação não ionizante Radiação ionizante

Frequência Energia

Aula 1/2020

1

APÊNDICE B – Dinâmica do Júri Simulado

JURI SIMULADO.

DESCRIÇÃO: a atividade representa uma simulação de um tribunal em que os participantes têm atribuições definidas em função do grupo ao qual pertencem.

OBJETIVOS:

- Estudar, refletir, argumentar e debater um tema gerador que envolva a Física, ciência, tecnologia e sociedade para que seja tomada uma decisão e posicionamento crítico baseado nas argumentações de dois grupos debatedores a favor e contra tal tema;
- Exercitar a expressão de ideias, o relato e a comunicação, bem como o raciocínio lógico;
- Desenvolver o senso crítico nos alunos, motivando-os a argumentar e tomar decisões.
- Envolver o aluno com assuntos relacionados aos conteúdos e que tem interação com suas comunidades.

FUNÇÕES DOS PARTICIPANTES:

Juiz: papel assumido pelo professor que compreende servir de mediador, orientador dos grupos, coordenador dos grupos e avaliador final.

Grupo de Acusação (contra): formado por seis integrantes que formulam acusações sobre referido tema baseados em pesquisas e estudos comprovados. Metade do grupo são advogados (oradores) e a outra metade os assessores que auxiliam em pesquisas para combater o grupo adversário.

Grupo de Defesa (a favor): formado por seis integrantes que formulam defesas sobre referido tema baseados em pesquisas e estudos comprovados. Metade do grupo são advogados (oradores) e a outra metade os assessores que auxiliam em pesquisas para combater o grupo adversário.

Corpo de Jurados: composto por sete participantes que devem prestar atenção na argumentação de cada grupo e realizar a tomada de decisão, primeiramente individual e em conjunto, descrevendo ao juiz os motivos que levaram a formular o voto definitivo. Impõe-se para evitar situações de empate, que o número de participantes seja ímpar.

Imprensa Especializada: composta do restante da turma, constituindo-se de três tipos de mídias: Jornal, televisão e rádio que devem fazer entrevistas com os grupos disponibilizando as coberturas anteriores, durante e depois do evento do júri. Cada grupo de mídia deve apresentar 3 reportagens, sendo páginas de jornal, blog (internet), vídeos de até 3 min. (TV) e podcasts de até 3 min. (rádio). Cada grupo se divide com as funções de repórter, redator, fotógrafo, cinegrafista, etc.

DINÂMICA DOS GRUPOS:

Juiz: dá início aos trabalhos (2 min.);

Promotoria: começa os trabalhos com um advogado apresentando a primeira argumentação. (3 min.);

Defesa: rebate a primeira acusação e apresenta outro argumento. (3 min.);

Promotoria: faz a réplica e apresenta outro argumento (3 min.);

Defesa: rebate a segunda acusação e apresenta outro argumento (3 min.);

Promotoria: faz a réplica e apresenta outro argumento (3 min.);

Defesa: rebate a segunda acusação e apresenta outro argumento (3 min.);

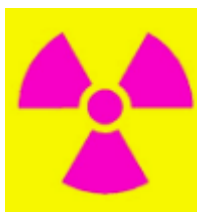
Corpo de jurados: realizam uma pergunta a cada grupo, votam individualmente e em ambiente fora da sala decidem o veredito final por escrito com justificativas bem fundamentadas somente na apresentação dos grupos isentos de visão pessoal sobre o tema. O papel com o veredito deve ser dado ao juiz. (5 min.);

Juiz: lê o veredito dos jurados e encerra a sessão (2 min.).

APÊNDICE C – Questionário da Aula 1

Nome:

- 1.1. O que é radiação?
- 1.2. Quais possíveis malefícios da radiação?
- 1.3. O símbolo da figura abaixo remete a qual significado?



- 1.4. Como a radiação está relacionada ao seu dia a dia?
- 1.5. Você acha que a radiação pode ser benéfica? Justifique.
- 1.6. Por que é importante conhecer a radiação?
- 1.7. Quais os riscos de contato com a radiação?
- 1.8. O que devemos fazer para minimizar os riscos da radiação?

APÊNDICE D – Questionário da Aula 2

Escolha dos temas de debates

Qual dos temas abaixo envolvendo radiação você gostaria de desenvolver no Juri Simulado?

- () Bronzeamento Artificial
- () Controle de Procedimentos Médicos com Radiação Ionizante

Escolha das funções de cada aluno no JS

Escolha uma função e seu grau de satisfação em desenvolvê-la no projeto do JS

Função	Desmotivado	Baixo Interesse	Médio Interesse	Alto Interesse	Super animado
Promotor					
Defensor					
Assessor					
Pesquisador					
Jurado					
Repórter					
Redator					
Fotógrafo					
Cinegrafista					
Redes sociais					
Blogueiro					
Locutor					

APÊNDICE E – Apresentação da Aula 2

Na figura abaixo existe um hiperlink com a apresentação completa para ser baixada. Na ocasião tinha-se 4 temas iniciais para os debates no JS, sendo reduzido para apenas dois temas, pois a proposta era relacionar com a saúde e envolvendo questões de diagnóstico médico. Nesse sentido, optou-se por retirar os temas envolvendo o Projeto Manhattan e a Energia Nuclear, porém os temas podem ser explorados por professores que assim desejarem, motivo pelo qual os assuntos continuam como na primeira versão.

UFRGS UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA

MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

A radiação na sociedade contemporânea

TEMAS SUGERIDOS

Prof. Paulo Carollo

Orientador: Nathan W. Lima

Coorientador: Caetano C. Roso

Aula 2/2020

Ondas de rádio Ondas de TV Microondas Infravermelho Luz visível Ultra-violeta Raios X Raios Gama Raios cósmicos

Radiação não ionizante Radiação ionizante

Hz 10^0 10^1 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^7 10^8 10^9 10^{10} 10^{11} 10^{12} 10^{13} 10^{14} 10^{15} 10^{16} 10^{17} 10^{18} 10^{19} 10^{20}

J 10^{-18} 10^{-17} 10^{-16} 10^{-15} 10^{-14} 10^{-13} 10^{-12} 10^{-11} 10^{-10} 10^{-9} 10^{-8} 10^{-7} 10^{-6} 10^{-5} 10^{-4} 10^{-3} 10^{-2} 10^{-1} 10^0 10^1 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^7 10^8 10^9 10^{10} 10^{11} 10^{12} 10^{13} 10^{14} 10^{15} 10^{16} 10^{17} 10^{18} 10^{19} 10^{20}

1

APÊNDICE F – Reportagens para os Debates do JS

TEMA 1 – Bronzeamento Artificial¹³

1. Bronzeamento com câmara está proibido no Brasil há quase 10 anos – <http://eshoje.com.br/bronzeamento-com-camara-esta-proibido-no-brasil-ha-quase-10-anos/>
2. Câmaras de bronzeamento artificial liberadas novamente – <https://www.plugbr.net/camaras-de-bronzeamento-artificial-liberadas-novamente/>
3. Câmaras de bronzeamento artificial proibidas no país – <https://www.otempo.com.br/brasil/camaras-de-bronzeamento-artificial-proibidas-no-pais-1.380732>
4. Conheça as regras da Anvisa para bronzeamento artificial – <https://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,conheca-as-regras-da-anvisa-para-bronzeamento-artificial,20070328p17540>
5. Conheça os riscos das câmaras de bronzeamento artificial – <https://gauchazh.clicrbs.com.br/saude/noticia/2019/03/conheca-os-riscos-das-camaras-de-bronzeamento-artificial-cjthietv403j401k0sdcizv2o.html>
6. Polícia interdita centros de bronzeamento artificial em Sapucaia do Sul – <https://www.jornalnh.com.br/noticias/regiao/2019/05/2421726-policia-interdita-centros-de-bronzeamento-artificial-em-sapucaia-do-sul.html>
7. Porto Alegre proíbe uso de equipamentos para bronzeamento artificial – <https://www.jornaldocomercio.com/ conteudo/geral/2018/12/659923-porto-alegre-proibe-uso-de-equipamentos-para-bronzeamento-artificial.html>
8. Utilização de câmaras de bronzeamento é liberada em todo Brasil – <https://veredictum.jusbrasil.com.br/noticias/2052138/utilizacao-de-camaras-de-bronzeamento-e-liberada-em-todo-brasil>

¹³ O professor pode sugerir outras reportagens mais atualizadas para cada tema sempre optando por opiniões controversas acerca de cada assunto. Outras possibilidades: trabalhar a Energia Nuclear, o projeto Manhattan, o grande colisor de Hadrons LHC, etc..

TEMA 2 – Radiação em uso diagnóstico na medicina

1. Controle da exposição ocupacional às radiações ionizantes nos serviços de hemodinâmica - <https://www.ipen.br/biblioteca/2009/13111.pdf>
2. Controle de riscos à saúde em radiodiagnóstico: uma perspectiva histórica - http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702008000400009&lng=pt&tlng=pt
3. Dosimetria de paciente submetidos a exames de PET/CT cerebral - http://www.rb.org.br/detalhe_artigo.asp?id=2574&idioma=Portugues
4. Estimativa da dose no paciente e na equipe médica em procedimentos de neuroradiologia - <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/12468>
5. Excesso de exames de raios-X e tomografia computadorizada pode fazer mal à saúde | Especial Publicitário - Unimed Sorocaba | G1 - <https://g1.globo.com/sp/sorocaba-jundiai/especial-publicitario/unimed-sorocaba/noticia/2019/02/26/excesso-de-exames-de-raios-x-e-tomografia-computadorizada-pode-fazer-mal-a-saude.ghtml>
6. O risco das tomografias | Artigo | Dráuzio Varella - Dráuzio Varella - <https://drauziovarella.uol.com.br/drauzio/artigos/o-risco-das-tomografias-artigo/>
7. Dosimetria do paciente em radiodiagnóstico - <https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/715>
8. Os efeitos da radioatividade no corpo humano - <https://veja.abril.com.br/saude/os-efeitos-da-radioatividade-no-corpo-humano/>
9. Análise de osso comprova dose mortal de radiação em explosão nuclear - <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-exatas-e-da-terra/analise-de-osso-comprova-dose-mortal-de-radiacao-em-explosao-nuclear/>
10. Saiba mais sobre os efeitos da radiação no corpo humano - <http://g1.globo.com/mundo/noticia/2011/04/saiba-mais-sobre-os-efeitos-da-radiacao-no-corpo-humano.html>

APÊNDICE G – Apresentação da Aula 3

Ao seguir o link da figura abaixo, é possível baixar o conteúdo da apresentação dessa aula.

The slide features a central spectrum diagram with the following labels and values:

Radiação não ionizante	Radiação ionizante
Ondas de rádio	Raios X
Ondas de TV	Raios Gama
Microondas	Raios cósmicos
Infravermelho	
Luz visível	
Ultra-violeta	

Below the spectrum, the following values are listed:

Freqüência	Energia
10 ¹⁰	10 ¹⁰
10 ⁹	10 ¹⁰
10 ⁸	10 ¹⁰
10 ⁷	10 ¹⁰
10 ⁶	10 ¹⁰
10 ⁵	10 ¹⁰
10 ⁴	10 ¹⁰
10 ³	10 ¹⁰
10 ²	10 ¹⁰
10 ¹	10 ¹⁰
10 ⁰	10 ¹⁰
10 ⁻¹	10 ¹⁰
10 ⁻²	10 ¹⁰
10 ⁻³	10 ¹⁰
10 ⁻⁴	10 ¹⁰
10 ⁻⁵	10 ¹⁰
10 ⁻⁶	10 ¹⁰
10 ⁻⁷	10 ¹⁰
10 ⁻⁸	10 ¹⁰
10 ⁻⁹	10 ¹⁰
10 ⁻¹⁰	10 ¹⁰

Other elements on the slide include:

- Logos for UFRGS (Universidade Federal de Rio Grande) and MNPEF (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) associated with SBF (Sociedade Brasileira de Física).
- Images of a cow with a radiation heatmap, a nuclear power plant, a radiation warning symbol, a human skeleton, and a dog in a CT scanner.
- Central text: **HISTÓRICO DA RADIAÇÃO**, Prof. Paulo Carollo, Orientador: Nathan W. Lima, Coorientador: Caetano C. Roso.
- Bottom text: **Aula 3 /2020**.

APÊNDICE H – Material Didático: Linha do Tempo História das Radiações e Conceito de Radiação

Linha do Tempo sobre História das Radiações

- 1895 – Wilhelm Roentgen – descoberta dos raios-X.
- 1896 – Henri Becquerel – estudo da luminescência e descoberta de emissões espontâneas diferentes dos raios-X.
- 1897 – J. J. Thomson – estudos dos raios catódicos – descoberta do elétron.
- 1898 – Pierre e Marie Curie – aplicaram o termo radioatividade para radiações espontâneas, descoberta dos elementos químicos Polônio e do Rádium.
- 1898 – Ernest Rutherford – descoberta das partículas alfa e beta.
- 1900 – Paul Villard – descobre a radiação gama.
- 1901 – Becquerel – estudos sobre queimaduras e efeitos bactericidas e medicinais dos raios gama.
- 1903 – Bardeen – estudos sobre efeito esterilizante dos raios-X e anormalidades em rãs nascidas de espermas irradiados com raios-X.
- 1911 – Rutherford – utilização da radiação para a descoberta do núcleo atômico.
- 1920 – Rutherford – descoberta do próton como partícula positiva do núcleo atômico – suposição de haver outra partícula para a estabilidade nuclear.
- 1927 – H. J. Muller – estudos de mutações genéticas em drosófilas irradiadas com raios-X e gama.
- 1932 – Chadwick – descoberta do nêutron.
- 1932 – Joliot-Curie – radioatividade artificial.
- 1932 – Cockroft e Watson – primeira reação nuclear artificial.
- 1939 – Otto Hanh e Fritz Strassmann – descoberta da fissão nuclear.
- 1940 – Glenn Seaborg e Edwin McMillan – descoberta do Plutônio.
- 1942 – Projeto Manhattan – desenvolvimento de armas atômicas.
- 1942 – Enrico Fermi – desenvolvimento do primeiro reator nuclear.
- 1945 – Primeiro teste da bomba nuclear (Trinity) e lançamento das bombas atômicas de Urânio (*Little Boy* em Hiroshima) e de Plutônio (*Fat Man* em Nagasaki) no Japão.
- 1949 – URSS detona sua primeira bomba atômica.

1961 – E. O. Lawrence – aperfeiçoamento do acelerador de partículas – riscos da radiação reconhecidos e regras estabelecidas.

*Linha do tempo construída a partir das seguintes fontes: (HEWITT, 2006; TIPLER; LLEWELLYN, 2001; OKUNO; YOSHIMURA, 2016; CHOPPIN; RYDBERG, 1980).

Conceito de Radiação

Uma vez discutido como chegamos no estudo da matéria e da luz no início do século XX, podemos discutir o que é radiação. A radiação é uma forma de energia em trânsito, emitida por uma fonte e transmitida através do vácuo, do ar ou de meios materiais (OKUNO; YOSHIMURA, 2016, p. 11).

Dividem-se em radiações corpusculares e ondulatórias (ou eletromagnéticas) quanto ao transporte de massa (classificação um pouco inadequada devido a natureza dual da radiação) e ionizantes e não ionizantes quanto ao poder de ionização da matéria.

Classificação da radiação quanto à massa

Radiações Corpusculares

Radiações cuja massa intrínseca é **não nula**.

- Radiação alfa (α);
- Radiação beta (β^-);
- Radiação de nêutrons (n);
- Radiação de prótons (p);
- Radiação de pósitrons (β^+).

Radiações Ondulatórias

Radiações Mecânicas

- Som;

Radiações Eletromagnéticas

As radiações eletromagnéticas estão distribuídas ao longo do espectro eletromagnético. Radiações de baixa frequência são denominadas de ondas de rádio, seguidas em ordem crescente de frequência por micro-ondas, infravermelho, visível, ultravioleta, raios X e Gama. Pode-se dividir o espectro em radiações ionizantes (quando a energia é capaz de ionizar um átomo) e não-ionizantes.

Radiações não ionizantes.

- Ondas de rádio e TV;
- Micro-ondas (MO);
- Infravermelho (IV);
- Luz Visível (LV);
- Ultravioleta (UV)*.

* O UV está no limiar entre a radiação não ionizante e a ionizante (energia máxima de 12,42 eV) que é suficiente para ionizar átomos de carbono (11,3 eV) de acordo com (OKUNO; YOSHIMURA, 2016).

Radiações ionizantes

- Raios-X
- Raios Gama
- Raios cósmicos

Conceito de Radioatividade

Segundo Hewitt ao relatar as descobertas de Marie Curie sobre a natureza dos raios emitidos pelos elementos descobertos menciona que:

“A emissão desses raios constituía uma evidência de que no átomo ocorriam alterações muito mais drásticas do que uma simples excitação atômica. Esses raios eram o resultado não de mudanças ocorridas nos estados de energia eletrônica do átomo, mas as mudanças que ocorriam no interior do “caroço” central do átomo – o núcleo. Tais raios eram o resultado de um decaimento ocorrido no núcleo atômico – a radioatividade” (Hewitt, 2002. p.555).

Isto é, a radioatividade é o resultado da emissão de radiação de núcleos de átomos instáveis ocorrendo o decaimento deste núcleo atômico. A seguir, relacionam-se os vários tipos de radiações e suas características.

Tipos de Emissões Radioativas

- **Radiação Alfa (α) – simulação “Decaimento alpha” do Phet**
(https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/alpha-decay)
 - Partículas com dois prótons e dois nêutrons – núcleo do He (pesada);
 - Possui duas cargas positivas;
 - Perde energia para o meio muito rapidamente - alcance pequeno (alguns centímetros no ar);
 - Alto poder de ionização - produção de grande densidade de ionizações.
- **Radiação Beta (β^-) – simulação “Decaimento Beta –“ do Phet**
(https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/beta-decay)
 - Denominação dada ao “elétron” emitido pelo núcleo do átomo - partícula leve
 - Possui uma carga negativa
 - Perde energia para o meio rapidamente - alcance médio (até alguns metros no ar)
 - Pequeno poder de ionização - produção de pequena densidade de ionizações.
- **Radiação Gama (γ)**
 - Ondas Eletromagnéticas emitidas do núcleo de átomos em estado excitado de energia;
 - Não possui carga;
 - Perde energia para o meio de forma muito lenta - grande alcance (centímetros de concreto);
 - Pequeno poder de ionização.

- **Radiação de Nêutrons (n)**
 - Partícula pesada;
 - Não possui carga;
 - Perde energia para o meio de forma muito variável - extremamente dependente da energia;
 - Produção de ionizações igualmente variável.

- **Radiação de Pósitron (β^+)**
 - Denominação dada ao “elétron” com carga positiva emitido pelo núcleo do átomo - partícula leve;
 - Possui uma carga positiva;
 - Perde energia para o meio rapidamente – elétrons livres do meio - processo de aniquilação de pares;
 - Pequeno poder de ionização - produção de pequena densidade de ionizações.

APÊNDICE I – Questionário da Aula 3

Nome:

- 2.1. Quem foi o primeiro a reconhecer a existência dos raios X?
- 2.2. Quem foi o primeiro a usar o termo radioatividade?
- 2.3. A quem podemos associar a descoberta do elétron e a divisão do átomo?
- 2.4. Rutherford está relacionado a quais descobertas envolvendo a estrutura atômica?
- 2.5. Como os estudos sobre radiação mudaram a visão sobre conceitos físicos no início do século XX?
- 2.6. Em que medida os estudos sobre a radiação promoveram mudanças em nossa sociedade? Essas mudanças foram positivas ou negativas?
- 2.7. Classifique as radiações em radiação corpuscular, eletromagnética ionizante ou eletromagnética não ionizante:
 - (1) radiação corpuscular alfa
 - (2) eletromagnética ionizante beta
 - (3) eletromagnética não ionizante gama
 - ondas de rádio
 - micro-ondas
 - raios x
 - infravermelho
 - Ultravioleta
 - Visível

APÊNDICE J – Apresentação da Aula 4

A figura abaixo está anexada a um link que permite baixar o material da apresentação.

The slide features a purple background with the following elements:

- Logos:** UFRGS (Universidade Federal de Rio Grande) on the top left; MNPEF (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) and SBF (Sociedade Brasileira de Física) on the top right.
- Title:** "A radiação na sociedade contemporânea" centered at the top.
- Images:** A cow with a radiation glow, a nuclear power plant at night, a glowing radiation symbol, a human skeleton, and a dog lying on a CT scanner table.
- Text:** "DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA" in large yellow letters; "Prof. Paulo Carollo" below it; "Orientador: Nathan W. Lima" and "Coorientador: Caetano C. Roso" below that.
- Spectrum Diagram:** A horizontal bar at the bottom showing the electromagnetic spectrum with labels: "Ondas de rádio", "Ondas de TV", "Microondas", "Infravermelho", "Luz visível", "Ultra-violeta", "Raios X", "Raios Gama", and "Raios cósmicos". It also includes a scale for "Frequência" (Hz) and "Energia" (eV).
- Additional Text:** "Aula 4/2020" is written in the center of the spectrum diagram.
- Page Number:** "1" is located in the bottom right corner.

APÊNDICE K – Material Didático: Natureza da Luz e da Matéria

Natureza da Luz e da Matéria

Tópicos desse material: Luz é onda ou partícula? E o elétron? Dualidade onda-partícula, Efeito Fotoelétrico, Interação da radiação com a matéria: uso de aplicativos e simulações com o uso do computador ou demonstrativo.

A disputa sobre a natureza da luz foi certamente uma das disputas científicas mais exacerbadas em meados do século XVII que se arrastou até o século XX. Vamos analisar alguns passos dessa disputa histórica até seu desfecho final, históricos baseados em (BRENNAN, 2008; BERNARDO, 2005); .

René Descartes

Fonte: Wikimedia¹⁴

Luz é onda!

René Descartes (1596-1650) atribuiu a primeira teoria física da luz baseando-se em considerações especulativas e filosóficas, crendo que a luz não envolvia transmissão de partículas, mas um **movimento vibratório** sendo uma propriedade mecânica do objeto luminoso e do meio que a transmite. Considerado o **Pai da Filosofia Moderna**, inventou a Geometria Analítica, em Óptica explicou a formação do arco-íris, dos halos, das imagens com lentes, correção das aberrações geométricas com lentes e a lei da Refração “Snell-Descartes”.

¹⁴ Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Frans_Hals_-_Portret_van_Ren%C3%A9_Descartes.jpg>, acesso em 13/05/2020.

Luz é onda!

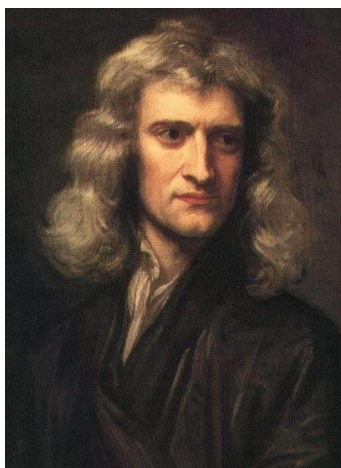
Robert Hooke (1635-1703), cientista experimentalista talentoso e muito respeitado em sua época, fez um tratado monumental sobre micrografia, qualificou o fenômeno da **difração**, sem conhecer o trabalho de Grimaldi, com base na teoria ondulatória da luz. Para explicar a **difração** utilizou um novo conceito, chamado de “**frente de onda**” introduzido por Ignace Pardies (1636-1673) num tratado sobre refração. Seu interesse pelas cores atingiu o auge **no** seu notável livro “*Experiments and considerations touching the colours*” (1664) que vinha de encontro com as ideias de Newton.

Robert Hooke



Fonte: Wikimedia¹⁵

Isaac Newton



Fonte: Wikimedia¹⁶

Luz é partícula!

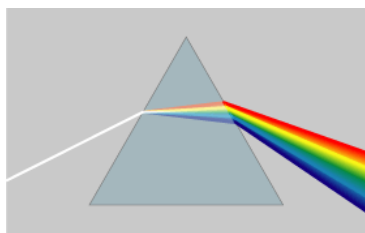
Isaac Newton (1642-1727) iniciou os estudos sobre a luz durante a pandemia da peste negra em 1666 após notar que um peso de papel de vidro na forma de prisma triangular produzia a **dispersão** da luz branca do Sol nas cores do arco-íris (**espectro**) propondo que a luz seria composta de **partículas** ou **corpúsculos** de cores diferentes.

Sobre a questão da natureza da luz, questionado e **pressionado** por Hooke e Huygens, para não falar de Descartes, Newton dizia: “para determinar mais absolutamente o que é a luz e, em seguida, de que maneira ela é refratada e por que modos ou ações produz nas nossas mentes as imagens e as cores, não é fácil; e eu não vou misturar conjecturas com certezas.” Seu tratado sobre **Óptica** somente foi publicado em 1704 após a

¹⁵ Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/13_Portrait_of_Robert_Hooke.JPG>, acesso em 13/05/2020

¹⁶ Disponível em: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/39/GodfreyKneller-IsaacNewton-1689.jpg>>, acesso em 13/05/2020.

Dispersão da luz



Fonte: Wikimedia¹⁷

morte de seu opositor devido a várias contestações sobre a natureza da luz.

Luz é onda!

Christiaan Huygens (1629-1695), não aceitou a proposta de Newton, pois não verificava desvios quando dois feixes de luz se cruzavam. Indagava, se a luz era formada por um conjunto de partículas, como explicar que elas não sofriam colisões ao se cruzarem?

Huygens propôs em sua **Teoria Ondulatória da Luz** (1690) que ela seria formada por oscilações do meio entre a fonte e o observador, sendo assim uma **onda**. Morreu 5 anos depois.

Christiaan Huygens



Fonte: Pinterest¹⁸

Thomas Young



Fonte: Wikimedia¹⁹

Luz é onda!

Thomas Young (1773-1829), por volta de 1801 propôs o experimento da **dupla fenda** provando que a luz somente poderia ser considerada como **onda** devido aos fenômenos da **difração** e das **interferências construtivas e destrutivas** não sendo demonstráveis para partículas (modelo corpuscular da luz).

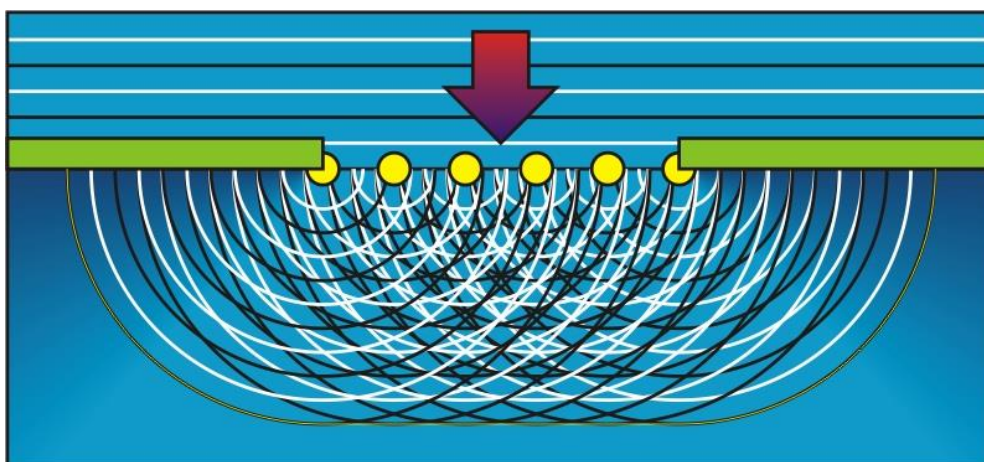
Young calcula o comprimento de onda de várias cores e demonstra que Huygens estava certo, a luz é onda!

¹⁷ Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/Prism_rainbow_schema.png>, acesso em 13/05/2020.

¹⁸ Disponível em: <<https://i.pinimg.com/originals/1d/d5/11/1dd511b78ae9f708f81ca087d9afa6e4.jpg>>, acesso em 13/05/2020.

¹⁹ Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b5/Thomas_Young_by_Briggs.jpg>, acesso em 13/05/2020.

Experimento de Young



Fonte: Midia.cmais.com.br²⁰

Proposta de Atividade demonstrativa ou em laboratório de informática:

Simulação do Phet: https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_pt_BR.html.

Nesta simulação, pode-se interagir com **Ondas**, medir a velocidade de propagação com o auxílio de um gráfico que mostra dois pontos de deslocamento da onda, que devem ser posicionados na animação em dois vales ou cristas vizinhos, mostrando estarem em fase. Assim, com a trena e o cronometro, pode-se determinar a velocidade de propagação da onda. Existe ainda a possibilidade de variar a frequência e amplitude da onda. As ondas podem ser mecânicas em um tanque de água e sonoras, bem como a luz.

Além disso, existe a possibilidade de trabalhar com os aplicativos **Interferência**, **Fendas** e **Difração** com os mesmos tipos de ondas

.

²⁰ Disponível em: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcQY7inEC8w62QQkJWPKkS3FIhEWjErY4pGtow&usqp=C AU>, acesso em 13/05/2020.

Luz é onda!

James C. Maxwell (1831-1879), em 1873, publicou o Tratado de Eletricidade e Magnetismo que unificou a eletricidade, magnetismo e a óptica com as suas 4 equações que definem a **Teoria Eletromagnética** atual, reforçando a ideia de que a luz é onda.

James C. Maxwell



Fonte: Wahooart²²

Equação 1 – Equações diferenciais de Maxwell da TE

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{E} &= \frac{\rho}{\epsilon_0} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{B} &= \mu_0 \left(\mathbf{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right)\end{aligned}$$

Fonte: Wikipédia²¹

Max Planck



Fonte: Infoescola²³

Luz é partícula!

Max Planck (1858-1947) é considerado o **Pai da Física Quântica**, pois através do seu estudo sobre a **radiação do corpo negro (1900)** **quantizou** a energia dos osciladores eletrônicos da matéria. Sua proposta relaciona a energia com a frequência da onda, associadas com a constante **h**, chamada de constante de Planck, cujo valor no SI é $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

$$E = h \cdot f$$

É possível fazer uma demonstração da simulação do espectro de corpo negro, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/blackbody-spectrum, que relaciona a densidade de potência espectral com o comprimento de onda para diversas

²¹ Disponível em: <[https://wahooart.com/Art.nsf/O/AQRNM9/\\$File/Lowes-Cato-Dickinson-James-Clerk-Maxwell-Fellow-Physicist.jpg](https://wahooart.com/Art.nsf/O/AQRNM9/$File/Lowes-Cato-Dickinson-James-Clerk-Maxwell-Fellow-Physicist.jpg)>, acesso em 14/05/2020.

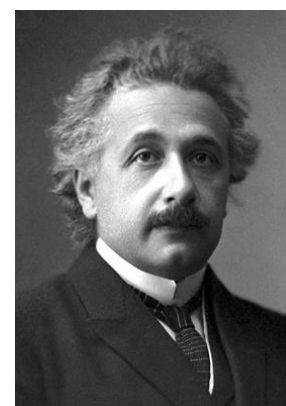
²² Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Equa%C3%A7%C3%B5es_de_Maxwell>, acesso em 14/05/2020.

²³ Disponível em: <<https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2010/03/max-Planck.jpg>>, acesso em 14/05/2020.

temperaturas, relacionando o máximo da curva para cada faixa do espectro eletromagnético desde o visível até o ultravioleta. Pode-se escolher entre temperaturas típicas da Terra, de uma lâmpada, do Sol e da estrela Sirius A. Essa possibilidade pode criar no aluno a consciência de que dependendo da estrela, como Sirius A podemos receber mais radiação UV em comparação com o nosso Sol, cerca de 12,5 vezes maior de acordo com o aplicativo. Caberia, neste aspecto, discutir possíveis vidas em torno de outras estrelas quanto à resistência aos altíssimos níveis de radiação.

Luz é “partícula”!

Albert Einstein (1879-1955) em 1905, seu ano miraculoso, escreveu três artigos que modificaram o mundo. Um deles abordava a **Relatividade Restrita**, outro abordava o **Movimento Browniano** e o terceiro apresentava uma explicação para o **Efeito Fotoelétrico**, sendo este importante por voltar a tratar da natureza da luz, sendo premiado com o Nobel de 1921.



Fonte:Wikimedia²⁴

Efeito Fotoelétrico

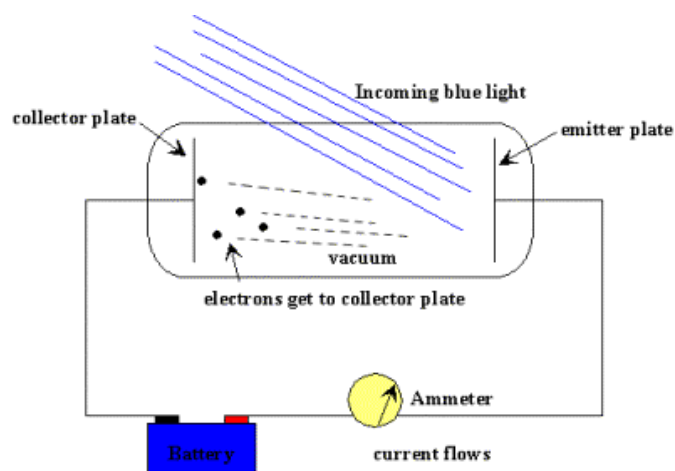
Em 1902, Lenard estudou a energia dos fotoelétrons emitidos no fenômeno conhecido como efeito fotoelétrico, usando uma luz de arco de carbono como fonte, que era 1000 vezes mais intensa do que os pesquisadores anteriores usavam. Ele descobriu que a energia dos fotoelétrons não mostrava a menor dependência com a intensidade da luz. Os elétrons ejetados atingiam outra placa metálica, o coletor, que era conectado ao cátodo por um fio com um amperímetro sensível, para medir a corrente produzida pela iluminação da placa emissora. Com esse aparato, ele descobriu que a energia máxima dos elétrons ejetados dependia da cor incidente, o comprimento de luz mais curto e frequências mais altas faziam com que os elétrons fossem ejetados com mais energia. No entanto essa observação foi apenas de natureza qualitativa (PAIS, 1982, p. 380).

²⁴

Disponível em: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/50/Albert_Einstein_%28Nobel%29.png/170px-Albert_Einstein_%28Nobel%29.png, acesso em 14/05/2020.

em:

Aparato de Lenard para o efeito fotoelétrico



Fonte: University of Virginia²⁵

Segundo Pais, (1982, p. 380–381), em 1905, Einstein deu uma explicação quantitativa para o efeito fotoelétrico de forma simples, tomando como base o modelo corpuscular da luz. Um quantum de luz dá toda a sua energia a um único elétron e a transferência de energia por um quantum de luz é independente da presença de outros quanta de luz. Ele também observou que um elétron ejetado do interior do corpo em geral sofre uma perda de energia antes de atingir a superfície. Então, Einstein propôs a relação:

$$E_{\text{máx}} = h \cdot f - \varphi$$

onde $E_{\text{máx}}$ é a energia cinética dos elétrons ejetados, f é a frequência da radiação monocromática incidente, φ é a função trabalho, que representa a energia necessária para o elétron escapar da superfície da placa.

Uma simulação do PhET (University of Colorado), link: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric, pode ser utilizada para ser explorada. No mesmo aplicativo, podemos mudar o pólo da bateria e observar os elétrons ejetados voltando à placa da luz incidente, podemos variar a intensidade da luz e constatar que não há mudança na corrente (desde que a polaridade da bateria esteja correta), e ainda verificamos o que ocorre quando variamos o comprimento de onda da

²⁵ Disponível em: <<http://galileo.phys.virginia.edu/classes/252/photoel.gif>>, acesso em 07/09/2020.

luz. O aplicativo pode ser ajustado para mostrar apenas os elétrons mais energéticos e gráficos da corrente x tensão da bateria, corrente x intensidade da luz e energia do elétron x frequência da luz.

L. de Broglie



Fonte: Wikimedia²⁶

Nem um nem outro! A dualidade onda-partícula.

Louis de Broglie (1892-1987) postulou em sua tese de doutorado de 1924 que partículas também possuiriam um comprimento de onda associado conhecido como **onda de matéria** e postulou que elétrons sujeitos ao experimento da dupla fenda apresentariam **padrão de interferência**.

Em 1927, Clinton Davisson e Lester Germer demonstraram experimentalmente a difração de elétrons, corroborando a sua hipótese da natureza ondulatória da matéria culminando com o Prêmio Nobel de Física em 1929.

A seguir, são apresentadas algumas simulações interessantes para trabalho em aula, abordando o experimento de Davisson-Germer, os diversos modelos atômicos e sua evolução, desde os modelos clássicos até os modelos quânticos (Dalton a Schrödinger), um vídeo de animação do “Dr. Quantum” sobre a dualidade onda-partícula para o elétron e uma simulação de interferência quântica para experiência de dupla fenda para elétrons, fótons, nêutrons e átomos de Hélio.

Dualidade onda-partícula

Simulação do Experimento de Davisson-Germer

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/davisson-germer

Animação sobre os modelos atômicos

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/hydrogen-atom

Dualidade onda-partícula para o elétron

Apresentação do vídeo do Dr. Quantum e a experiência da fenda dupla

²⁶ Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/Broglie_Big.jpg>, acesso em 14/05/2020.

<https://www.youtube.com/watch?v=UtPf0XYQzfl>

Animação da interferência quântica

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/quantum-wave-interference

APÊNDICE L – Questionário da Aula 4

Nome:

3.1. Com relação a interação da radiação com a matéria e as teorias conflitantes sobre a natureza da luz, marque verdadeiro ou falso.”

Afirmção	verdadeira	falsa
O efeito fotoelétrico foi explicado por Einstein considerando a natureza ondulatória da luz		
Na experiência de Young, as franjas claras e escuras podem ser explicadas pelo fenômeno da interferência		
Uma forma de explicar o fato de que a luz arranca elétrons de uma placa metálica é que ela deve ser formada por fótons (porções localizadas de energia) que transferem energia para os elétrons da placa, sendo essa energia suficientemente maior que a função trabalho		
A energia mínima para acontecer o efeito fotoelétrico depende diretamente da frequência da luz emitida.		
As teorias corpuscular e ondulatória da luz explicam perfeitamente o padrão de franjas claras e escuras do experimento de Young		
O fenômeno da interferência representa bem a teoria corpuscular da luz		
A teoria corpuscular da luz dá conta de explicar perfeitamente o efeito fotoelétrico		
A dualidade da matéria foi proposta por de Broglie		

- 3.2. Estudos sobre a radiação térmica, iniciados pelo físico alemão Gustav Robert Kirchhoff com contribuições de Stefan-Boltzmann, Rayleigh-Jeans, Wien e finalmente explicados por Max Planck deslumbrou o nascimento da Mecânica Quântica, ramo da Física Moderna. Com relação aos seus conhecimentos sobre estes estudos, marque V ou F:”.

Afirmção	verdadeira	falsa
Resultados experimentais não podiam ser explicados adequadamente com a teoria clássica		
A catástrofe do ultravioleta foi confirmada pela teoria quântica		
Na teoria clássica, a intensidade da emissão de um corpo negro tendia ao infinito na região do UV		
O corpo negro ideal foi o modelo escolhido para estudos da radiação térmica		
Para Kirchoff a radiação térmica dependia da temperatura do corpo, mas não da frequência da radiação		
Stefan-Boltzmann definiram a relação entre a energia e a temperatura		
Wien ajustou os dados experimentais propondo que o comprimento de onda máximo tinha uma relação com a temperatura do corpo negro		
Planck propôs apenas valores discretos possíveis para a energia e essa seria proporcional à frequência		

3.3. Einstein recebeu o prêmio Nobel por seu trabalho sobre o efeito fotoelétrico. Marque verdadeiro ou falso em relação ao seu trabalho.”

Afirmação	verdadeira	falsa
A energia mínima para remover um elétron da placa metálica foi chamada de função trabalho do metal.		
A energia da luz incidente na placa é determinada pelo produto da constante de Boltzmann pela frequência da luz		
A energia cinética dos fotoelétrons emitidos pela placa metálica é dada pela diferença da energia do feixe incidente e a função trabalho		
A quantidade de fotoelétrons é diretamente proporcional à intensidade da luz incidente		
O aumento da frequência da luz incidente diminui a energia cinética dos elétrons ejetados do material		
As células fotoelétricas são aplicações do efeito fotoelétrico		
O elétron da placa absorve mais de um fóton de energia $h \cdot f$ da luz incidente		

3.4. “Com relação ao espalhamento Compton (ou Efeito) marque V ou F.”

Afirmção	verdadeira	falsa
Indicou que o espalhamento da radiação X poderia ser considerado como uma colisão entre o fóton da radiação incidente com o elétron do material alvo		
Determinou a natureza ondulatória da luz		
Leis de conservação de energia e momento dão conta de explicar o fenômeno		
Tendo como base a teoria ondulatória, a frequência da onda espalhada deveria ter a mesma frequência da radiação incidente		
A energia do fóton espalhado é maior que do fóton incidente		
A frequência do fóton espalhado e a energia são menores do que o fóton incidente		
É mais uma prova do comportamento corpuscular da radiação		

3.5. Explique o que é o fenômeno fotoelétrico.

3.6. Qual foi a proposta de Einstein para explicar o efeito fotoelétrico? Qual a concepção de natureza da luz está por trás dessa proposta?

3.7. Explique o que é o efeito Compton com suas palavras.

3.8. Qual a diferença entre o Efeito Compton e o Efeito Fotoelétrico?

APÊNDICE M – Apresentação da Aula 5

Ao seguir o link da figura abaixo, é possível baixar o conteúdo da apresentação dessa aula.

UFRGS UNIVERSIDADE FEDERAL DE RIBEIRÃO GRANDE

MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

A radiação na sociedade contemporânea

RADIOATIVIDADE E EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO

Prof. Paulo Carollo

Orientador: Nathan W. Lima
Coorientador: Caetano C. Roso

Ondas de rádio Ondas de rádio Micro-ondas Infravermelho Luz visível Ultra-violeta Raios X Raios Gama Raios cósmicos

Radição não ionizante Radição ionizante

Frequência
Energia

Aula 5/2020

1

APÊNDICE N – Material Didático: Radioatividade e Efeitos Biológicos da Radiação

Radioatividade

A trajetória das pesquisas em radioatividade espontânea – A família Curie:

Segundo Okuno; Yoshimura, (2016) que serviu de fundamentação para esse texto, Marie Curie e seu marido Pierre Curie, em julho de 1898, anunciaram oficialmente a descoberta de um elemento radioativo obtido a partir da uranita (ou pechblenda), minério de óxido de urânio, nomeado de polônio (Po), em homenagem à pátria de Marie, que na época estava sob o domínio russo e nem era reconhecida como nação. O polônio registrou ser 400 vezes mais radioativo do que o urânio. Em dezembro do mesmo ano, eles anunciaram a existência de mais um elemento químico presente na pechblenda, denominado de rádio (Ra), 900 vezes mais radioativo do que o urânio. O termo radioatividade também foi proposto por Marie Curie.

Meia-vida física dos radioisótopos

A meia-vida física de um radioisótopo é uma característica de cada núcleo atômico, sendo função do seu número de massa (soma dos nucleons, prótons e nêutrons) e representa o tempo para que a massa inicial do radioisótopo se reduza à sua metade. A figura a seguir exemplifica alguns elementos radioativos e seus respectivos tempos de meia-vida.

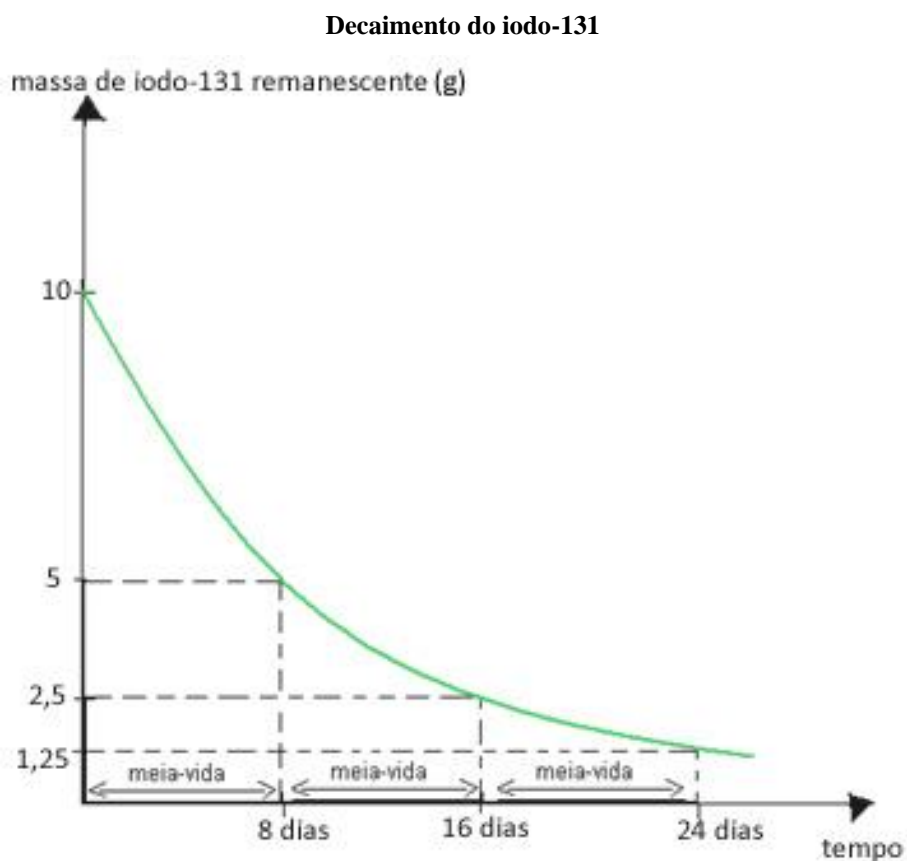
Meias-vidas de alguns radioisótopos

Radioisótopo	Meia-vida
Oxigênio-13	$8,7 \cdot 10^{-3}$ s
Carbono-15	2,4 s
Tecnécio-99	6,0 h
Xenônio-135	9h
Fósforo-32	32 dias
Enxofre—35	87 dias
Cobalto-60	5,26 anos
Trítio (hidrogênio-3)	12,5 anos
Estrôncio-90	28,1 anos
Césio-137	30,17 anos
Rádio-226	$1,6 \cdot 10^3$ anos
Plutônio-239	$2,44 \cdot 10^4$ anos
Urânio-235	$4,5 \cdot 10^9$ anos

Fonte: Mundo Educação UOL²⁷

²⁷ Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/upload/conteudo/images/meia-vida.jpg>>, acesso em 22/08/20.

Geralmente este período de semidesintegração é representado por uma curva de decaimento radioativo. A figura representa o decaimento do iodo 131 utilizado em exames diagnósticos e tratamento de câncer de tireoide.



Fonte: Mundo Educação UOL²⁸

²⁸ Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/upload/conteudo/images/decaimento-radioativo-do-iodo-131.jpg>, acesso em 22/08/20.

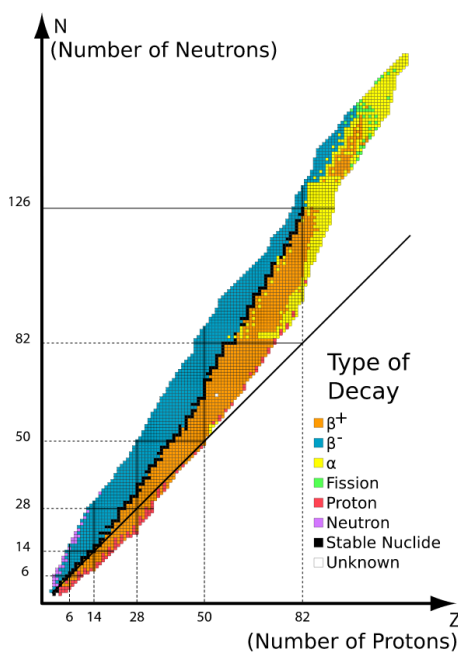
Instabilidade Nuclear

A instabilidade nuclear é relacionada à razão nêutron/próton em que a região preta representa a ilha de estabilidade nuclear. Fora dessa faixa existe alguma emissão, denotando instabilidade (regiões coloridas). Para baixos números atômicos e razão nêutron/próton maior que 1 temos uma pequena região de emissões de nêutrons (rosa). Para razões ainda maior que 1, logo acima da ilha de estabilidade registramos uma grande região que se estende por praticamente quase todos os elementos caracterizada pela emissão beta menos (azul). Abaixo da região de estabilidade, se observa numa ampla faixa, uma região em que prevalece a emissão beta mais ou pósitron (laranja). Bem abaixo da região encontramos a emissão de prótons (avermelhada) que a medida que aumenta o número atômico, se torna preferencialmente na emissão de partículas alfa (amarelo). Subindo ainda mais temos os átomos muito pesados, onde temos a fissão nuclear presente (verde) (GEARY, 2008).

Uma boa medida de estabilidade nuclear é a razão nêutron/próton.

$$\frac{n}{Z} = \frac{A - Z}{Z}$$

Gráfico de Estabilidade Nuclear



Fonte: Texas University²⁹

²⁹ Disponível em: <http://ch302.cm.utexas.edu/svg302/Table_isotopes_en.svg>, acesso 22/08/2020.

Interação da radiação com a matéria

A radiação ionizante tem a capacidade de ionizar o meio em que atravessa, promovendo, principalmente, a retirada de elétrons ou excitação dos átomos do material devido à deposição de energia. Para estudar os diversos tipos de efeitos da radiação é necessário classificar em grupos, como a seguir:

- Radiação diretamente ionizante – constituída de partículas com carga elétrica;
- Radiação indiretamente ionizante – radiação sem carga elétrica.

Uma subdivisão em cada grupo racionaliza ainda mais o estudo. Para o primeiro grupo dividimos em partículas carregadas rápidas pesadas e leves e para o segundo grupo em fótons e nêutrons.

Efeitos biológicos da radiação

A descoberta dos raios X foi marcante por sua aplicação ser praticamente instantânea em todo o mundo para exames médicos. Contudo o seu uso indiscriminado, em pouco tempo, disseminou problemas de saúde em muitos trabalhadores que atuavam diretamente com a tecnologia, como cientistas, médicos, pacientes e operários de fabricantes de tubos de raios catódicos. Os efeitos biológicos da radiação relatados eram de dermatite aguda, queimaduras, quedas de cabelo e câncer. Dentre os casos estão queimaduras em Becquerel por transportar um frasco em um bolso da camisa, o assistente de Thomas Edison teve amputação dos membros superiores por excesso de radiação para testar a fonte de ser fluoroscópio e efeitos cumulativos (estocásticos) em Madame Curie provocando leucemia (OKUNO; YOSHIMURA, 2016).

Os efeitos biológicos das radiações ionizantes passaram a ser interesses de estudos e podem ser divididos de duas formas:

- Quanto ao seu mecanismo – direto ou indireto;
- Quanto à sua natureza – reações teciduais ou efeitos estocásticos.

Mecanismo direto: a radiação ionizante produz mutações genéticas em organismos, pois ela é capaz de quebrar a molécula de DNA, conseqüentemente produzindo

fragmentos perdidos nos cromossomos, que, quando não reparados, resultam em defeitos de transcrição na divisão celular, causando mutação genética.

Mecanismo indireto: a radiação ionizante atua na molécula de água promovendo sua quebra (radiólise) com produção de radicais livres, altamente reativos, podendo chegar até o agente oxidante peróxido de hidrogênio, que ataca moléculas importantes como a do próprio DNA. Este mecanismo é responsável pela maioria dos efeitos biológicos da radiação pela proporção de água que temos no corpo.

Reações Teciduais: são os danos que resultam da morte celular de um número muito grande de células ou tecidos devido a alta dose de radiação. Estes casos ocorrem em acidentes com elementos radioativos como ocorreu no caso do Césio 137 de Goiânia, no acidente de Chernobyl e em tratamentos de câncer em que o tecido sadio é danificado pela radiação no tumor na sua vizinhança. Quanto maior a dose de radiação, maior é o efeito.

As reações teciduais podem ser imediatas ou tardias.

Reações Teciduais Imediatas:

- eritema – queimadura da pele;
- mucosite – inflamação da mucosa;
- escamação da epiderme.

Reações Teciduais Tardias:

- necrose da matéria branca da medula espinhal – 6 a 18 meses;
- vasculopatia – danos nos vasos sanguíneos – 1 a 4 anos;
- catarata – opacificação do cristalino do olho;
- vermelhidão latente – excesso de exames com alta taxa de radiação como fluoroscopia e tomografia;

Limiar de dose:

Altas doses de radiação em todo o corpo em espaços curtos de tempo conduz a chamada **síndrome aguda de radiação** que danifica muitas células e órgãos que pode

levar até a morte. De acordo com Okuno; Yoshimura, (2016), conforme a dose podemos ter os sintomas agravados conforme tabela a seguir:

Tabela 1 - Sintomas gerais associados à doses de radiação.

Dose (Gy)	Sintomas
De 0,25 a 1	Náusea, diarreia, anemia, baixa imunidade
De 1 a 3	+ infecções, danos à medula óssea,
De 3 a 6	Hemorragia, epilação, esterilidade
Acima de 6	Inflamação dos pulmões, sistema nervoso e cardiovascular, morte

Fonte: (OKUNO; YOSHIMURA, 2016)

Tabela 2 - Estimativa dos limiares de dose para alguns órgãos.

Tecido e efeito	Limiar de dose		
	Dose única aguda (Gy)	Dose alta total fracionada (Gy)	Taxa anual de dose fracionada (Gy)
Testículos			
Esterilidade temporária	0,15	Não aplicável	0,4
Esterilidade permanente	3,5 – 6,0	Não aplicável	2,0
Ovários			
Esterilidade	2,5 – 6,0	6,0	> 0,2
Cristalino			
Opacidade detectável	0,5 – 2,0	5,0	> 0,1
Catarata	5,0	> 8	> 0,15
Medula óssea			
Depressão hematopoiética	0,5	Não aplicável	> 0,4

Fonte: (OKUNO; YOSHIMURA, 2016)

Efeitos Estocásticos

Ainda segundo os autores de Física das Radiações (OKUNO; YOSHIMURA, 2016), os efeitos estocásticos são alterações das células normais devido ao acúmulo de radiação ionizante que se manifestam como **efeitos cancerígenos** e **efeitos hereditários**. Estes efeitos são probabilísticos e não se manifestam em todas as pessoas de mesma forma.

Os tecidos mais sensíveis à induzirem câncer são:

- tireoide infantil;
- mama feminina;
- medula óssea.

Os tecidos menos sensíveis são:

- tecido muscular;
- tecido conectivo.

APÊNDICE O – Questionário da Aula 5

Questionário sobre Efeitos Biológicos da Radiação

- 4.1. O que são os efeitos biológicos da radiação?
- 4.2. Quais as etapas do desenvolvimento dos efeitos biológicos?
- 4.3. Qual a diferença entre efeitos determinísticos e estocásticos?
- 4.4. Dê exemplos de efeitos determinísticos.
- 4.5. Dê exemplos de efeitos estocásticos.
- 4.6. Há uma dose mínima para haver risco ao entrar em contato com a radiação?
- 4.7. Como o efeito fotoelétrico e o efeito Compton estão relacionados com os aparecimentos de efeitos biológicos?
- 4.8. Você recebe radiação do ambiente? Quais as fontes?

- 4.9. Com relação a radioatividade, suas causas, tipos de emissões e seus efeitos biológicos, marque V para verdadeiro e F para falso.

Afirmações	verdadeira	falsa
() O termo "radioatividade" foi aplicado primeiramente pelo casal Curie		
() A radioatividade está associada à instabilidade da eletrosfera dos átomos		
() Marie Curie descobriu os elementos Polônio e Rádium bem mais radioativos que o Urânio		
() As partículas alfa são equivalentes ao núcleo do átomo de Hélio		
() O termo "meia-vida" está associado ao tempo médio que um radioisótopo leva para que sua atividade inicial se reduza à metade		
() Para deter partículas beta é necessário apenas uma folha de papel ou de alumínio fina		
() Os raios gama podem causar mutações genéticas		
() exposições a altas doses de radiação conhecida como envenenamento por radiação causam reações imediatas como necrose, catarata e vermelhidão latente		
() os primeiros sintomas ao excesso de radiação são náuseas, vômitos, diarreia e baixa imunidade		

APÊNDICE P – Apresentação da Aula 6

Ao seguir o link da figura abaixo, é possível baixar o conteúdo da apresentação dessa aula.

UFRGS UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

A radiação na sociedade contemporânea

RADIAÇÃO UV – EF. BIOLÓGICOS
PROTEÇÃO, APLICAÇÕES E PRÁTICA
 Prof. Paulo Carollo

Orientador: Nathan W. Lima
 Coorientador: Caetano C. Roso

Ondas de rádio Ondas de TV Microondas Infravermelho Luz visível Ultra-violeta Raios X Raios Gama Raios cósmicos

Radiação não ionizante Radiação ionizante

Aula 6/2020

Hz 10^0 10^1 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^7 10^8 10^9 10^{10} 10^{11} 10^{12} 10^{13} 10^{14} 10^{15} 10^{16} 10^{17} 10^{18} 10^{19} 10^{20}

J 10^{-18} 10^{-17} 10^{-16} 10^{-15} 10^{-14} 10^{-13} 10^{-12} 10^{-11} 10^{-10} 10^{-9} 10^{-8} 10^{-7} 10^{-6} 10^{-5} 10^{-4} 10^{-3} 10^{-2} 10^{-1} 10^0 10^1 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^7 10^8 10^9 10^{10}

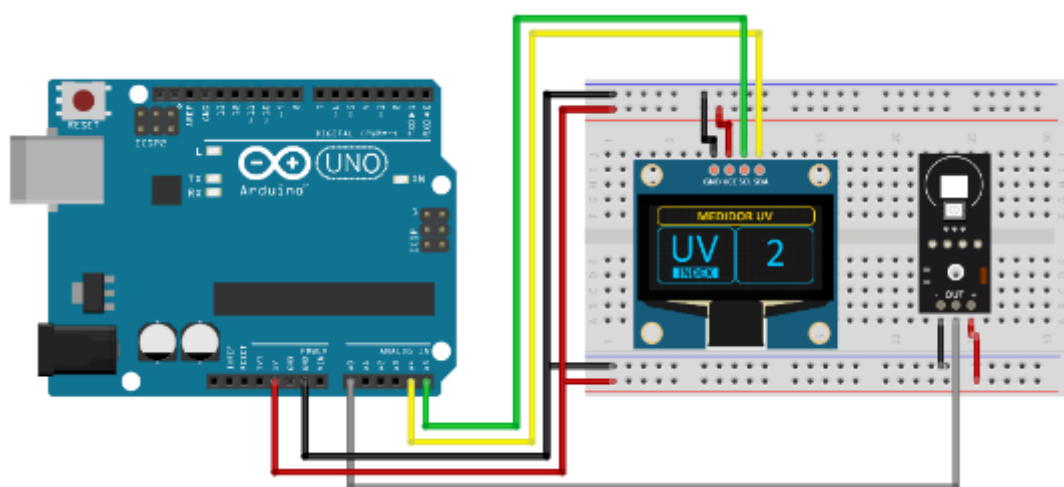
1

APÊNDICE Q – Manual de Montagem e Programação de Placa Arduino para Detecção de Radiação UV

Montagem do Sensor UV ao Arduino

O esquema da montagem está relacionado na Figura 39 e os materiais necessários para realizar o projeto está a seguir.

Figura 39 - Esquema de montagem do medidor de UV



Fonte: Filipeflop³⁰

Materiais necessários por placa:

- Placa Arduino UNO
- Jumpers de ligação
- Display Oled 12C (no projeto, trocou-se o display por gravação em micro SD)
- Sensor UV UVM-30A
- Suporte para bateria 9V (caso não tenha como ligar ao computador)
- Bateria 9V (caso não tenha como ligar ao computador)
- Protoboard 400 pinos
- Módulo cartão SD
- Cartão SD
- Módulo Relógio: Real Time Clock RTC DS3231

³⁰Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-indice-uv-com-arduino/>>, acesso em 06/09/2020.

O sensor recebe a radiação e o microcontrolador interpreta uma diferença de potencial de 0 a 5000 mV e o programa vai ler o valor da porta analógica que varia de 0 e 1023 e convertendo esse valor em milivolts e fazendo a associação com a tabela mostrada abaixo (Figura 40), exibindo o valor do índice UV no display ou na tela do computador pelo monitor serial do Arduino.

Figura 40 - Intervalos da tensão e o Índice UV relacionado

UV Index (Índice UV)	0	1	2	3	4	5
Vout(mV)	<50	227	318	408	503	606
Valor analógico	<10	46	65	83	103	124
UV Index (Índice UV)	6	7	8	9	10	11 ⁺
Vout(mV)	696	795	881	976	1079	1170+
Valor analógico	142	162	180	200	221	240

Fonte: Filipeflop³¹. Errata: (onde lê-se Vout, leia-se Volt)

Gravação dos dados coletados em cartão SD com Arduino

Para possibilitar a coleta de dados e poder trabalhar estas informações para elaborar gráficos ou até mesmo fazer análises estatísticas, será necessário usar um módulo para cartão SD (

Figura 41).

³¹Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-indice-uv-com-arduino/>>, acesso em 06/09/2020.

Figura 41 - Módulo para cartão de memória SD



Fonte: Filipeflop³²

A alimentação pode ser feita comum dos pinos GND e 5 V e os cartões podem ser formatados em padrões FAT16 ou FAT32. A comunicação via interface SPI é realizada por meio dos pinos MOSI, SCK, MISO e CS, de acordo com a Figura 42 abaixo.

Figura 42 - Detalhe dos pinos do módulo de cartão SD



Fonte: Filipeflop³³

Para os pinos de sinal (CSK, MOSI e CS), deverá ser feito um divisor de tensão, pois o módulo trabalha com 3,3 V, não sendo possível ligar diretamente ao Arduino cuja tensão é maior (5 V). O pino MISO pode ser ligado diretamente em 5 V.

³² Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/cartao-sd-com-arduino/>>, acesso em 06/09/2020.

³³ Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/cartao-sd-com-arduino/>>, acesso em 06/09/2020.

O código gerado no programa para gravação dos dados fornece um dado a cada dois segundos para o potenciômetro totalmente ligado e ao desligá-lo não grava mais no cartão.

Referência de Programação da placa

A programação mostrada abaixo é dividida em dois blocos (programa medidor do índice UV e programação para salvar dados em cartão SD) que foram usadas como base para realizar uma programação única que desse conta de medir e registrar os dados necessários para levantamento de data, horário, temperatura e índice UV (I-UV):

```

1 //Programa: Medidor de Índice UV com Arduino
2 //Autor: Thomsen, (2015a)- Fonte: FILIPEFLOP34
3
4 #include "U8glib.h"
5
6 U8GLIB_SSD1306_128X64 u8g(U8G_I2C_OPT_NO_ACK);
7
8 intpino_sensor = A0;
9 intvalor_sensor = 0;
10 intposicao;
11 StringUV_index = "0";
12
13 voiddraw()
14 {
15 //Comandos graficos para o display devem ser colocados aqui
16 u8g.drawRFrame(0, 16, 67, 48, 4);
17 u8g.drawRFrame(67, 16, 61, 48, 4);
18 u8g.drawRFrame(0, 0, 128, 16, 4);
19 u8g.drawBox(11, 48, 45, 12 );
20 u8g.setFont(u8g_font_8x13B);
21 u8g.setColorIndex(0);
22 u8g.drawStr( 13, 59, "INDEX");
23 u8g.setColorIndex(1);
24 u8g.drawStr( 24, 13, "Medidor UV");
25 // Centraliza o valor na tela
26 u8g.setFont(u8g_font_fur25);
27 u8g.drawStr( 10, 45, "UV");
28 //Ajusta posicao do valor do UV_Index
29 if(UV_index.length() <= 1)
30 {
31 posicao = 88;
32 }
33 Else
34 {
35 posicao = 78;
36 }
37 //Mostra valor do sensor
38 u8g.setPrintPos(posicao, 52);
39 u8g.print(UV_index);
40 }
41
42 voidsetup(void)
43 {

```

³⁴Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-indice-uv-com-arduino/>>, acesso em 06/09/2020.

```

44 Serial.begin(9600);
45 pinMode(pino_sensor, INPUT);
46 if( u8g.getMode() == U8G_MODE_R3G3B2 ) {
47     u8g.setColorIndex(255); // White
48 }
49 elseif( u8g.getMode() == U8G_MODE_GRAY2BIT ) {
50     u8g.setColorIndex(3); // maxintensity
51 }
52 elseif( u8g.getMode() == U8G_MODE_BW ) {
53     u8g.setColorIndex(1); // pixel on
54 }
55 elseif( u8g.getMode() == U8G_MODE_HICOLOR ) {
56     u8g.setHiColorByRGB(255, 255, 255);
57 }
58 }
59
60 voidloop(void)
61 {
62     Calcula_nivel_UV();
63     //Chama a rotina de desenho na tela
64     u8g.firstPage();
65     Do
66     {
67         draw();
68     }
69     while( u8g.nextPage() );
70     delay(150);
71 }
72
73 voidCalcula_nivel_UV()
74 {
75     valor_sensor = analogRead(pino_sensor);
76     //Calcula tensao em milivolts
77     inttensao = (valor_sensor * (5.0 / 1023.0)) * 1000;
78     //Compara com valores tabela UV_Index
79     if(tensao> 0 &&tensao<= 227)
80     {
81         UV_index = "0";
82     }
83     elseif(tensao> 227 &&tensao<= 318)
84     {
85         UV_index = "1";
86     }
87     elseif(tensao> 318 &&tensao<= 408)
88     {
89         UV_index = "2";
90     }
91     }
92     }
93     UV_index = "2";

```



```
94     }
95     elseif(tensao> 408 &&tensao<= 503)
96     {
97         UV_index = "3";
98     }
99     elseif(tensao> 503 &&tensao<= 606)
100    {
101        UV_index = "4";
102    }
103    elseif(tensao> 606 &&tensao<= 696)
104    {
105        UV_index = "5";
106    }
107    elseif(tensao> 696 &&tensao<= 795)
108    {
109        UV_index = "6";
110    }
111    elseif(tensao> 795 &&tensao<= 881)
112    {
113        UV_index = "7";
114    }
115    elseif(tensao> 881 &&tensao<= 976)
116    {
117        UV_index = "8";
118    }
119    elseif(tensao> 976 &&tensao<= 1079)
120    {
121        UV_index = "9";
122    }
123    elseif(tensao> 1079 &&tensao<= 1170)
124    {
125        UV_index = "10";
126    }
127    elseif(tensao> 1170)
128    {
129        UV_index = "11";
130    }
131 }
```

```
1 // Programa: Gravação com modulo cartão SD
2 // Autor: Thomsen, (2015b) – Fonte: FILIPEFLOP35
3
4 #include <SdFat.h>
5
```

³⁵Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/cartao-sd-com-arduino/>>, acesso em 06/09/2020.

```

6   SdFatsdCard;
7   SdFilemeuArquivo;
8
9   // Pino ligado ao CS do módulo
10  const int chipSelect = 4;
11
12  void setup()
13  {
14    Serial.begin(9600);
15    // Define o pino do potenciômetro como entrada
16    pinMode(A5, INPUT);
17    // Inicializa o módulo SD
18    if(!sdCard.begin(chipSelect,SPI_HALF_SPEED))sdCard.initErrorHalt();
19    // Abre o arquivo LER_POT.TXT
20    if(!meuArquivo.open("ler_pot.txt", O_RDWR | O_CREAT | O_AT_END))
21    {
22      sdCard.errorHalt("Erro na abertura do arquivo LER_POT.TXT!");
23    }
24  }
25
26  void loop()
27  {
28    // Leitura da porta A5/Potenciômetro
29    int valor = analogRead(A5);
30    Serial.print("Leitura Potenciometro: ");
31    Serial.println(valor);
32
33    // Grava dados do potenciômetro em LER_POT.TXT
34    meuArquivo.print("Leitura Potenciometro: ");
35    meuArquivo.println(valor);
36
37    if(valor <= 5)
38    {
39      // Interrompe o processo e fecha o arquivo
40      Serial.println("Processo de gravacao interrompido. Retire o SD!");
41      meuArquivo.close();
42      while(1) {}
43    }
44    delay(2000);
45  }

```

Programação adaptada

Baseando-se nas duas programações acima foi realizada a junção dos dois programas em apenas um, além do proposto inicialmente por Filipeflop, medindo e

registrando data, horário, temperatura ambiente e índice UV. Após muitos testes de passos de programação que não funcionavam corretamente, tivemos o auxílio do Prof. Marcelo Paravisi (IFRS – Osório) que fez o programa funcionar perfeitamente como mostrado a seguir.

```

1 //Programa: Registro de data, horário, temperatura e I-UV com Arduino
2 //Juntamente com gravação de dados em cartão micro SD
3 //Fonte: Filipeflop36 com adaptações do autor e Marcelo Paravisi37
4 #include <DS3231_Simple.h>
5 #include <Streaming.h>
6 #include <Wire.h>
7 #include <SD.h>
8 #include <SPI.h>
9 #define CalendarYrToTm(Y) ((Y) - 2000)
10
11 DS3231_Simple Clock;
12
13 //Pino CS do modulo cartão SD
14 int CS_PIN = 4;
15 int SENSOR_PIN = A1;
16 int SENSOR_VALUE = 0;
17 String INDEX_UV = "0";
18 floatMyFloatTemperature;
19
20 File file;
21
22 voidsdStart()
23 {
24 pinMode(CS_PIN, OUTPUT);
25
26 if (SD.begin())
27 {
28
29 }
30 else
31 {
32 return;
33 }
34 }
35
36 voidsdWrite()

```

³⁶Programações separadas apresentadas anteriormente sem controle de data, horário e temperatura.

³⁷Professor do IFRS - Osório que colaborou com o ajuste fino da programação.

```

37  {
38  // COMENTAR ESSAS LINHAS PARA REMOVER OS PRINTS DA SERIAL
39  Clock.printDateTo_DMY(Serial);
40  Serial.print(" - ");
41  Clock.printTimeTo_HMS(Serial);
42  Serial << " temperature: " << MyFloatTemperature;
43  Serial << " UV: " << SENSOR_VALUE << " index: " << INDEX_UV << "\n";
44  //-----
45
46  openFile("data2.txt");
47  Clock.printDateTo_DMY(file);
48  file.print(" ; ");
49  Clock.printTimeTo_HMS(file);
50  file.print(" ; ");
51  MyFloatTemperature = Clock.getTemperatureFloat();
52
53  file.print(MyFloatTemperature);
54  file.print("Â°C");
55  file.print(" ; ");
56  file.print(SENSOR_VALUE);
57  file.print(" ; ");
58  uvLevel();
59  file.print(INDEX_UV);
60  file.println();
61  closeFile();
62  }
63
64  intopenFile(char filename[])
65  {
66  file = SD.open(filename, FILE_WRITE);
67
68  if (file)
69  {
70  return 1;
71  }
72  else
73  {
74  Serial.print("Failed to open file!\n");
75  return 0;
76  }
77  }
78
79  voidcloseFile()
80  {
81  if (file)
82  {

```

```

87
88   file.close();
89   }
90   }
91
92   voidClockWrite()
93   // DIGITE NO MONITOR SERIAL O NOVO HORARIO E DATA.
94   // PADRAO:
95   //   ano,mês,dia,hora,minutos,segundos
96   // EXEMPLO:
97   //   2020,12,18,10,42,15
98   if (Serial.available() >= 12)
99   {
100      int y = Serial.parseInt();
101      if (y >= 100 && y < 1000)
102          Serial<<F("Erro: Ano deve ter dois ou quatro digitos!") <<endl;
103      else
104      {
105          DateTime t;
106          Serial << "Y: "<<y<<" y2: " <<CalendarYrToTm(y) << "\n";
107          if (y >= 1000)
108              t.Year = CalendarYrToTm(y);
109          else //(y < 100)
110              t.Year = y;
111          t.Month = Serial.parseInt();
112          t.Day = Serial.parseInt();
113          t.Hour = Serial.parseInt();
114          t.Minute = Serial.parseInt();
115          t.Second = Serial.parseInt();
116          //t = makeTime(tm);
117          Clock.write(t);
118          Serial << F("Horario modificado para: ");
119          Serial <<endl;
120          while (Serial.available() > 0) Serial.read();
121      }
122  }
123
124  }
125  void uvLevel()
126  {
127      SENSOR_VALUE = (analogRead(SENSOR_PIN) * (5.0 / 1023.0)) * 1000;
128      if (SENSOR_VALUE > 0 && SENSOR_VALUE < 50)
129      {
130          INDEX_UV = "0";
131      }
132      else if (SENSOR_VALUE > 50 && SENSOR_VALUE <= 227)

```

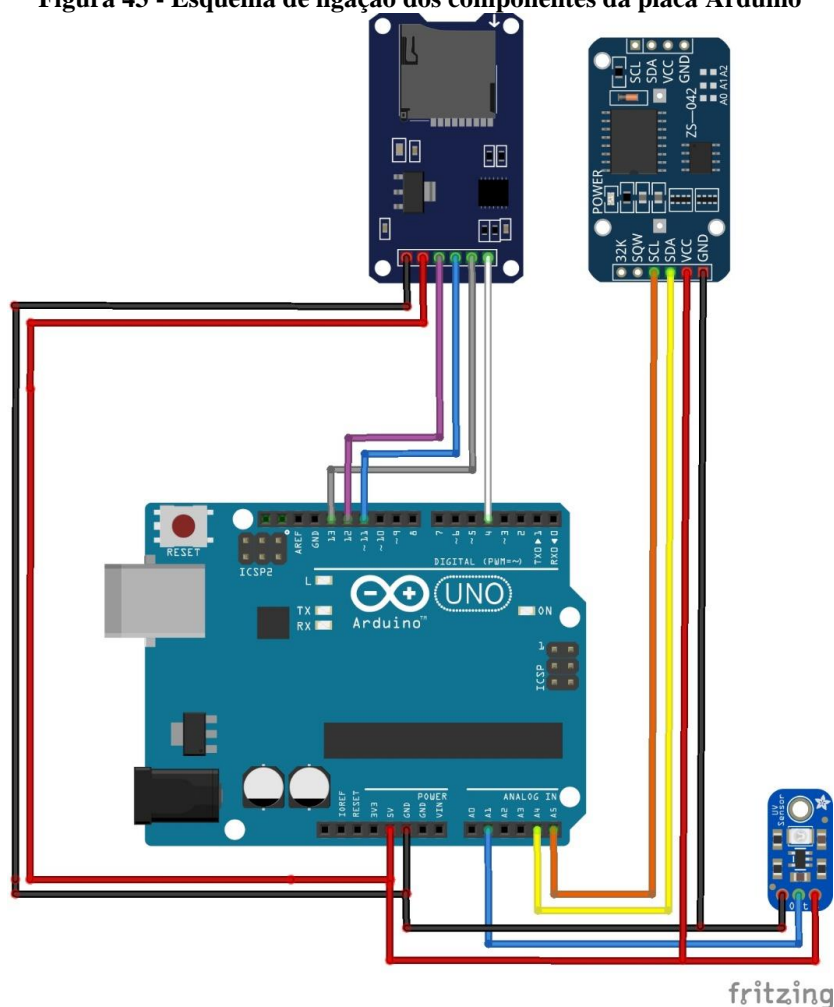
```
133  {
134    INDEX_UV = "0";
135  }
136  else if (SENSOR_VALUE > 227 && SENSOR_VALUE <= 318)
137  {
138    INDEX_UV = "1";
139  }
140  else if (SENSOR_VALUE > 318 && SENSOR_VALUE <= 408)
141  {
142    INDEX_UV = "2";
143  }
144  else if (SENSOR_VALUE > 408 && SENSOR_VALUE <= 503)
145  }
146  else if (SENSOR_VALUE > 408 && SENSOR_VALUE <= 503)
147  }
148    INDEX_UV = "3";
149  }
150  else if (SENSOR_VALUE > 503 && SENSOR_VALUE <= 606)
151  }
152    INDEX_UV = "4";
153  }
154  else if (SENSOR_VALUE > 606 && SENSOR_VALUE <= 696)
155  }
156    INDEX_UV = "5";
157  }
158  else if (SENSOR_VALUE > 696 && SENSOR_VALUE <= 795)
159  }
160    INDEX_UV = "6";
161  }
162  else if (SENSOR_VALUE > 795 && SENSOR_VALUE <= 881)
163  }
164    INDEX_UV = "7";
165  }
166  else if (SENSOR_VALUE > 881 && SENSOR_VALUE <= 976)
167  }
168    INDEX_UV = "8";
169  }
170  else if (SENSOR_VALUE > 976 && SENSOR_VALUE <= 1079)
171  }
172    INDEX_UV = "9";
173  }
174  else if (SENSOR_VALUE > 1079 && SENSOR_VALUE <= 1170)
175  }
176    INDEX_UV = "10";
177  }
178  else if (SENSOR_VALUE > 1170)
```

```
179     }
180     INDEX_UV = "11";
181     }
182     }
183     void setup()
184     {
185     Serial.begin(9600);
186     Clock.begin();
187     sdStart();
188     }
189     void loop()
190     {
191     delay (10000);
192     ClockWrite();
193     sdWrite();
194     uvLevel();
195     }
```

Este programa pode ser baixado pelo link compartilhado a seguir:
<https://drive.google.com/file/d/12HdnoLr4SXwC4MeB89wa1YUcsqmG6e1S/view?usp=sharing>.

Esquema de montagem do circuito

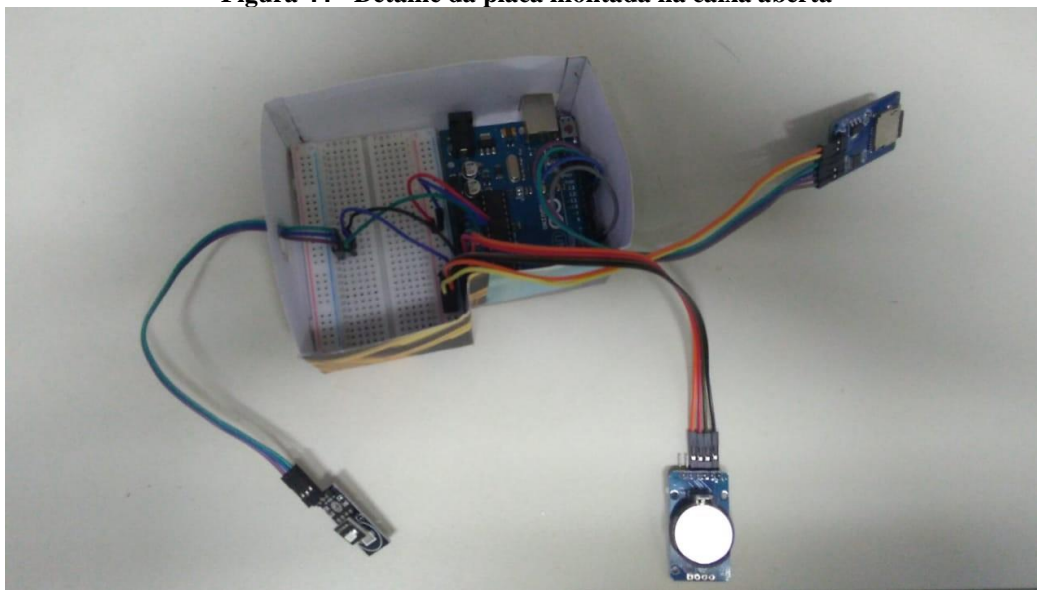
Figura 43 - Esquema de ligação dos componentes da placa Arduino



Fonte: autor

A Figura 43 mostra a disposição das ligações entre os componentes com a placa Arduino UNO (maior componente), aparecendo o módulo de gravação em cartão SD (componente azul escuro), ao seu lado temos o *datalogger* RTC DS3231 (registro de data, horário e temperatura) e mais abaixo temos o sensor UV 9 - componente menor). Nos três protótipos construídos, usou-se em cada um, uma placa *proto-board* para dividir as ligações com a placa Arduino com a caixa de papelão para fixar as placas deixando aparente o sensor UV, facilitando o transporte e manuseio (Figura 44 e Figura 45).

Figura 44 - Detalhe da placa montada na caixa aberta



Fonte: autor

Figura 45 - Caixa com a montagem da placa fechada

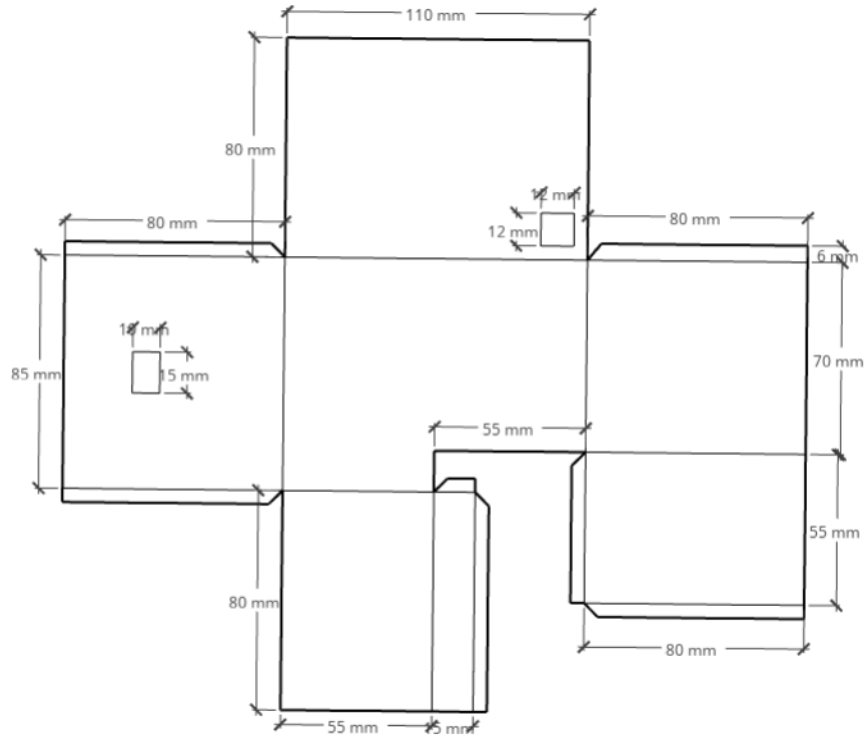


Fonte: autor

Tanto a caixa como a sua tampa, com as dimensões, estão apresentados na

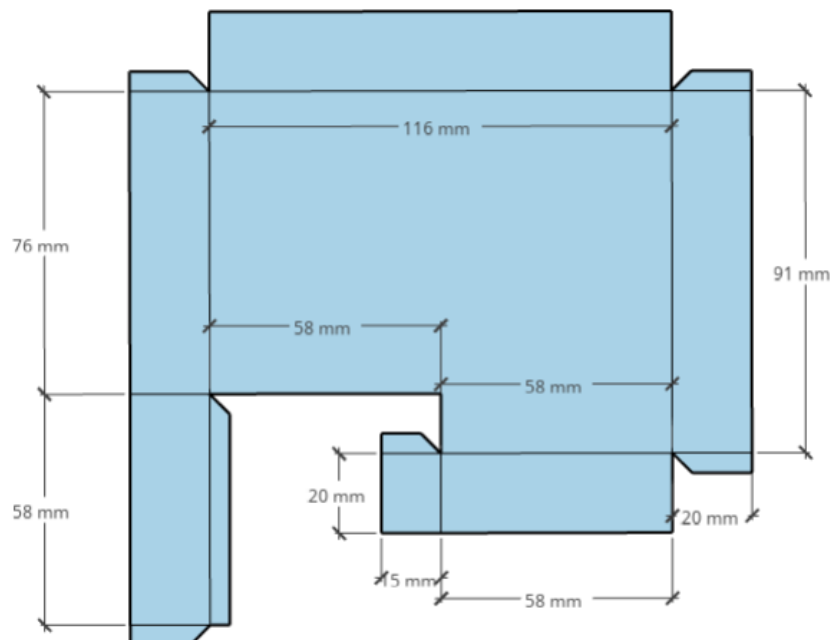
Figura 46 e Figura 47, sendo importante e a sua construção para que as ligações fiquem bem firmes. Outra coisa importante, seria adotar uma superfície espelhada por fora para evitar o efeito estufa interno, quando as caixas estiverem expostas ao Sol, pois como o sensor de temperatura fica em seu interior, pode apresentar valores majorados de temperatura ambiente, como efetivamente ocorreu.

Figura 46 - Projeto da caixa com dimensões



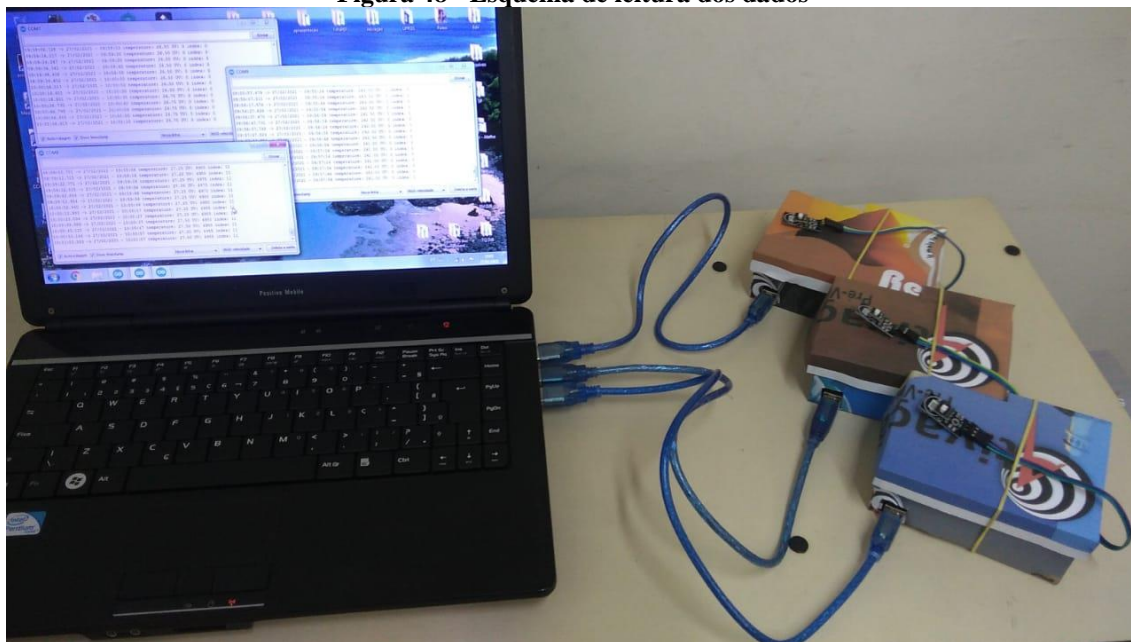
Fonte: autor

Figura 47 - Projeto da tampa da caixa com dimensões



Fonte: autor

A ligação das caixas com o computador é feita através de um cabo com terminais USB tipo A (computador) e B (Arduino) como mostra a Figura 48.

Figura 48 - Esquema de leitura dos dados

Fonte: autor

A medição foi realizada em local cuja insolação é maior, preferencialmente voltada ao norte geográfico, aonde veio a calhar a sacada do apartamento do autor, de onde foram levantados os dados (Figura 49).

Figura 49 - Sistema realizando as medidas de UV

Fonte: autor

Inicialmente planejou-se realizar essa medida no telhado da escola, porém não se poderia deixar o notebook no local ou teria que se deixar espaço para um suporte de

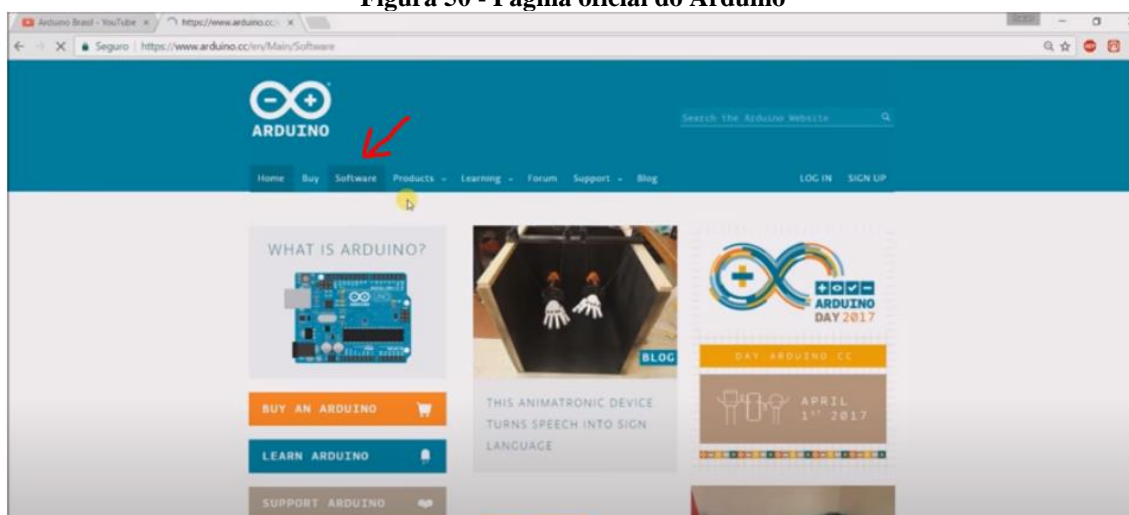
bateria e bateria na caixa, que inclusive não poderia mais ser de papelão por causa das possibilidades de chuva, sendo a ideia inicial deixar o sistema medindo e registrando por longos períodos, uma ou duas semanas.

Instalando o Arduino

Relaciono o passo a passo para a instalação do Arduino IDE:

No site de busca da internet, pode ser o Google, por exemplo, digite <https://www.Arduino.cc/> e depois clique na guia “Software” (Figura 50).

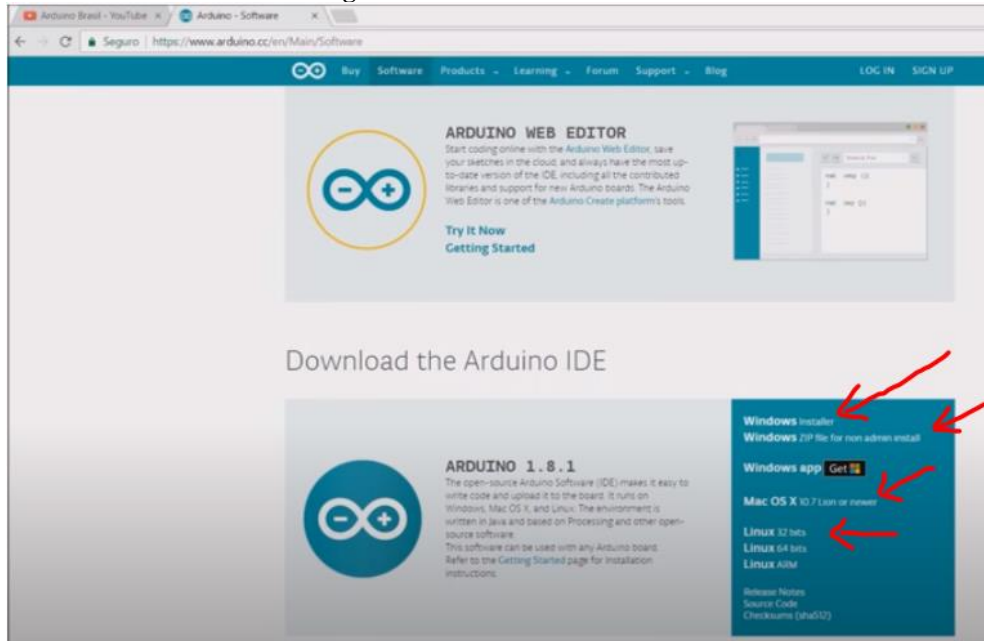
Figura 50 - Página oficial do Arduino



Fonte: autor

Clique na opção referente ao seu sistema operacional como mostram as setas da Figura 51. Para instalar no computador com sistema da Microsoft em que você é administrador, use a opção “*Windows installer*”, para instalar no computador do colégio use a opção “*Windows ZIP*”, ou ainda existe a opção para sistema Mac e Linux.

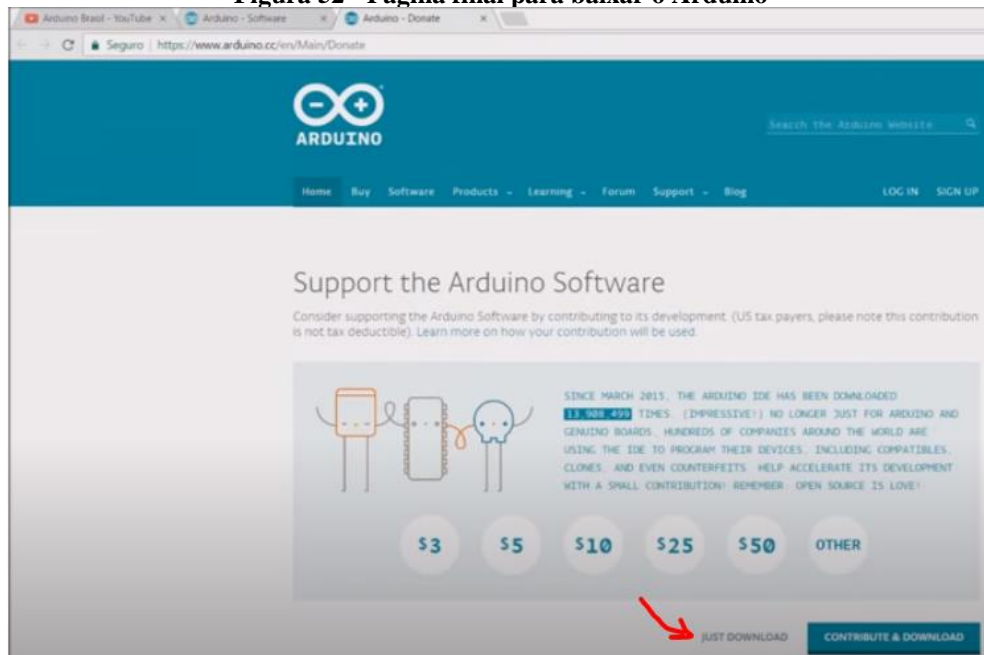
Figura 51 - Baixando o Arduino



Fonte: autor

Ao clicar na opção do sistema operacional, aparece a tela com solicitação de doação para ajudar no projeto, mas não é obrigatório, sendo assim basta clicar em “*just download*” para baixar o programa (Figura 52).

Figura 52 - Página final para baixar o Arduino



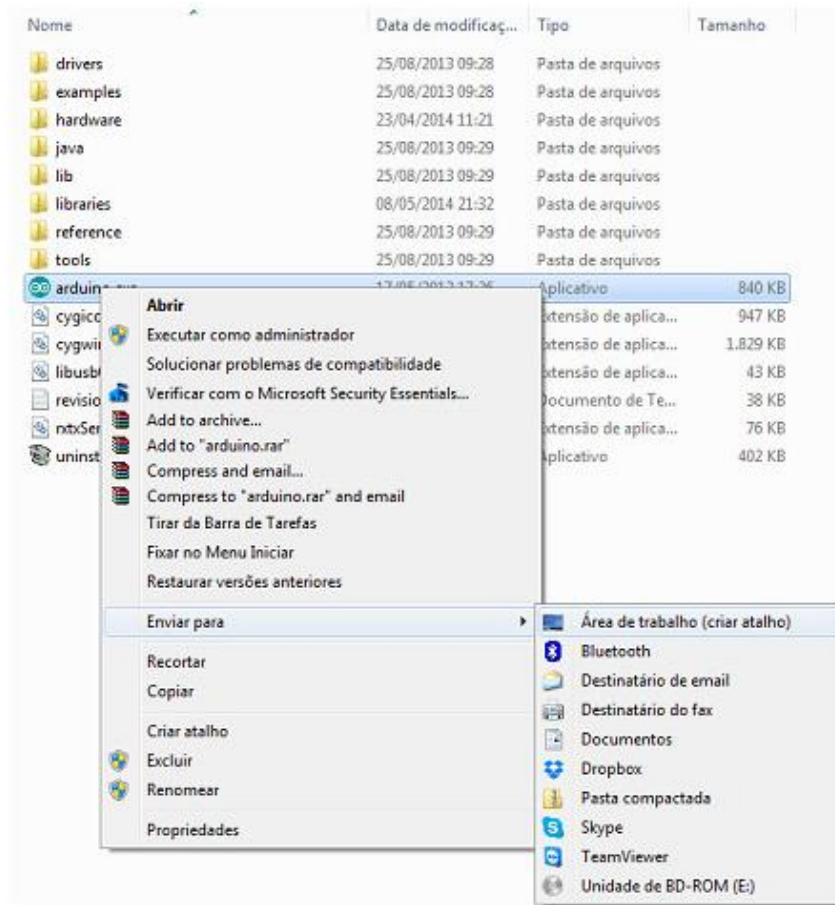
Fonte: autor

Depois de baixar o programa, basta descompactar e extrair a pasta no diretório C:\ sem, no entanto, alterar os arquivos desta pasta. É bom fazer um atalho para a área de trabalho do computador (

Figura 53). O próximo passo é executar o atalho criado, ele roda o arquivo Arduino.exe onde já se pode programar a placa ou abrir programas modelos (

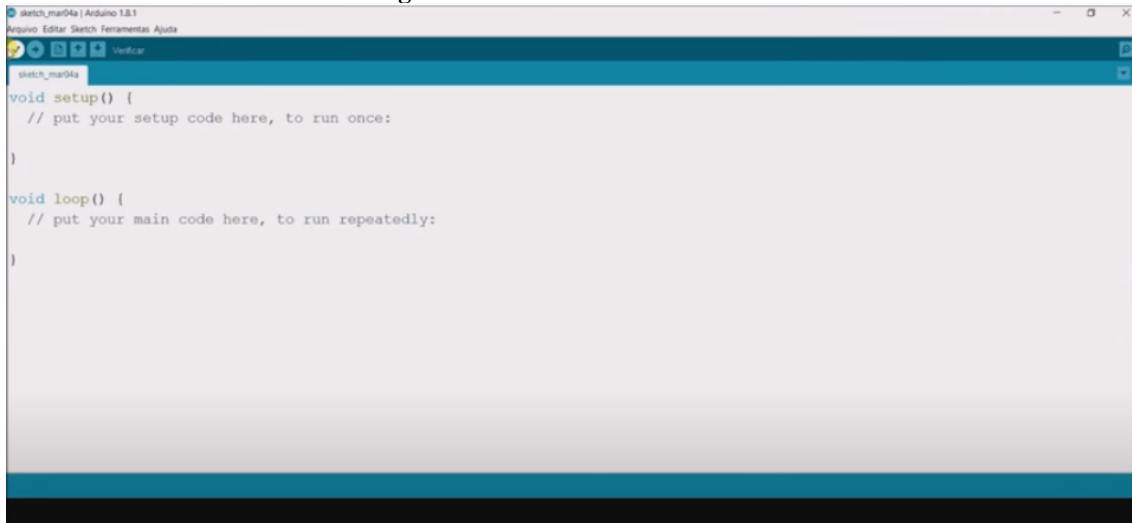
Figura 54). Neste ponto já podemos conectar a placa montada no terminal USB do computador e o sistema operacional já reconhece a placa, observe a porta COM relacionada à essa conexão (vai ser usada).

Figura 53 - Atalho na Área de trabalho



Fonte: autor

Figura 54 - Tela inicial do Arduino



Fonte: autor

Após baixar o programa de medição da radiação UV a partir do link compartilhado, clicar na guia “Arquivo” e depois “Abrir” buscando o programa baixado (**uv.ino**) para carregar no Arduino. Após abrir o programa, com os cabos conectados às placas Arduino e ao computador verificar o reconhecimento da conexão pelo sistema operacional. Ainda nesta tela do IDE, clicar na guia “Ferramentas” e depois na janela “Placa” marcando a opção da Placa de Arduino que está sendo usada, no nosso caso, Arduino UNO. Na mesma guia “Ferramentas” e “Porta” devemos marcar a porta USB que está conectada a placa Arduino (esta opção não é automática)³⁸. Tudo pronto, agora é só enviar o programa aberto para a placa Arduino clicando na setinha apontada para a direita na do IDE, a placa recebe a programação e começa a realizar as leituras dos dados e salvando no cartão SD com o nome de DATA2.txt. Após os registros, basta remover o cartão SD e abrir o arquivo no computador, podendo transformar em planilha eletrônica para realizar estudos.

³⁸ O autor fica à disposição para mais informações ou esclarecer dúvidas pelo e-mail: profpaulocarollo@gmail.com.

APÊNDICE R – Dados de Radiação UV Coletados³⁹

DATA	HORÁRIO	TEMPERATURA (°C)	S/ FPS		FPS 30		FPS 50	
			dpp. (mV)	I-UVs	ddp (mV)	I-UV30	ddp (mV)	I-UV50
15/12/2020	06:38:12	19	207	1	47	0	30	0
15/12/2020	06:38:22	18,25	224	1	49	0	38	0
15/12/2020	06:38:32	18,25	216	1	47	0	41	0
15/12/2020	06:38:42	18,25	201	1	47	0	33	0
15/12/2020	06:38:52	19,25	213	1	52	1	35	0
15/12/2020	06:48:02	21,5	215	1	45	0	29	0
15/12/2020	06:49:58	23,25	216	1	50	0	36	0
15/12/2020	06:53:09	22,5	203	1	48	0	31	0
15/12/2020	06:16:02	28,75	209	1	47	0	42	0
15/12/2020	06:39:05	28,75	202	1	50	0	26	0
15/12/2020	07:15:52	28,75	325	2	52	1	25	0
15/12/2020	07:16:12	29	319	2	47	0	30	0
15/12/2020	07:16:22	29	313	1	46	0	29	0
15/12/2020	07:16:32	29	304	1	53	1	35	0
15/12/2020	07:31:01	36,5	305	1	53	1	34	0
15/12/2020	07:31:11	36,5	307	1	50	0	36	0
15/12/2020	07:31:21	36,5	347	2	46	0	29	0
15/12/2020	07:31:31	36,5	348	2	46	0	30	0
15/12/2020	07:31:41	36,5	312	1	52	1	35	0
15/12/2020	07:31:51	36,5	310	1	52	1	38	0
15/12/2020	07:32:01	36,5	295	1	46	0	42	0
15/12/2020	07:32:11	36,5	311	1	47	0	29	0
15/12/2020	07:32:21	35,75	319	2	49	0	34	0
15/12/2020	07:32:31	35,75	342	2	47	0	37	0
15/12/2020	07:32:41	35,75	304	1	49	0	40	0
15/12/2020	07:32:51	35,75	326	2	51	1	43	0
15/12/2020	07:33:01	35,75	301	1	49	0	38	0
15/12/2020	07:33:11	35,75	307	1	53	1	33	0
15/12/2020	07:33:22	35,25	295	1	51	1	33	0
15/12/2020	07:33:32	35,25	315	1	51	1	36	0
15/12/2020	07:33:42	35,25	317	1	48	0	40	0
15/12/2020	07:33:52	35,25	295	1	48	0	31	0
15/12/2020	07:34:02	35,25	320	2	52	1	37	0
15/12/2020	07:34:12	35,25	335	2	53	1	40	0

³⁹ Arquivo com todos os dados pode ser baixado em: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Db9A4y1fT9I9LjanmDQ7SdYaVsfr5lSs/edit?usp=sharing&ouid=103008889681473370913&rtprof=true&sd=true>

APÊNDICE S – Questionário da Aula 6

Roteiro de perguntas para análise e interpretação dos dados.

- 5.1. Como se comporta o índice de radiação UV versus horário do dia.
- 5.2. Comente sobre o índice de radiação UV versus clima
- 5.3. Comente sobre o índice de radiação UV versus FPS (Fator de Proteção Solar)
- 5.4. Comente sobre a duração média dos FPS.
- 5.5. Quais os horários mais adequados para ir à praia?
- 5.6. Qual o FPS mais indicado e qual seu tempo médio de duração?
- 5.7. Você poderia sugerir como varia a radiação UV durante o ano? Quais meses a radiação é mais perigosa?
- 5.8. No seu modo de pensar, o nível de radiação varia conforme a altitude do local medido? Dê a sua opinião
- 5.9. Faça gráficos em uma planilha que relacionem as variáveis estudadas e envie o arquivo

APÊNDICE T – Apresentação da Aula 7

A figura abaixo contém um hiperlink possibilitando baixar a apresentação do projeto do JS.

UFRGS UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

A radiação na sociedade contemporânea

EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO E PROTEÇÃO ÀS RADIAÇÕES
Prof. Paulo Carollo
Orientador: Nathan W. Lima
Coorientador: Caetano C. Roso

Ondas de rádio Ondas de TV Microondas Infravermelho Luz visível Ultra-violeta Raios X Raios Gama Raios cósmicos

Radiação não ionizante Radiação ionizante

Aula 7/2020

Hz 10⁰ 10¹ 10² 10³ 10⁴ 10⁵ 10⁶ 10⁷ 10⁸ 10⁹ 10¹⁰ 10¹¹ 10¹² 10¹³ 10¹⁴ 10¹⁵ 10¹⁶ 10¹⁷ 10¹⁸ 10¹⁹ 10²⁰

Energia 10⁻¹⁸ 10⁻¹⁷ 10⁻¹⁶ 10⁻¹⁵ 10⁻¹⁴ 10⁻¹³ 10⁻¹² 10⁻¹¹ 10⁻¹⁰ 10⁻⁹ 10⁻⁸ 10⁻⁷ 10⁻⁶ 10⁻⁵ 10⁻⁴ 10⁻³ 10⁻² 10⁻¹ 10⁰ 10¹ 10² 10³ 10⁴ 10⁵ 10⁶ 10⁷ 10⁸ 10⁹ 10¹⁰ 10¹¹ 10¹² 10¹³ 10¹⁴ 10¹⁵ 10¹⁶ 10¹⁷ 10¹⁸ 10¹⁹ 10²⁰

1

APÊNDICE U – Material Didático sobre Proteção Radiológica

Proteção Radiológica

Vamos apresentar brevemente as aplicações da radiação na medicina e as medidas de proteção radiológica.

Aplicações em Medicina:

Este capítulo foi principalmente baseado em Okuno; Yoshimura, (2016).

Equipamentos usados em Medicina para diagnóstico e tratamento de câncer –

Técnicas: fluoroscopia, radiologia, tomografia, mamografia (raios-X), PET Scan (pósitron), radioterapia (partículas alfa), iodoterapia (partículas beta), SPECT e Tc^{99m} (raios gama).

Aplicações em Odontologia:

- Raios-X da arcada dentária

Aplicações em Indústrias

- Raios-X em estruturas de processos industriais para prevenir acidentes com produtos químicos;
- Controle de qualidade de peças
- Esterilização de alimentos visando maior durabilidade

Aplicações energéticas

- Usinas de energia nuclear

Aplicações militares

- Armas de destruição em massa
- Submarinos movidos com energia nuclear

Aplicações científicas

- Estudo da cristalografia
- Marcadores químicos para estudo de reações químicas

Aplicações em Segurança de fronteiras e aeroportos

- Raios-X de bagagens e pessoas suspeitas de transportarem drogas ou armas
- Análise de caminhões e carros suspeitos de contrabando de armas e drogas

Proteção Radiológica

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) dispõe das diretrizes básicas de proteção radiológica através das seguintes resoluções CNEN 27/04 2005, 48/05 2005, 07/05 2006, 114/11 2011 e 164/14 2014 que serão resumidas neste capítulo e tratam fundamentalmente de critérios de exclusão, isenção e dispensa de requisitos de proteção, fatores de ponderação para as grandezas de proteção radiológica, coeficientes de dose, níveis de referências ocupacionais e classificação de áreas, critérios para o cálculo da dose efetiva, medidas de proteção e critérios de intervenção, programa de monitoração radiológica ambiental, coeficientes de dose para exposição ao público (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2014).

Terminologias comuns em Proteção Radiológica

Atividade (A) – grandeza que relaciona a quantidade de transições nucleares de um radionuclídeo com o tempo. A unidade no sistema internacional é o recíproco do segundo (s^{-1}) denominado de becquerel (Bq).

$$1 \text{ Bq} = 1 \frac{\text{deintegração}}{\text{segundo}}$$

Dose absorvida (D) – grandeza que relaciona a energia média depositada pela radiação em um volume elementar da matéria. A unidade no sistema internacional é o joule por quilograma (J/kg) denominada Gray (Gy).

$$1 \text{ Gy} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

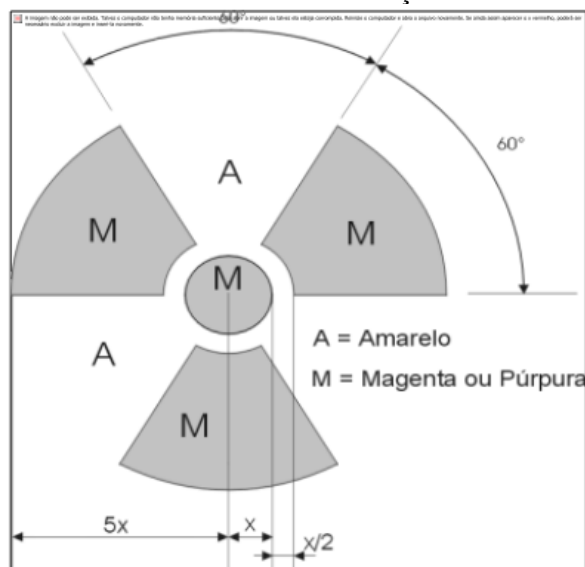
Dose absorvida comprometida D(t) – é a taxa de dose absorvida em um determinado tempo transcorrido após a incorporação de substâncias radioativas.

Dose coletiva – expressa a dose efetiva total recebida por uma população ou grupo de pessoas, definida como o produto do número de indivíduos expostos à fonte radioativa ionizante, através do valor médio da distribuição da dose efetiva de cada um. A dose coletiva é expressa em pessoa-Sievert (pessoa.Sv).

Dose efetiva (E) – é a soma das doses equivalentes ponderadas nos diversos órgãos

Simbologia Internacional da radiação ionizante – a figura mostrada abaixo representa o símbolo internacionalmente convencionado para representar a presença de radiação ionizante.

Símbolo internacional de radiação ionizante



Fonte: CNEN⁴⁰

Além disso, é importante saber que os fatores de proteção radiológica são distância, tempo e blindagem. A dose de radiação recebida é diretamente proporcional ao tempo de exposição à fonte radioativa, sendo controlada pela limitação deste tempo.

$$\text{Dose} = \text{Taxa} \cdot \text{Tempo}$$

Além disso, intensidade da energia da radiação ionizante é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre a fonte e o receptor no caso de uma fonte ser puntiforme. Neste caso, define-se a radiação pelo ângulo sólido definido pela fonte puntiforme e a superfície hipotética de uma calota esférica definida pela distância r , entre a fonte de radiação e o objeto na qual se mede, durante um determinado tempo t de exposição. A expressão que relaciona as taxas de doses (\dot{D}) em relação a duas distâncias (r) é dada por:

$$\frac{\dot{D}_1}{\dot{D}_2} = \frac{(r_2)^2}{(r_1)^2}$$

A expressão nos diz que se dobrarmos a distância entre a fonte e o alvo, a dose fica reduzida à quarta parte. Por fim, podemos colocar algum material entre a fonte de radiação e o indivíduo para atenuar a radiação. Esse material usado para atenuação chama-se blindagem. Para radiação eletromagnética, usualmente usam-se materiais de chumbo.

⁴⁰ Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>, acesso em 08/09/2020.

APÊNDICE V – Questionário da Aula 7

Questionário sobre Proteção Radiológica

- 6.1. Como se proteger da radiação?
- 6.2. Por que os coletes são feitos de chumbo?”
- 6.3. Se desligarmos os aparelhos de raios X eles ainda apresentam algum risco para população?”
- 6.4. Você encontra um ferro velho com aparelhos de raios X abandonados, qual o risco há de abrir esses aparelhos?”
- 6.5. Relacione o procedimento com o tipo de radiação
 - a. Raios x () fluoroscopia
 - b. Raios gama () radiologia
 - c. Beta menos () tomografia
 - d. Beta mais () mamografia
 - e. Alfa () iodoterapia
 - () SPECT
 - () Esterilização de alimentos
 - () Inspeção de equipamentos industriais

6.6. Marque verdadeiro ou falso

Afirmações	verdadeira	falsa
A atividade é uma grandeza que relaciona o número de desintegrações de um radionuclídeo por segundo, denominada de becquerel		
A razão entre a energia depositada pela radiação e a massa é denominada de Dose absorvida comprometida.		
Os coeficientes de dose para exposição ao público dependem apenas do tipo do radionuclídeo envolvido		
Deve-se notificar à CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) sempre que a dose recebida por algum IOE (Indivíduo Ocupacionalmente Exposto) ultrapassar o nível de restrição efetiva.		








APÊNDICE W – Questionário da Aula 8

AVALIAÇÃO DA DINÂMICA: Estas foram as perguntas feitas aos alunos que participaram do Projeto para avaliar toda a prática e diagnosticar possíveis melhorias por meio de sugestões.

- 7.1. Mencione os proveitos que podemos retirar dessa dinâmica de aula.
- 7.2. O que mais lhe agradou nesta dinâmica?
- 7.3. Como se sentiu nesta prática?
- 7.4. O que podemos melhorar?
- 7.5. Você recomendaria essa prática? Justifique.

APÊNDICE X – Slides das Aulas

Nesta seção, disponibilizam-se todos os slides das aulas em formato *jpg* por meio de hiperlink em cada figura.

	
	
	
	<p style="text-align: center;">Aula 8</p> <p style="text-align: center;">Juri Simulado</p> <p style="text-align: center;">(não teve apresentação de slides)</p>

APÊNDICE Y – Produto Educacional



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

**PRODUTO EDUCACIONAL**

Paulo Renato Carollo de Oliveira

**AS RADIAÇÕES IONIZANTES E SEUS EFEITOS BIOLÓGICOS –
DIALOGANDO SOBRE RISCOS E BENEFÍCIOS NA AULA DE FÍSICA**

Prof. Dr. Nathan Willig Lima

Orientador

Prof. Dr. Caetano Castro Roso

Coorientador

Tramandaí

Setembro de 2021.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Eixos Estruturadores	13
Figura 2– Esquema adotado para a sequência didática	14
Figura 3 - Mapa conceitual sobre Física das Radiações.....	15
Figura 4 - Sequência didática do produto	18
Figura 5 - Níveis de Interesse x Funções do JS	21
Figura 6 - Esquema de montagem do medidor de UV	76
Figura 7 - Intervalos da tensão e o Índice UV relacionado	77
Figura 8 - Módulo para cartão de memória SD	78
Figura 9 - Detalhe dos pinos do módulo de cartão SD.....	78
Figura 10 - Esquema de ligação dos componentes da placa Arduino	88
Figura 11 - Detalhe da placa montada na caixa aberta	89
Figura 12 - Caixa com a montagem da placa fechada.....	89
Figura 13 - Projeto da caixa com dimensões	90
Figura 14 - Projeto da tampa da caixa com dimensões	90
Figura 15 - Esquema de leitura dos dados	91
Figura 16 - Sistema realizando as medidas de UV	92
Figura 17 - Página oficial do Arduino	93
Figura 18 - Baixando o Arduino.....	93
Figura 19 - Página final para baixar o Arduino	94
Figura 20 - Atalho na Área de trabalho	95
Figura 21 - Tela inicial do Arduino	96

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3	OS CONCEITOS DE FÍSICA ABORDADOS NO PRODUTO	15
4	O PRODUTO EDUCACIONAL	18
4.1	Aula 1: Questionário Inicial e Organização do Júri Simulado	20
4.1.1	Questionário Inicial	22
4.1.2	Material Apresentado aos Alunos sobre o Júri Simulado	23
4.2	Aula 2: Reportagens para início da pesquisa para o júri simulado.....	26
4.2.1	TEMA 1 – Bronzeamento Artificial.....	28
4.2.2	TEMA 2 – Radiação em uso diagnóstico na medicina.....	29
4.3	Aula 3: Abordagem Histórica	30
4.3.1	Linha do Tempo sobre Física das Radiações e Conceito de Radiação.....	31
4.3.2	Questionário sobre História da Física das Radiações.....	36
4.4	Aula 4: Natureza da luz e da matéria, interações.....	37
4.4.1	Material didático: natureza da luz e da matéria.....	38
4.4.2	Questionário sobre Radiações	48
4.5	Aula 5: Aula expositivo-dialogada sobre Efeitos Biológicos da Radiação	52
4.5.1	Material didático sobre radioatividade e Efeitos biológicos da radiação ..	53
4.5.2	Questionário sobre Efeitos Biológicos da Radiação	157
4.6	Aula 6: Atividade Investigativa sobre Ultravioleta.	63
4.6.1	Roteiro de perguntas para análise e interpretação dos dados.	184
4.7	Aula 7: Aula expositiva dialogada sobre Proteção Radiológica.....	65
4.7.1	Material didático sobre Proteção Radiológica.....	66
4.7.2	Questionário sobre Proteção Radiológica.....	190
4.8	Aula 8: Júri Simulado e Conclusão da Atividade	72

5	Considerações Finais	74
6	Referências	75
	APÊNDICE A – Montagem e programação do Arduino para medidas de UV	76
	APÊNDICE B – Dados levantados da R-UV em 15/12/20.....	97
	APÊNDICE C – Apresentações das Aulas.....	98

1 - INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma proposta de sequência didática para tratar Física Moderna a partir de quatro eixos: questões sociocientíficas (QSC), abordagem histórica, abordagem investigativa e aula expositiva dialogada. Esses eixos são distribuídos de forma a aumentar a autonomia dos alunos, permitindo que eles se posicionem sobre temas socialmente relevantes que envolvem conteúdos científicos. Assim, podemos dizer que o produto tem inspiração freireana ao propor o diálogo e o respeito ao conhecimento dos alunos como método de ensino bem como a busca por autonomia do educando como objetivo final.

Mais especificamente, apresentamos essa sequência para tratar do tema Física das Radiações. A proposta prevê uma sequência de 8 aulas para tratar as radiações ionizantes a partir dos quatro eixos mencionados e culmina em um Júri Simulado (JS). Nesse júri, os alunos se posicionam e decidem sobre um tema com base em discussões anteriores feitas em sala de aula e em suas pesquisas.

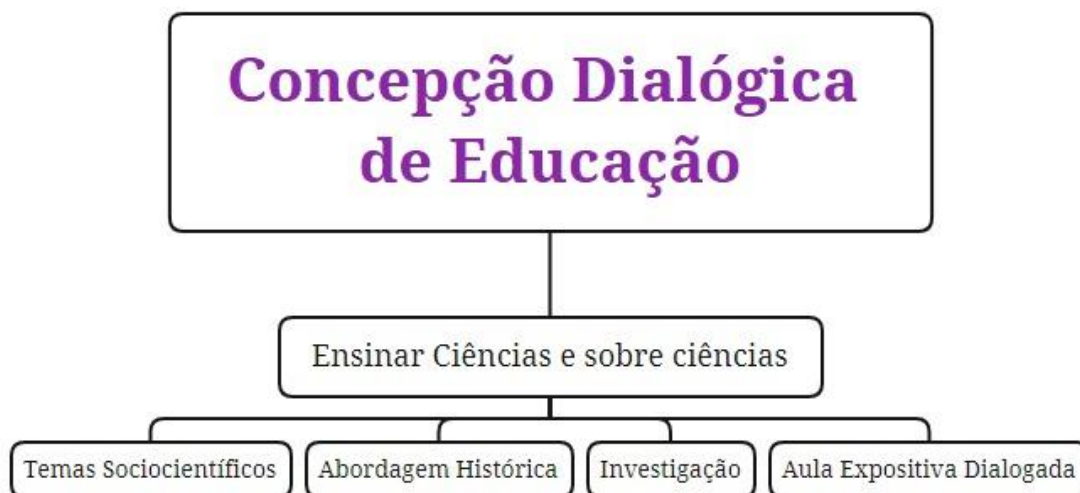
No capítulo 2, é apresentado o quadro teórico que subsidia o produto. No capítulo 3, são apresentados os tópicos de Física que serão discutidos e apontados em que materiais de apoio o professor pode encontrar nesses tópicos ao longo do produto. Depois, no capítulo 4, o produto é apresentado detalhadamente. E, no capítulo 5, são apresentadas as considerações finais. No Apêndice A, há um manual de montagem e instalação para uso do Arduino para realizar medidas de radiação ultravioleta, o que pode ser usado na aula 6. Para quem não puder fazer a montagem com o Arduino, fornecemos os dados coletados em uma planilha eletrônica para realização da atividade.

2 - REFERENCIAL TEÓRICO

A sequência didática para esse produto educacional foi pensada a partir de quatro eixos norteadores estruturais envolvendo uma concepção dialógica de Educação em Ciências, na qual se prioriza a construção do conhecimento a partir dos saberes prévios dos alunos em aulas expositivas dialogadas.

A sequência contém questões sociocientíficas, a abordagem histórica de fatos e da própria evolução do pensamento científico, a investigação científica a partir de materiais de baixo custo que viabilizam um sentimento de inserção ou imersão dos estudantes na atmosfera do pesquisador ao analisar dados coletados por instrumentos feitos pelos próprios estudantes ou professor, e aulas expositivas dialogadas. **A Erro! Fonte de referência não encontrada.** abaixo ilustra a relação destes eixos estruturadores.

Figura 55 - Eixos Estruturadores



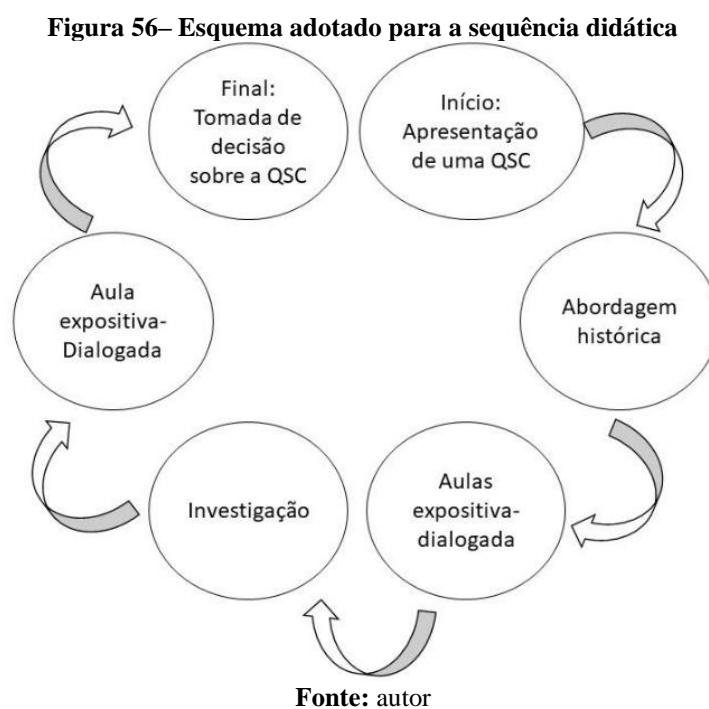
Fonte: autor

Essa estrutura leva a uma sequência didática contendo início, meio e fim, envolvendo o estudante de forma abrangente e dinâmica nos conteúdos abordados. Assim, inicialmente, apresenta-se uma questão sociocientífica (QSC) que está inserida nos assuntos teóricos trilhados na SD, em que é necessário o conhecimento científico

para ser solucionado. A ideia é que todas as aulas aconteçam para ajudar os alunos a se posicionar sobre esse tema. A decisão final só acontece na última aula em um júri simulado.

A sequência começa com questionamentos de conhecimentos prévios dos estudantes, os quais serão discutidos nas aulas dialogadas. O questionário inicial é muito importante, pois todas as aulas dialogadas devem fazer menção a essas respostas. Ao longo da sequência, passamos pela abordagem histórica das contribuições científicas das principais figuras envolvidas na Física das Radiações. Depois, passa-se para atividades de pesquisas. E, finalmente, realiza-se um júri simulado, em que os alunos se posicionam sobre a QSC apresentada no primeiro encontro.

Com isso, incentiva-se a análise crítica, a troca e debate de ideias, a argumentação baseada em dados em busca do veredito final para cada tema escolhido. Isso está representado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** a seguir.

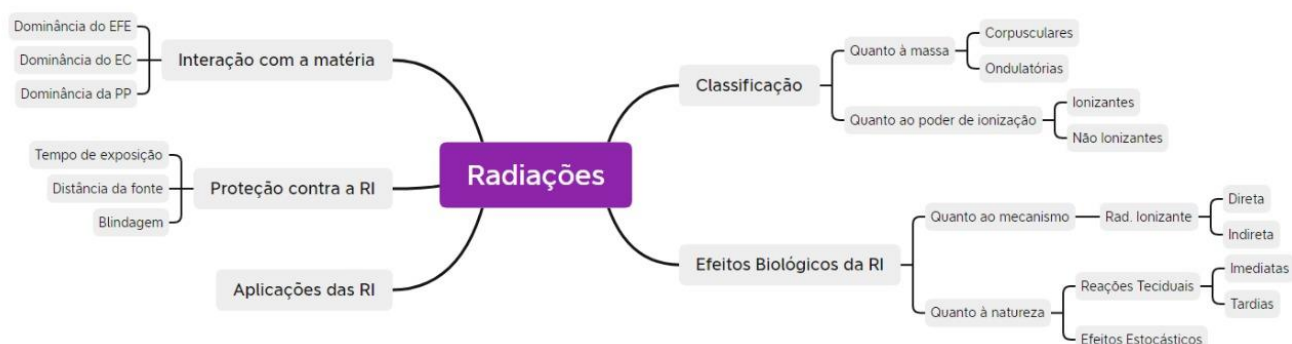


Essa sequência pode ser usada para qualquer tema que o professor desejar. Para o caso da Física das Radiações, apresentamos nos próximos capítulo todo o detalhamento de como a sequência ocorre.

3 - OS CONCEITOS DE FÍSICA ABORDADOS NO PRODUTO

A Física das Radiações é um tema pouco explorado na educação básica. Ela envolve tópicos de Física Moderna e permite que se aborde temas interdisciplinares, como no caso dos efeitos biológicos da radiação. No presente trabalho, escolhemos os conceitos e discussões que seriam pertinentes para serem adotados no terceiro ano do Ensino Médio da Educação Básica, pensando tanto no currículo bem como na experiência concreta dos alunos, de forma que os conceitos abordados pudessem ajudá-los a se posicionar sobre temas relevantes. Na Figura 57, apresentamos um mapa conceitual, em que a estrutura conceitual da Física das Radiações é apresentada.

Figura 57 - Mapa conceitual sobre Física das Radiações.



Fonte: autor

No mapa conceitual, pode-se ver que o conceito de radiação se ramifica em cinco áreas a serem abordadas. Primeiramente, pode-se falar do conceito de radiação e sua classificação com relação à massa e ao poder de ionização. Tal abordagem permite falar sobre o espectro eletromagnético e parâmetros físicos que caracterizam as radiações.

Outro eixo de abordagem são as interações da radiação com a matéria. Nesse trabalho, se fala principalmente da radiação eletromagnética e, portanto, são abordados os efeitos de interação dessa radiação que permitem que aconteça ionização, com efeito fotoelétrico e efeito Compton. Com isso, há condições para que se discutam os efeitos biológicos da radiação ionizante, apresentando os perigos da exposição, ressaltando os mecanismos de ação, suas reações teciduais e estocásticas. Por fim, podemos falar ainda

das formas de proteção, ressaltando o papel dos fatores de proteção radiológica (distância, tempo e blindagem) bem como aplicações da radiação na medicina, bem como em outros campos.

Neste produto, são apresentados cinco textos didáticos, construídos a partir das aulas que foram ministradas na aplicação do produto, para que possam servir de referência a outros docentes que adotarem esse produto. As referências teóricas destes materiais foram baseadas nos textos de livros sobre Física das Radiações (OKUNO; YOSHIMURA, 2016) e Física Moderna (TIPLER; LLEWELLYN, 2001), bem como de vários artigos envolvendo as radiações, sua interação com a matéria, riscos associados e proteção contra seus efeitos.

Apresentamos, a seguir, quais conceitos o professor pode encontrar em cada material.

Seção 4.3.1. – **Linha do Tempo sobre Física das Radiações e Conceito de Radiação**

Nessa seção, é apresentada uma linha do tempo detalhada com vários marcos importantes na história da Física das Radiações. Essa linha do tempo foi elaborada a partir das narrativas encontradas nos diferentes livros e artigos. O professor pode usá-la como ponto de partida para a produção de sua aula ou pedir para os alunos se debruçarem sobre alguns episódios. A partir dessa discussão, define-se radiação e os tipos de radiação. Tais definições surgem naturalmente com a discussão histórica.

Seção 4.4.1 - **Material Didático: Natureza da Luz e da Matéria**

Nessa seção, é apresentada uma discussão sobre a controvérsia sobre a natureza da luz desde Newton e Descartes até o século XX. Usa-se essa controvérsia para motivar a introdução dos estudos sobre radiação no início do século XX, chegando no problema da radiação de corpo negro, efeito fotoelétrico, dualidade onda-partícula.

Seção 4.5.1 - Material Didático sobre Radioatividade e Efeitos Biológicos da Radiação

Nesta seção, são apresentados os conceitos de radioatividade, instabilidade nuclear e meia vida. Na sequência, são apresentados os efeitos biológicos da radiação, tipos de efeito (tecidual e determinístico) e os mecanismos de dano biológico.

Seção 4.7.1. – Material Didático sobre Proteção Radiológica

Nesse texto fala-se sobre aplicações da radiação e sobre os fatores de proteção radiológica (distância, tempo e blindagem) bem como sobre alguns conceitos comuns na área de proteção radiológica.

4 - O PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional é composto por uma sequência de 8 aulas elaboradas a partir do que foi explicado no Capítulo 3. Para o caso de Física das Radiações, que é o tema desse produto, a distribuição das aulas proposta segue a Figura 58.

Figura 58 - Sequência didática do produto



Fonte: autor.

No Quadro 2, é apresentada a sequência toda do produto. Na sequência, é descrito o que deve ser feito em cada aula bem como os materiais necessários para implementação do produto são fornecidos.

Quadro 2 – Cronograma da sequência didática

Aulas	Sugestão de Aplicação
1	<p>Aplicação de questionários prévios sobre conceito da radiação (esse questionário serve para elaboração de todas os diálogos da sequência)</p> <p>Apresentação dos temas para debates no júri simulado e escolha das funções nos grupos.</p> <p>Apresentação da dinâmica do júri simulado e das funções de cada grupo.</p>
2	<p>Aula para apresentar reportagens para os alunos começarem a se preparar para o júri.</p>
3	<p>Aula expositiva dialogada sobre histórico da radiação e conceituação de radiação. Diálogo em aula de acordo com as respostas anteriores.</p> <p>Aplicação de um questionário sobre história da radiação e conceito de radiação</p>
4	<p>Aula expositiva dialogada sobre natureza da luz, Efeito Fotoelétrico, Efeito Compton, dualidade. Diálogo em aula de acordo com as respostas anteriores.</p> <p>Aplicação de um questionário sobre natureza da luz e efeito fotoelétrico</p>
5	<p>Aula expositiva dialogada sobre os perigos da radiação ionizante. Diálogo em aula de acordo com as respostas anteriores.</p> <p>Aplicação de um questionário sobre efeitos biológicos da radiação.</p>
6	<p>Tarefa investigativa – a partir de dados coletados de sensores UV os alunos respondem aos questionamentos por meio de interpretação desses dados.</p>
7	<p>Aula expositiva dialogada sobre aplicações da radiação ionizante e proteção radiológica. Diálogo em aula de acordo com as respostas anteriores.</p> <p>Aplicação de questionário sobre proteção radiológica</p>
8	<p>Realização do JS e avaliação da proposta.</p>

Fonte: autor

4.1 - Aula 1: Questionário Inicial e Organização do Júri Simulado

a) Objetivo

Aplicar um questionário inicial, cujas respostas servirão de base para construção das aulas dialogadas. Apresentar o projeto do júri simulado e dividir os papéis na turma.

b) Desenvolvimento:

Antes de começar a aula, o professor deve aplicar um questionário inicial (presente na seção 4.1.1) sobre concepções sobre radiação e efeitos biológicos.

Na sequência, o professor deve apresentar uma visão geral sobre o projeto (Apêndice C – Aula 1), indicando como as aulas serão desenvolvidas. Pode-se mostrar a Figura 58 ou a Quadro 2 desse texto. Isso é importante para os alunos entenderem todo o processo e se organizarem para as tarefas necessárias.

Deve-se, então, escolher, com a turma, o tema do júri simulado. Neste produto, apresentamos todo o material de dois temas: utilização de bronzeamento artificial, e o uso de radiação ionizante na medicina. O professor pode criar outros temas, preparando materiais específicos caso decida por outro tema.

Por fim, deve se separar os alunos nos grupos de papéis do júri simulado. Deve-se entregar material explicando todos os papéis no júri (seção 4.1.2). Para fazer a separação dos alunos, pode-se, por exemplo, deixá-los decidir espontaneamente. Caso o professor queira sistematizar esse processo, pode-se fazer um questionário em que cada aluno apresenta seu interesse em participar de cada papel conforme Figura 59.

Figura 59 - Níveis de Interesse x Funções do JS

	Desmotivado	Baixo Interesse	Médio Interesse	Alto Interesse	Super animado
Promotor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Defensor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Assessor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pesquisador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cinegrafista	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Repórter	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redator	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fotógrafo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jurado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redes sociais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Blogueiro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Locutor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fonte: autor

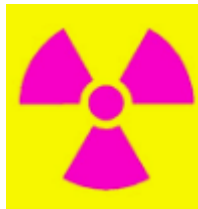
c) Avaliação

A avaliação dessa aula são os questionários iniciais. O professor deve sistematizar as respostas o mais rapidamente possível para que as aulas seguintes possam dialogar diretamente com as respostas dos alunos. Ou seja, as aulas seguintes devem trazer menções a essas respostas, sem, no entanto, mencionar nenhum nome especificamente, evitando constrangimentos e visando dialogar e sistematizar os conceitos.

4.1.1 - Questionário Inicial

Nome:

- 1.1. O que é radiação?
- 1.2. Quais possíveis malefícios da radiação?
- 1.3. O símbolo da figura abaixo remete a qual significado?



- 1.4. Como a radiação está relacionada ao seu dia a dia?
- 1.5. Você acha que a radiação pode ser benéfica? Justifique.
- 1.6. Por que é importante conhecer a radiação?
- 1.7. Quais os riscos de contato com a radiação?
- 1.8. O que devemos fazer para minimizar os riscos da radiação?

4.1.2 - Material Apresentado aos Alunos sobre o Júri Simulado

JURI SIMULADO.

DESCRIÇÃO: a atividade representa uma simulação de um tribunal em que os participantes têm atribuições definidas em função do grupo ao qual pertencem.

OBJETIVOS:

- Estudar, refletir, argumentar e debater um tema gerador que envolva a Física, ciência, tecnologia e sociedade para que seja tomada uma decisão e posicionamento crítico baseado nas argumentações de dois grupos debatedores a favor e contra tal tema;
- Exercitar a expressão de ideias, o relato e a comunicação, bem como o raciocínio lógico;
- Desenvolver o senso crítico nos alunos, motivando-os a argumentar e tomar decisões.
- Envolver o aluno com assuntos relacionados aos conteúdos e que tem interação com suas comunidades.

FUNÇÕES DOS PARTICIPANTES:

Juiz: papel assumido pelo professor que compreende servir de mediador, orientador dos grupos, coordenador dos grupos e avaliador final.

Grupo de Acusação (contra): formado por seis integrantes que formulam acusações sobre referido tema baseados em pesquisas e estudos comprovados. Metade do grupo são advogados (oradores) e a outra metade os assessores que auxiliam em pesquisas para combater o grupo adversário.

Grupo de Defesa (a favor): formado por seis integrantes que formulam defesas sobre referido tema baseados em pesquisas e estudos comprovados. Metade do grupo são advogados (oradores) e a outra metade os assessores que auxiliam em pesquisas para combater o grupo adversário.

Corpo de Jurados: composto por sete participantes que devem prestar atenção na argumentação de cada grupo e realizar a tomada de decisão, primeiramente individual e em conjunto, descrevendo ao juiz os motivos que levaram a formular o voto definitivo. Impõe-se para evitar situações de empate, que o número de participantes seja ímpar.

Imprensa Especializada: composta do restante da turma, constituindo-se de três tipos de mídias: Jornal, televisão e rádio que devem fazer entrevistas com os grupos disponibilizando as coberturas anteriores, durante e depois do evento do júri. Cada grupo de mídia deve apresentar 3 reportagens, sendo páginas de jornal, blog (internet), vídeos de até 3 min. (TV) e podcasts de até 3 min. (rádio). Cada grupo se divide com as funções de repórter, redator, fotógrafo, cinegrafista, etc.

DINÂMICA DOS GRUPOS:

Juiz: dá início aos trabalhos (2 min.);

Promotoria: começa os trabalhos com um advogado apresentando a primeira argumentação. (3 min.);

Defesa: rebate a primeira acusação e apresenta outro argumento. (3 min.);

Promotoria: faz a réplica e apresenta outro argumento (3 min.);

Defesa: rebate a segunda acusação e apresenta outro argumento (3 min.);

Promotoria: faz a réplica e apresenta outro argumento (3 min.);

Defesa: rebate a segunda acusação e apresenta outro argumento (3 min.);

Corpo de jurados: realizam uma pergunta a cada grupo, votam individualmente e em ambiente fora da sala decidem o veredito final por escrito com justificativas bem fundamentadas somente na apresentação dos grupos isentos de visão pessoal sobre o tema. O papel com o veredito deve ser dado ao juiz. (5 min.);

Juiz: lê o veredito dos jurados e encerra a sessão (2 min.).

AVALIAÇÃO DA DINÂMICA: Estas foram as perguntas feitas aos alunos que participaram do Projeto para avaliar toda a prática e diagnosticar possíveis melhorias por meio de sugestões.

- 7.1. Mencione os proveitos que podemos retirar dessa dinâmica de aula.
- 7.2. O que mais lhe agradou nesta dinâmica?
- 7.3. Como se sentiu nesta prática?
- 7.4. O que podemos melhorar?
- 7.5. Você recomendaria essa prática? Justifique.

4.2 - Aula 2: Reportagens para início da pesquisa para o júri simulado

Objetivo

Incentivar a leitura de textos e reflexão sobre a presença da radiação no nosso dia-a-dia.

Desenvolvimento

Após os alunos responderem as questões iniciais, decidirem o tema do júri, e dividirem os papéis, o próximo passo é entregar material inicial de consulta para que eles possam começar suas pesquisas e preparação. Essa aula é muito importante (Apêndice C – Aula 2), pois fomenta a cultura da leitura na aula de Física e motiva os alunos a pensar sobre temas concretos da realidade com os conceitos da Física. Separamos essa etapa, na aula 2. Entretanto, eventualmente, o professor conseguirá fazer todo processo na aula 1, ou mesmo precisará fazer parte do que está previsto na aula 1 nesse segundo encontro. A proposta é que até o final da segunda aula, todo o material necessário para o júri já tenha sido entregue e todas as tarefas distribuídas.

Caso haja tempo, pode já se pedir para o aluno dividir em grupos e discutir algumas das reportagens ou mesmo fornecer tempo para os alunos se organizarem em sua forma de se preparar para o júri.

O questionário para escolha dos temas dos debates e as funções ocupadas por cada aluno no JS está relacionado abaixo.

Escolha dos temas de debates

Qual dos temas abaixo envolvendo radiação você gostaria de desenvolver no Juri Simulado?

- Bronzeamento Artificial
- Controle de Procedimentos Médicos com Radiação Ionizante

Escolha das funções de cada aluno no JS

Escolha uma função e seu grau de satisfação em desenvolvê-la no projeto do JS

Função	Desmotivado	Baixo Interesse	Médio Interesse	Alto Interesse	Super animado
Promotor					
Defensor					
Assessor					
Pesquisador					
Jurado					
Repórter					
Redator					
Fotógrafo					
Cinegrafista					
Redes sociais					
Blogueiro					
Locutor					

Apresentamos, na sequência, as reportagens sobre bronzeamento artificial (seção 4.2.1) e sobre o uso de radiação na medicina (seção 4.2.2).

Avaliação

A avaliação dessa aula se dá por meio do próprio diálogo e interação com os alunos. Não há necessidade de recolher nenhum instrumento de avaliação nessa aula.

4.2.1 - TEMA 1 – Bronzeamento Artificial⁴¹

1. Bronzeamento com câmara está proibido no Brasil há quase 10 anos – <http://eshoje.com.br/bronzeamento-com-camara-esta-proibido-no-brasil-ha-quase-10-anos/>
2. Câmaras de bronzeamento artificial liberadas novamente – <https://www.plugbr.net/camaras-de-bronzeamento-artificial-liberadas-novamente/>
3. Câmaras de bronzeamento artificial proibidas no país – <https://www.otempo.com.br/brasil/camaras-de-bronzeamento-artificial-proibidas-no-pais-1.380732>
4. Conheça as regras da Anvisa para bronzeamento artificial – <https://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,conheca-as-regras-da-anvisa-para-bronzeamento-artificial,20070328p17540>
5. Conheça os riscos das câmaras de bronzeamento artificial – <https://gauchazh.clicrbs.com.br/saude/noticia/2019/03/conheca-os-riscos-das-camaras-de-bronzeamento-artificial-cjthietv403j401k0sdcizv2o.html>
6. Polícia interdita centros de bronzeamento artificial em Sapucaia do Sul – <https://www.jornalnh.com.br/noticias/regiao/2019/05/2421726-policia-interdita-centros-de-bronzeamento-artificial-em-sapucaia-do-sul.html>
7. Porto Alegre proíbe uso de equipamentos para bronzeamento artificial – <https://www.jornalcomercio.com/contendo/geral/2018/12/659923-porto-alegre-proibe-uso-de-equipamentos-para-bronzeamento-artificial.html>
8. Utilização de câmaras de bronzeamento é liberada em todo Brasil – <https://veredictum.jusbrasil.com.br/noticias/2052138/utilizacao-de-camaras-de-bronzeamento-e-liberada-em-todo-brasil>

⁴¹ O professor pode sugerir outras reportagens mais atualizadas para cada tema sempre optando por opiniões controversas acerca de cada assunto. Outras possibilidades é trabalhar a Energia nuclear, o projeto Manhattan, o grande colisor de Hadrons LHC, etc..

4.2.2 - TEMA 2 – Radiação em uso diagnóstico na medicina

1. Controle da exposição ocupacional às radiações ionizantes nos serviços de hemodinâmica - <https://www.ipen.br/biblioteca/2009/13111.pdf>
2. Controle de riscos à saúde em radiodiagnóstico: uma perspectiva histórica - http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702008000400009&lng=pt&tlng=pt
3. Dosimetria de paciente submetidos a exames de PET/CT cerebral - http://www.rb.org.br/detalhe_artigo.asp?id=2574&idioma=Portugues
4. Estimativa da dose no paciente e na equipe médica em procedimentos de neuroradiologia - <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/12468>
5. Excesso de exames de raios-X e tomografia computadorizada pode fazer mal à saúde | Especial Publicitário - Unimed Sorocaba | G1 - <https://g1.globo.com/sp/sorocaba-jundiai/especial-publicitario/unimed-sorocaba/noticia/2019/02/26/excesso-de-exames-de-raios-x-e-tomografia-computadorizada-pode-fazer-mal-a-saude.ghtml>
6. O risco das tomografias | Artigo | Dráuzio Varella - Dráuzio Varella - <https://drauziovarella.uol.com.br/drauzio/artigos/o-risco-das-tomografias-artigo/>
7. Dosimetria do paciente em radiodiagnóstico - <https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/715>
8. Os efeitos da radioatividade no corpo humano - <https://veja.abril.com.br/saude/os-efeitos-da-radioatividade-no-corpo-humano/>
9. Análise de osso comprova dose mortal de radiação em explosão nuclear - <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-exatas-e-da-terra/analise-de-osso-comprova-dose-mortal-de-radiacao-em-explosao-nuclear/>
10. Saiba mais sobre os efeitos da radiação no corpo humano - <http://g1.globo.com/mundo/noticia/2011/04/saiba-mais-sobre-os-efeitos-da-radiacao-no-corpo-humano.html>

4.3 - Aula 3: Abordagem Histórica

Objetivo:

Apresentar aos alunos a sequência histórica da Física das radiações, os principais cientistas associados a esse tema, bem como o avanço relacionado com suas teorias. Sistematiza os conceitos sobre radiação.

Desenvolvimento:

A aula se dá na forma expositiva dialogada. Nessa aula, será feita uma apresentação para fornecer uma visão geral sobre a história da Física das Radiações (Apêndice C – Aula 3).

Qual o grau de profundidade da discussão histórica depende do contexto de cada professor. Na seção 4.3.1, apresentamos uma linha do tempo construída a partir de marcos apresentados em diferentes livros do ensino superior. Pode-se apresentar uma discussão sobre essa linha do tempo, ou mesmo, alternativamente, pode-se pedir para que os alunos pesquisem e estudem sobre diferentes marcos ao longo da linha do tempo para que isso seja discutido em aula. Ao final, formaliza-se os conceitos fundamentais sobre radiação (material sobre isso também está presente na seção 4.3.1).

Avaliação

Ao final da atividade, deve-se aplicar um questionário para que os alunos possam revisar as discussões e refletir sobre o desenvolvimento histórico da Física das Radiações (seção 4.3.2). As respostas a esse questionário devem ser discutidas ao longo das aulas subsequentes, revisando possíveis equívocos.

4.3.1 - Linha do Tempo sobre Física das Radiações e Conceito de Radiação⁴²

- 1895 – Wilhelm Roentgen – descoberta dos raios-X.
- 1896 – Henri Becquerel – estudo da luminescência e descoberta de emissões espontâneas diferentes dos raios-X.
- 1897 – J. J. Thomson – estudos dos raios catódicos – descoberta do elétron.
- 1898 – Pierre e Marie Curie – aplicaram o termo radioatividade para radiações espontâneas, descoberta dos elementos químicos Polônio e do Rádio.
- 1898 – Ernest Rutherford – descoberta das partículas alfa e beta.
- 1900 – Paul Villard – descobre a radiação gama.
- 1901 – Becquerel – estudos sobre queimaduras e efeitos bactericidas e medicinais dos raios gama.
- 1903 – Bardeen – estudos sobre efeito esterilizante dos raios-X e anormalidades em rãs nascidas de espermas irradiados com raios-X.
- 1911 – Rutherford – utilização da radiação para a descoberta do núcleo atômico.
- 1920 – Rutherford – descoberta do próton como partícula positiva do núcleo atômico – suposição de haver outra partícula para a estabilidade nuclear.
- 1927 – H. J. Muller – estudos de mutações genéticas em drosófilas irradiadas com raios-X e gama.
- 1932 – Chadwick – descoberta do nêutron.
- 1932 – Joliot-Curie – radioatividade artificial.
- 1932 – Cockroft e Watson – primeira reação nuclear artificial.
- 1939 – Otto Hanh e Fritz Strassmann – descoberta da fissão nuclear.
- 1940 – Glenn Seaborg e Edwin McMillan – descoberta do Plutônio.
- 1942 – Projeto Manhattan – desenvolvimento de armas atômicas.
- 1942 – Enrico Fermi – desenvolvimento do primeiro reator nuclear.
- 1945 – Primeiro teste da bomba nuclear (Trinity) e lançamento das bombas atômicas de Urânio (*Little Boy* em Hiroshima) e de Plutônio (*Fat Man* em Nagasaki) no Japão.
- 1949 – URSS detona sua primeira bomba atômica.
- 1961 – E. O. Lawrence – aperfeiçoamento do acelerador de partículas – riscos da radiação reconhecidos e regras estabelecidas.

⁴² No Apêndice C estão colocadas as apresentações com maiores ilustrações desta aula assim como das demais.

*Linha do tempo construída a partir das seguintes fontes: (HEWITT, 2006; TIPLER; LLEWELLYN, 2001; OKUNO; YOSHIMURA, 2016; CHOPPIN; RYDBERG, 1980).

Conceito de Radiação

Uma vez discutido como chegamos no estudo da matéria e da luz no início do século XX, podemos discutir o que é radiação. A radiação é uma forma de energia em trânsito, emitida por uma fonte e transmitida através do vácuo, do ar ou de meios materiais (OKUNO; YOSHIMURA, 2016, p. 11).

Dividem-se em radiações corpusculares e ondulatórias (ou eletromagnéticas) quanto ao transporte de massa (classificação um pouco inadequada devido a natureza dual da radiação) e ionizantes e não ionizantes quanto ao poder de ionização da matéria.

Classificação da radiação quanto à massa

Radiações Corpusculares

Radiações cuja massa intrínseca é **não nula**.

- Radiação alfa (α);
- Radiação beta (β^-);
- Radiação de nêutrons (n);
- Radiação de prótons (p);
- Radiação de pósitrons (β^+).

Radiações Ondulatórias

Radiações Mecânicas

- Som;

Radiações Eletromagnéticas

As radiações eletromagnéticas estão distribuídas ao longo do espectro eletromagnético. Radiações de baixa frequência são denominadas de ondas de rádio, seguidas em ordem crescente de frequência por micro-ondas, infravermelho, visível, ultravioleta, raios X e Gama. Pode-se dividir o espectro em radiações ionizantes (quando a energia é capaz de ionizar um átomo) e não-ionizantes.

Radiações não ionizantes.

- Ondas de rádio e TV;
- Micro-ondas (MO);
- Infravermelho (IV);
- Luz Visível (LV);
- Ultravioleta (UV)*.

* O UV está no limiar entre a radiação não ionizante e a ionizante (energia máxima de 12,42 eV) que é suficiente para ionizar átomos de carbono (11,3 eV) de acordo com (OKUNO; YOSHIMURA, 2016).

Radiações ionizantes

- Raios-X
- Raios Gama
- Raios cósmicos

Conceito de Radioatividade

Segundo Hewitt ao relatar as descobertas de Marie Curie sobre a natureza dos raios emitidos pelos elementos descobertos menciona que:

“A emissão desses raios constituía uma evidência de que no átomo ocorriam alterações muito mais drásticas do que uma simples excitação atômica. Esses raios eram o resultado não de mudanças ocorridas nos estados de energia eletrônica do átomo, mas as mudanças que ocorriam no interior do “caroço” central do átomo – o núcleo. Tais raios eram o resultado de um decaimento ocorrido no núcleo atômico – a radioatividade” (Hewitt, 2002. p.555).

Isto é, a radioatividade é o resultado da emissão de radiação de núcleos de átomos instáveis ocorrendo o decaimento deste núcleo atômico. A seguir, relacionam-se os vários tipos de radiações e suas características.

Tipos de Emissões Radioativas

- **Radiação Alfa (α) – simulação “Decaimento alpha” do Phet**
(https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/alpha-decay)
 - Partículas com dois prótons e dois nêutrons – núcleo do He (pesada);
 - Possui duas cargas positivas;
 - Perde energia para o meio muito rapidamente - alcance pequeno (alguns centímetros no ar);
 - Alto poder de ionização - produção de grande densidade de ionizações.
- **Radiação Beta (β^-) – simulação “Decaimento Beta –“ do Phet**
(https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/beta-decay)
 - Denominação dada ao “elétron” emitido pelo núcleo do átomo - partícula leve
 - Possui uma carga negativa
 - Perde energia para o meio rapidamente - alcance médio (até alguns metros no ar)
 - Pequeno poder de ionização - produção de pequena densidade de ionizações.
- **Radiação Gama (γ)**
 - Ondas Eletromagnéticas emitidas do núcleo de átomos em estado excitado de energia;
 - Não possui carga;
 - Perde energia para o meio de forma muito lenta - grande alcance (centímetros de concreto);
 - Pequeno poder de ionização.

- **Radiação de Nêutrons (n)**
 - Partícula pesada;
 - Não possui carga;
 - Perde energia para o meio de forma muito variável - extremamente dependente da energia;
 - Produção de ionizações igualmente variável.

- **Radiação de Pósitron (β^+)**
 - Denominação dada ao “elétron” com carga positiva emitido pelo núcleo do átomo - partícula leve;
 - Possui uma carga positiva;
 - Perde energia para o meio rapidamente – elétrons livres do meio - processo de aniquilação de pares;
 - Pequeno poder de ionização - produção de pequena densidade de ionizações.

4.3.2 - Questionário sobre História da Física das Radiações

Nome:

- 2.1. Quem foi o primeiro a reconhecer a existência dos raios X?
- 2.2. Quem foi o primeiro a usar o termo radioatividade?
- 2.3. A quem podemos associar a descoberta do elétron e a divisão do átomo?
- 2.4. Rutherford está relacionado a quais descobertas envolvendo a estrutura atômica?
- 2.5. Como os estudos sobre radiação mudaram a visão sobre conceitos físicos no início do século XX?
- 2.6. Em que medida os estudos sobre a radiação promoveram mudanças em nossa sociedade? Essas mudanças foram positivas ou negativas?
- 2.7. Classifique as radiações em radiação corpuscular, eletromagnética ionizante ou eletromagnética não ionizante:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| (4) radiação corpuscular | <input type="checkbox"/> alfa |
| (5) eletromagnética ionizante | <input type="checkbox"/> beta |
| (6) eletromagnética não ionizante | <input type="checkbox"/> gama |
| | <input type="checkbox"/> ondas de rádio |
| | <input type="checkbox"/> micro-ondas |
| | <input type="checkbox"/> raios x |
| | <input type="checkbox"/> infravermelho |
| | <input type="checkbox"/> Ultravioleta |
| | <input type="checkbox"/> Visível |

4.4 - Aula 4: Natureza da luz e da matéria, interações

Objetivo

Apresentar para os alunos uma das disputas científicas mais complexas do século XX: a discussão sobre a natureza da luz. Situação dos momentos históricos de cada fato, os confrontos entre cientistas e o desfecho da pergunta: Luz é onda ou partículas? Apresentar interação da radiação com a matéria.

Desenvolvimento

Essa é uma aula expositiva-dialogada. Para que possa existir o diálogo, o professor deve ter em mente as respostas dos alunos no questionário inicial e nos questionários anteriores. Conforme a discussão sobre os conceitos de Física forem abordados, deve-se fazer menção às respostas dos alunos, discutindo com eles os conceitos apresentados. Embora o objetivo dessa aula não seja apresentar um panorama histórico em si, apresentamos os conceitos sobre radiação da Física Clássica até a Física Moderna de uma forma histórica até chegar nos conceitos de radiação contemporâneos.

Ao longo da apresentação (Apêndice C – Aula 4), o professor pode usar simulações do PhET para exemplificar as discussões realizadas. Isso ajuda a tornar a discussão mais concreta. Um material didático, contendo os links para simulações são apresentados na seção 4.4.1. Os tópicos que devem ser abordados nesse diálogo são os seguintes: natureza da luz (disputa entre visão corpuscular e ondulatória); primeiros estudos sobre radiação de corpo negro; efeito fotoelétrico e efeito Compton; contribuições de Louis de Broglie para dualidade onda-partícula.

Avaliação

Ao final da aula, os alunos devem responder um questionário (seção 4.4.2) para revisar o que foi discutido e sistematizar seu entendimento. As respostas dos alunos devem ser comentadas pelo professor em aulas subsequentes.

4.4.1 - Material didático: natureza da luz e da matéria

Tópicos desse material: Luz é onda ou partícula? E o elétron? Dualidade onda-partícula, Efeito Fotoelétrico, Interação da radiação com a matéria: uso de aplicativos e simulações com o uso do computador ou demonstrativo.

A disputa sobre a natureza da luz foi certamente uma das disputas científicas mais exacerbadas em meados do século XVII que se arrastou até o século XX. Vamos analisar alguns passos dessa disputa histórica até seu desfecho final, históricos baseados em (BRENNAN, 2008; BERNARDO, 2005); .

René Descartes



Fonte: Wikimedia⁴³

Luz é onda!

René Descartes (1596-1650) atribuiu a primeira teoria física da luz baseando-se em considerações especulativas e filosóficas, crendo que a luz não envolvia transmissão de partículas, mas um **movimento vibratório** sendo uma propriedade mecânica do objeto luminoso e do meio que a transmite. Considerado o **Pai da Filosofia Moderna**, inventou a Geometria Analítica, em Óptica explicou a formação do arco-íris, dos halos, das imagens com lentes, correção das aberrações geométricas com lentes e a lei da Refração “Snell-Descartes”.

⁴³ Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Frans_Hals_-_Portret_van_Ren%C3%A9_Descartes.jpg>, acesso em 13/05/2020.

Luz é onda!

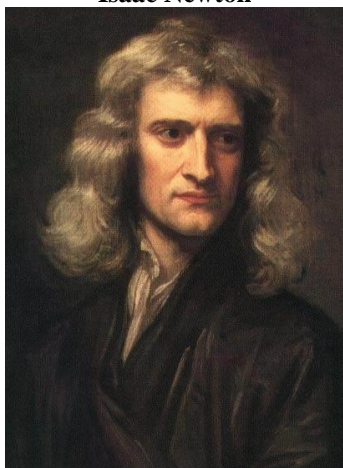
Robert Hooke (1635-1703), cientista experimentalista talentoso e muito respeitado em sua época, fez um tratado monumental sobre micrografia, qualificou o fenômeno da **difração**, sem conhecer o trabalho de Grimaldi, com base na teoria ondulatória da luz. Para explicar a **difração** utilizou um novo conceito, chamado de “**frente de onda**” introduzido por Ignace Pardies (1636-1673) num tratado sobre refração. Seu interesse pelas cores atingiu o auge **no** seu notável livro “*Experiments and considerations touching the colours*” (1664) que vinha de encontro com as ideias de Newton.

Robert Hooke



Fonte:Wikimedia⁴⁴

⁴⁴ Disponível em:< https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/10/13_Portrait_of_Robert_Hooke.JPG>, acesso em 13/05/2020

Isaac Newton

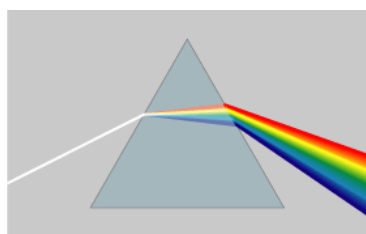
Fonte: Wikimedia⁴⁵

Luz é partícula!

Isaac Newton (1642-1727) iniciou os estudos sobre a luz durante a pandemia da peste negra em 1666 após notar que um peso de papel de vidro na forma de prisma triangular produzia a **dispersão** da luz branca do Sol nas cores do arco-íris (**espectro**) propondo que a luz seria composta de **partículas** ou **corpúsculos** de cores diferentes.

Sobre a questão da natureza da luz, questionado e **pressionado** por Hooke e Huygens, para não falar de Descartes, Newton dizia: “para determinar mais absolutamente o que é a luz e, em seguida, de que maneira ela é refratada e por que modos ou ações produz nas nossas mentes as imagens e as cores, não é fácil; e eu não vou misturar conjecturas com certezas.” Seu tratado sobre **Óptica** somente foi publicado em 1704 após a morte de seu opositor devido a várias contestações sobre a natureza da luz.

Dispersão da luz



Fonte: Wikimedia⁴⁶

Luz é onda!

Christiaan Huygens (1629-1695), não aceitou a proposta de Newton, pois não verificava desvios quando dois feixes de luz se cruzavam. Indagava, se a luz era formada por um conjunto de partículas, como explicar que elas não sofriam colisões ao se cruzarem?

Huygens propôs em sua **Teoria Ondulatória da Luz** (1690) que ela seria formada por oscilações do meio entre a fonte e o observador, sendo assim uma **onda**. Morreu 5 anos depois.

Christiaan Huygens

Fonte: Pinterest⁴⁷

⁴⁵Disponível em: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/39/GodfreyKneller-IsaacNewton-1689.jpg>>, acesso em 13/05/2020.

⁴⁶ Disponível em: < https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/Prism_rainbow_schema.png>, acesso em 13/05/2020.

⁴⁷ Disponível em: < <https://i.pinimg.com/originals/1d/d5/11/1dd511b78ae9f708f81ca087d9afa6e4.jpg>>, acesso em 13/05/2020.

Thomas Young



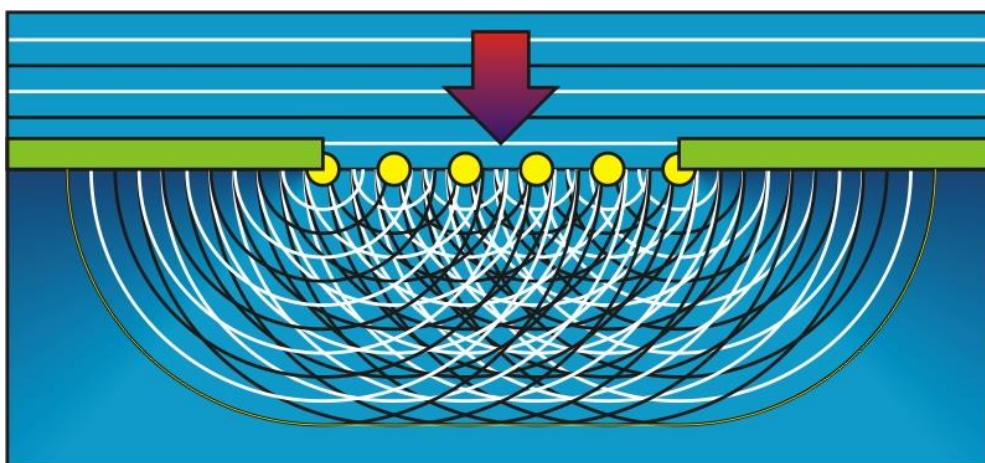
Fonte: Wikimedia⁴⁸

Luz é onda!

Thomas Young (1773-1829), por volta de 1801 propôs o experimento da **dupla fenda** provando que a luz somente poderia ser considerada como **onda** devido aos fenômenos da **difração** e das **interferências construtivas e destrutivas** não sendo demonstráveis para partículas (modelo corpuscular da luz).

Young calcula o comprimento de onda de várias cores e demonstra que Huygens estava certo, a luz é onda!

Experimento de Young



Fonte: Midia.cmais.com.br⁴⁹

Proposta de Atividade demonstrativa ou em laboratório de informática:

Simulação do Phet: https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_pt_BR.html.

⁴⁸ Disponível em: < https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b5/Thomas_Young_by_Briggs.jpg>, acesso em 13/05/2020.

⁴⁹ Disponível em: < <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcQY7inEC8w62QQkJWPKkS3FIhEWjErY4pGtow&usqp=CAU>>, acesso em 13/05/2020.

Nesta simulação, pode-se interagir com **Ondas**, medir a velocidade de propagação com o auxílio de um gráfico que mostra dois pontos de deslocamento da onda, que devem ser posicionados na animação em dois vales ou cristas vizinhos, mostrando estarem em fase. Assim, com a trena e o cronometro, pode-se determinar a velocidade de propagação da onda. Existe ainda a possibilidade de variar a frequência e amplitude da onda. As ondas podem ser mecânicas em um tanque de água e sonoras, bem como a luz.

Além disso, existe a possibilidade de trabalhar com os aplicativos **Interferência**, **Fendas e Difração** com os mesmos tipos de ondas

Luz é onda!

James C. Maxwell (1831-1879), em 1873, publicou o Tratado de Eletricidade e Magnetismo que unificou a eletricidade, magnetismo e a óptica com as suas 4 equações que definem a **Teoria Eletromagnética** atual, reforçando a ideia de que a luz é onda.

James C. Maxwell



Fonte: Wahooart⁵¹

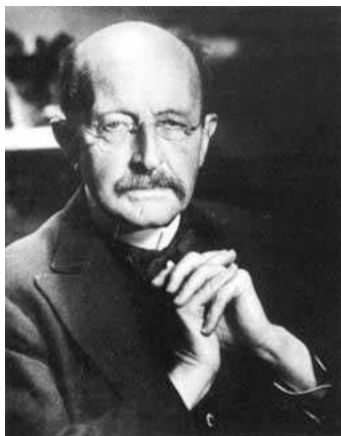
Equação 2 – Equações diferenciais de Maxwell da TE

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{E} &= \frac{\rho}{\epsilon_0} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{B} &= \mu_0 \left(\mathbf{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right)\end{aligned}$$

Fonte: Wikipédia⁵⁰

⁵⁰ Disponível em: < [https://wahooart.com/Art.nsf/O/AQRNM9/\\$File/Lowes-Cato-Dickinson-James-Clerk-Maxwell-Fellow-Physicist.jpg](https://wahooart.com/Art.nsf/O/AQRNM9/$File/Lowes-Cato-Dickinson-James-Clerk-Maxwell-Fellow-Physicist.jpg)>, acesso em 14/05/2020.

⁹ Disponível em: < https://pt.wikipedia.org/wiki/Equa%C3%A7%C3%B5es_de_Maxwell >, acesso em 14/05/2020.

Max Planck

Fonte: Infoescola⁵²

Luz é partícula!

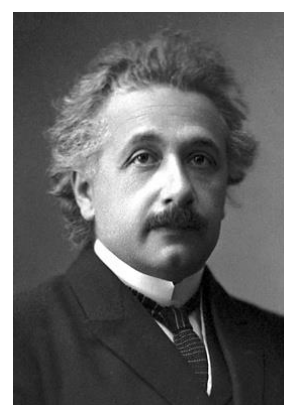
Max Planck (1858-1947) é considerado o **Pai da Física Quântica**, pois através do seu estudo sobre a **radiação do corpo negro** (1900) **quantizou** a energia dos osciladores eletrônicos da matéria. Sua proposta relaciona a energia com a frequência da onda, associadas com a constante **h**, chamada de constante de Planck, cujo valor no SI é $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

$$E = h \cdot f$$

É possível fazer uma demonstração da simulação do espectro de corpo negro, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/blackbody-spectrum, que relaciona a densidade de potência espectral com o comprimento de onda para diversas temperaturas, relacionando o máximo da curva para cada faixa do espectro eletromagnético desde o visível até o ultravioleta. Pode-se escolher entre temperaturas típicas da Terra, de uma lâmpada, do Sol e da estrela Sirius A. Essa possibilidade pode criar no aluno a consciência de que dependendo da estrela, como Sírius A podemos receber mais radiação UV em comparação com o nosso Sol, cerca de 12,5 vezes maior de acordo com o aplicativo. Caberia, neste aspecto, discutir possíveis vidas em torno de outras estrelas quanto à resistência aos altíssimos níveis de radiação.

Luz é “partícula”!

Albert Einstein (1879-1955) em 1905, seu ano miraculoso, escreveu três artigos que modificaram o mundo. Um deles abordava a **Relatividade Restrita**, outro abordava o **Movimento Browniano** e o terceiro apresentava uma explicação para o **Efeito Fotoelétrico**, sendo este importante por voltar a tratar da natureza da luz, sendo premiado com o Nobel de 1921.

A. Einstein

Fonte: Wikimedia⁵³

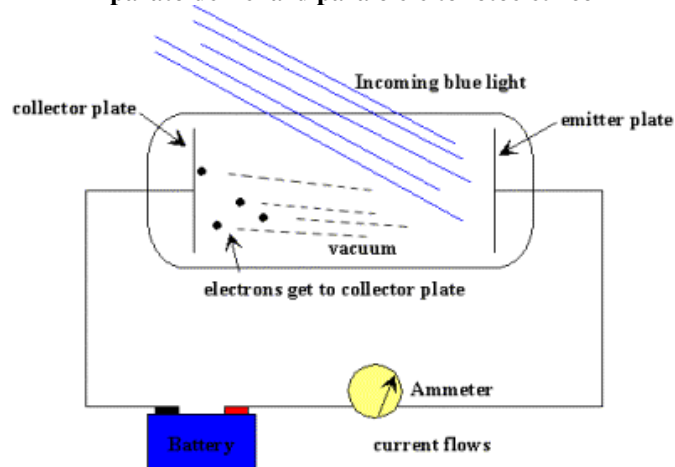
⁵² Disponível em: < <https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2010/03/max-Planck.jpg> >, acesso em 14/05/2020.

⁵³ Disponível em: < https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/50/Albert_Einstein_%28Nobel%29.png/170px-Albert_Einstein_%28Nobel%29.png >, acesso em 14/05/2020.

Efeito Fotoelétrico

Em 1902, Lenard estudou a energia dos fotoelétrons emitidos no fenômeno conhecido como efeito fotoelétrico, usando uma luz de arco de carbono como fonte, que era 1000 vezes mais intensa do que os pesquisadores anteriores usavam. Ele descobriu que a energia dos fotoelétrons não mostrava a menor dependência com a intensidade da luz. Os elétrons ejetados atingiam outra placa metálica, o coletor, que era conectado ao cátodo por um fio com um amperímetro sensível, para medir a corrente produzida pela iluminação da placa emissora. Com esse aparato, ele descobriu que a energia máxima dos elétrons ejetados dependia da cor incidente, o comprimento de luz mais curto e frequências mais altas faziam com que os elétrons fossem ejetados com mais energia. No entanto essa observação foi apenas de natureza qualitativa (PAIS, 1982, p. 380).

Aparato de Lenard para o efeito fotoelétrico



Fonte: University of Virginia⁵⁴

Segundo Pais, (1982, p. 380–381), em 1905, Einstein deu uma explicação quantitativa para o efeito fotoelétrico de forma simples, tomando como base o modelo corpuscular da luz. Um quantum de luz dá toda a sua energia a um único elétron e a transferência de energia por um quantum de luz é independente da presença de outros quanta de luz. Ele também observou que um elétron ejetado do interior do corpo em geral sofre uma perda de energia antes de atingir a superfície. Então, Einstein propôs a relação:

$$E_{\text{máx}} = h \cdot f - \varphi$$

onde $E_{\text{máx}}$ é a energia cinética dos elétrons ejetados, f é a frequência da radiação monocromática incidente, φ é a função trabalho, que representa a energia necessária para o elétron escapar da superfície da placa.

Uma simulação do PhET (University of Colorado), link: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric, pode ser utilizada para ser explorada. No mesmo aplicativo, podemos mudar o pólo da bateria e observar os elétrons ejetados voltando à placa da luz incidente, podemos variar a intensidade da luz e constatar que não há mudança na corrente (desde que a polaridade da bateria esteja correta), e ainda verificamos o que ocorre quando variamos o comprimento de onda da

⁵⁴ Disponível em: <<http://galileo.phys.virginia.edu/classes/252/photoel.gif>>, acesso em 07/09/2020.

luz. O aplicativo pode ser ajustado para mostrar apenas os elétrons mais energéticos e gráficos da corrente x tensão da bateria, corrente x intensidade da luz e energia do elétron x frequência da luz.

L. de Broglie



Fonte: Wikimedia⁵⁵

Nem um nem outro! A dualidade onda-partícula.

Louis de Broglie (1892-1987) postulou em sua tese de doutorado de 1924 que partículas também possuiriam um comprimento de onda associado conhecido como **onda de matéria** e postulou que elétrons sujeitos ao experimento da dupla fenda apresentariam **padrão de interferência**.

Em 1927, Clinton Davisson e Lester Germer demonstraram experimentalmente a difração de elétrons, corroborando a sua hipótese da natureza ondulatória da matéria culminando com o Prêmio Nobel de Física em 1929.

A seguir, são apresentadas algumas simulações interessantes para trabalho em aula, abordando o experimento de Davisson-Germer, os diversos modelos atômicos e sua evolução, desde os modelos clássicos até os modelos quânticos (Dalton a Schrödinger), um vídeo de animação do “Dr. Quantum” sobre a dualidade onda-partícula para o elétron e uma simulação de interferência quântica para experiência de dupla fenda para elétrons, fótons, nêutrons e átomos de Hélio.

Dualidade onda-partícula

Simulação do Experimento de Davisson-Germer

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/davisson-germer

Animação sobre os modelos atômicos

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/hydrogen-atom

Dualidade onda-partícula para o elétron

⁵⁵ Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/Broglie_Big.jpg>, acesso em 14/05/2020.

Apresentação do vídeo do Dr. Quantum e a experiência da fenda dupla

<https://www.youtube.com/watch?v=UtPf0XYQzfl>

Animação da interferência quântica

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/quantum-wave-interference

4.4.2 - Questionário sobre Radiações

Nome:

- 3.1. Com relação a interação da radiação com a matéria e as teorias conflitantes sobre a natureza da luz, marque verdadeiro ou falso.”

Afirmção	verdadeira	falsa
O efeito fotoelétrico foi explicado por Einstein considerando a natureza ondulatória da luz		
Na experiência de Young, as franjas claras e escuras podem ser explicadas pelo fenômeno da interferência		
Uma forma de explicar o fato de que a luz arranca elétrons de uma placa metálica é que ela deve ser formada por fótons (porções localizadas de energia) que transferem energia para os elétrons da placa, sendo essa energia suficientemente maior que a função trabalho		
A energia mínima para acontecer o efeito fotoelétrico depende diretamente da frequência da luz emitida.		
As teorias corpuscular e ondulatória da luz explicam perfeitamente o padrão de franjas claras e escuras do experimento de Young		
O fenômeno da interferência representa bem a teoria corpuscular da luz		
A teoria corpuscular da luz dá conta de explicar perfeitamente o efeito fotoelétrico		
A dualidade da matéria foi proposta por de Broglie		

- 3.2. Estudos sobre a radiação térmica, iniciados pelo físico alemão Gustav Robert Kirchhoff com contribuições de Stefan-Boltzmann, Rayleigh-Jeans, Wien e finalmente explicados por Max Planck deslumbrou o nascimento da Mecânica Quântica, ramo da Física Moderna. Com relação aos seus conhecimentos sobre estes estudos, marque V ou F:”.

Afirmção	verdadeira	falsa
Resultados experimentais não podiam ser explicados adequadamente com a teoria clássica		
A catástrofe do ultravioleta foi confirmada pela teoria quântica		
Na teoria clássica, a intensidade da emissão de um corpo negro tendia ao infinito na região do UV		
O corpo negro ideal foi o modelo escolhido para estudos da radiação térmica		
Para Kirchoff a radiação térmica dependia da temperatura do corpo, mas não da frequência da radiação		
Stefan-Boltzmann definiram a relação entre a energia e a temperatura		
Wien ajustou os dados experimentais propondo que o comprimento de onda máximo tinha uma relação com a temperatura do corpo negro		
Planck propôs apenas valores discretos possíveis para a energia e essa seria proporcional à frequência		

3.3. Einstein recebeu o prêmio Nobel por seu trabalho sobre o efeito fotoelétrico. Marque verdadeiro ou falso em relação ao seu trabalho.”

Afirmação	verdadeira	falsa
A energia mínima para remover um elétron da placa metálica foi chamada de função trabalho do metal.		
A energia da luz incidente na placa é determinada pelo produto da constante de Boltzmann pela frequência da luz		
A energia cinética dos fotoelétrons emitidos pela placa metálica é dada pela diferença da energia do feixe incidente e a função trabalho		
A quantidade de fotoelétrons é diretamente proporcional à intensidade da luz incidente		
O aumento da frequência da luz incidente diminui a energia cinética dos elétrons ejetados do material		
As células fotoelétricas são aplicações do efeito fotoelétrico		
O elétron da placa absorve mais de um fóton de energia $h \cdot f$ da luz incidente		

3.4. “Com relação ao espalhamento Compton (ou Efeito) marque V ou F.”

Afirmção	verdadeira	falsa
Indicou que o espalhamento da radiação X poderia ser considerado como uma colisão entre o fóton da radiação incidente com o elétron do material alvo		
Determinou a natureza ondulatória da luz		
Leis de conservação de energia e momento dão conta de explicar o fenômeno		
Tendo como base a teoria ondulatória, a frequência da onda espalhada deveria ter a mesma frequência da radiação incidente		
A energia do fóton espalhado é maior que do fóton incidente		
A frequência do fóton espalhado e a energia são menores do que o fóton incidente		
É mais uma prova do comportamento corpuscular da radiação		

3.5. Explique o que é o fenômeno fotoelétrico.

3.6. Qual foi a proposta de Einstein para explicar o efeito fotoelétrico? Qual a concepção de natureza da luz está por trás dessa proposta?

3.7. Explique o que é o efeito Compton com suas palavras.

3.8. Qual a diferença entre o Efeito Compton e o Efeito Fotoelétrico?

4.5 - Aula 5: Aula expositivo-dialogada sobre Efeitos Biológicos da Radiação

Objetivo

O objetivo principal dessa aula é dialogar com os alunos sobre os possíveis riscos de exposição à radiação. Serão apresentadas, também, algumas noções de radioatividade.

Desenvolvimento

O professor deve partir das concepções iniciais dos alunos e das respostas aos questionários anteriores para sistematizar o conhecimento sobre efeitos biológicos da radiação. A partir de comentários iniciais dos alunos e perguntas, deve-se organizar uma visão geral sobre os seguintes conceitos: a) noções gerais sobre radioatividade e tipos de decaimento; b) efeitos biológicos da radiação; c) Efeitos teciduais e estocásticos; d) Efeitos instantâneos e tardios; e) Mecanismo de dano; e) Sensibilidade de diferentes tecidos. Uma breve apresentação é fornecida na seção 4.5.1, o que pode ser usado como material para subsidiar a atividade do professor. A apresentação desta aula está no Apêndice C – Aula 5.

Avaliação

Ao final, será aplicado um questionário para os alunos revisarem a discussão realizada e sistematizar o seu conhecimento (seção 4.5.2)

4.5.1 - Material didático sobre radioatividade e Efeitos biológicos da radiação

A trajetória das pesquisas em radioatividade espontânea – A família Curie:

Segundo Okuno; Yoshimura, (2016) que serviu de fundamentação para esse texto, Marie Curie e seu marido Pierre Curie, em julho de 1898, anunciaram oficialmente a descoberta de um elemento radioativo obtido a partir da uranita (ou pechblenda), minério de óxido de urânio, nomeado de polônio (Po), em homenagem à pátria de Marie, que na época estava sob o domínio russo e nem era reconhecida como nação. O polônio registrou ser 400 vezes mais radioativo do que o urânio. Em dezembro do mesmo ano, eles anunciaram a existência de mais um elemento químico presente na pechblenda, denominado de rádio (Ra), 900 vezes mais radioativo do que o urânio. O termo radioatividade também foi proposto por Marie Curie.

Meia-vida física dos radioisótopos

A meia-vida física de um radioisótopo é uma característica de cada núcleo atômico, sendo função do seu número de massa (soma dos nucleons, prótons e nêutrons) e representa o tempo para que a massa inicial do radioisótopo se reduza à sua metade. A figura a seguir exemplifica alguns elementos radioativos e seus respectivos tempos de meia-vida.

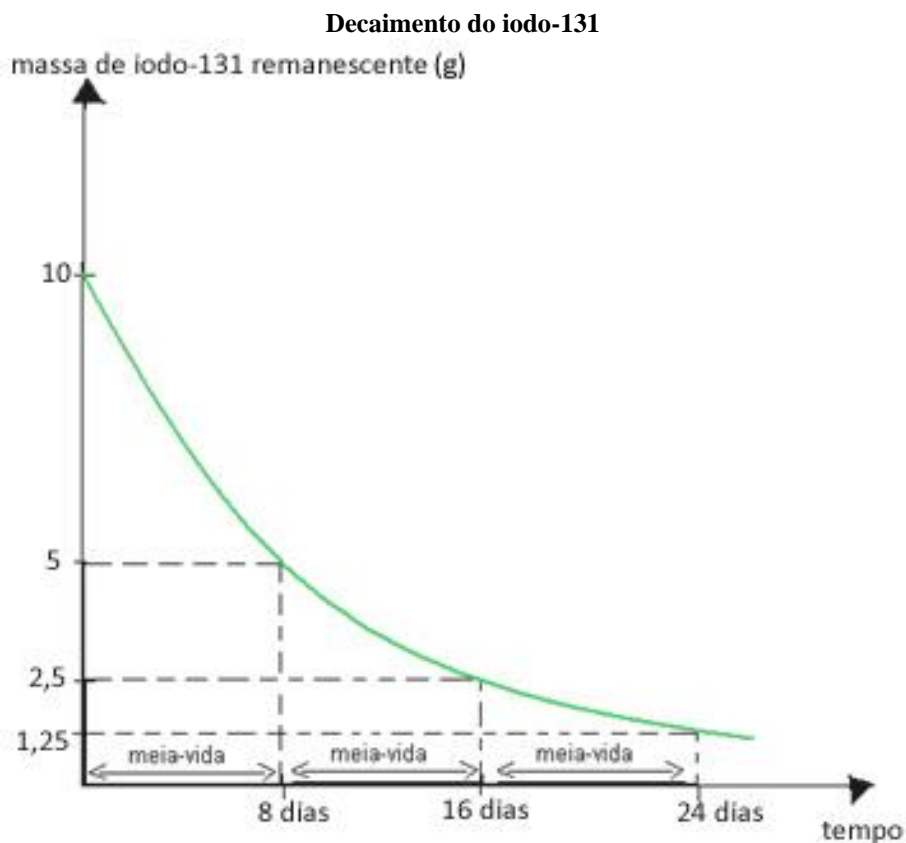
Meias-vidas de alguns radioisótopos

Radioisótopo	Meia-vida
Oxigênio-13	$8,7 \cdot 10^{-3}$ s
Carbono-15	2,4 s
Tecnécio-99	6,0 h
Xenônio-135	9h
Fósforo-32	32 dias
Enxofre—35	87 dias
Cobalto-60	5,26 anos
Trítio (hidrogênio-3)	12,5 anos
Estrôncio-90	28,1 anos
Césio-137	30,17 anos
Rádio-226	$1,6 \cdot 10^3$ anos
Plutônio-239	$2,44 \cdot 10^4$ anos
Urânio-235	$4,5 \cdot 10^9$ anos

Fonte: Mundo Educação UOL⁵⁶

⁵⁶ Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/upload/conteudo/images/meia-vida.jpg>>, acesso em 22/08/20.

Geralmente este período de semidesintegração é representado por uma curva de decaimento radioativo. A figura representa o decaimento do iodo 131 utilizado em exames diagnósticos e tratamento de câncer de tireoide.



Fonte: Mundo Educação UOL⁵⁷

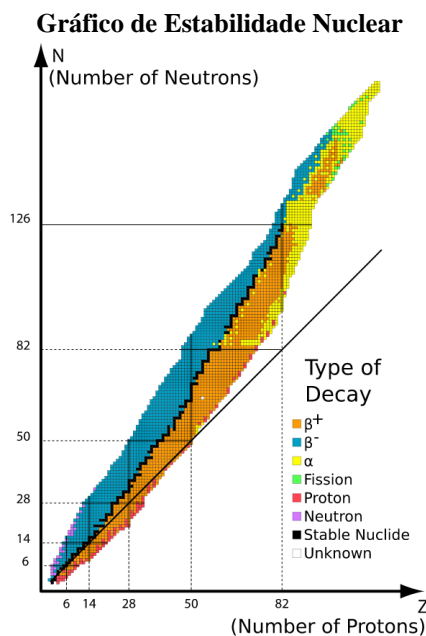
⁵⁷ Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/upload/conteudo/images/decaimento-radioativo-do-iodo-131.jpg>, acesso em 22/08/20.

Instabilidade Nuclear

A instabilidade nuclear é relacionada à razão nêutron/próton em que a região preta representa a ilha de estabilidade nuclear. Fora dessa faixa existe alguma emissão, denotando instabilidade (regiões coloridas). Para baixos números atômicos e razão nêutron/próton maior que 1 temos uma pequena região de emissões de nêutrons (rosa). Para razões ainda maior que 1, logo acima da ilha de estabilidade registramos uma grande região que se estende por praticamente quase todos os elementos caracterizada pela emissão beta menos (azul). Abaixo da região de estabilidade, se observa numa ampla faixa, uma região em que prevalece a emissão beta mais ou pósitron (laranja). Bem abaixo da região encontramos a emissão de prótons (avermelhada) que a medida que aumenta o número atômico, se torna preferencialmente na emissão de partículas alfa (amarelo). Subindo ainda mais temos os átomos muito pesados, onde temos a fissão nuclear presente (verde) (GEARY, 2008).

Uma boa medida de estabilidade nuclear é a razão nêutron/próton.

$$\frac{n}{Z} = \frac{A - Z}{Z}$$



Fonte: Texas University⁵⁸

Interação da radiação com a matéria

⁵⁸ Disponível em: < http://ch302.cm.utexas.edu/svg302/Table_isotopes_en.svg>, acesso 22/08/2020.

A radiação ionizante tem a capacidade de ionizar o meio em que atravessa, promovendo, principalmente, a retirada de elétrons ou excitação dos átomos do material devido à deposição de energia. Para estudar os diversos tipos de efeitos da radiação é necessário classificar em grupos, como a seguir:

- Radiação diretamente ionizante – constituída de partículas com carga elétrica;
- Radiação indiretamente ionizante – radiação sem carga elétrica.

Uma subdivisão em cada grupo racionaliza ainda mais o estudo. Para o primeiro grupo dividimos em partículas carregadas rápidas pesadas e leves e para o segundo grupo em fótons e nêutrons.

Efeitos biológicos da radiação

A descoberta dos raios X foi marcante por sua aplicação ser praticamente instantânea em todo o mundo para exames médicos. Contudo o seu uso indiscriminado, em pouco tempo, disseminou problemas de saúde em muitos trabalhadores que atuavam diretamente com a tecnologia, como cientistas, médicos, pacientes e operários de fabricantes de tubos de raios catódicos. Os efeitos biológicos da radiação relatados eram de dermatite aguda, queimaduras, quedas de cabelo e câncer. Dentre os casos estão queimaduras em Becquerel por transportar um frasco em um bolso da camisa, o assistente de Thomas Edison teve amputação dos membros superiores por excesso de radiação em si próprio ao testar a fonte de seu fluoroscópio e efeitos cumulativos (estocásticos) em Madame Curie provocando leucemia (OKUNO; YOSHIMURA, 2016).

Os efeitos biológicos das radiações ionizantes passaram a ser interesses de estudos e podem ser divididos de duas formas:

- Quanto ao seu mecanismo – direto ou indireto;
- Quanto à sua natureza – reações teciduais ou efeitos estocásticos.

Mecanismo direto: a radiação ionizante produz mutações genéticas em organismos, pois ela é capaz de quebrar a molécula de DNA, conseqüentemente produzindo

fragmentos perdidos nos cromossomos, que, quando não reparados, resultam em defeitos de transcrição na divisão celular, causando mutação genética.

Mecanismo indireto: a radiação ionizante atua na molécula de água promovendo sua quebra (radiólise) com produção de radicais livres, altamente reativos, podendo chegar até o agente oxidante peróxido de hidrogênio, que ataca moléculas importantes como a do próprio DNA. Este mecanismo é responsável pela maioria dos efeitos biológicos da radiação pela proporção de água que temos no corpo.

Reações Teciduais: são os danos que resultam da morte celular de um número muito grande de células ou tecidos devido a alta dose de radiação. Estes casos ocorrem em acidentes com elementos radioativos como ocorreu no caso do Césio 137 de Goiânia, no acidente de Chernobyl e em tratamentos de câncer em que o tecido sadio é danificado pela radiação no tumor na sua vizinhança. Quanto maior a dose de radiação, maior é o efeito.

As reações teciduais podem ser imediatas ou tardias.

Reações Teciduais Imediatas:

- eritema – queimadura da pele;
- mucosite – inflamação da mucosa;
- escamação da epiderme.

Reações Teciduais Tardias:

- necrose da matéria branca da medula espinhal – 6 a 18 meses;
- vasculopatia – danos nos vasos sanguíneos – 1 a 4 anos;
- catarata – opacificação do cristalino do olho;
- vermelhidão latente – excesso de exames com alta taxa de radiação como fluoroscopia e tomografia;

Limiar de dose:

Altas doses de radiação em todo o corpo em espaços curtos de tempo conduz a chamada **síndrome aguda de radiação** que danifica muitas células e órgãos que pode

levar até a morte. De acordo com Okuno; Yoshimura, (2016), conforme a dose podemos ter os sintomas agravados conforme tabela a seguir:

Tabela 1 - Sintomas gerais associados à doses de radiação.

Dose (Gy)	Sintomas
De 0,25 a 1	Náusea, diarreia, anemia, baixa imunidade
De 1 a 3	+ infecções, danos à medula óssea,
De 3 a 6	Hemorragia, epilação, esterilidade
Acima de 6	Inflamação dos pulmões, sistema nervoso e cardiovascular, morte

Fonte: (OKUNO; YOSHIMURA, 2016)

Tabela 2 - Estimativa dos limiares de dose para alguns órgãos.

Tecido e efeito	Limiar de dose		
	Dose única aguda (Gy)	Dose alta total fracionada (Gy)	Taxa anual de dose fracionada (Gy)
Testículos			
Esterilidade temporária	0,15	Não aplicável	0,4
Esterilidade permanente	3,5 – 6,0	Não aplicável	2,0
Ovários			
Esterilidade	2,5 – 6,0	6,0	> 0,2
Cristalino			
Opacidade detectável	0,5 – 2,0	5,0	> 0,1
Catarata	5,0	> 8	> 0,15
Medula óssea			
Depressão hematopoiética	0,5	Não aplicável	> 0,4

Fonte: (OKUNO; YOSHIMURA, 2016)

Efeitos Estocásticos

Ainda segundo os autores de Física das Radiações (OKUNO; YOSHIMURA, 2016), os efeitos estocásticos são alterações das células normais devido ao acúmulo de radiação ionizante que se manifestam como **efeitos cancerígenos** e **efeitos**

hereditários. Estes efeitos são probabilísticos e não se manifestam em todas as pessoas de mesma forma.

Os tecidos mais sensíveis à induzirem câncer são:

- tireoide infantil;
- mama feminina;
- medula óssea.

Os tecidos menos sensíveis são:

- tecido muscular;
- tecido conectivo.

4.5.2 - Questionário sobre Efeitos Biológicos da Radiação

- 4.1. O que são os efeitos biológicos da radiação?
- 4.2. Quais as etapas do desenvolvimento dos efeitos biológicos?
- 4.3. Qual a diferença entre efeitos determinísticos e estocásticos?
- 4.4. Dê exemplos de efeitos determinísticos.
- 4.5. Dê exemplos de efeitos estocásticos.
- 4.6. Há uma dose mínima para haver risco ao entrar em contato com a radiação?
- 4.7. Como o efeito fotoelétrico e o efeito Compton estão relacionados com os aparecimentos de efeitos biológicos?
- 4.8. Você recebe radiação do ambiente? Quais as fontes?

- 4.9. Com relação a radioatividade, suas causas, tipos de emissões e seus efeitos biológicos, marque V para verdadeiro e F para falso.

Afirmações	verdadeira	falsa
() O termo "radioatividade" foi aplicado primeiramente pelo casal Curie		
() A radioatividade está associada à instabilidade da eletrosfera dos átomos		
() Marie Curie descobriu os elementos Polônio e Rádium bem mais radioativos que o Urânio		
() As partículas alfa são equivalentes ao núcleo do átomo de Hélio		
() O termo "meia-vida" está associado ao tempo médio que um radioisótopo leva para que sua atividade inicial se reduza à metade		
() Para deter partículas beta é necessário apenas uma folha de papel ou de alumínio fina		
() Os raios gama podem causar mutações genéticas		
() exposições a altas doses de radiação conhecida como envenenamento por radiação causam reações imediatas como necrose, catarata e vermelhidão latente		
() os primeiros sintomas ao excesso de radiação são náuseas, vômitos, diarreia e baixa imunidade		

4.6 - Aula 6: Atividade Investigativa sobre Ultravioleta.

Objetivo

Permitir que os alunos trabalhem com dados concretos e tirem conclusões, interpretando tais dados.

Desenvolvimento:

A aula inicia-se com a apresentação dos perigos da radiação UV para a saúde (Apêndice C – Aula 6). O desenvolvimento dessa aula depende do contexto pedagógico concreto de cada professor. Uma primeira alternativa seria permitir que os alunos construam com placa Arduino e sensores de UV dispositivos capazes de medir a radiação local durante o dia. Uma segunda alternativa é o professor construir ele mesmo tal dispositivo, coletar os dados e fornecer os dados para os alunos. Para essas duas primeiras situações, no Apêndice A desse produto, há o manual de instalação e a programação da placa Arduino para coleta de dados.

Caso nenhuma dessas duas primeiras atividades seja viável, fornecemos os dados já coletados sobre radiação UV em Porto Alegre⁵⁹ (Apêndice B). Os dados devem ser apresentados aos alunos e, após uma breve discussão sobre radiação UV, deve-se passar um roteiro de perguntas (seção 4.6.1) para os alunos trabalharem com os dados oferecidos. Tais dados ajudam a responder as perguntas e, em alguns casos, são imprescindíveis para executar o que foi solicitado. Algumas perguntas podem ser respondidas com raciocínio lógico.

Avaliação

Ao final da aula, os alunos devem entregar suas respostas ao professor.

⁵⁹ Link com todos os dados coletados em 15/12/2020: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Db9A4y1fT9I9LjanmDQ7SdYaVsfr5lSs/edit?usp=sharing&ouid=103008889681473370913&rtpof=true&sd=true>.

4.6.1 - Roteiro de perguntas para análise e interpretação dos dados.

- 5.1. Como se comporta o índice de radiação UV versus horário do dia.
- 5.2. Comente sobre o índice de radiação UV versus clima
- 5.3. Comente sobre o índice de radiação UV versus FPS (Fator de Proteção Solar)
- 5.4. Comente sobre a duração média dos FPS.
- 5.5. Quais os horários mais adequados para ir à praia?
- 5.6. Qual o FPS mais indicado e qual seu tempo médio de duração?
- 5.7. Você poderia sugerir como varia a radiação UV durante o ano? Quais meses a radiação é mais perigosa?
- 5.8. No seu modo de pensar, o nível de radiação varia conforme a altitude do local medido? Dê a sua opinião
- 5.9. Faça gráficos em uma planilha que relacionem as variáveis estudadas e envie o arquivo

4.7 - Aula 7: Aula expositiva dialogada sobre Proteção Radiológica

Objetivo

Dialogar com os alunos sobre proteção radiológica, sistematizando o conhecimento.

Desenvolvimento

Essa aula retoma as exposições dialogadas. Nesse encontro, deve-se partir das respostas ao questionário inicial e aos questionários anteriores para discutir os seguintes conceitos: fatores de proteção radiológica; papel da distância, papel do tempo; e papel da blindagem. Um material didático desses conceitos para o professor está na seção 4.7.1. e a apresentação está no Apêndice C – Aula 7.

Avaliação

Ao final, os alunos devem responder um questionário para revisar a discussão e organizar o que foi aprendido (seção 4.7.2).

4.7.1 - Material didático sobre Proteção Radiológica

Vamos apresentar brevemente as aplicações da radiação na medicina e as medidas de proteção radiológica.

Aplicações em Medicina:

Este capítulo foi principalmente baseado em Okuno; Yoshimura, (2016).

Equipamentos usados em Medicina para diagnóstico e tratamento de câncer –

Técnicas: fluoroscopia, radiologia, tomografia, mamografia (raios-X), PET Scan (pósitron), radioterapia (partículas alfa), iodoterapia (partículas beta), SPECT e Tc^{99m} (raios gama).

Aplicações em Odontologia:

- Raios-X da arcada dentária

Aplicações em Indústrias

- Raios-X em estruturas de processos industriais para prevenir acidentes com produtos químicos;
- Controle de qualidade de peças
- Esterilização de alimentos visando maior durabilidade

Aplicações energéticas

- Usinas de energia nuclear

Aplicações militares

- Armas de destruição em massa
- Submarinos movidos com energia nuclear

Aplicações científicas

- Estudo da cristalografia
- Marcadores químicos para estudo de reações químicas

Aplicações em Segurança de fronteiras e aeroportos

- Raios-X de bagagens e pessoas suspeitas de transportarem drogas ou armas
- Análise de caminhões e carros suspeitos de contrabando de armas e drogas

Proteção Radiológica

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) dispõe das diretrizes básicas de proteção radiológica através das seguintes resoluções CNEN 27/04 2005, 48/05 2005, 07/05 2006, 114/11 2011 e 164/14 2014 que serão resumidas neste capítulo e tratam fundamentalmente de critérios de exclusão, isenção e dispensa de requisitos de proteção, fatores de ponderação para as grandezas de proteção radiológica, coeficientes de dose, níveis de referências ocupacionais e classificação de áreas, critérios para o cálculo da dose efetiva, medidas de proteção e critérios de intervenção, programa de monitoração radiológica ambiental, coeficientes de dose para exposição ao público (COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2014).

Terminologias comuns em Proteção Radiológica

Atividade (A) – grandeza que relaciona a quantidade de transições nucleares de um radionuclídeo com o tempo. A unidade no sistema internacional é o recíproco do segundo (s^{-1}) denominado de becquerel (Bq).

$$1 \text{ Bq} = 1 \frac{\text{desintegração}}{\text{segundo}}$$

Dose absorvida (D) – grandeza que relaciona a energia média depositada pela radiação em um volume elementar da matéria. A unidade no sistema internacional é o joule por quilograma (J/kg) denominada Gray (Gy).

$$1 \text{ Gy} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

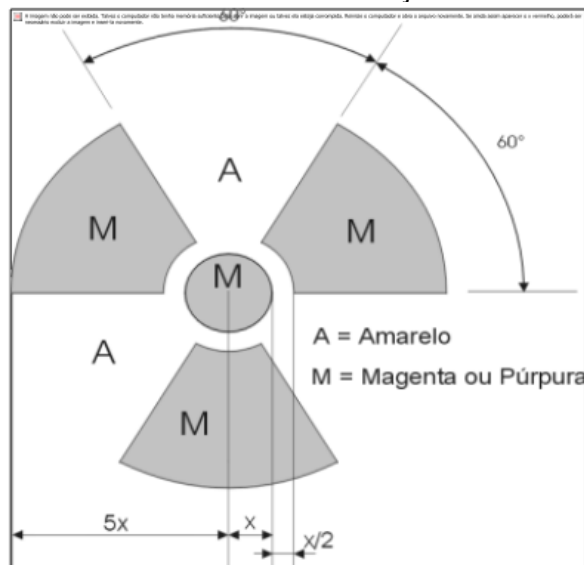
Dose absorvida comprometida D(t) – é a taxa de dose absorvida em um determinado tempo transcorrido após a incorporação de substâncias radioativas.

Dose coletiva – expressa a dose efetiva total recebida por uma população ou grupo de pessoas, definida como o produto do número de indivíduos expostos à fonte radioativa ionizante, através do valor médio da distribuição da dose efetiva de cada um. A dose coletiva é expressa em pessoa-Sievert (pessoa.Sv).

Dose efetiva (E) – é a soma das doses equivalentes ponderadas nos diversos órgãos

Simbologia Internacional da radiação ionizante – a figura mostrada abaixo representa o símbolo internacionalmente convencionado para representar a presença de radiação ionizante.

Símbolo internacional de radiação ionizante



Fonte: CNEN⁶⁰

Além disso, é importante saber que os fatores de proteção radiológica são distância, tempo e blindagem. A dose de radiação recebida é diretamente proporcional ao tempo de exposição à fonte radioativa, sendo controlada pela limitação deste tempo.

$$\text{Dose} = \text{Taxa} \cdot \text{Tempo}$$

Além disso, intensidade da energia da radiação ionizante é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre a fonte e o receptor no caso de uma fonte ser puntiforme. Neste caso, define-se a radiação pelo ângulo sólido definido pela fonte puntiforme e a superfície hipotética de uma calota esférica definida pela distância r , entre a fonte de radiação e o objeto na qual se mede, durante um determinado tempo t de exposição. A expressão que relaciona as taxas de doses (\dot{D}) em relação a duas distâncias (r) é dada por:

$$\frac{\dot{D}_1}{\dot{D}_2} = \frac{(r_2)^2}{(r_1)^2}$$

A expressão nos diz que se dobrarmos a distância entre a fonte e o alvo, a dose fica reduzida à quarta parte. Por fim, podemos colocar algum material entre a fonte de radiação e o indivíduo para atenuar a radiação. Esse material usado para atenuação chama-se blindagem. Para radiação eletromagnética, usualmente usam-se materiais de chumbo.

⁶⁰ Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>>, acesso em 08/09/2020.

4.7.2 - Questionário sobre Proteção Radiológica

- 6.1. Como se proteger da radiação?
- 6.2. Por que os coletes são feitos de chumbo?"
- 6.3. Se desligarmos os aparelhos de raios X eles ainda apresentam algum risco para população?"
- 6.4. Você encontra um ferro velho com aparelhos de raios X abandonados, qual o risco há de abrir esses aparelhos?"
- 6.5. Relacione o procedimento com o tipo de radiação
 - f. Raios x () fluoroscopia
 - g. Raios gama () radiologia
 - h. Beta menos () tomografia
 - i. Beta mais () mamografia
 - j. Alfa () iodoterapia
 - () SPECT
 - () Esterilização de alimentos
 - () Inspeção de equipamentos industriais

6.6. Marque verdadeiro ou falso

Afirmações	verdadeira	falsa
A atividade é uma grandeza que relaciona o número de desintegrações de um radionuclídeo por segundo, denominada de becquerel		
A razão entre a energia depositada pela radiação e a massa é denominada de Dose absorvida comprometida.		
Os coeficientes de dose para exposição ao público dependem apenas do tipo do radionuclídeo envolvido		
Deve-se notificar à CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) sempre que a dose recebida por algum IOE (Indivíduo Ocupacionalmente Exposto) ultrapassar o nível de restrição efetiva.		

4.8 - Aula 8: Júri Simulado e Conclusão da Atividade

Objetivo

Deve-se, nessa aula, executar o júri simulado. Ao final, deve-se chegar a uma decisão sobre o tema inicial.

Desenvolvimento

O júri simulado é a última atividade desse produto educacional. Nele, os alunos podem mobilizar os conhecimentos e argumentos que desenvolveram ao longo do processo para se posicionar sobre a questão sociocientífica investigada. A estrutura do júri simulado é a seguinte:

- a. Juiz: dá início aos trabalhos (2 min.);
- b. Promotoria: começa os trabalhos com um advogado apresentando a primeira argumentação. (3 min.);
- c. Defesa: rebate a primeira acusação e apresenta outro argumento. (3 min.);
- d. Promotoria: faz a réplica e apresenta outro argumento (3 min.);
- e. Defesa: rebate a segunda acusação e apresenta outro argumento (3 min.);
- f. Promotoria: faz a réplica e apresenta outro argumento (3 min.);
- g. Defesa: rebate a segunda acusação e apresenta outro argumento (3 min.);
- h. Corpo de jurados: realizam uma pergunta a cada grupo, votam individualmente e em ambiente fora da sala decidem o veredito final por escrito com justificativas bem fundamentadas somente na apresentação dos grupos isentos de visão pessoal sobre o tema. O papel com o veredito deve ser dado ao juiz. (5 min.);
- i. Juiz: lê o veredito dos jurados e encerra a sessão (2 min.).

Avaliação

O professor deve avaliar o engajamento dos alunos. Em especial, deve-se verificar se os argumentos usados mobilizaram os conceitos discutidos ao longo da sequência didática, se os alunos pesquisaram sobre evidências a favor ou contra o tema e se eles conseguem perceber quais valores e compromissos estão presentes no problema abordado. Para obter-se a opinião dos alunos sobre a didática foi proposto um último questionário (seção 4.8.1).

4.8.1 - Questionário final de avaliação do projeto

AVALIAÇÃO DA DINÂMICA: Estas foram as perguntas feitas aos alunos que participaram do Projeto para avaliar toda a prática e diagnosticar possíveis melhorias por meio de sugestões.

- 7.1. Mencione os proveitos que podemos retirar dessa dinâmica de aula.
- 7.2. O que mais lhe agradou nesta dinâmica?
- 7.3. Como se sentiu nesta prática?
- 7.4. O que podemos melhorar?
- 7.5. Você recomendaria essa prática? Justifique.

5. - Considerações Finais

Esse produto educacional apresenta uma nova maneira de apresentar a Física Moderna, trazendo-a para mais próximo dos estudantes, envolvendo suas capacidades de argumentação e discussão sobre temas que tenham envolvimento em seus cotidianos. O uso de quatro eixos distintos (questões sociocientíficas, abordagem histórica, abordagem investigativa e aula expositiva dialogada) permite que os alunos se apropriem dos conteúdos abordados e passem a interpretar a sua realidade, se posicionando sobre questões importantes.

Nesse sentido, entendemos que o presente produto pode ser utilizado em aulas de Física do terceiro ano do Ensino Médio, buscando contemplar a apresentação de Física Moderna e Contemporânea. Entendemos que, ao aplicar esse produto, o professor permitirá que os alunos se familiarizem com conceitos importantes da Física das radiações, incluindo tópicos de Física Moderna, como a interação da radiação com a matéria, de forma contextualizada. Isto é, aprendendo a usar esses conceitos para pensar em problemas concretos de sua vida, como a adoção de bronzeamento artificial e o uso de radiações na medicina. Com isso, entendemos que esse produto contribui para a formação de alunos com melhor entendimento de conceitos de física moderna e com a capacidade de analisar e se posicionar sobre problemas reais a partir do conhecimento científico.

6. - REFERÊNCIAS

BERNARDO, L. M. **Histórias da Luz e das Cores, volume 1**. U. Porto Editorial - Universidade do Porto, 2005.

BRENNAN, R. **Gigantes da Física**. Rio de Janeiro: Bartira, 2008.

CHOPPIN, G.; RYDBERG, J. **Nuclear Chemistry: Theory and Applications**. 1st Edition edition ed. Oxford Eng.; New York: Pergamon, 1980.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Norma CNEN NN 3.01, Resolução 164 - Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica**. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>>.

GEARY, W. **Radiochemical Methods**. Wiley, 2008.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Tradução: Maria Helena Gravina. Edição: 9 ed. Bookman, 2006.

OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. M. **Física das radiações**. Oficina de Textos, 2016.

PAIS, A. **Subtle is the Lord: The Science and the Life of Albert Einstein**. Oxford University Press, USA, 1982.

THOMSEN, A. **Medidor de índice UV com Arduino**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-indice-uv-com-Arduino/>>. Acesso em: 6 set. 2020a.

THOMSEN, A. **Como gravar dados no Cartão SD com Arduino**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/cartao-sd-com-Arduino/>>. Acesso em: 7 set. 2020b.

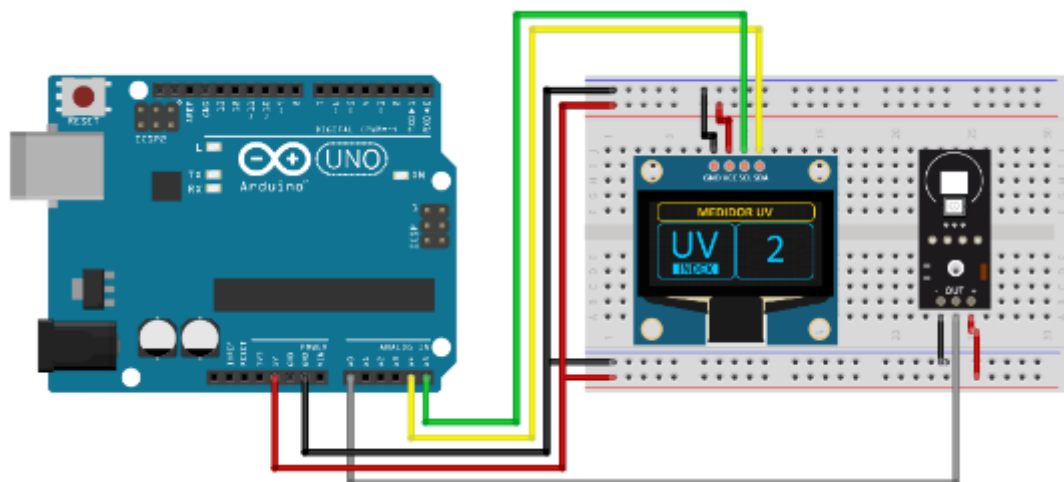
TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

APÊNDICE A – Montagem e programação do Arduino para medidas de UV

Montagem do Sensor UV ao Arduino

O esquema da montagem está relacionado na Figura 39 e os materiais necessários para realizar o projeto está a seguir.

Figura 60 - Esquema de montagem do medidor de UV



Fonte: Filipeflop⁶¹

Materiais necessários por placa:

- Placa Arduino UNO
- Jumpers de ligação
- Display Oled 12C (no projeto, trocou-se o display por gravação em micro SD)
- Sensor UV UVM-30A
- Suporte para bateria 9V (caso não tenha como ligar ao computador)
- Bateria 9V (caso não tenha como ligar ao computador)
- Protoboard 400 pinos
- Módulo cartão SD
- Cartão SD
- Módulo Relógio: Real Time Clock RTC DS3231

O sensor recebe a radiação e o microcontrolador interpreta uma diferença de potencial de 0 a 5000 mV e o programa vai ler o valor da porta analógica que

⁶¹Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-indice-uv-com-arduino/>>, acesso em 06/09/2020.

varia de 0 e 1023 e convertendo esse valor em milivolts e fazendo a associação com a tabela mostrada abaixo (Figura 61), exibindo o valor do índice UV no display ou na tela do computador pelo monitor serial do Arduino.

Figura 61 - Intervalos da tensão e o Índice UV relacionado

UV Index (Índice UV)	0	1	2	3	4	5
Vout(mV)	<50	227	318	408	503	606
Valor analógico	<10	46	65	83	103	124
UV Index (Índice UV)	6	7	8	9	10	11⁺
Vout(mV)	696	795	881	976	1079	1170+
Valor analógico	142	162	180	200	221	240

Fonte: Filipeflop⁶². Errata: (onde lê-se Vout, leia-se Volt)

Gravação dos dados coletados em cartão SD com Arduino

Para possibilitar a coleta de dados e poder trabalhar estas informações para elaborar gráficos ou até mesmo fazer análises estatísticas, será necessário usar um módulo para cartão SD (

Figura 41).

⁶²Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-indice-uv-com-arduino/>>, acesso em 06/09/2020.

Figura 62 - Módulo para cartão de memória SD



Fonte: Filipeflop⁶³

A alimentação pode ser feita comum dos pinos GND e 5 V e os cartões podem ser formatados em padrões FAT16 ou FAT32. A comunicação via interface SPI é realizada por meio dos pinos MOSI, SCK, MISO e CS, de acordo com a Figura 42 abaixo.

Figura 63 - Detalhe dos pinos do módulo de cartão SD



Fonte: Filipeflop⁶⁴

Para os pinos de sinal (CSK, MOSI e CS), deverá ser feito um divisor de tensão, pois o módulo trabalha com 3,3 V, não sendo possível ligar diretamente ao Arduino cuja tensão é maior (5 V). O pino MISO pode ser ligado diretamente em 5 V.

⁶³ Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/cartao-sd-com-arduino/>>, acesso em 06/09/2020.

⁶⁴ Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/cartao-sd-com-arduino/>>, acesso em 06/09/2020.

O código gerado no programa para gravação dos dados fornece um dado a cada dois segundos para o potenciômetro totalmente ligado e ao desligá-lo não grava mais no cartão.

Referência de Programação da placa

A programação mostrada abaixo é dividida em dois blocos (programa medidor do índice UV e programação para salvar dados em cartão SD) que foram usadas como base para realizar uma programação única que desse conta de medir e registrar os dados necessários para levantamento de data, horário, temperatura e índice UV (I-UV):

```

1 //Programa: Medidor de Índice UV com Arduino
2 //Autor: Thomsen, (2015a)- Fonte: FILIPEFLOP65
3
4 #include "U8glib.h"
5
6 U8GLIB_SSD1306_128X64 u8g(U8G_I2C_OPT_NO_ACK);
7
8 intpino_sensor = A0;
9 intvalor_sensor = 0;
10 intposicao;
11 StringUV_index = "0";
12
13 voiddraw()
14 {
15 //Comandos graficos para o display devem ser colocados aqui
16 u8g.drawRFrame(0, 16, 67, 48, 4);
17 u8g.drawRFrame(67, 16, 61, 48, 4);
18 u8g.drawRFrame(0, 0, 128, 16, 4);
19 u8g.drawBox(11, 48, 45, 12 );
20 u8g.setFont(u8g_font_8x13B);
21 u8g.setColorIndex(0);
22 u8g.drawStr( 13, 59, "INDEX");
23 u8g.setColorIndex(1);
24 u8g.drawStr( 24, 13, "Medidor UV");
25 // Centraliza o valor na tela
26 u8g.setFont(u8g_font_fur25);
27 u8g.drawStr( 10, 45, "UV");
28 //Ajusta posicao do valor do UV_Index

```

⁶⁵Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-indice-uv-com-arduino/>>, acesso em 06/09/2020.

```

29     if(UV_index.length() <= 1)
30     {
31         posicao = 88;
32     }
33     Else
34     {
35         posicao = 78;
36     }
37     //Mostra valor do sensor
38     u8g.setPrintPos(posicao, 52);
39     u8g.print(UV_index);
40 }
41
42 voidsetup(void)
43 {
44     Serial.begin(9600);
45     pinMode(pino_sensor, INPUT);
46     if( u8g.getMode() == U8G_MODE_R3G3B2 ) {
47         u8g.setColorIndex(255);    // White
48     }
49     elseif( u8g.getMode() == U8G_MODE_GRAY2BIT ) {
50         u8g.setColorIndex(3);      // maxintensity
51     }
52     elseif( u8g.getMode() == U8G_MODE_BW ) {
53         u8g.setColorIndex(1);      // pixel on
54     }
55     elseif( u8g.getMode() == U8G_MODE_HICOLOR ) {
56         u8g.setHiColorByRGB(255, 255, 255);
57     }
58 }
59
60 voidloop(void)
61 {
62     Calcula_nivel_UV();
63     //Chama a rotina de desenho na tela
64     u8g.firstPage();
65     Do
66     {
67         draw();
68     }
69     while( u8g.nextPage() );
70     delay(150);
71 }
72
73 voidCalcula_nivel_UV()
74 {

```

```
75  valor_sensor = analogRead(pino_sensor);
76  //Calcula tensao em milivolts
77  inttensao = (valor_sensor * (5.0 / 1023.0)) * 1000;
78  //Compara com valores tabela UV_Index
79  if(tensao> 0 &&tensao<= 227)
80  {
81    UV_index = "0";
82  }
87  elseif(tensao> 227 &&tensao<= 318)
88  {
89    UV_index = "1";
90  }
91  elseif(tensao> 318 &&tensao<= 408)
92  {
93    UV_index = "2";
94  }
95  elseif(tensao> 408 &&tensao<= 503)
96  {
97    UV_index = "3";
98  }
99  elseif(tensao> 503 &&tensao<= 606)
100 {
101   UV_index = "4";
102 }
103 elseif(tensao> 606 &&tensao<= 696)
104 {
105   UV_index = "5";
106 }
107 elseif(tensao> 696 &&tensao<= 795)
108 {
109   UV_index = "6";
110 }
111 elseif(tensao> 795 &&tensao<= 881)
112 {
113   UV_index = "7";
114 }
115 elseif(tensao> 881 &&tensao<= 976)
116 {
117   UV_index = "8";
118 }
119 elseif(tensao> 976 &&tensao<= 1079)
120 {
121   UV_index = "9";
122 }
123 elseif(tensao> 1079 &&tensao<= 1170)
124 {
```

```

125     UV_index = "10";
126 }
127 elseif(tensao > 1170)
128 {
129     UV_index = "11";
130 }
131 }

```

```

1 // Programa: Gravação com módulo cartão SD
2 // Autor: Thomsen, (2015b) – Fonte: FILIPEFLOP66
3
4 #include <SdFat.h>
5
6 SdFatsdCard;
7 SdFilemeuArquivo;
8
9 // Pino ligado ao CS do módulo
10 const int chipSelect = 4;
11
12 void setup()
13 {
14     Serial.begin(9600);
15     // Define o pino do potenciômetro como entrada
16     pinMode(A5, INPUT);
17     // Inicializa o módulo SD
18     if(!sdCard.begin(chipSelect, SPI_HALF_SPEED)) sdCard.initErrorHalt();
19     // Abre o arquivo LER_POT.TXT
20     if(!meuArquivo.open("ler_pot.txt", O_RDWR | O_CREAT | O_AT_END))
21     {
22         sdCard.errorHalt("Erro na abertura do arquivo LER_POT.TXT!");
23     }
24 }
25
26 void loop()
27 {
28     // Leitura da porta A5/Potenciômetro
29     int valor = analogRead(A5);
30     Serial.print("Leitura Potenciometro: ");
31     Serial.println(valor);
32
33     // Grava dados do potenciômetro em LER_POT.TXT
34     meuArquivo.print("Leitura Potenciometro: ");
35     meuArquivo.println(valor);
36

```

⁶⁶Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/cartao-sd-com-arduino/>>, acesso em 06/09/2020.

```

37  if(valor <= 5)
38  {
39    // Interrompe o processo e fecha o arquivo
40    Serial.println("Processo de gravacao interrompido. Retire o SD!");
41    meuArquivo.close();
42    while(1) { }
43  }
44  delay(2000);
45  }

```

Programação adaptada

Baseando-se nas duas programações acima foi realizada a junção dos dois programas em apenas um, além do proposto inicialmente por Filipeflop, medindo e registrando data, horário, temperatura ambiente e índice UV. Após muitos testes de passos de programação que não funcionavam corretamente, tivemos o auxílio do Prof. Marcelo Paravisi (IFRS – Osório) que fez o programa funcionar perfeitamente como mostrado a seguir.

```

1    //Programa: Registro de data, horário, temperatura e I-UV com Arduino
2    //Juntamente com gravação de dados em cartão micro SD
3    //Fonte: Filipeflop67 com adaptações do autor e Marcelo Paravisi68
4    #include <DS3231_Simple.h>
5    #include <Streaming.h>
6    #include <Wire.h>
7    #include <SD.h>
8    #include <SPI.h>
9    #define CalendarYrToTm(Y) ((Y) - 2000)
10
11   DS3231_Simple Clock;
12
13   //Pino CS do modulo cartão SD
14   int CS_PIN = 4;
15   int SENSOR_PIN = A1;
16   int SENSOR_VALUE = 0;
17   String INDEX_UV = "0";
18   floatMyFloatTemperature;
19
20   File file;

```

⁶⁷Programações separadas apresentadas anteriormente sem controle de data, horário e temperatura.

⁶⁸Professor do IFRS - Osório que colaborou com o ajuste fino da programação.


```
21
22 voidsdStart()
23 {
24   pinMode(CS_PIN, OUTPUT);
25
26   if (SD.begin())
27   {
28
29   }
30   else
31   {
32     return;
33   }
34 }
35
36 voidsdWrite()
37 {
38   // COMENTAR ESSAS LINHAS PARA REMOVER OS PRINTS DA SERIAL
39   Clock.printDateTo_DMY(Serial);
40   Serial.print(" - ");
41   Clock.printTimeTo_HMS(Serial);
42   Serial << " temperature: " << MyFloatTemperature;
43   Serial << " UV: " << SENSOR_VALUE << " index: " << INDEX_UV << "\n";
44   //-----
45
46   openFile("data2.txt");
47   Clock.printDateTo_DMY(file);
48   file.print(" ; ");
49   Clock.printTimeTo_HMS(file);
50   file.print(" ; ");
51   MyFloatTemperature = Clock.getTemperatureFloat();
52
53   file.print(MyFloatTemperature);
54   file.print("Â°C");
55   file.print(" ; ");
56   file.print(SENSOR_VALUE);
57   file.print(" ; ");
58   uvLevel();
59   file.print(INDEX_UV);
60   file.println();
61   closeFile();
62 }
63
64 intopenFile(char filename[])
65 {
66   file = SD.open(filename, FILE_WRITE);
```

```

67
68   if (file)
69       {
70   return 1;
71       }
72   else
73       {
74   Serial.print("Failed to open file!\n");
75   return 0;
76       }
77   }
78
79   voidcloseFile()
80   {
81   if (file)
82       {
83
84
85
86
87
88   file.close();
89       }
90   }
91
92   voidClockWrite()
93   // DIGITE NO MONITOR SERIAL O NOVO HORARIO E DATA.
94   // PADRAO:
95   //   ano,mês,dia,hora,minutos,segundos
96   // EXEMPLO:
97   //   2020,12,18,10,42,15
98   if (Serial.available() >= 12)
99       {
100      int y = Serial.parseInt();
101      if (y >= 100 && y < 1000)
102          Serial<<F("Erro: Ano deve ter dois ou quatro digitos!") <<endl;
103      else
104          {
105      DateTime t;
106          Serial << "Y: "<<y<<" y2: " <<CalendarYrToTm(y) << "\n";
107          if (y >= 1000)
108      t.Year = CalendarYrToTm(y);
109          else //(y < 100)
110      t.Year = y;
111      t.Month = Serial.parseInt();
112      t.Day = Serial.parseInt();
113      t.Hour = Serial.parseInt();
114      t.Minute = Serial.parseInt();
115      t.Second = Serial.parseInt();
116          //t = makeTime(tm);

```

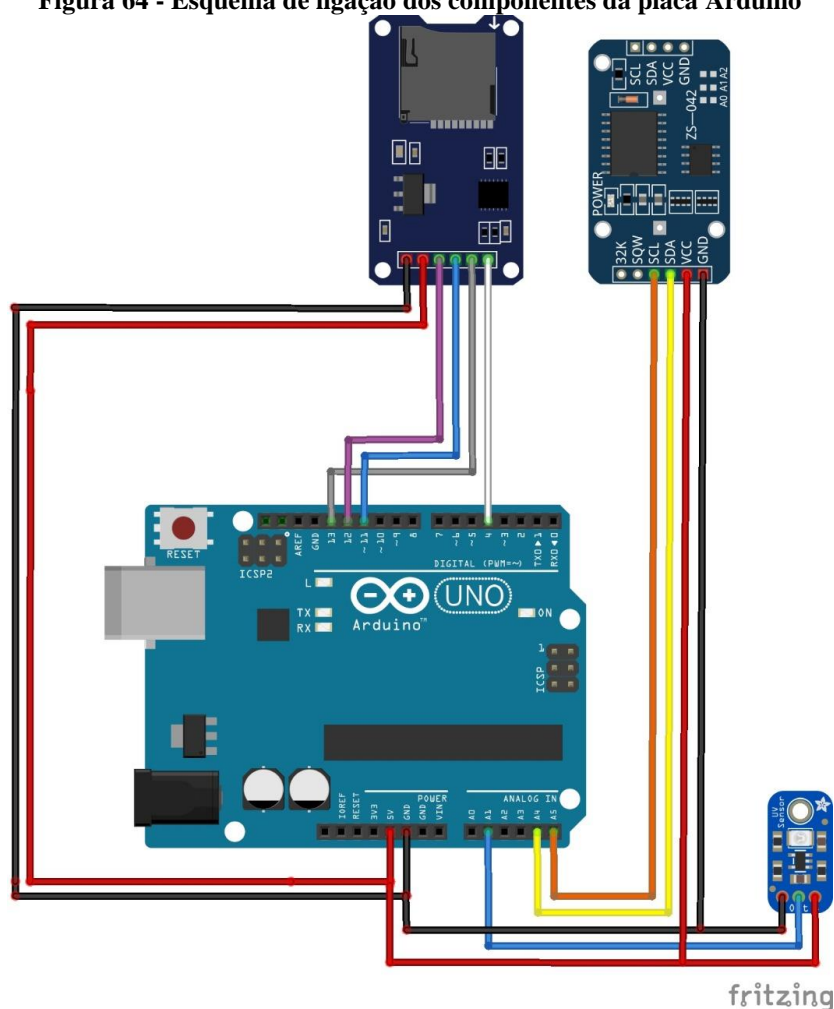
```
117 Clock.write(t);
118     Serial << F("Horario modificado para: ");
119 Serial <<endl;
120     while (Serial.available() > 0) Serial.read();
121 }
122 }
123
124 }
125 void uvLevel()
126 {
127     SENSOR_VALUE = (analogRead(SENSOR_PIN) * (5.0 / 1023.0)) * 1000;
128     if (SENSOR_VALUE > 0 && SENSOR_VALUE < 50)
129     {
130         INDEX_UV = "0";
131     }
132     else if (SENSOR_VALUE > 50 && SENSOR_VALUE <= 227)
133     {
134         INDEX_UV = "0";
135     }
136     else if (SENSOR_VALUE > 227 && SENSOR_VALUE <= 318)
137     {
138         INDEX_UV = "1";
139     }
140     else if (SENSOR_VALUE > 318 && SENSOR_VALUE <= 408)
141     {
142         INDEX_UV = "2";
143     }
144     else if (SENSOR_VALUE > 408 && SENSOR_VALUE <= 503)
145     }
146     else if (SENSOR_VALUE > 408 && SENSOR_VALUE <= 503)
147     }
148     INDEX_UV = "3";
149 }
150     else if (SENSOR_VALUE > 503 && SENSOR_VALUE <= 606)
151     }
152     INDEX_UV = "4";
153 }
154     else if (SENSOR_VALUE > 606 && SENSOR_VALUE <= 696)
155     }
156     INDEX_UV = "5";
157 }
158     else if (SENSOR_VALUE > 696 && SENSOR_VALUE <= 795)
159     }
160     INDEX_UV = "6";
161 }
162     else if (SENSOR_VALUE > 795 && SENSOR_VALUE <= 881)
```

```
163     }
164     INDEX_UV = "7";
165     }
166     else if (SENSOR_VALUE > 881 && SENSOR_VALUE <= 976)
167     }
168     INDEX_UV = "8";
169     }
170     else if (SENSOR_VALUE > 976 && SENSOR_VALUE <= 1079)
171     }
172     INDEX_UV = "9";
173     }
174     else if (SENSOR_VALUE > 1079 && SENSOR_VALUE <= 1170)
175     }
176     INDEX_UV = "10";
177     }
178     else if (SENSOR_VALUE > 1170)
179     }
180     INDEX_UV = "11";
181     }
182     }
183     void setup()
184     {
185     Serial.begin(9600);
186     Clock.begin();
187     sdStart();
188     }
189     void loop()
190     {
191     delay (10000);
192     ClockWrite();
193     sdWrite();
194     uvLevel();
195     }
```

Este programa pode ser baixado pelo link compartilhado a seguir:
<https://drive.google.com/file/d/12HdnoLr4SXwC4MeB89wa1YUcsqmG6e1S/view?usp=sharing>.

Esquema de montagem do circuito

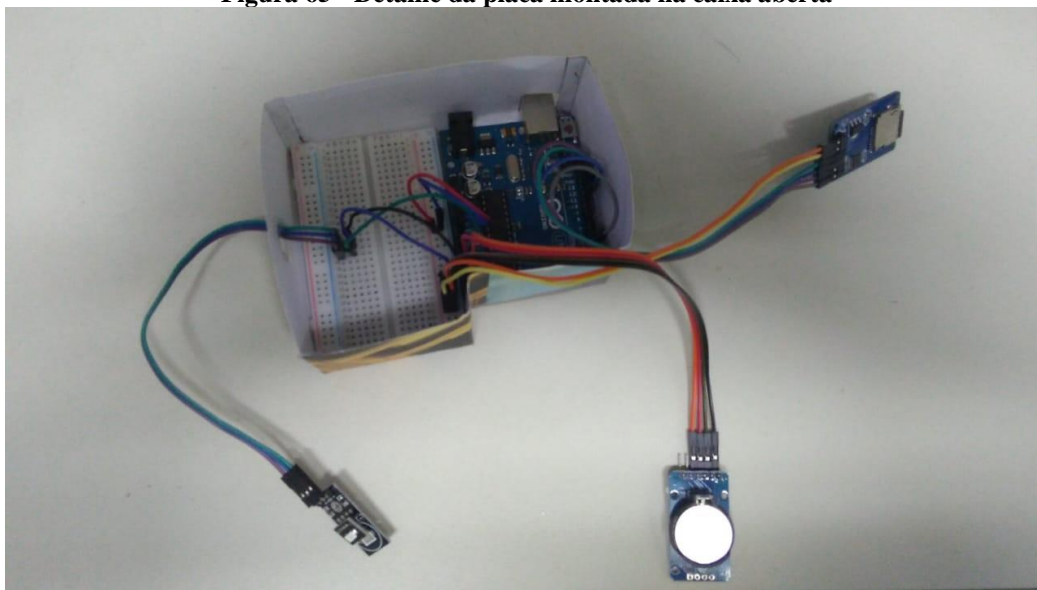
Figura 64 - Esquema de ligação dos componentes da placa Arduino



Fonte: autor

A Figura 43 mostra a disposição das ligações entre os componentes com a placa Arduino UNO (maior componente), aparecendo o módulo de gravação em cartão SD (componente azul escuro), ao seu lado temos o *datalogger* RTC DS3231 (registro de data, horário e temperatura) e mais abaixo temos o sensor UV 9 - componente menor). Nos três protótipos construídos usamos uma placa *proto board* para dividir as ligações com a placa Arduino com a caixa de papelão para fixar as placas deixando aparente o sensor UV, facilitando o transporte e manuseio (Figura 65 e Figura 45).

Figura 65 - Detalhe da placa montada na caixa aberta



Fonte: autor

Figura 66 - Caixa com a montagem da placa fechada

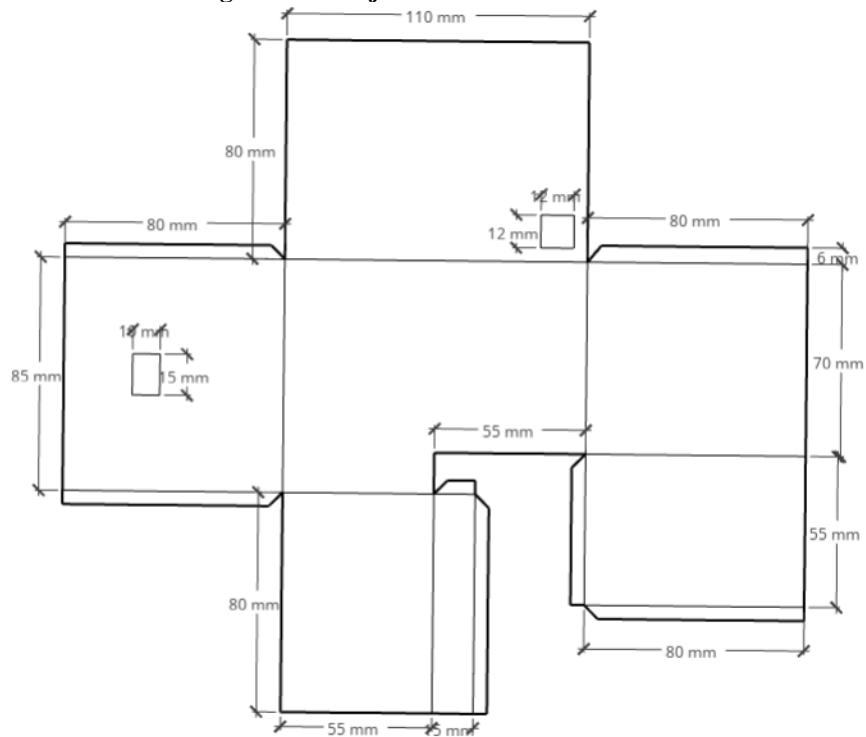


Fonte: autor

Tanto a caixa como a sua tampa, com as dimensões, estão apresentados na

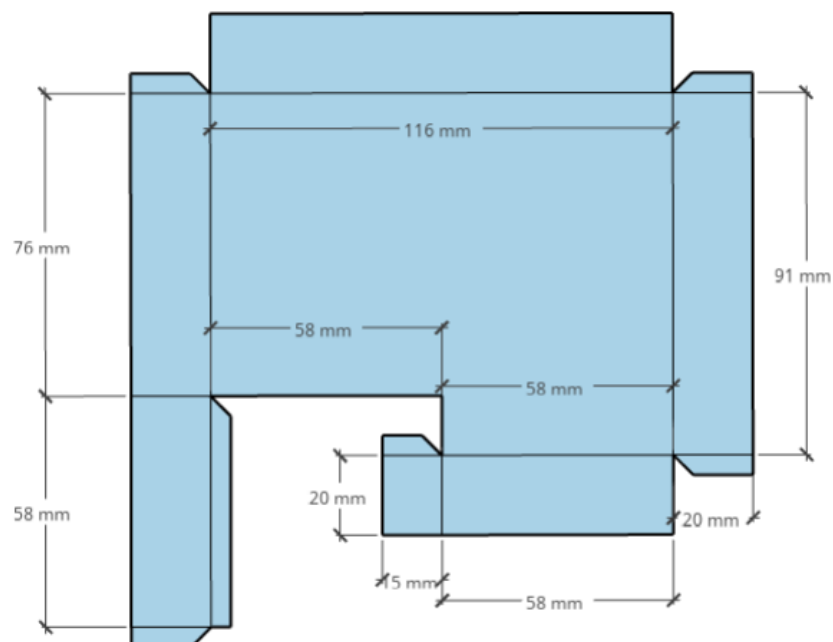
Figura 46 e Figura 47.

Figura 67 - Projeto da caixa com dimensões



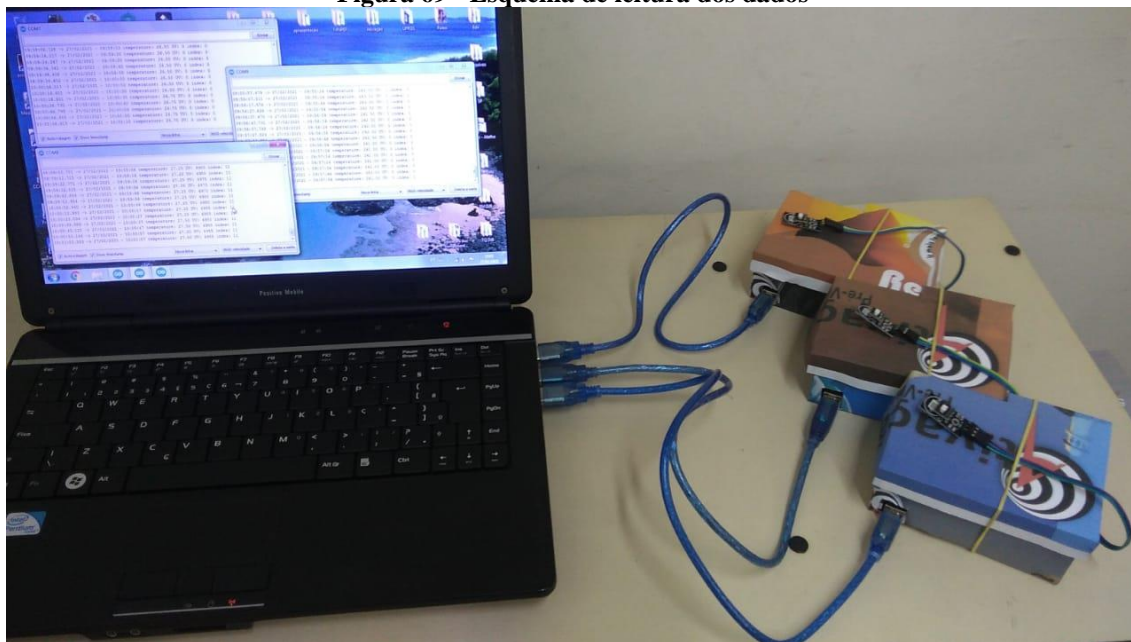
Fonte: autor

Figura 68 - Projeto da tampa da caixa com dimensões



Fonte: autor

A ligação das caixas com o computador é feita através de um cabo com terminais USB tipo A (computador) e B (Arduino) como mostra a Figura 48.

Figura 69 - Esquema de leitura dos dados

Fonte: autor

A medição foi realizada em local cuja insolação é maior, preferencialmente voltada ao norte geográfico, aonde veio a calhar a sacada do apartamento do autor, de onde foram levantados os dados (Figura 49).

Figura 70 - Sistema realizando as medidas de UV



Fonte: autor

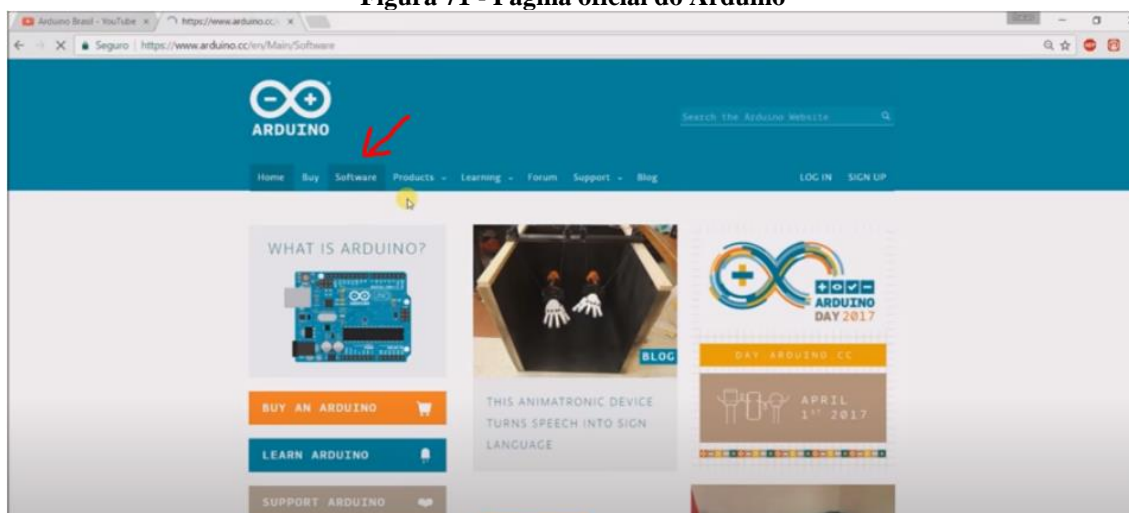
Inicialmente havia planejado realizar essa medida no telhado da escola, porém não poderia deixar o notebook no local ou teria que deixar espaço para um suporte de bateria e bateria na caixa, que inclusive não poderia mais ser de papelão por causa das possibilidades de chuva, sendo a ideia inicial deixar o sistema medindo e registrando por longos períodos, uma ou duas semanas.

Instalando o Arduino

Relaciono o passo a passo para a instalação do Arduino IDE:

No site de busca da internet, pode ser o Google, por exemplo, digite <https://www.Arduino.cc/> e depois clique na guia “Software” (Figura 50).

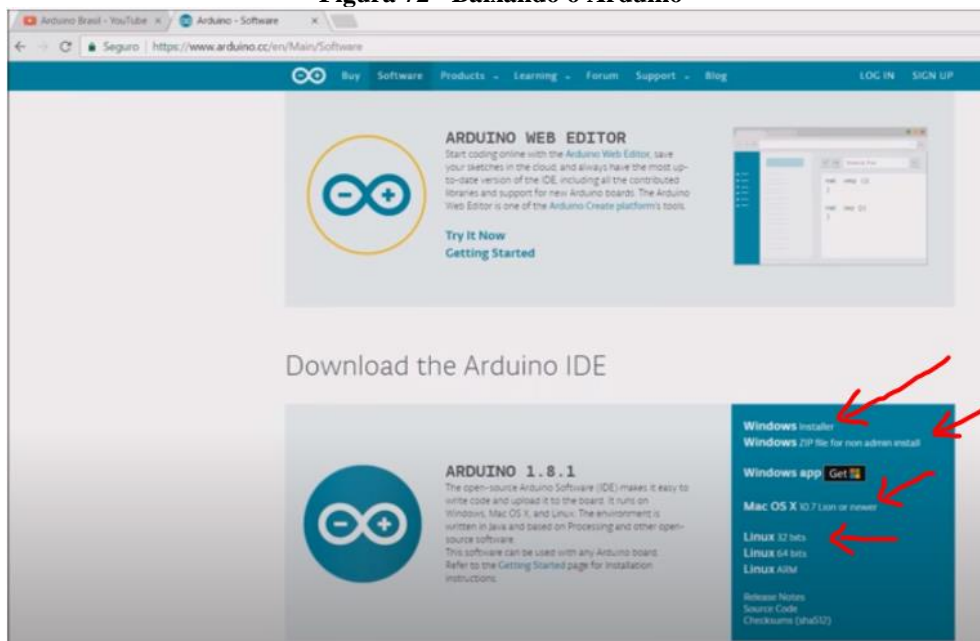
Figura 71 - Página oficial do Arduino



Fonte: autor

Clique na opção referente ao seu sistema operacional como mostram as setas da Figura 51. Para instalar no computador com sistema da Microsoft em que você é administrador, use a opção “*Windows installer*”, para instalar no computador do colégio use a opção “*Windows ZIP*”, ou ainda existe a opção para sistema Mac e Linux.

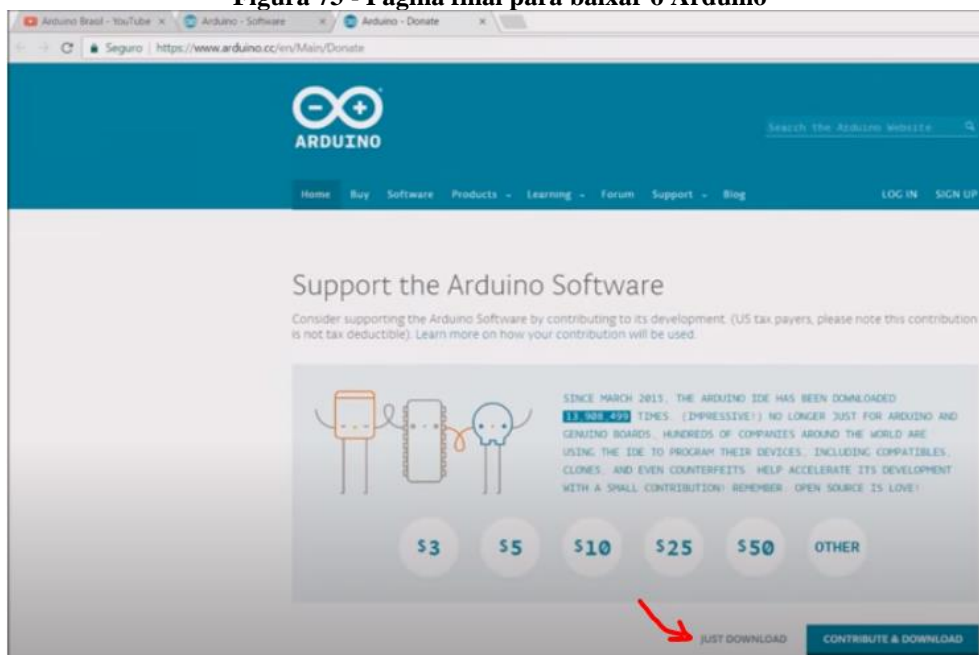
Figura 72 - Baixando o Arduino



Fonte: autor

Ao clicar na opção do sistema operacional, aparece a tela com solicitação de doação para ajudar no projeto, mas não é obrigatório, sendo assim basta clicar em “*just download*” para baixar o programa (Figura 52).

Figura 73 - Página final para baixar o Arduino

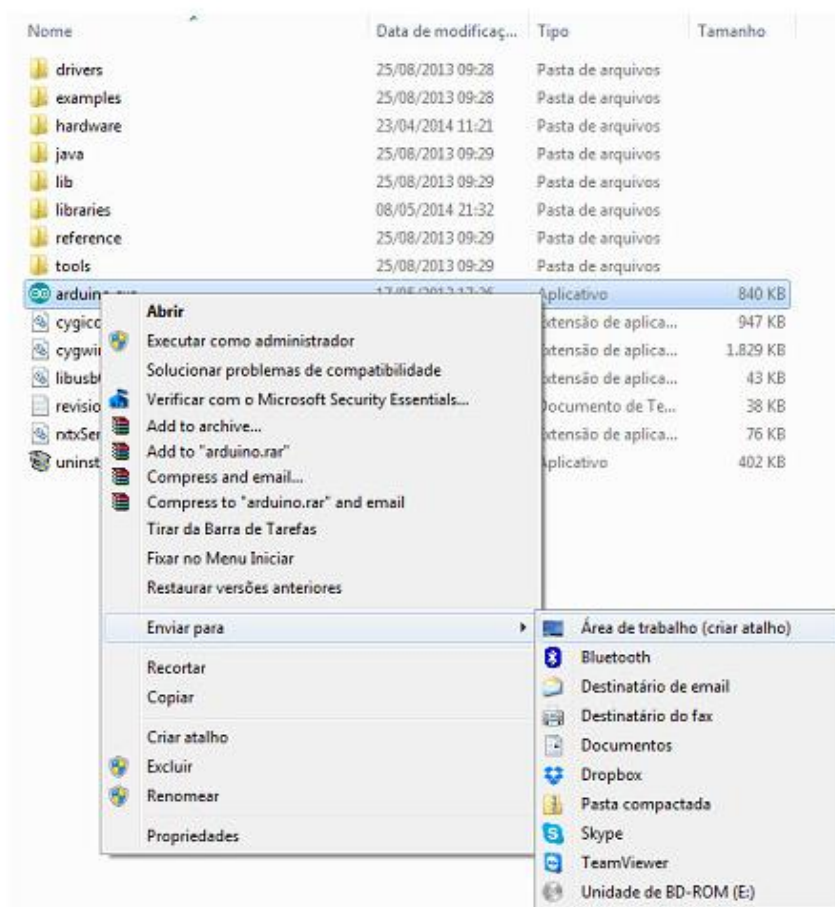


Fonte: autor

Depois de baixar o programa, basta descompactar e extrair a pasta no diretório C:\ sem, no entanto, alterar os arquivos desta pasta. É bom fazer um atalho para a área de trabalho do computador (

Figura 53).

Figura 74 - Atalho na Área de trabalho

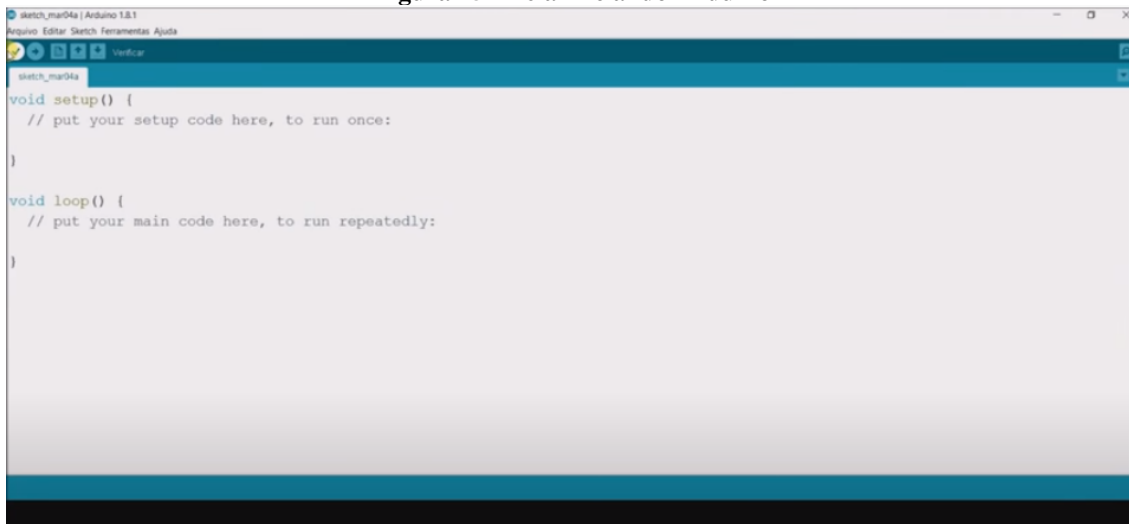


Fonte: autor

O próximo passo é executar o atalho criado, ele roda o arquivo **Arduino.exe** onde já se pode programar a placa ou abrir programas modelos (

Figura 54). Neste ponto já podemos conectar a placa montada no terminal USB do computador e o sistema operacional já reconhece a placa, observe a porta COM relacionada à essa conexão (vai ser usada).

Figura 75 - Tela inicial do Arduino



Fonte: autor

Após baixar o programa de medição da radiação UV a partir do link compartilhado, clicar na guia “Arquivo” e depois “Abrir” buscando o programa baixado (**uv.ino**) para carregar no Arduino. Após abrir o programa, com os cabos conectados às placas Arduino e ao computador verificar o reconhecimento da conexão pelo sistema operacional. Ainda nesta tela do IDE, clicar na guia “Ferramentas” e depois na janela “Placa” marcando a opção da Placa de Arduino que está sendo usada, no nosso caso, Arduino UNO. Na mesma guia “Ferramentas” e “Porta” devemos marcar a porta USB que está conectada a placa Arduino (esta opção não é automática). Tudo pronto, agora é só enviar o programa aberto para a placa Arduino clicando na setinha apontada para a direita na do IDE, a placa recebe a programação e começa a realizar as leituras dos dados e salvando no cartão SD com o nome de DATA2.txt. Após os registros, basta remover o cartão SD e abrir o arquivo no computador, podendo transformar em planilha eletrônica para realizar estudos.

APÊNDICE B – Dados levantados da R-UV em 15/12/20⁶⁹

DATA	HORÁRIO	TEMPERATURA (°C)	S/ FPS		FPS 30		FPS 50	
			dpp. (mV)	I- UVs	ddp (mV)	I- UV30	ddp (mV)	I- UV50
15/12/2020	06:38:12	19	207	1	47	0	30	0
15/12/2020	06:38:22	18,25	224	1	49	0	38	0
15/12/2020	06:38:32	18,25	216	1	47	0	41	0
15/12/2020	06:38:42	18,25	201	1	47	0	33	0
15/12/2020	06:38:52	19,25	213	1	52	1	35	0
15/12/2020	06:48:02	21,5	215	1	45	0	29	0
15/12/2020	06:49:58	23,25	216	1	50	0	36	0
15/12/2020	06:53:09	22,5	203	1	48	0	31	0
15/12/2020	06:16:02	28,75	209	1	47	0	42	0
15/12/2020	06:39:05	28,75	202	1	50	0	26	0
15/12/2020	07:15:52	28,75	325	2	52	1	25	0
15/12/2020	07:16:12	29	319	2	47	0	30	0
15/12/2020	07:16:22	29	313	1	46	0	29	0
15/12/2020	07:16:32	29	304	1	53	1	35	0
15/12/2020	07:31:01	36,5	305	1	53	1	34	0
15/12/2020	07:31:11	36,5	307	1	50	0	36	0
15/12/2020	07:31:21	36,5	347	2	46	0	29	0
15/12/2020	07:31:31	36,5	348	2	46	0	30	0
15/12/2020	07:31:41	36,5	312	1	52	1	35	0
15/12/2020	07:31:51	36,5	310	1	52	1	38	0
15/12/2020	07:32:01	36,5	295	1	46	0	42	0
15/12/2020	07:32:11	36,5	311	1	47	0	29	0
15/12/2020	07:32:21	35,75	319	2	49	0	34	0
15/12/2020	07:32:31	35,75	342	2	47	0	37	0
15/12/2020	07:32:41	35,75	304	1	49	0	40	0
15/12/2020	07:32:51	35,75	326	2	51	1	43	0
15/12/2020	07:33:01	35,75	301	1	49	0	38	0
15/12/2020	07:33:11	35,75	307	1	53	1	33	0
15/12/2020	07:33:22	35,25	295	1	51	1	33	0
15/12/2020	07:33:32	35,25	315	1	51	1	36	0
15/12/2020	07:33:42	35,25	317	1	48	0	40	0
15/12/2020	07:33:52	35,25	295	1	48	0	31	0
15/12/2020	07:34:02	35,25	320	2	52	1	37	0
15/12/2020	07:34:12	35,25	335	2	53	1	40	0

⁶⁹ Arquivo com todos os dados pode ser baixado em: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Db9A4y1fT9I9LjanmDQ7SdYaVsfr5ISs/edit?usp=sharing&ouid=103008889681473370913&rtpof=true&sd=true>

APÊNDICE C – Apresentações das Aulas

Todas as aulas estão disponibilizadas para baixar através de links em cada figura correspondente às aulas de 1 a 7. Na aula 8, do Júri Simulado, aconteceram os debates e avaliação final.

<p style="text-align: center;">Aula 1</p> 	<p style="text-align: center;">Aula 2</p> 
<p style="text-align: center;">Aula 3</p> 	<p style="text-align: center;">Aula 4</p> 
<p style="text-align: center;">Aula 5</p> 	<p style="text-align: center;">Aula 6</p> 
<p style="text-align: center;">Aula 7</p> 	

