

Cesar Dalmolin

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO INSTRUMENTO PARA
A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE RADIAÇÃO
ULTRAVIOLETA E RAIOS X**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Física da
Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do Grau de
Mestre em Ensino de Física.
Orientador: Prof. Dr. Eduardo Cerruti
Mattei.

Florianópolis
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Dalmolin, Cesar

Sequência didática como instrumento para a
aprendizagem significativa de radiação ultravioleta
e raios X / Cesar Dalmolin ; orientador, Eduardo
Cerruti Mattei, 2018.

283 p.

Dissertação (mestrado profissional) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Ciências Físicas e Matemáticas, Programa de Pós
Graduação em Ensino de Física, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Ensino de Física. 2. Ensino de Física. 3.
Radiação Ultravioleta. 4. Raios X. 5. Aprendizagem
Significativa. I. Cerruti Mattei, Eduardo . II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Título.

Cesar Dalmolin

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO INSTRUMENTO PARA
A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE RADIAÇÃO
ULTRAVIOLETA E RAIOS X**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Ensino de Física” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

Florianópolis, 6 de dezembro de 2018.

Prof. Oswaldo de Medeiros Ritter, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Eduardo Cerruti Mattei,
Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa
Catarina

Prof.^a Marinês Domingues
Cordeiro, Dr.^a
Universidade Federal de Santa
Catarina

Prof. Jeferson de Lima
Tomazelli, Dr.
Universidade Federal de Santa
Catarina

Prof. Celso de Camargo Barros
Jr., Dr.
Universidade Federal de Santa
Catarina

AGRADECIMENTOS

À Sociedade Brasileira de Física (SBF), que por iniciativa vem investindo e proporcionando este programa nacional de pós-graduação por meio do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

À Universidade Federal de Santa Catarina por sediar um dos polos e oportunizar esta modalidade de ingresso.

À coordenação e aos professores do mestrado que dedicam tempo e esforço e colaboram dessa forma para nossa formação acadêmica e pessoal.

Ao professor Dr. Eduardo Cerutti Mattei pela ajuda, orientação, dedicação e amizade.

Aos colegas de turma pelos momentos de alegria, trabalho e tristeza enfrentados durante a duração desse curso, entre eles o Cristian, Cesar e Josemar, mas em especial, meu amigo Flávio pela parceria.

Aos meus pais pela preocupação, incentivo e apoio.

Aos meus amigos pela compreensão quando minhas atenções estavam todas voltadas para o mestrado.

À pessoa que tem meu amor incondicional, minha namorada Flávia, pela paciência, carinho, ajuda, enfim, pelo companheirismo.

A obra de cada indivíduo contribui para o conjunto, constituindo assim parte integrante de uma totalidade. (Elijah Baley)

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma Sequência de Ensino associada a um material teórico para apoiar aquele professor que deseje rever e/ou adquirir novos conhecimentos sobre radiação ultravioleta e raios X, além de propor sugestões de aulas que envolvam atividades alternativas, experimentos e assuntos contextualizados com estas radiações eletromagnéticas. Estas, por sua vez, foram escolhidas por, além de contemplar conceitos da Física Moderna e colaborar com a implementação dessa área mais recente na Física, satisfazer apontamentos que compõem os Parâmetros Curriculares Nacionais e por favorecerem a contextualização do ensino buscando associação com o cotidiano do aluno, este último aspecto, pouco presente nos livros didáticos utilizados nas escolas de acordo com aqueles analisados para este trabalho. Para a criação desse material foi considerada como referência a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel auxiliando na metodologia utilizada para a formulação da sequência de aulas. Havendo a necessidade de percepção do conhecimento prévio dos alunos, foi aplicado um questionário para este levantamento. A aplicação das aulas e, conseqüentemente das atividades, ocorreu em treze encontros com uma turma de terceiro ano do ensino médio. Após as aulas, houve aplicação de um novo questionário. Os resultados obtidos acompanhados da discussão realizada, apontam que os estudantes melhoraram sua compreensão sobre os temas contemplados e os efeitos das radiações, embora algumas concepções prévias tenham permanecido. Por fim, este trabalho tem potencialidade de contribuir para o desenvolvimento de estratégias que visem melhorar o ensino e, de modo conseqüente, a formação de cidadãos críticos.

Palavras-chave: Ensino de Física 1. Radiação Ultravioleta 2. Raios X 3.

ABSTRACT

This paper shows a Teaching Sequence combined to a theoretical material to support teachers who want to review and/or obtain new knowledge about Ultraviolet Radiation and X-ray, as well as to suggest classes with alternative activities, experiments and contextualized topics related to these electromagnetic radiations. Such subject was chosen because it covers concepts of Modern physics and collaborates with the implementation of this current research area in Physics, it follows the directions given by the National Curriculum Parameters and supports the teaching contextualization regarding similarities with the students' daily life; it was concluded that this last aspect is little present on schoolbooks that were analyzed on this paper. The Meaningful learning by David Ausubel was used as reference to the construction of this material, assisting the methodology used in the formulation of the teaching sequence. Considering the need of previous knowledge perception by the students, a questionnaire was applied in order to gather this information. The class and activities application happened in thirteen meetings with a third year high school group. After the classes, there was another questionnaire. The obtained results and the discussion followed show the students improved their comprehension about the subject studied and the effects of radiation, however, some previous conceptions remained. Lastly, this paper may contribute to the development of strategies that seek to improve teaching and, hence, the formation of critical citizens.

Keywords: Physics education 1. Ultraviolet radiation 2. X Ray 3.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma das atividades desenvolvidas na Sequência de Ensino.....	74
Figura 2 - Espectroscópios utilizados durante a primeira prática realizada. Aponta-se a fenda (instrumento à esquerda) para a fonte de luz e observa-se o espectro formado a partir do visor (instrumento à direita).....	82
Figura 3 - Durante o segundo momento da Atividade 01, os grupos observaram a luz proveniente da chama de uma vela através dos espectroscópios.	83
Figura 4 - Espectro de emissão obtido através do uso de um espectroscópio direcionado à tela de um monitor de LED. As cores evidenciadas correspondem às três cores primárias: vermelho, verde, azul.	86
Figura 5 - Quadro comparativo retirado do Trabalho 01.....	98
Figura 6 - Conclusão retirada do Trabalho 02.....	99
Figura 7 - Comparação de fatores. Retirada do Trabalho 03.....	99
Figura 8 - Conclusão dos autores do Trabalho 03.....	100
Figura 9 - Conclusão retirada do Trabalho 04.....	100
Figura 10 - Conclusão do autor do Trabalho 09.....	101
Figura 11 - A figura apresenta o cartaz desenvolvido por uma das alunas que integrava o grupo da radiação ultravioleta.....	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sequência de eventos planejada conforme sequência de ensino que integra o Produto Educacional "Física das radiações ultravioleta e raios X – uma sequência de aulas"	80
Quadro 2 - Motivo e número de vezes citado no pré-teste.....	126
Quadro 3 - Motivo e número de vezes citado no pós-teste.	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados do questionário sobre radiação ultravioleta aplicado em dois momentos diferentes.	105
Tabela 2 - Categorias em relação ao número de aluno (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 01.	109
Tabela 3 - Categorias em relação ao número de aluno (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 02.	111
Tabela 4 - Categorias em relação ao número de aluno (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 03.	113
Tabela 5 - Categorias em relação ao número de aluno (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 04.	115
Tabela 6 - Categorias em relação ao número de aluno (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 06.	117
Tabela 7 - Categorias em relação ao número de aluno (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 07.	119
Tabela 8 - Categorias em relação ao número de aluno (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 09.	120
Tabela 9 - Categorias em relação ao número de alunos (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 10.	122
Tabela 10 - Categorias em relação ao número de alunos (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 11.	125
Tabela 11 - Categorias em relação ao número de aluno (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 12.	127

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
BNCC – Base Nacional Comum Curricular
CFC – Clorofluorcarbonetos
EM – Ensino Médio
FC – Física Clássica
FMC – Física Moderna e Contemporânea
FPS – Fator de Proteção Solar
IUV – Índice Ultravioleta
PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+ – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
PNLD – Plano Nacional do Livro Didático
RIV – Radiação Infravermelho
RUV – Radiação Ultravioleta
SBF – Sociedade Brasileira de Física
TIC – Tecnologia de Informação e Comunicação
UVA – Radiação Ultravioleta tipo A
UVB – Radiação Ultravioleta tipo B
UVC – Radiação Ultravioleta tipo C
XIX – Século 19
XX – Século 20

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
2	DESENVOLVIMENTO	35
2.1	FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO – PANORAMA DA FÍSICA NO ENSINO MÉDIO	35
2.2	O ENSINO DE FÍSICA PARA A SOCIEDADE	37
3	REFERENCIAL TEÓRICO	41
3.1	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	41
3.2	CONCEITOS DA TEORIA DE AUSUBEL	42
3.2.1	Aprendizagem significativa	42
3.2.2	Disposição para aprender e material potencialmente significativo	45
3.2.3	Processos na aprendizagem significativa	47
3.2.4	Experimentos didáticos.....	47
3.2.5	Uso de multimídias.....	49
3.2.6	História da ciência.....	51
4	RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E RAIOS X	53
4.1	NO ENSINO DE FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO	53
4.2	NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO	54
4.2.1	Considerações	64
5	METODOLOGIA	69
5.1	LEVANTAMENTO PRELIMINAR NA LITERATURA....	69
5.2	LEVANTAMENTO DE DADOS PARA AUXILIAR NA ELABORAÇÃO DO MATERIAL	70
5.2.1	Sobre o questionário inicial.....	70
5.3	CONTEXTO DE APLICAÇÃO	72
5.4	A PROPOSTA	73
5.4.1	A proposta.....	73
5.4.2	Justificativa e objetivos.....	75
5.4.3	Conteúdos trabalhados	76

6	APLICAÇÃO DA PROPOSTA E RESULTADOS	79
6.1	DESCRIÇÃO DAS AULAS MINISTRADAS	79
6.1.1	Encontro 01: Aula 01 – <i>Radiação, onde?</i>	82
6.1.2	Encontro 02: Aula 02 - <i>Radiação em todo lugar</i>	83
6.1.3	Encontro 03: Aula 03 - <i>O espectro de ondas</i>	84
6.1.4	Encontro 04: Aula 04 - <i>A luz que não vemos</i>	86
6.1.5	Encontro 05: Aula 05 - <i>O que os olhos não veem, a pele sente</i>	88
6.1.6	Encontro 06: <i>Aula bônus</i>	89
6.1.7	Encontro 07: Aula 06 - <i>Para se proteger, tem que conhecer</i>	89
6.1.8	Encontro 08: Aula 07 - <i>Desbravando a radiação ultravioleta</i>	90
6.1.9	Encontro 09: Aula 08 - <i>Exposição adequada, saúde na certa</i>	92
6.1.10	Encontro 10: <i>Palestra</i>	93
6.1.11	Encontro 11: Aula 09 - <i>Raios X - natureza, geração e interação</i>	94
6.1.12	Encontro 12: Aula 10: <i>Quando o "x" da questão foi solucionado</i>	95
6.1.13	Encontro 13: Aula 11 - <i>Felicidades e infelicidades de uma descoberta</i>	96
6.2	ANÁLISE DAS ATIVIDADES REALIZADAS	97
6.2.1	Atividade 03: "Melhor prevenir, do que remediar"	97
6.2.2	Pôster	102
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	105
7.1	QUESTIONÁRIO SOBRE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA.....	105
7.2	QUESTIONÁRIO SOBRE CONCEPÇÕES ACERCA DA RADIAÇÃO	107
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	129
	REFERÊNCIAS.....	133

APÊNDICE - Produto Educacional.....	139
--	------------

1 INTRODUÇÃO

Embora vivamos em pleno século XXI, os assuntos ensinados nas escolas na disciplina de Física são anteriores ao século XX. Tal ensino segue a sequência habitual iniciada pelas diferentes áreas de fenômenos da natureza: Mecânica, seguida pela Física Térmica, Óptica/Física Ondulatória, Eletrostática e Eletromagnetismo. Este grupo de áreas compõem um conjunto de conhecimento denominado Física Clássica (FC). A partir da transição do século XIX para o século XX, novos conhecimentos ocasionaram o surgimento de novas áreas, constituindo hoje a Física Moderna e Contemporânea (FMC).

Apesar de o ensino tradicionalmente estar focado na Física Clássica, nos últimos anos passou a haver uma preocupação com respeito à Física Moderna e Contemporânea, para que passasse a ser contemplada no ensino realizado nas escolas. O resultado desse esforço pode ser visualizado, por exemplo, nos livros didáticos e currículos do Ensino Médio (EM). Entretanto, são raras as instituições que efetivamente trabalham com a mesma. Os motivos são variados, dentre estes, grande parte dos professores do Ensino Médio (quando formados em Física) não possui domínio sobre os tópicos de Física Moderna. Outro fator que influência nos assuntos abordados é a questão do tempo, que pode se apresentar de muitas maneiras, como um extenso planejamento anual a ser cumprido, que pode limitar uma exploração, por exemplo, diferenciada por temas e atividades que demandariam mais aulas do que através da maneira tradicional.

A quantidade de assuntos para serem abordados na disciplina de Física referentes à Física Clássica é amplo e muitos assuntos podem até serem questionáveis quanto ao seu propósito quando o professor reflete sobre o que ensinar, como ensinar e por que ensinar. Além disso, consomem a carga horária da disciplina, que é reduzido, e em algumas instituições ainda tende a diminuir, restando pouco tempo, ou nenhum, para abordar a Física dos séculos XX e XXI, sua influência em inovações científicas, tecnológicas e na nossa sociedade.

Quanto à extensão do programa curricular da disciplina e ao pouco tempo da grade horária destinada à mesma, a divergência não terminaria, necessariamente, em reduzir o programa, mas pode estar no priorizar os conceitos fundamentais e vinculá-los à realidade dos alunos, priorizando uma formação desses para a vida, e não restringindo apenas ao ano letivo ou no vestibular. A aprendizagem deve refletir como ferramenta para a cidadania e competência social, facilitando sua participação em uma sociedade científico-tecnológica que requer cada vez mais

insistentemente conhecimento. Por exemplo, ao abordar ondas eletromagnéticas, suas faixas podem ser relacionadas a exemplos próximos aos alunos através da interação da radiação com a matéria.

Ao mesmo tempo em que existe uma preocupação com a escolha de assuntos para serem contemplados no ensino, existe uma praxe por parte de alguns educadores que insistem em resumir a Física à aplicações de fórmulas restritas aos assuntos da Mecânica Clássica, situações artificiais ou extremamente abstratas. Embora a utilização de cálculos é essencial nas ciências naturais, uma vez que a Matemática é sua "linguagem", usar do modo descrito ocasiona um ensino mecânico sem potencial para uma aprendizagem significativa. Acrescentado das abordagens que ocasionam o conhecimento científico como algo absoluto, a aprendizagem limita-se a definições propícias para problemas sobre a própria definição e numéricos, limitando-se à memorização e resolução de problemas

O ensino concentrado nas características descritas contribui com a má construção de conceitos e desfavorece ao aluno a capacidade de compreender e reconhecer fenômenos além de relacionar e criar conexões com outros conhecimentos. Ou seja, embora o ensino seja de modo fragmentado, existe uma relação entre os assuntos que são ensinados, que compõem um corpo organizado de conhecimentos, o qual o aluno deve tomar consciência. Através do auxílio de conceitos, aplicações e discussões, tal realização pode ser atingida.

Além de favorecer a aproximação da Física da realidade do estudante e dos fenômenos do mundo que o rodeia, um conhecimento que estaria assumindo um papel informativo, passa a tomar um sentido mais amplo, passando de ser um algo próprio da Física para ser entendido como uma ferramenta para o entendimento do mundo, pensar e agir.

Para tanto, no que se refere ao Ensino Médio, não basta que os jovens aprendam o conhecimento acumulado e neutro, como muitas das instituições do ensino tradicional se atribuíram a realizar através de uma formação pré-universitária e ou profissionalizante. Mas, como traz novos documentos como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que contempla o Novo Ensino Médio, constituída em um conjunto de orientações que deverá de nortear a (re)elaboração dos currículos de referências das escolas de ensino da rede pública e privada do país.

O Novo Ensino Médio, por sua vez, traz modificações, entre elas "A mudança tem como objetivos garantir a oferta de educação de qualidade a todos os jovens brasileiros e de aproximar as escolas à realidade dos estudantes de hoje, considerando as novas demandas e

complexidades do mundo do trabalho e da vida em sociedade." (MEC Brasil.)

Com base na BNCC, as Ciências da Natureza, constituída no Ensino Médio pelos componentes curriculares Biologia, Física e Química, preveem a aquisição de conhecimentos científicos contextualizados (BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2016, p. 136) e os objetivos de aprendizagem e desenvolvimento da Física organizados a partir dos seguintes eixos formativos: "Conhecimento conceitual; Contextualização social, cultural e histórica dos conhecimentos das Ciências da Natureza; Processos e práticas de investigação em Ciências da Natureza e Linguagens usadas nas Ciências da Natureza." (BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2016, p. 143).

Estes eixos formativos através, do devido tratamento sugerido, são significativos para dar contexto sócio-cultural e, quando relacionados a conhecimentos e competências de outras áreas, proporcionam um aprendizado eficaz. Quanto à referência por um ensino contextualizado presente na BNCC o mesmo é identificado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), onde o ensino contextualizado assume a condição de tema central, sendo a partir dele que se compreende a interdisciplinaridade e se desenvolvem as competências propostas.

O estudante ao longo da sua formação básica deve adquirir algumas competências básicas que o influenciarão em se tornar um cidadão capaz de lidar com situações reais, um mundo tecnológico, complexo e em transformação que necessita de um sentido crítico. Desse modo, o conhecimento compreendido em Física não deve estar sendo tratado como algo pragmático e um saber fazer imediato.

Há um documento nacional de orientações educacionais ao PCN, o PCN+ que, de maneira equivalente contém uma abordagem que conduz (integrando os objetivos a serem atingidos) a formação através de competências e habilidades que se imagina haver necessidade do estudante adquirir ao longo do seu aprendizado e outras em fases específicas. As respectivas competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física no nível médio são: Representação e comunicação; investigação e compreensão; contextualização sócio-cultural.

Estas competências quando articuladas com o conhecimento ou tema de estudo transformam-se em temas estruturadores que auxiliam a lidar com objetos da Física. Sobre temas estruturadores consta no PCN+ que:

Devem estar relacionados, portanto, com a natureza e a relevância contemporânea dos processos e fenômenos físicos, cobrindo diferentes campos de fenômenos e diferentes formas de abordagem, privilegiando as características mais essenciais que dão consistência ao saber da Física e permitem um olhar investigativo sobre o mundo real (BRASIL, 2000, p. 69).

O mesmo documento, a partir de determinadas considerações, privilegia seis temas estruturadores para o ensino de Física: 1. Movimentos: variações e conservações; 2. Calor, ambiente e usos de energia; 3. Som, imagem e formação; 4. Equipamentos elétricos e telecomunicações; 5. Matéria e radiação; 6. Universo, Terra e vida.

Encontra-se no quinto tema estruturador indícios de temas da Física Moderna: “Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos” (BRASIL (2000), p. 70). Torna-se possível, através da implementação desse tema a abordagem de pontos que tratam de

[...] promover nos jovens competências para, por exemplo, ter condições de avaliar riscos e benefícios que decorrem da utilização de diferentes radiações, compreender os recursos de diagnóstico médico (radiografias, tomografias etc.), acompanhar a discussão sobre os problemas relacionados à utilização da energia nuclear ou compreender a importância dos novos materiais e processos utilizados para o desenvolvimento da informática (BRASIL, 2000, p. 77).

Complementando, devemos lembrar que é responsabilidade também da disciplina de Física oportunizar ao aluno compreender interações que ocorrem entre organismos e ambiente, que relacionam além do conhecimento científico, por exemplo, a saúde humana e questões culturais.

Em virtude da reformulação do EM, tais documentos de parametrização publicados a quase duas décadas, com crítica e elogios, não tiveram a influência na educação que se esperava e estão propensos a serem superados pela BNCC. Por outro lado, esta se encontra em formato de finalização e, por isso, não temos quantitativamente seus resultados positivos e negativos nem os efeitos provocados, embora a crítica tenda

ao lado da pouca eficiência para a melhoria do ensino no país, podendo vir a ser o marco de um grande retrocesso (MOZENA; OSTERMANN, 2016). De qualquer modo, em uma análise em sua terceira versão, são encontradas três competências específicas que possuem habilidades a serem alcançadas dentro da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o EM.

Analisando a primeira competência específica que consta em Brasil (2018, p. 540), "Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global." a proposta desse trabalho se encontra vinculada, pois possibilita o tratamento da interação da radiação com a matéria e o estudo do espectro eletromagnético, efeitos biológicos da radiações ionizantes e outros.

Também em proximidade com a proposta desse trabalho, destaco a habilidade EM13CNT103, dentro da primeira competência específica, que manifesta "Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica." (BRASIL, 2018, 541).

Nesta perspectiva de buscar tornar o ensino significativo, além de trazer vínculos com demais áreas de conhecimento como biologia e química, procurar contribuir com a inserção de alguns conceitos da FMC no Ensino Médio, o presente trabalho propõe uma Sequência de Ensino associada a um material teórico para apoio ao professor que deseje propor aulas com atividades alternativas e assuntos contextualizados. Com estes, objetivando o entendimento da interação da radiação com a matéria quanto a dois tipos de radiações eletromagnéticas, proporcionando uma visão abrangente da Física.

Também com esta sequência, é visado uma maior compreensão do desenvolvimento da ciência, suas aplicações e consequências em nosso cotidiano, além da tentativa de motivar por que e para que se estuda Física através de temas que se relacionam em um contexto social e cultural da nossa sociedade. Características estas que auxiliam no desenvolvimento do pensamento crítico e, conseqüentemente, da habilidade de avaliar a confiabilidade de informações, tão necessárias quando se convive com fontes numerosas e duvidosas.

Em vista disso, os objetivos específicos consistem em: discutir sobre o status e implementação da FM no EM; apresentar a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel; buscar a física como

disciplina que influência na formação de básica de todo cidadão; averiguar um panorama sobre radiação ultravioleta e raios X no contexto escolar; aplicar o produto educacional em uma escola pública; descrever os resultados obtidos com a proposta e atividades durante a aplicação do produto educacional.

Desta forma, este trabalho foi estruturado da seguinte forma:

A revisão bibliográfica denominada *Inclusão de tópicos da Física Moderna no Ensino Médio* faz um levantamento sobre como o tema radiação e matéria está sendo abordado no Ensino Médio e quais as perspectivas de futuras mudanças no ensino. Também explora o papel de ensinar física para a sociedade e como pode ser influente na formação de pessoas críticas.

O *Referencial teórico* contém o marco teórico adotado, a teoria de David Ausubel nomeada Aprendizagem Significativa, a qual auxiliou na metodologia utilizada para a formulação da sequência de aulas. Esta teoria propõe que a aprendizagem significativa ocorre quando o novo conhecimento ancora-se nos conhecimentos prévios dos alunos, conhecimentos estes chamados por Ausubel de conhecimentos subsunçores. Na ausência de conhecimentos subsunçores, Ausubel propõe a utilização de organizadores prévios, que são materiais introdutórios capazes de fornecer uma mediação entre o que o aluno sabe e o que ele precisa aprender.

Radiação Ultravioleta e Raios X são os temas da disciplina de Física que motivaram a construção desse trabalho. Como não são temas clássicos trabalhados no ensino médio, como leis de Newton, escalas termométricas ou capacitores, uma análise nos livros didáticos aprovados no PNL D para o Ensino Médio foi realizada mostrando a forma como estão sendo apresentadas e tratadas estas radiações. Também descreve os vínculos com o ensino de Física Moderna.

Em *A proposta* consta a metodologia utilizada. Há uma descrição dos aspectos considerados para a preparação do material aplicado e o lugar de aplicação. Também é apresentada a motivação para a produção do material e os objetivos visados.

A descrição da aplicação aula por aula e atividades realizadas nestas, são descritas em *Aplicação da proposta e resultados*. Os resultados obtidos além de apresentados, são discutidos.

Por último, as *Considerações finais* onde, entre outros, há uma reflexão sobre o trabalho como um todo.

Consecutivo a esta estrutura, encontra-se o *Anexo* onde pode ser encontrado o produto educacional contendo a teoria a respeito dos módulos de ensino, planos de aulas e atividades, muitas das quais serão

apresentadas e descritas nas seções que contemplam a proposta, sua aplicação e resultados.

2 DESENVOLVIMENTO

No decorrer dos últimos anos devido a variados motivos impulsionados pela academia, professores e outros, a presença de tópicos que envolvem física moderna vem ganhando espaço. Um dos reflexos pode ser evidenciado propriamente no ensino de física. Nesta etapa é apresentado o levantamento de um dos diversos temas que envolvem esta área da física, o tema radiação e matéria. Este assunto envolve a interação radiação-matéria que é pouco ensinada, mas de enorme carga social. À vista disso, em segundo momento, buscamos apresentar alguns motivos de ensinar física visando o papel social e humano que a disciplina de Física pode oferecer.

2.1 FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO – PANORAMA DA FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

Mesmo que a física não seja uma ciência inerte desvinculada das inovações desfrutadas por diversas áreas, o ensino praticado nas salas de aula do ensino médio, atualmente, abrange praticamente os assuntos da física desenvolvidos até o século XIX, compreendendo a denominada Física Clássica. Reconhece-se a importância e sua relevância que estes temas tiveram no passado e possuem no presente. Assim, não há neste trabalho o intuito de desqualificar um conteúdo em benefício do outro, afinal, não é porque esta não é a física envolvida na tecnologia mais interessante que nos circunda que ela não é essencial para a compreensão do mundo moderno.

Ocorre que apenas o foco voltado à FC pode desencadear uma impressão que a física corresponde a algo centrado em roldanas, planos inclinados, piões, caixinhas, circuitos elétricos, lentes etc. O resultado dessa prática faz com que determinados assuntos ofereçam uma visão inadequada do seu real papel no desenvolvimento científico e tecnológico, bem como as contribuições que a física pode dar a diversos problemas da ciência e da sociedade contemporâneas. (CHAVES; SHELLARD, 2005). Alguns até podem se levar a enganar pensando que esta não é atualizada ou não se comunica com o cotidiano do aluno.

Na nossa atual realidade são incluídas constantemente novas tecnologias que se baseiam na utilização de radiações. Conforme consta no PCN+, a introdução de assuntos relacionados ao tema Matéria e Radiação no ensino médio promove capacidade em compreender a tecnologia e avaliar seus riscos e benefícios. Para este tratamento, vários dos fenômenos envolvidos estão descritos através da interação da

radiação com a matéria, envolvendo os modelos que descrevem a constituição da matéria e através da caracterização das radiações que compõem o espectro eletromagnético (PCN+). Quanto à BNCC, através das competências específicas este tema, embora com menor ênfase, também é contemplado. Verifica-se esta abrangência na primeira competência específica e, exclusivamente, na habilidade EM13CNT103 (citada anteriormente), embora não exista uma ênfase no estudo da Física Moderna e do uso da História da Ciência.

Radiações e suas interações constituem a segunda unidade temática do quinto tema estruturador do PCN+, matéria e radiação (BRASIL, 2000)). Para o tratamento de várias dessas unidades, encontra-se a necessidade de abordar conceitos pertencentes à Física Moderna. Embora sejam recomendações, infelizmente são poucas as tentativas de inserção de tópicos relacionados às radiações em nossas salas de aula. Tal situação pode ser devido ao desconhecimento e/ou insegurança por parte dos professores para as devidas abordagens, o que possui relação com a falta de material disponível e/ou atividades que proporcionam essa implantação, bem como outros fatores.

De qualquer modo, a inserção de tópicos de FMC é necessária para tornar a escola, entre outros, um local de discussões e reflexões acerca da nossa realidade e sociedade que apenas a FC pode não contemplar, embora esta seja necessária para compreender aspectos da FMC. Além disso, contribuimos para fornecer uma nova visão da Física, como afirma Siqueira (2006):

Desta forma, a inserção da FMC faz-se necessária, para conceder aos jovens, uma nova possibilidade de leitura da natureza, contrastando com a leitura, a partir da Física Clássica. Aliás, isso pode ser um ponto favorável ao ensino de FMC no E.M., ou seja, através dessa Física, pode-se mostrar uma outra face da natureza, que é desconhecida pelo jovem, tornando-a assim, mais atrativa por não ter sido ainda explorada. Além do mais, ela pode contribuir para uma visão menos linear e acabada da Física, que normalmente é passada aos alunos (MAXWELL, 2006, p. 8).

Convém olhar para as outras disciplinas que compõem as Ciências da Natureza: a Química e a Biologia. Estas matérias abordam conteúdos durante o Ensino Médio que caracterizam uma ciência moderna através de tópicos modernos, conforme analisa Sousa *et al.*

Analisando de uma forma geral os livros destas disciplinas, podemos ver assuntos que tratam do genoma, a estrutura do DNA, fotossíntese, níveis de energia nas camadas eletrônicas, spin dos elétrons, entre outros temas. Todos esses conteúdos fazem parte de uma ciência moderna, desenvolvida no século XX, já sendo usados em sala de aula nas discussões que ocorrem nas disciplinas citadas anteriormente, mas infelizmente não vemos ainda, tópicos ligados a Física desse século nas discussões feitas no Ensino Médio (SOUZA, 2009, p. 3).

2.2 O ENSINO DE FÍSICA PARA A SOCIEDADE

A Física tem sido considerada por várias pessoas como uma ciência formal, com um alto rigor matemático e de difícil compreensão. Esta visão muitas vezes é construída devido à postura que o professor assume e ministra suas aulas, podendo ser através da educação formal e tradicional. Um dos resultados acaba sendo o afastamento do aluno da disciplina. Tal prática já se mostrou não ser eficaz para a educação, pois já se compreende que simplesmente acumular saberes não traz desenvolvimento qualitativo ao pensamento humano, influenciando negativamente na construção de um cidadão crítico, atuante e apto a exercer seu papel na sociedade.

Outro fator que pode estar contribuindo com o afastamento do aluno da disciplina, procedendo da premissa dos documentos nacionais que destacam a interdisciplinaridade e contextualização do assunto, ocorre devido a não apresentar a relevância do tema para a vida pessoal, em outras palavras, não é comum mostrar a importância da física na vida e articulando com o que está a volta das pessoas e como, de alguma forma, encontram-se as causas e consequências dos fenômenos físicos que afeta a mesma.

Nesta perspectiva, torna-se necessário evitar o ensino dogmático, sem contextualização e ignorar os efeitos do conhecimento na vida do estudante. Como aponta o PCN+ para o novo ensino médio deve “preparar para a vida, qualificar para a cidadania e capacitar para o aprendizado permanente, em eventual prosseguimento dos estudos ou diretamente no mundo do trabalho” (BRASIL, 2000, p. 8). Muitas vezes acaba não sendo uma tarefa trivial, uma vez que a Física, bem como as demais disciplinas científicas, não está em conjunto com o caráter social, mas é importante para a formação integral das pessoas, por exemplo, através do pensamento crítico.

O pensamento crítico é uma das capacidades essenciais para o aprendizado, uma vez que o indivíduo não apenas absorve o conteúdo, mas ele forma uma opinião sobre e, inclusive, não o aceita como uma verdade absoluta, de modo que também ele questiona. Para nossa sociedade atual, olhar criticamente para as informações que lhe chegam torna-o capaz de compreender a relevância, identificar as fontes questionáveis e posicionar-se diante do tema.

Desenvolvendo o pensamento crítico no aluno, a escola estará cumprindo com seu papel de formar alunos-cidadãos; um cidadão crítico capaz de se questionar diante das mais diversas situações enfrentadas em seu dia a dia, como por exemplo, “como consigo escrever em um quadro com determinados materiais”, “como um automóvel funciona, visto que ‘apenas’ precisa de gasolina”, “qual chuveiro me oferece o melhor custo-benefício no inverno”, “o quanto posso acreditar no comentário feito por determinada pessoa” e outros. Outra característica está em conseguir perceber o mundo e se situar no mesmo, não se deixar ser influenciado e até mesmo levado por qualquer tendência (sociais, moda, mídia, etc.). E por último, não possuir uma postura de indiferença e fugir do pensamento medíocre, pois assim poderá estar distinguindo suas ideias dos pensamentos do senso comum, saber questionar a situação e saber decidir se aquilo é bom para ele ou não.

Neste ponto o ensino de física possibilita a formação de um cidadão crítico, mas para isso, como colocado anteriormente, a maneira de ensino precisa mudar e, mais do que absorver conteúdo, o aluno deve ser estimulado a usá-lo e questioná-lo e assim se tornar um ser pensante e crítico. Convém aceitar que a escola sozinha pode não ser capaz de estar desenvolvendo o pensamento crítico do aluno, mas podemos, através do ensino de Física estar, por exemplo, promovendo a conexão entre a informação científica e contexto social, desse modo, o conhecimento científico pode estar tomando significado no mundo real.

Alguns especialistas dizem que para a formação de indivíduos, que devem atuar em uma sociedade repleta de ambiguidades (benefícios x prejuízos) decorrentes de avanços tecnológicos, pode ser desenvolvida através da introdução de Tópicos da Física Moderna (CAVALCANTE, 1999). A introdução de tais tópicos não promoverão sozinhos a capacidade crítica dos alunos em relação à tecnologia, mas influenciará promovendo os princípios científicos e tecnológicos. Dentre várias alternativas, a promoção pode ser mais efetiva através de relações com o meio histórico-social.

Assim, a física tem um novo papel em desenvolver um exercício mais pleno da cidadania, afinal, como podemos exercer influência sem

conhecimento na realidade que nos cerca? Segundo Cavalcante (1999) o exercício da cidadania “baseia-se no conhecimento das formas contemporâneas de linguagem e no domínio dos princípios científicos e tecnológicos que atuam na produção moderna”.

Isto posto, não devemos desenvolver o ensino de física como algo estático no tempo, mergulhado em um tratamento matemático e desvinculado da realidade dos alunos. Devemos nos atentar ao tratamento que busque contextualizar assuntos relevantes, significativos e vinculados com sua formação e a realidade em que vivemos. Assim, quando trabalhada a interação da radiação com a matéria, diversos temas podem ser beneficiados devido sua alta carga social.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Não é raro nos depararmos com situações nas quais o aluno encontra-se preocupado em decorar em vez de buscar compreender o assunto. Ocorre que matéria “decorada” é apenas uma memorização mecânica, que se torna “descartável” após um período de tempo, normalmente após a prova. Segundo Tavares (2004, p. 56), na aprendizagem memorística não existe a necessidade de mudança do conhecimento interno. O conhecimento absorvido é usado nos exames e rapidamente é esquecido, pois este conhecimento não passa a fazer parte da estrutura cognitiva do aluno.

Tal ferramenta de avaliação e a preocupação dos estudantes, que motiva os alunos a decorar conteúdos, não auxilia em promover o desenvolvimento de competências e habilidades que uma situação, ou um problema, por exemplo da sociedade, requer para uma solução. Romero Tavares (2004, p. 57) defende que a memorização pode ser a única alternativa encontrada pelos estudantes por causa da forma com que a Física é trabalhada no ensino médio ou superior. A escola não pode apenas transmitir o conhecimento, é preciso que seja significativo para que então possa ser aplicado no cotidiano em benefício da humanidade.

Nesta perspectiva e em busca de um aprendizado que seja duradouro e tenha significado físico e coerente ao estudante, a proposta deste trabalho considera a fundamentação teórica envolvendo a Aprendizagem Significativa.

3.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A Física costuma ser considerada como uma disciplina complexa, dado seu caráter abstrato que, muitas vezes, impede o pleno entendimento do conteúdo pelos alunos. Além de outros fatores, é essencial a existência de estratégias que possibilitem o entendimento daquilo que compõe esta disciplina e que relacionem os interesses dos alunos como é citado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, Ministério da Educação - MEC, 2000)

(...) e esse sentido emerge, na medida em que o conhecimento de Física deixa de constituir-se em um objetivo em si mesmo, mas passa a ser compreendido como um instrumento para compreensão do mundo. Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja

informado de sua existência, mas para que esse conhecimento transforme-se em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. (...) (Brasil. Ministério da Educação – MEC, 2000, p. 4).

Além disso, é necessário que a aprendizagem seja duradoura. Essa possibilidade, ainda que encontre ressonância em diversas teorias da aprendizagem, se amolda de forma bastante ajustada com as ideias de Ausubel e sua teoria, a Teoria da Aprendizagem Significativa. A teoria de Ausubel é um dos marcos teóricos adotados para este trabalho. Ela prioriza a aprendizagem cognitiva, tratando a internalização do conhecimento como uma edificação mental ordenada, estruturada e hierarquizada.

O processo de aprendizagem ocorre com a “assimilação” pela estrutura cognitiva do indivíduo de significados novos. Com esta internalização de ideias e conceitos novos, a aprendizagem pode ocorrer de forma significativa ou mecânica. A aprendizagem significativa é duradoura. Nesse tipo de aprendizagem sempre se estabelece uma relação entre o novo conteúdo e aquele já sabido pelo indivíduo que o aprende.

3.2 CONCEITOS DA TEORIA DE AUSUBEL

3.2.1 Aprendizagem significativa

A teoria desenvolvida por David Ausubel teve seu início de desenvolvimento em 1963 e desenvolvida nas décadas seguintes por Ausubel, Novak e Hanesian enfatiza, primeiramente, a aprendizagem cognitiva. Assim, como representante do cognitivismo, Ausubel apresenta uma explicação teórica do processo de aprendizagem, embora reconheça a importância da experiência efetiva neste processo. Aprender significativamente, segundo seus estudos, significa organizar e integrar todo o material na estrutura cognitiva, ou seja, o indivíduo aprende significativamente quando ele consegue relacionar, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a nova informação com uma estrutura de conhecimento específica que faz parte da sua estrutura cognitiva prévia (VALADARES, 2011). Dessa maneira, a aprendizagem é um processo que envolve o intercâmbio da nova informação abordada com a estrutura cognitiva do aluno. Portanto, o ponto de partida para um novo conhecimento é através do conhecimento prévio possuído pelo indivíduo.

Justifica-se a valorização do conhecimento prévio do aluno, pois para que se possa construir estruturas mentais que caracterizam uma aprendizagem prazerosa e eficaz, ela é indispensável, será a ponte entre aquilo que o aluno já conhece para a construção de um novo conhecimento. Além disso, conforme o conhecimento prévio é modificado e o novo conteúdo é apresentado e incorporado às estruturas de conhecimento, a aprendizagem é muito mais expressiva devido à reconfiguração das estruturas mentais existentes e/ou do surgimento de outras. Assim, será significativo o assunto ensinado quando o novo conhecimento atingir ideias preexistentes.

Uma condição a este favor está na necessidade de pontos de ancoragem, ou subsunçores de aprendizagem, que irão relacionar o novo com o que o aluno já sabe. A teoria estimula o uso de organizadores prévios que sejam utilizados como âncora para a nova aprendizagem. É essencial que o estudante seja capaz de confrontar entre si os conceitos aprendidos, de forma a tornar significativa a sua aprendizagem. Quando uma nova informação interage em comum junto à estrutura de conhecimento específico, chamamos este conceito de “subsunçor”, ou seja, as concepções prévias são chamadas por Ausubel de conceitos subsunçores, ou conceitos âncora. Para reforçar esta ideia, (TAVARES, 2004, p. 56) afirma que: “A aprendizagem significativa requer um esforço do aprendente em conectar de maneira não arbitrária e não literal o novo conhecimento com a estrutura cognitiva existente”.

Por outro lado, ao mesmo tempo que trabalhar com o conhecimento prévio pode auxiliar na aprendizagem, ele também pode prejudicar, dependendo da forma como for abordado. Quando ocorre a interação entre o conhecimento prévio do aluno com o novo conhecimento, esta não deve ocorrer de forma aleatória, arbitrária ou associada a qualquer conceito, mas àqueles pertinentes na estrutura cognitiva, ou seja, nos subsunçores.

Outras características dessas concepções são encontradas em diversos trabalhos, como o de Peduzzi e Zylbersztajn (1992):

São encontradas em um grande número de estudantes, em qualquer nível de escolaridade; constituem um esquema conceitual coerente, com amplo poder explicativo; diferem das ideias expressas através dos conceitos, leis e teorias que os alunos têm de aprender; são muito persistentes e resistem ao ensino de conceitos que conflitam com elas; não se debilitam, mesmo a frente de

evidências experimentais que as contrariam; interferem no aprendizado da Física, sendo responsáveis em parte, pelas dificuldades que os alunos encontram em disciplinas desta matéria, acarretando nestas um baixo rendimento quando comparado com disciplinas de outras áreas; apresentam semelhança com esquemas de pensamento historicamente superados (PEDUZZI; ZYLBERSTAIN; MOREIRA, 1992, p. 240).

É importante que o conteúdo não seja apresentado apenas de forma expositiva e descritiva. Para promover esta forma de aprendizagem, como mencionado, será trabalhado com o conhecimento prévio e as informações que o aluno traz, assim, sempre que possível, o tema deve ser introduzido por alguma atividade que possibilite criar um contexto que dará um “significado” ao tema em questão, justificando ainda o fato de que ele será estudado a seguir. Ausubel propõe a criação de textos introdutórios que serão utilizados antes de iniciar a estruturação de uma nova informação. Outra alternativa é através da problematização do tema a ser abordado, oportunizando à prática da reflexão. Isso pode ser feito através de perguntas bem colocadas, que também pode ocasionar uma motivação e/ou estímulo ao aluno quando esta promove seu interesse ou um desafio a buscar o conhecimento para resolvê-las.

Apenas uma pergunta não é suficiente para identificar os saberes dos estudantes, mas criar momentos através de discussões, situações-problema, desafios e outros. Descobrir o que eles sabem sobre o tema, e por outro, auxiliar no planejamento mais adequado das situações que podem ser levadas aos alunos para que estes reformulem e ampliem seus conhecimentos. Para a composição do contexto da pergunta ou discussão inicial, que pode até ser aquela mais adequada à realidade da turma, podem ser utilizadas reportagens de jornal ou TV, experimentos, interpretação de figuras e frases, algum fenômeno do cotidiano, etc. Dessa maneira e com esses materiais introdutórios, é possível chamar a atenção dos alunos antes mesmo de passar o assunto a ser aprendido. Na teoria de Ausubel, estes são denominados organizadores prévios e possuem a função ainda de desenvolver conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem significativa (TIRONI et al., 2013).

Caso contrário, quando um conteúdo a ser aprendido não esteja associado a algo já conhecido, a aprendizagem se torna mecânica ou repetitiva, uma vez que não é considerável a incorporação e atribuição de significado, e o novo conteúdo passa a ser armazenado isoladamente sem

interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva ou por meio de associações arbitrária na estrutura cognitiva. Nesta situação, o indivíduo passa a decorar fórmulas, leis por um curto período de tempo, esquecendo logo após. Normalmente no caso de estudantes, após a avaliação. De qualquer modo, dessa maneira, não há aprendizagem significativa.

3.2.2 Disposição para aprender e material potencialmente significativo

A teoria de Ausubel foi pensada para o contexto escolar e considera a experiência do aluno. Também destaca o papel dos professores na proposição de situações que venham a favorecer a aprendizagem do sujeito. Nestas condições, Ausubel considera três condições para que a aprendizagem significativa ocorra, ao mesmo tempo que diferenciam esta aprendizagem da aprendizagem mecânica, ou memorística (TAVARES, 2004):

Existem três requisitos essenciais para a aprendizagem significativa: a oferta de um novo conhecimento estruturado de maneira lógica; a existência de conhecimentos na estrutura cognitiva que possibilite a sua conexão com o novo conhecimento; a atitude explícita de apreender e conectar o seu conhecimento com aquele que pretende absorver (TAVARES, 2004, p. 56).

Estas três condições podem ser vistas como: a) o conteúdo deve ser lógico e; b) potencialmente significativo; c) o aluno precisa estar propenso para aprender (se ele simplesmente quiser memorizar o conteúdo de maneira literal e arbitrária, a aprendizagem será mecânica). Na teoria de Ausubel, a disposição para aprender é considerada o fator mais importante no processo de aprendizagem, pois influencia a percepção do aluno a relacionar o material de maneira consistente e não arbitrária. (TIRONI et al., 2013, p. 4), reforça esta ideia afirmando que: “Na teoria de Ausubel, a disposição para aprender é considerada o fator mais importante na aprendizagem, pois influencia a percepção do aluno em relação ao objeto de estudo”. Portanto, independente de quão potencialmente significativa é a nova informação, se o aluno tiver a intenção de apenas memorizá-la de modo arbitrário e literal, ocasionará

uma aprendizagem mecânica (MOREIRA; CABALLERO; RODRIGUEZ, 1997).

Algumas dessas condições costumam ser ignoradas na escola e afetam negativamente o aluno, pois de acordo com o primeiro, ensinar sem considerar o que o aluno já sabe não gera resultados, uma vez que o novo conhecimento não tem onde se ancorar. O terceiro é mais desafiador, relaciona-se com tornar o ambiente escolar motivador, pois mesmo o melhor professor com as melhores atividades poderá ser ineficaz. Torna-se então necessário as três condições para promover a aprendizagem significativa. Sem elas o processo também resultará em uma aprendizagem mecânica.

À luz da teoria da aprendizagem significado, aquilo que o aluno já possui conhecimento é o mais importante fator isolado que influencia em sua aprendizagem. Logo, o ensino deve, inevitavelmente, ser coordenado de acordo. Para que ocorra a aprendizagem significativa, para Moreira (2006, p. 3), são necessárias duas condições que sintetizam as três citadas: a potencialidade significativa dos materiais educativos e a pré-disposição do sujeito para aprender.

[...] a potencialidade significativa dos materiais educativos (i.e., devem ter significado lógico e o aprendiz deve ter subsunçores especificamente relevantes) e a pré-disposição do sujeito para aprender (i.e., intencionalidade de transformar em psicológico o significado lógico dos materiais educativos) (Moreira, 2006).

A partir desse ponto de vista, o material utilizado poderá contribuir, ou não, para a aprendizagem. Para esta condição ser satisfeita e ocorrer aprendizagem significativa, o material deve ser potencialmente significativo (relacionável à estrutura cognitiva de maneira não-arbitrária e não-litera). Este por sua vez deve corresponder a um conjunto de informações que encontre na estrutura cognitiva do estudante conhecimentos especificamente relevantes - ideias âncoras -, os chamados subsunçores, com as quais seja possível se relacionar o novo conhecimento (MOREIRA; CABALLERO; RODRIGUEZ, 1997). Antagonicamente, não será potencialmente significativo (não relacionável de maneira substantiva e não-arbitrária à estrutura cognitiva) e não é possível a aprendizagem significativa.

3.2.3 Processos na aprendizagem significativa

Há dois interessantes processos que a teoria de Ausubel destaca que ocorrem na aprendizagem significativa: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrada. A diferenciação progressiva está relacionada com a aprendizagem subordinada e ocorre quando um conceito subsunçor, através de sucessivos processos de ancoragem, sofre modificações de significado, diferenciando-se progressivamente, adquirindo deste modo maior estabilidade e clareza (MOREIRA; MASINI, 1982). A assegurar que um novo conceito é compreendido por subordinação (ocorre quando a nova informação é assimilada pelo subsunçor alterando-o definitivamente) podemos entender que o conteúdo a ser apresentado aos estudantes deve ser programado de maneira que primeiramente sejam apresentados os conceitos mais gerais do conteúdo e, pouco a pouco, introduzir os conceitos mais específicos.

A reconciliação integrativa ocorre quando, na aprendizagem superordenada ou combinatória, ideias presentes na estrutura cognitiva são reconhecidas como relacionadas, a partir de um processo de interação entre elas, podendo reorganizar-se esta estrutura e adquirir novos significados (ROSA, 2008). Pode ser entendido por aprendizagem superordenada aquela que ocorre quando a informação nova é ampla demais, ou abrangente demais, para ser assimilada por qualquer subsunçor existente. Assim, o planejamento do material a ser apresentado ao estudante deve ser feito de maneira que haja exploração de relações entre ideias, caracterizando semelhanças e diferenças entre conceitos conexos.

3.2.4 Experimentos didáticos

É evidente a relevância da utilização de experimentos didáticos como prática educacional não apenas no ensino da Física, mas das Ciências em seu todo. Segundo Araújo e Abib (2003, p. 02) "[...] o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente". Um dos pontos positivos está em proporcionar aos alunos a oportunidade de testar explicações e refletir sobre elas de forma crítica. Atividades experimentais possuem o intuito de promover a teoria-prática e é uma estratégia adicional para auxiliar a promover aprendizagem significativa de conteúdos científicos, afinal,

aquilo que qualquer pessoa observa depende fortemente de seu conhecimento prévio e de suas expectativas.

Na relação que se cria entre a teoria e a prática é que se estruturam os organizadores prévios. Estes são criados a fim de modificar a estrutura cognitiva, obtendo a partir da aprimoração do antigo, o novo conhecimento.

Sejam os experimentos didáticos realizados de forma tradicional em laboratório, ou de forma mais simples em sala de aula, uma vez que sendo levados em consideração os conhecimentos prévios dos alunos, estes podem auxiliá-los na assimilação do novo conhecimento científico, promovido pela integração entre o experimento e o conteúdo teórico. No trabalho de Leiria e Mataruco (2015), no qual discutem sobre a importância de atividades experimentais para a aprendizagem significativa, constatam que experiências realizadas como se fossem uma receita de bolo não garante a aprendizagem significativa dos conceitos envolvidos, pois não interagem com o conhecimento prévio do aluno.

Portanto, para Ausubel o experimento sempre deve levar consideração os conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, onde o conhecimento científico se desenvolva por meio de trabalhos relacionados aos conceitos históricos, culturais e sociais, fazendo com que os indivíduos consigam desenvolver a sua capacidade de raciocínio sem ter o objetivo de memorizar os conceitos e as fórmulas que lhe são abordados em sala. Assim, os conceitos que forem ser desenvolvidos devem ser disponibilizados em forma de materiais que podem ser relacionados com a estrutura cognitiva do aprendiz de maneira não literal e não arbitrária (LEIRIA; MATAURO, 2015).

Aliás, o conhecimento prévio do aluno atua como a "âncora" para a apropriação do conhecimento científico que pode ocorrer entre o conceito que se quer ensinar e a atividade experimental. "Há, pois, um processo de interação no qual conceitos mais relevantes e inclusivos interagem com o novo material, servindo de ancoradouro, incorporando-o e assimilando; porém, ao mesmo tempo, modificando-se em função dessa ancoragem" (MOREIRA, 1999, p. 12).

Também é importante que ocorra a possibilidade de que o aluno relacione aquilo a ser aprendido com fenômenos que façam parte de sua

rotina ou que seja conhecido pelo mesmo. Além disso, a experimentação é uma maneira de atrair a atenção do aluno e mudar a dinâmica da sala de aula de modo a estimular a participação do aluno facilitando a ocorrência da aprendizagem significativa. Atividades experimentais também contribuem com o convívio social entre os alunos durante o processo, uma vez que seu desenvolvimento é possível de ser realizado em grupos, mas também com a sociedade na qual estão inseridos, não apenas como pessoas ativas, mas pelas atitudes e comportamentos.

A atividade de demonstração experimental em sala de aula, particularmente quando relacionada a conteúdos de Física, apesar de fundamentar-se em conceitos científicos, formais e abstratos, tem por singularidade própria a ênfase no elemento real, no que é diretamente observável e, sobretudo, na possibilidade simular no micro-cosmo formal da sala de aula a realidade informal vivida pela criança no seu mundo exterior. Grande parte das concepções espontâneas, senão todas, que a criança adquire resultam das experiências por ela vividas no dia-a-dia, mas essas experiências só adquirem sentido quando ela as compartilha com adultos ou parceiros mais capazes, pois são eles que transmitem a essa criança os significados e explicações atribuídos a essas experiências no universo sócio-cultural em que vivem (MELO et al., 2005, p. 232).

A realização das atividades experimentais, seja dentro de um laboratório didático ou não, contribuirá para a interação social entre os alunos, onde se tornará possível o desenvolvimento de trabalho em grupos, proporcionando conhecimento que poderão levar os mesmos a sua interação com a sociedade na qual estão inseridos, sendo assim agentes ativos e participantes do desenvolvimento de sua comunidade

3.2.5 Uso de multimídias

A teoria de Ausubel propõe que a aprendizagem significativa acontece quando o estudante consegue dar significados àquilo que ele internalizou, para isso, há o envolvimento a aquisição de novos significados que espera-se que sejam aqueles compartilhados no contexto do assunto de ensino. Para facilitar a modificação desses, em outras

palavras, uma mudança cognitiva, além de atividades práticas experimentais, há ferramentas que podem ser utilizadas através de atividades individuais ou colaborativas introduzidas a partir do uso de multimídias. Pires e Veit (2006) descrevem uma experiência didática na qual introduziram o uso de tecnologia de informação e comunicação no ensino de Física, à luz da teoria da aprendizagem significativa, e afirmam que o computador é hoje uma valiosa ferramenta cognitiva para a aprendizagem de Física.

Um exemplo destas ferramentas são os simuladores, que possibilitam uma interação peculiar com um determinado assunto. Uma animação interativa pode possibilitar a representação de conceitos abstratos através de objetos concretos, na medida em que torna possível a construção de sua imagem como uma realidade virtual.

Se tratando da comunicação utilizando multimídia, ainda temos múltiplos meios como, por exemplo: sons, textos, imagens, vídeos, ambiente virtual de aprendizagem e a *web*, a qual possibilita que seu usuário crie, manipule, armazene e pesquise conteúdo. Em vista disso, tais ferramentas quando utilizadas adequadamente são potencialmente significativas para a aprendizagem.

Conforme consta no PCN do Ensino Médio Parte III

[...] câmeras de vídeo e computadores estão hoje se tornando mais baratos do que microscópios e outros equipamentos experimentais convencionais, com tendência a se tornarem cada vez mais acessíveis. Isso eliminará, em muito pouco tempo, os obstáculos à incorporação desses instrumentos do processo de aprendizado, seja como meio indireto, na utilização de textos e vídeos didáticos apropriados a cada momento e local, seja como meio direto e objeto de aprendizado, usado pelos alunos na produção de textos e vídeos, aprendizado prático, portanto. (BRASIL, Ministério da Educação – MEC, 2000, p. 50).

Na medida em que os PCNs articulam conhecimentos e competências, Ricardo et al. (2007, p. 136) no trabalho sobre a tecnologia no ensino médio mencionam a tecnologia associada à ciência sob uma perspectiva ampla. Por exemplo, para a disciplina de Física, são sugeridos, entre outros os temas som, imagem e informações; equipamentos elétricos e telecomunicações; matéria e radiação, cuja relação com a tecnologia é explícita.

O uso de computadores pelos alunos, além de ser poder ser um fator motivador que é fundamental para a aprendizagem do aluno, também pode agir como instrumento de aprendizagem que pode auxiliar na relação com novas tecnologias de informação e para se instrumentalizar para as demandas sociais presentes e futuras. O uso da internet, por exemplo, proporciona recursos com elevado potencial para o processo de ensino-aprendizagem.

3.2.6 História da ciência

A ciência corresponde a um conjunto de conhecimentos desenvolvido ao longo do tempo. Conceitos que compõem as ciências não são “mágicos” nem “óbvios”, mas desenvolvidos a partir de inúmeras motivações que são ocultadas quando o conhecimento é ensinado, e junto desses, elementos que dão significado ao conceito e de seus processos de construção e que, juntos, levam à evolução da Ciência.

Magalhães, Santos e Dias (2002), mostraram em seu trabalho que a História da Física, inspirada na teoria da Aprendizagem Significativa, de Ausubel e Novak, também pode ser utilizada como organizador prévio, podendo ser usada como elemento facilitador para uma aprendizagem significativa no ensino de campo elétrico e magnético. Segundo estes autores: “[...] A História da Física apresenta os problemas que levaram à formulação de um particular conceito; ela revela os ingredientes, lógicos ou empíricos, que foram realmente importantes nesse processo” (MAGALHÃES; SANTOS; DIAS, 2002, p. 490).

Com estas características, os elementos tradicionalmente ocultados durante o ensino são desvendados. A História da Física traz uma introdução, revelando significado ao conteúdo que será ensinado, sendo assim um legítimo organizador prévio. E mais, ela permite uma multiplicidade de enfoque de acordo com as perguntas colocadas.

Há de recordarmos que o conhecimento científico formal naturalmente apresentado durante o ensino nem sempre foi assim, estes sofreram um processo evolutivo. Nesta perspectiva, um tratamento histórico permite explorar os processos da criação do conhecimento e desenvolvimento desse, como surgiram as teorias científicas e como resultado, o pensamento científico. Além de buscar o significado dos conceitos, ou seja, realizar através da investigação de seus fundamentos, Dias (2001), sobre o uso da história e a clarificação de conceitos, apresenta em seu trabalho que

A História da descoberta de um conceito mostra não somente como o conceito foi criado, mas, sobretudo, seu porquê; a História mostra as questões para cujas soluções o conceito foi introduzido, revela o quê o conceito faz na teoria, sua função e seu significado. A História revive os elementos do pensar de uma época, revelando, pois, os ingredientes com que o pensamento poderia ter contado na época em que determinada conquista foi feita. Ela desvenda a lógica da construção conceitual; nesse esforço, ela revela, também, os "buracos lógicos" que o conceito preenche, revivendo o próprio ato intelectual da criação científica (DIAS, 2001, p. 227).

4 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E RAIOS X

Este capítulo busca apresentar um panorama no qual a Radiação Ultravioleta (RUV) e os Raios X se encontram dentro do ensino de física no Ensino Médio. Para auxiliar, agrega-se uma análise sobre alguns livros didáticos aprovados pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) correspondente ao período de vigência de 2015 a 2017.

4.1 NO ENSINO DE FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO

Uma vez já evidenciada a importância da implementação de tópicos de física moderna no ensino médio, existe também uma discussão a respeito da atualização do currículo de física bem como das questões metodológicas a serem seguidas. Há similarmente outra pergunta a ser feita que vem de encontro a esta etapa: Quais os tópicos de FMC que deveriam ser ensinados na escola média? Ostermann e Moreira (2001) fizeram esta pergunta entre professores de física e pesquisadores em ensino de física. Obtiveram, os mais apontados entre os entrevistados, os seguintes tópicos: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do Universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular e fibras ópticas.

O resultado da pesquisa aponta que um dos temas escolhidos para este trabalho está entre os mais importantes dentre os apontados, porém, como será apresentado na subseção 4.2, abaixo, predomina apenas uma simples apresentação nos livros didáticos utilizados na análise apresentada. Quando nos voltamos para a radiação ultravioleta, a presença desse tópico pode ser ainda menor. Uma análise quanto a esta radiação e aos raios X é apresentada na sessão seguinte.

Quanto às radiações escolhidas para este trabalho, elas não são estudadas nas outras disciplinas do Ensino Médio. Medeiros e Lobato (2010) analisaram o conteúdo radiação em livros didáticos de Química e Física e concluem que:

A análise das obras de Química foi efetuada apenas em capítulos que abordam diretamente o tema radiação. Percebeu-se que os livros, ao abordarem o conteúdo, tratam principalmente das radiações nucleares, não as vinculando às ondas eletromagnéticas, apresentadas no capítulo sobre

modelos atômicos. Já os livros de Física abordam principalmente alguns aspectos das radiações eletromagnéticas (MEDEIROS; LOBATO, 2010, p. 3).

4.2 NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO

Para o desenvolvimento desse trabalho, houve a necessidade de conhecer como a radiação ultravioleta e os raios X estariam presentes nos livros didáticos usados naquele período. Desta forma, das quatorze coleções aprovadas para o Ensino Médio através do PNL D, oito foram adotadas para análise. Nesta escolha não houve preferência a editoras, popularidade ou preferência pessoal ou de outros professores. Meramente as coleções aqui presentes foram aquelas na qual o acesso ocorreu.

Os livros examinados foram: Física (ARTOSO e WRUBLEWSKI, 2013); Física aula por aula (XAVIER e BARRETO, 2013); Física (BONJORNO *et al.*, 2013); Física para o ensino médio (FUKE e YAMAMOTO, 2013); Física (DOCA *et al.*, 2013); Ser protagonista Física (Angelo Stefanovitz, 2013); Conexões com a Física (MARTINI *et al.*, 2013); Física: ciência e tecnologia (TORRES *et al.*, 2013). Embora a análise foi direcionada ao terceiro volume de cada coleção, este destinado ao terceiro ano do Ensino médio, em alguns casos foram analisados outros volumes. Desta forma, quando não mencionado, considera-se o terceiro volume.

Passo a descrever a relação dos livros didáticos de Física analisados, junto a suas referências, e uma análise do conteúdo encontrado em cada um deles sobre, primeiramente radiação ultravioleta e, posteriormente, raios X. Buscarei para cada livro indicar o local(is) em que o assunto é abordado seguindo da maneira como o mesmo é desenvolvido. Acompanhado a esta, também foram analisadas as seções específicas aos professores feitas pelos autores dos livros didáticos.

I. Ser Protagonista - Física

A Unidade 2 desse livro aborda o eletromagnetismo e dentro de um dos capítulos, Capítulo 7 - Indução eletromagnética, há uma parte posterior às Leis de Maxwell, em que são abordadas as ondas eletromagnéticas. Inicia descrevendo o que são ondas eletromagnéticas a partir das equações de Maxwell explicando como as mesmas são geradas a partir de uma bobina conectada a um gerador de corrente alternada. Em

seguida inicia o estudo do espectro eletromagnético citando objetivamente a contribuição de alguns cientistas. Sem perder a conexão com a parte do texto anterior é definido o que é o espectro eletromagnético e o conjunto de ondas que o formam.

Das sete faixas que constituem o espectro, praticamente há uma página dedicada para sua abordagem e possuem os mesmos elementos que passam agora a serem descritos. Na seção da radiação ultravioleta há uma caracterização quanto à sua frequência e as três subfaixas¹ acompanhada de uma figura. Estas são abrangidas ao longo do texto e a cada uma estão associados tópicos relacionados com RUV, como: a principal fonte – o Sol -, aspectos positivos e negativos na saúde humana (melanina, câncer de pele, produção de vitamina D), camada de ozônio e protetor solar. Para finalizar, aplicações tecnológicas na medicina e astronomia são descritas.

Em um quadro ao lado do texto intitulado de “Ligado ao tema”, seguido de uma ilustração, são apresentadas mais duas aplicações: uma na investigação criminal e a outra na análise de passaportes. Na página seguinte encontram-se exercícios resolvidos sem relação direta com radiação ultravioleta e abaixo um exercício qualitativo proposto abordando os três tipos de raios ultravioletas.

O texto apresentado tem como característica ser abrangente por trazer vários tópicos ligados ao assunto, entretanto, as explicações são sucintas, como pode ser observado nos seguintes trechos:

“Os protetores refletem as radiações incidentes ou absorvem a energia das radiações antes que elas atinjam a pele” e “[...] aumenta a incidência de câncer de pele e outras doenças dermatológicas na população mundial. Isso acontece porque a radiação UVC interage com as moléculas do DNA humano e provoca alterações em sua estrutura”.

Na seção seguinte, uma página é dedicada para os Raios X. Primeiramente é definida em termos da frequência e comprimento de onda para em seguida descrever dois processos de criação: oscilação dos elétrons nas órbitas e radiação de frenamento ou Bremsstrahlung, porém, o processo para que isso ocorra não é citado. Há um esquema de tubo de vácuo, mas não é utilizado pelo texto.

Há uma menção a Roentgen pela descoberta dos raios X e sua conclusão que tais raios podem atravessar a matéria e sensibilizar filmes fotográficos. Outros detalhes a respeito da descoberta constam nos

¹ Na região do espectro abrangida pela radiação ultravioleta pode ser dividida em três subfaixas, sendo elas a UVA, UVB e UVC, sendo esta última a mais energética.

capítulos seguintes, quando é tratado sobre a descoberta da radioatividade. A finalização ocorre com uma descrição de como é obtida uma radiografia, justificando as regiões claras e escuras, estas sendo ilustradas através de uma figura no corpo do texto.

Como elemento extra “Ligado ao tema”, o campo sensibiliza o aluno sobre o tempo de exposição aos raios X e justifica o uso de aventais, ilustrado, pelos profissionais que manuseiam tal radiação.

Na página seguinte temos as aplicações dos raios X divididas em três categorias: diagnósticos médicos (técnica de raios X usando contraste para visualizar órgãos), análise química de materiais (utilização na indústria civil e análise de compostos de substâncias) e controle alfandegário (investigação em malas buscando materiais pesados).

Há elementos ilustrativos para o primeiro e terceiro tópico. Dessa vez o “Ligado ao tema” relaciona o tema com o Sol informando as doses para alguém na superfície, pilotos de aviões e astronautas. Não há uma seção de exercícios resolvidos nem propostos para esta parte do capítulo. Apenas nos exercícios do capítulo foram encontrados dois que abordam raios X.

Em ambas partes analisadas, a leitura foi agradável e a descrição dos fenômenos sempre foi realizada através de explicações textuais, embora com imagens junto ao corpo do texto, não foram fundamentais para a compreensão. Embora não muito longas, as explicações trazem o essencial para o entendimento do assunto. Nenhuma atividade ou experimento foram sugeridos.

Continuando no terceiro volume da coleção, agora nas sugestões didáticas presentes no Manual do Professor referente ao capítulo analisado, são apresentados os objetivos a serem alcançados pelo aluno e orientações didáticas. Quando abordado sobre ondas eletromagnéticas, existe uma sugestão de atividade complementar para abordar as radiações que o compõe. Consiste na organização de um seminário e a produção de um painel-síntese coletivo. Os autores fornecem as orientações para organização e desenvolvimento, acrescentando temas e informações a serem pesquisados, além de um cronograma. Para avaliação é proposta uma ficha avaliativa envolvendo critérios a serem seguidos, de modo a compor uma avaliação contínua.

II .Física (Alysson Ramos Artuso e Marlon Wrublewski)

Dois volumes serão analisados, 2 e 3.

Nesta coleção, os autores trazem quadros de complementação ao texto, um deles é intitulado “+ Física”. No segundo volume da coleção, na Unidade 3 Óptica Geométrica, nesta parte do livro pertencente ao

Capítulo 6 Introdução à Óptica geométrica é abordado ondas eletromagnéticas. Não há informação quanto a uma definição, apenas como caracterizar (frequência e comprimento de onda). Comenta-se brevemente sobre a região do visível e os dois grupos vizinhos (infravermelho e ultravioleta). Quanto à radiação UV, segue abaixo:

“Ao lado esquerdo do violeta (lado de maiores energias), encontramos a faixa do violeta, na qual o Sol e outras estrelas médias emitem mais intensamente sua luminosidade. Por essa razão, bloqueadores solares sempre alertam em suas propagandas que oferecem proteção contra os raios UVA e UVB, que correspondem a dois tipos de ultravioleta prejudiciais à saúde humana.”

Na última unidade desse volume, Unidade 4 Ondulatória, há uma abordagem sobre espectros ondulatórios no Capítulo 10. Comenta-se sobre a organização do espectro a partir da frequência e comprimento de onda seguido de um esquema representativo. A seguir, em um parágrafo, atribui-se a denominação radiação para as ondas eletromagnéticas e comenta-se sobre a possibilidade das radiações ionizantes causarem alterações na estrutura da matéria e os perigos dessas radiações de alta energia. Cita-se aplicações na agricultura e medicina, mas não há explicação.

Na Unidade 3 Eletromagnetismo do Volume 3, que aborda o eletromagnetismo, em um elemento de complementação “Descobertas e invenções brasileiras” pertencente ao Capítulo 11, as ideias colocadas no parágrafo acima são revistas e fortalecidas. Mais informações a respeito da radiação ultravioleta e raios X não foram encontradas nesta coleção. Em análise ao Manual do Professor, em ambos volumes também não foram encontradas menções a estas radiações.

III. Física - Ciência e Tecnologia

O primeiro indício da radiação ultravioleta e raios X foi encontrada no Capítulo 5 do vol. 2, na Unidade II – Ondas: Som e Luz, quando são apresentadas as ondas eletromagnéticas e a representação do espectro eletromagnético. Como o foco da unidade é óptica, o único grupo que foi abordado foi o correspondente à radiação infravermelho através de um artigo apresentado na seção “O que diz a mídia!”. O Suplemente para o professor traz uma forma de iniciar a leitura e discussão desse texto, além de alguns comentários da questão proposta pelos autores ao final do mesmo.

Por outro lado, no vol. 3, na primeira unidade há um capítulo que aborda exclusivamente as ondas eletromagnéticas, no qual cada grupo que compõe o espectro é abordado. Porém, antes dessa parte, há uma

introdução seguida por uma biografia de James Clerk Maxwell que leva a parte seguinte, características das ondas eletromagnéticas, sempre relacionando com as ideias propostas por Maxwell e seu trabalho, elementos que seguem também para a geração de ondas eletromagnéticas e finalmente o espectro eletromagnético.

O tratamento que a radiação ultravioleta recebe inicia-se com sua faixa de comprimento de onda correspondente e as três subfaixas, as quais são definidas por três zonas, seguido de uma figura para representar. O texto segue apresentando a descoberta dessa radiação por Johann Wilhelm Ritter em 1801 e como a mesma ocorreu.

Na sequência o texto dirige-se um tratamento especial para cada faixa do espectro buscando informar ao leitor quais são os efeitos biológicos, a partir do alcance das camadas mais internas da pele e possíveis doenças que podem ocasionar. Cada uma das três faixas é abordada isoladamente. Além da descrição, consta um elemento de proteção. Seguindo a ordem, a faixa UVA o elemento citado é o filtro solar; UVB contempla-se o FPS (Fator de Proteção Solar) e; para a UVC relaciona-se à camada de ozônio. Embora não justificado, informa que nos seres humanos a UVA, menos energética, atinge camadas mais profundas, enquanto a UVB, mais energética, atinge camadas superficiais.

“Nos filtros solares, um anel aromático é capaz de absorver a energia da radiação ultravioleta que incide em nosso corpo durante a exposição ao sol.” (Há uma figura para ilustrar). O aluno pode ficar com dúvida quanto ao que acontece com a energia absorvida.

“O FPS é indicado por um número; FPS-30, por exemplo, indica que, usando esse filtro de forma adequada, uma pessoa pode ficar exposta ao sol por um tempo até 30 vezes maior do que poderia ficar sem nenhuma proteção”. Novamente uma explicação muito genérica que pode levar o aluno a ter dúvidas.

Quando iniciada a explicação sobre a UVC coloca-se como aplicação dessa radiação a esterilização. Após este, segue através de uma relação com a camada de ozônio (um meio de proteção como mencionado acima) e neste contexto são relacionadas as reações químicas causadas. A abordagem dada para esta radiação foca-se, de certa maneira, nos malefícios. Porém, finalizada esta exploração, mostra-se os efeitos benéficos. Finaliza descrevendo brevemente a fluorescência.

Há um quadro nomeado “O que diz a mídia!”. Os autores trazem neste campo textos publicados em revistas, jornais e sites. O texto selecionado ajuda a sistematizar o que foi tratado, além de discutir sobre

o índice ultravioleta (IUV). Ao final há uma questão que relaciona o artigo ao conteúdo.

Não há proposta de experimentos, entretanto o livro propõe uma atividade em grupo que se destina a suprir a falta de informação relacionada com a interação entre a pele e a radiação ultravioleta através de uma conversa com médicos dermatologistas. Por fim, há exercícios propostos que envolvem FPS.

O capítulo segue e dá-se início aos Raios X que, após sua determinação a partir da frequência e comprimento de onda, descreve a maneira como foi realizado o experimento que levou Wilhelm C. Röntgen à descoberta de tais raios.

Através de uma figura, um esquema simplificado de uma ampola de raios X auxilia na descrição da produção dessa radiação a partir do efeito termiônico. Em seguida outro esquema é mostrado através de uma figura, ilustra os componentes de um equipamento de raios X e a produção da radiografia, bem como o resultado obtido, uma radiografia. Através dessa imagem da radiografia, e dos tons escuros e claros, os autores a utilizam para explicar o motivo dessas regiões terem diferentes tons, além das limitações para tecidos moles. Na sequência, a tomografia computadorizada é comentada, além de evidenciar características do processo de funcionamento. A última aplicação para esta radiação é apresentada no contexto da radioterapia.

Nas três aplicações para o raio X, a presença das imagens foram mais presentes que na seção sobre ultravioleta, o que neste caso, permitiu evidenciar as vantagens de cada processo exposto pelo texto. Não há sugestões de atividades, nem experimentos e não contou com elementos textuais, como textos para contextualizar o assunto como publicações em jornais ou revistas. Foram encontrados exercícios propostos sobre esta radiação.

Estas duas sessões trouxeram bastante informações acerca dos fenômenos envolvidos de maneira clara e direta. Pontos que ficaram mais superficiais na radiação ultravioleta (entre eles quando comenta sobre a exposição ao sol – duração e horário) tiveram aprofundamento com texto adicional e, potencialmente, com a atividade proposta.

Analisando o Suplemento para o professor do terceiro volume, existem sugestões, comentários e orientações didático-pedagógicas. Assim, no que diz respectivo ao capítulo descrito, encontra-se dentro das Estratégias didáticas, uma sugestão de atividade complementar sobre ultravioleta, na qual consiste em visualizar um vídeo e realizar um levantamento de dados sobre os tipos de radiação ultravioleta, seguido de uma reflexão em classe sobre os riscos e benefícios dessas radiações.

As atividades propostas ao desenvolver do capítulo também estão presentes no Suplemento. A “Atividade em grupo” que indica a entrevista com médicos dermatologistas, tem como alternativa a busca por algumas perguntas propostas. Estas questões devem ser pesquisadas, desenvolvidas e apresentadas em grupos. Como uma segunda alternativa, os autores sugerem a organização de um mini workshop, porém como menos detalhes de desenvolvimento.

Após comentário da questão que acompanha o texto que integra o quadro “O que diz a mídia!”, os autores apontam três artigos sobre o tema Raios X para leitura adicional do professor.

IV. Física (Bonjorno / Clinton / Luís)

Na Unidade 4 Ondulatória do vol. 2 dessa coleção faz-se o primeiro tratamento sobre ondas eletromagnéticas e apresenta-se o espectro eletromagnético no Capítulo 14: Ondas. Embora o autor não chegue a explorar cada faixa, há um quadro chamado “Saiba mais sobre” que destina-se a abordar assuntos sobre aplicações tecnológicas, atualidades e curiosidades da Física ou de outras áreas, em contextos específicos. Verifica-se neste texto um enfoque em informar ao leitor os danos da radiação ultravioleta ao organismo humano, tanto na pele quanto nos olhos. Brevemente comenta-se sobre a síntese de vitamina D e uso de protetor solar adequado para a pele. Outros meios de proteção, aplicações e aumento nos diagnósticos de câncer são propostos nas perguntas que seguem ao final do texto.

Em Eletromagnetismo, Unidade 3 no vol. 3, o espectro eletromagnético é retomado para estudo no Capítulo 10. Após reconhecer as formas de produção de radiação eletromagnética, cada grupo é abordado.

No que se refere à radiação ultravioleta, no primeiro parágrafo encontram-se os mesmos pontos abordados no texto citado acima – efeitos danosos aos seres humanos. No segundo parágrafo há uma conexão com a camada de ozônio, onde parte dessa radiação é absorvida, e salienta-se sobre sua fragilidade contra os CFC.

Raios X e raios gama são abordados em conjunto. O foco inicial concentra-se nos raios X, sua frequência, comprimento de onda, produção em tubos de vácuo e poder de penetração, o que justifica os tons na chapa fotográfica. Finaliza com aplicações na medicina (diagnósticos) e na indústria (detectar pequenos defeitos em corpos metálicos).

Os assuntos buscados nesta coleção, apesar de resumidos, existem. Porém os fenômenos associados quase perdem seu sentido devido à sintetização. As figuras que poderiam auxiliar, não estão diretamente

ligadas ao texto, de modo que falta informações para um entendimento adequado. Elementos da história da ciência são inexistentes, tampouco há sugestão de exercícios e atividades propostas. Um exercício no final do capítulo solicita ao aluno explicar sobre a utilização de raios X em aeroportos.

Na parte do livro direcionada ao professor, Orientações para o Professor, foi encontrado no volume 2 uma possibilidade de abordagem no qual cada grupo deve pesquisar sobre um determinado tipo de onda e sua interação com a matéria. No volume 3 existe a sugestão de discutir em sala os efeitos da radiação UV e promover um debate. Para outras informações é indicado um texto on-line para leitura.

V. Física para o Ensino Médio (Kazuhito e Fuke)

Nesta coleção não foi encontrado um tratamento para radiação ultravioleta e raios X. No vol. 2, na unidade de óptica geométrica foi encontrado um quadro de complementação ao texto que, focalizado na frequência da onda, define brevemente as ondas eletromagnéticas. Uma imagem representa as frações mais significativas do espectro.

No vol. 3 na unidade de física moderna, no capítulo sobre física nuclear há um tratamento sobre radiações ionizantes, como segue:

“Ondas eletromagnéticas energéticas, como a faixa do ultravioleta, os raios X e os gama ou as partículas alfa, beta ou ainda nêutrons rápidos, são consideradas radiações ionizantes, ou seja, que possuem energia suficiente para romper ligações ou arrancar elétrons da periferia dos átomos”

Embora não sejam inexistentes, esta coleção não chega a contemplar o conteúdo buscado. Similarmente, no Manual do Professor não foi encontrado nada sobre radiação ultravioleta e raios X.

VI. Física (Helou - Gualter - Newton)

Examinados os três volumes dessa coleção não há um tratamento detalhado sobre cada radiação eletromagnética. Primeiramente no vol. 2 na unidade Ondulatória os autores se preocuparam em diferenciar ondas mecânicas de ondas eletromagnéticas. Dentro do texto há um item chamado “raios α , β , γ , X e catódicos” que busca distinguir aquelas que são partículas carregadas das que são ondas eletromagnéticas e em seguida algumas das aplicações. Quanto à radiação X, as aplicações envolvem o campo da Medicina e indústria de peças metálicas.

Seguido de uma ilustração de radiografia, encontra-se uma explicação: “Os raios X são ondas eletromagnéticas que podem se propagar através dos tecidos “moles” do corpo humano, como músculos,

tendões e pele; porém, ao atravessarem os ossos, perdem mais energia. Uma película sensível a essas radiações é sensibilizada quando atingida. Assim, podemos “tirar uma fotografia” de partes de nosso corpo e observar sua estrutura óssea”.

Algumas páginas à frente há um esquema do espectro eletromagnético, mas tem papel apenas de complementar o texto. No final desse capítulo há a seção “Intersaberes” que contém um texto que inicia apontando benefícios da radiação solar, depois apresenta aplicações da radiação infravermelha e segue para a parte superior do espectro, onde aborda as radiações ultravioleta UVA e UVB e interação com a pele citando efeitos. A UVC é trabalhada voltada ao meio ambiente, pois aborda os CFC. Ao final possuiu questões para reflexão e outras para serem respondidas com o auxílio do professor de Biologia.

No vol. 3 na unidade de Física Moderna é realizada uma discussão no Capítulo 12 sobre o modelo para as radiações eletromagnéticas. Neste momento as faixas do espectro solar passam a ser denominadas radiações eletromagnéticas.

Não foi encontrado mais nada que diz respeito à RUV e aos raios X. Nos dois volumes não foram encontrados exercícios resolvidos nem propostos (com exceção das questões do texto), sugestões de atividades e experimentos. Conclui-se para estes fins que o conteúdo é insuficiente.

No Manual do Professor do volume 2 é encontrado o Subsídios ao Intersaberes, no qual os autores proporcionam um encaminhamento inicial para responder às perguntas abertas colocadas ao final do texto. Já no volume 3, não foi encontrado nada no manual.

VII. Conexões com a Física

Magnetismo e ondas eletromagnéticas compõem a Unidade 3 do vol. 3 dessa coleção. O último capítulo, Capítulo 14, consiste em apresentar as ondas eletromagnéticas, contemplando o comportamento ondulatório dos campos elétricos e magnéticos descobertos por James C. Maxwell, e seu espectro.

Diferente da sequência clássica que discute as ondas eletromagnéticas iniciando da menor para a maior frequência, ou seja, das ondas de rádio aos raios gama, a primeira a ser abordada são os raios X. O início comenta sobre a descoberta de Röntgen e a capacidade da mesma em atravessar materiais de baixa densidade, ato que levou a criação da radiografia. O texto segue no parágrafo seguinte comentando a importância dessa radiação para a medicina e a indústria. Para finalizar, no último parágrafo apresenta como os raios X são criados:

“No caso dos raios X, elétrons são emitidos por uma placa metálica chamada ânodo e acelerados por diferença de potencial até outra placa metálica de tungstênio, onde são freados bruscamente. Essa intensa desaceleração dos elétrons faz com que eles emitam ondas eletromagnéticas de alta frequência na faixa do espectro em que se situam os raios X”.

A faixa seguinte a ser contemplada é a radiação ultravioleta. Em um parágrafo é informado o intervalo de frequência que se encontra no espectro e que não é percebida pelo olho humano, em seguida benefícios e malefícios para a saúde humana, como segue:

“A luz ultravioleta está presente na luz solar e é de importância fundamental para o crescimento e o fortalecimento dos ossos. No entanto, já são conhecidos os efeitos nocivos dessa radiação sobre o tecido humano exposto excessivamente a ela, como queimaduras bastante graves e câncer de pele”.

Como elementos adicionais ao texto há uma figura relacionada a cada radiação, a primeira trazendo uma radiografia e a segunda trazendo uma aplicação da radiação ultravioleta em exames odontológicos. Também existe uma atividade (pergunta) sobre os efeitos dos raios X no organismo. Ao final do capítulo tem um exercício sobre estas radiações, mas referentes apenas às suas frequências.

Embora os autores contemplaram alguns pontos pertinentes quanto a estas radiações, a abordagem realizada não aprofundou excessivamente nestes tópicos, tornando-se superficial.

Durante a análise do texto sobre raios X, há o “Explore em Biologia”. Contém duas questões em relação ao diagnóstico médico. A primeira questiona sobre a vantagem do exame médico realizado com um tomógrafo em comparação aos aparelhos de raios X; e a segunda sobre os efeitos dessa radiação emitida por esses aparelhos sobre o corpo humano. A resposta é apresentada pelos autores Suplemento para o professor. Outras referências aos raios X e radiação UV não foram encontradas.

VIII. Física aula por aula

O último capítulo, Capítulo 5, da unidade de Ondulatório do vol. 3 contempla as ondas eletromagnéticas. Inicia pela natureza eletromagnética da luz considerando as hipóteses de Maxwell e em seguida as características dessas ondas, como a velocidade de propagação.

O tratamento sobre o espectro eletromagnético inicia pela sua definição e sua organização em intervalos, auxiliado por uma imagem. Os

autores fazem uma abordagem de tais radiações em grupo, iniciando pelas ondas de rádio e as micro-ondas, em seguida iniciam a luz visível e as radiações infravermelhas e ultravioleta. A ligação destas três se faz apenas por estarem próximas umas das outras. A divisão da radiação ultravioleta em UVA, UVB e UVC é realizada e, para cada uma delas, são correlacionadas energia, penetração na pele humana e efeitos. Em seguida acrescenta a absorção pela atmosfera. Os autores passam em seguida a abordar o FPS, fornecendo uma ideia comparando uma exposição com e sem proteção do filtro solar e finalizam, no parágrafo seguinte, comentando sobre a vitamina D e o uso de lâmpada de UV para esterilizar equipamentos.

Na sequência seguem-se raios X e sua utilização. Inicia-se contemplando aspectos históricos da descoberta como o aparato instrumental, a maneira como foi realizado o experimento que levou à descoberta desta radiação e a explicação para o entendimento da mesma, até mesmo justificando o porquê desse nome.

A chapa fotográfica é explicada considerando o poder de penetração dos raios X com seu comprimento de onda e o avanço da técnica, como a visualização de tecidos moles. Apresenta cuidados a serem tomados com esta radiação e como evitar possíveis efeitos nocivos. Por fim, apenas cita algumas aplicações na Medicina.

Há poucos elementos ilustrativos, duas imagens contemplando estes temas, as quais são pouco relevantes. Por outro lado, há uma seção “Quer Saber?” que apresenta um texto relacionando bronzeamento artificial, radiação solar e lâmpadas fluorescentes com câncer de pele. Ao final são apresentadas duas questões para discussão em grupo.

Outra atividade ou experimentos não foram encontrados. Entretanto, no final do capítulo foram encontradas três questões que contemplam o Fator de Proteção Solar (FPS).

Os assuntos são abordados de forma clara e objetiva, o tema raios X está descrito de forma que possibilita um bom entendimento do fenômeno relacionado. O enfoque dado ao FPS poderia ter trazido uma associação aos tipos de filtros solares e como possibilitam proteger nossa pele. No Caderno de orientações para o professor, em referência ao “Quer Saber?”, existe uma sugestão de pesquisa para os alunos desenvolverem buscando acerca de outras doenças provenientes de uma exposição prolongada aos raios da radiação ultravioleta.

4.2.1 Considerações

Por fim, a partir da análise realizada nas coleções selecionadas, na maior parte dessas há um tratamento contemplando a radiação ultravioleta

e os raios X. Encontra-se desde livros que possuem estas radiações postas a partir de um texto bastante resumido/sintético até aqueles que possuem uma abordagem mais ampla, relacionando a aplicações, interação e efeitos biológicos e sobre o fator de proteção solar (FPS), este em especial para a RUV. Aos raios X, também há descrição do fenômeno, embora muitas vezes uma explicação simples e aplicações normalmente restritas à medicina.

Outro ponto positivo de vários livros está na característica de apresentar um material textual complementar, ou seja, elementos ilustrativos como quadros e imagens, embora nem todas as imagens sejam úteis em relação ao texto e ao leitor. A presença de textos e perguntas também são considerados positivos pois auxiliam na contextualização e na busca por demais informações, além de promoverem debates e atividades em grupos. Por outro lado, vindo da perspectiva das seções específicas ao professor, foi percebido que em alguns trazem subsídios para o professor desenvolver debates e atividades, além de promoverem outros, enquanto alguns livros carecem desses.

Dentre os elementos ausentes em praticamente todas as coleções está a falta de exercícios qualitativos e quantitativos, seja sobre estas radiações ou tópicos correlacionados. Também integra estes pontos fracos a ausência de atividades práticas, como em grupos ou propostas de experimentos. Por último, temos os elementos da história da ciência, salvo os raios X. Porém, passagens históricas e breves biografias não contribuem satisfatoriamente ao entendimento da descoberta, o fenômeno em si e aspectos que contemple a história da ciência.

Dos livros considerados e, de modo consequente, a análise realizada, adotando os seguintes aspectos, foi obtido um resultado de "satisfação" dos livros examinados: i) volume: em quantos volumes da coleção as radiações temas são abordadas; ii) introdução ao tema: de que modo é iniciado o estudo das radiações temas no capítulo em que estão inseridas; iii) tamanho: qual a extensão do texto sobre as respectivas radiações; iv) linguagem: fácil interpretação e uso de termos técnicos; v) aprofundamento teórico: com qual complexidade e temas relacionados às radiações temas são abordadas; vi) aplicações: os autores buscaram apresentar contextos de aplicações e tópicos relacionados às radiações temas; vii) figuras e quadros: presença, relação e relevância de objetos ilustrativos; viii) exercícios e atividades: além da teoria, a existência de exercícios qualitativos e quantitativos e atividades propostas.

A partir do exposto acima, dos oito livros analisados, dois não possuem uma abordagem sobre radiação ultravioleta e raios X; três

possuem um grau insuficiente, ou seja, que contemplam no máximo três aspectos; dois possuem obtiveram um grau moderado, ou seja, que contemplam no máximo seis aspectos. Apenas um livro, por envolver todos os aspectos, contempla uma abordagem ampla. Em virtude do livro didático ser considerado um importante instrumento de auxílio na prática docente, no contexto desse trabalho, o produto elaborado vem no intuito de suprir esta carência na abordagem da RUV e raios X.

Segundo Coelho *et al.* (2015) o livro didático, embora seja um dos mais antigos instrumentos utilizados por professores, é um instrumento eficiente e constitui uma ferramenta muito importante no processo ensino-aprendizagem, seja de material de apoio ao professor ou quanto para o aluno e, quando utilizado adequadamente, contribui no processo de formação de cidadãos conscientes e atuantes na sociedade. Porém, para que o livro não seja apenas um instrumento de aprendizagem mecânica, vai depender de como o professor o utiliza.

Convém um olhar a partir da teoria da Aprendizagem Significativa considerando o livro didático como um material potencialmente significativo. Moreira, 2011 coloca quanto a estes que

o significado está nas pessoas, não nas coisas. Então, não há, por exemplo, livro significativo ou aula significativa; no entanto, livros, aulas, materiais instrucionais de um modo geral, podem ser potencialmente significativos e para isso devem ter significado lógico (ter estrutura, organização, exemplos, linguagem adequada, enfim, serem aprendíveis) e os sujeitos devem ter conhecimentos prévios adequados para dar significado aos conhecimentos veiculados por esses materiais (MOREIRA, 2011, p. 51).

Assim, para que não ocorra uma aprendizagem mecânica, no qual o conteúdo seja armazenado isoladamente e não interaja com a estrutura cognitiva, é importante que o conteúdo não seja apresentado apenas de forma expositiva e descritiva. Portanto, para proporcionar a aprendizagem, o uso de atividades para introdução e abordagem do tema de estudado, uso de situação-problema, curiosidades e outros (envolvendo experimentos didáticos, uso de multimídias e história da ciência, por exemplo) poderiam ser apresentadas no material didático, por terem a capacidade de promover desenvolvimentos cognitivos, para que este possa ser potencialmente significativo.

A proposta de um experimento, por exemplo, no qual seja apontado um fenômeno para uma equipe observar e descrever o observado, mesmo que não sejam utilizados termos científicos neste primeiro momento, através de um texto de apoio, este fenômeno se torna explicativo. Tal processo pode configurar como um material potencialmente significativo, pois, houve a utilização de conceitos anteriormente estudados para a explicação dos experimentos realizados (MOREIRA, 2006). Mesmo sem a utilização correta dos conceitos científicos envolvidos, o agrupamento de informações nele contido pode encontrar ideias âncoras na estrutura cognitiva, com as quais podem se relacionar para que a explicação do fenômeno ocorra.

5. METODOLOGIA

Na busca de aproximar a Física do estudante de ensino médio surgem várias possibilidades através de temas contextualizados. Após os temas em questão, radiação ultravioleta e raios X, terem sido previamente escolhidos, algumas das perguntas que surgiram foram as seguintes: *o que será trabalhado e como trabalhar estes assuntos com alunos do ensino médio? E quais as contribuições podem ser proporcionadas aos alunos para se apropriarem conceitualmente e para suas vidas?* Neste contexto houve a necessidade de aprofundamento teórico sobre os referidos temas para ampliar meu conhecimento. Em seguida foi realizado um levantamento da literatura em alguns livros didáticos aprovados pelo PNLD para o Ensino Médio. Seguidamente este levantamento foi ampliado para livros de divulgação científica e de ensino para nível superior, artigos e trabalhos acadêmicos. Só então foi dado início à estratégia de desenvolvimento do material de apoio ao professor e da sequência de aula, do qual esta metodologia discorre. Quase simultâneo ao processo de construção, houve a implantação do material que estava sendo elaborado, de modo que a aplicação orientou para a complementação dos materiais produzidos.

Ao final, toda a sequência de aulas foi revista e o material de apoio ao professor enriquecido, de modo que as alterações vieram agregar a fim de proporcionar melhor experiência em futuras aplicações. Destaco que apresento neste capítulo uma breve descrição das atividades desenvolvidas na Sequência de Ensino e adiante, nos resultados, encontra-se a descrição detalhada das aulas.

5.1 LEVANTAMENTO PRELIMINAR NA LITERATURA

Este levantamento iniciou a partir da busca por itens que relacionassem a radiação ultravioleta e os raios X em alguns livros do ensino médio. O resultado dessa busca está apresentado na sessão 4.2. Na necessidade de materiais com abordagens mais profundas conceitualmente, a busca se estendeu para livros utilizados no técnico e superior contemplando a física das radiações. A complementação se fez a partir de artigos científicos, para contemplar eventuais dúvidas acerca dos temas. Desse modo, parte da primeira pergunta “*o que trabalhar?*”, no quesito teoria, como a interação da radiação com a matéria, já estava sendo respondida.

O suplemento das respostas do primeiro questionamento foram surgindo através de textos de divulgação científica e de ensino de física,

buscando propostas já utilizadas e inspirações para a produção de material próprio. Para este último, sites na internet tiveram seu espaço no levantamento de referencial qualificado. Dentre o material, destaco três obras de Emico Okuno: 1. Radiação Ultravioleta: Características e Efeitos²; 2. Radiação: efeitos, riscos e benefícios³; 3. Física para ciências biológicas e biomédicas⁴.

5.2 LEVANTAMENTO DE DADOS PARA AUXILIAR NA ELABORAÇÃO DO MATERIAL

Uma vez que uma estrutura contemplando os tópicos considerados essenciais para a elaboração do material havia sido criado, posteriormente houve a necessidade de adequar para a sala de aula e aos estudantes. Convém mencionar que materiais didáticos para a abordagem sobre raios X encontram-se com facilidade, por outro lado, quando nos referimos à radiação ultravioleta, os materiais que possuem como foco esta radiação é praticamente inexistente, mas há um pouco de material quando o tema central são as ondas eletromagnéticas.

Além da preocupação em selecionar os conceitos fundamentais da teoria, ocorreu a tarefa de buscar meios de trabalhar o conhecimento acadêmico em sala de aula. Assim, além da transposição didática, houve a tendência de associar a situações relacionadas ao cotidiano. Desse modo, continuando sobre a influência da teoria da aprendizagem significativa, foi essencial o resultado obtido através da análise do Questionário Inicial (apresentado no Capítulo 7, aplicado previamente à sequência de aulas, para o desenvolvimento do trabalho. Por outro lado, a participação dos alunos durante as aulas foi crucial, pois através das exposições e, somando que as aulas estavam sendo criadas quase simultaneamente com a aplicação, foi possível dar mais ênfase a tópicos que, inicialmente, poderiam ser mais breves.

5.2.1 Sobre o questionário inicial

Este questionário mencionado acima contempla o tema radiação e foi construído em duas partes com o objetivo de sondar individualmente

² OKUNO, E.; VILELA, M.A.C. Radiação ultravioleta: características e efeitos. São Paulo: Livraria da Física: SBF, 2005. (Temas Atuais de Física)

³ OKUNO, E. Radiação: efeitos, riscos e benefícios. São Paulo: Harbra, 2007.

⁴ OKUNO, E.; CALDAS, I.L; CHOW, C. Física para ciências biológicas e biomédicas. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.

e qualitativamente o conhecimento prévio dos envolvidos para auxiliar na intervenção didática que viria a ser realizada. A primeira parte é composta por doze perguntas discursivas, das quais seis são questões gerais sobre radiação, uma sobre radioatividade, uma conceitual e as outras quatro direcionadas à RUV e aos raios X, sendo respectivamente duas para cada. As doze questões são apresentadas a seguir.

1. O que você entende por radiação?
2. Cite três coisas que você acredita não estarem relacionadas à radiação. Explique o motivo.
3. Dentre as disciplinas escolares do ensino médio, com quais delas você julga haver relação com fenômenos que envolvem radiação? Explique sua(s) escolha(s).
4. No seu entendimento, a saúde humana ao receber doses de radiação, as consequências se existirem, são benéficas ou maléficas? Se sim, quais são os efeitos para o organismo?
5. Existe diferença entre radiação e radioatividade?
6. No dia a dia, você está submetido a algum tipo de radiação? Qual?
7. Será que raios X é um tipo de radiação?
8. Há registros de acidentes radioativos no histórico do nosso país?
9. Você saberia diferenciar a radiação ionizante da radiação não-ionizante? Explique.
10. No caso de alguns alimentos, para que sua conservação seja prolongada, estão sendo irradiados. Você acredita que esse procedimento pode prejudicar a saúde do consumidor?
11. Os raios X emitidos para investigar possíveis fraturas ósseas trazem somente benefícios à saúde?
12. É comum ouvirmos falar sobre a necessidade de proteção solar. Você saberia explicar o motivo de proteção contra raios solares?

A segunda parte do questionário, composto por um quadro adaptada do livro *Radiação Ultravioleta: características e efeitos*, obra de Emiko Okuno, traz dezesseis afirmações sobre a RUV que o aluno julgou como verdadeiro ou mito. Para este, não foi necessário o participante expressar suas ideias ou justificativas para a escolha, mas igualmente como a primeira parte, exige que o aluno se apoie nas suas experiências prévias, independente de origem escolar ou não, relacionadas com as radiações. As afirmações que compõem esta parte são apresentadas a seguir.

1. A pele bronzeada é sinal de saúde.

2. A água oferece mínima proteção.
3. Se a pele não se esquentar, ela não se queimará.
4. O protetor solar protege e usando-o pode-se ficar muito tempo sob o Sol.
5. Permanecer à sombra entre uma exposição e outra ao Sol evita queimaduras.
6. A pele se queima em um dia nublado.
7. É preciso tomar banho de Sol para a produção de vitamina D.
8. O bronzamento protege você do Sol.
9. Os efeitos da RUV são cumulativos.
10. A queimadura é causada pela RUV que não é sentida pela pele. O que esquentar é principalmente a RIV.
11. No inverno, a intensidade da RUV cai muito, mas a neve ou a areia reflete muito, chegando a dobrar a intensidade.
12. A RUV não é perigosa no inverno.
13. O bronzamento é uma defesa do corpo contra futuros danos da RUV.
14. A proteção do protetor solar depende criticamente da aplicação correta.
15. Você não se queima dentro d'água.
16. O tempo necessário para a produção de vitamina D é muito pequeno, não havendo necessidade de banho de Sol.

A partir desse questionário, em um todo, foi possível abranger sobre radiações ideias básicas, efeitos causados em seres vivos (por meio natural ou artificial) e alimentos, aplicações tecnológicas e, por último, proteção quanto aos raios solares.

5.3 CONTEXTO DE APLICAÇÃO

A aplicação da sequência de aulas foi realizada no quarto semestre de 2016, em uma escola da rede pública de educação em Florianópolis/SC. A EEM Henrique Veras situa-se na Lagoa da Conceição e atende alunos da educação infantil até as séries finais do ensino básico durante o dia, neste período a escola pertence à esfera municipal. A noite, passando a pertencer à rede estadual de educação, na escola é oferecido o ensino médio. De acordo com a demanda, costuma haver uma turma de cada série.

A turma contemplada para a realização desse trabalho foi o terceiro ano, dado que melhor se adapta aos temas abordados (embora algumas atividades também foram desenvolvidas com as outras turmas do ensino

médio, como a parte dos óculos para o segundo ano). A classe estava sendo composta por dezoito alunos matriculados, mas frequentando, o número sempre foi inferior. Muitos dos alunos, já maiores de dezoito anos, trabalhavam durante o dia, fato que influenciou na frequência de alguns.

As aulas foram ministradas em treze encontros distribuídos em aproximadamente quarenta e cinco minutos nas segundas-feiras e terças-feiras. Pelo fato da escola possuir uma sala informatizada, foi possível a realização de uma atividade envolvendo o uso de computadores.

5.4 A PROPOSTA

5.4.1 A proposta

Este módulo de ensino foi elaborado buscando explorar metodologias e ferramentas de ensino diferentes, para não permanecer apenas nas aulas expositivas. Entre os utilizados está a aprendizagem significativa, ensino contextualizado, uso de simuladores, websites, divulgação científica, conversa com profissionais da área de radiologia, uso de experimentos e outros, de modo que os alunos fossem atraídos a participar das mesmas.

A sequência foi elaborada em três módulos buscando abordar assuntos que, na perspectiva do autor, são de relevância para o conhecimento do aluno, ao mesmo tempo que se caracterizam por não serem abordados por professores e superficialmente, quando abordados, pelo material didático. Nesta perspectiva, houve a necessidade de trabalhar situações do dia a dia em sala de aula, buscando o conhecimento científico para explicá-las. A contextualização do ensino influencia no tratamento do assunto e na motivação do aluno.

Inicialmente foi realizado um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos sobre radiação por meio de um questionário. Em seguida foi iniciada a abordagem dos módulos. O primeiro módulo contém a base teórica direcionada a ondas eletromagnéticas, as quais são tratadas de maneira expositiva e dialogada. Inicialmente neste módulo é implementada a atividade experimental sobre espectrometria e energia das ondas eletromagnéticas. Por fim, é realizada uma junção entre experimento e teoria para fechar o módulo.

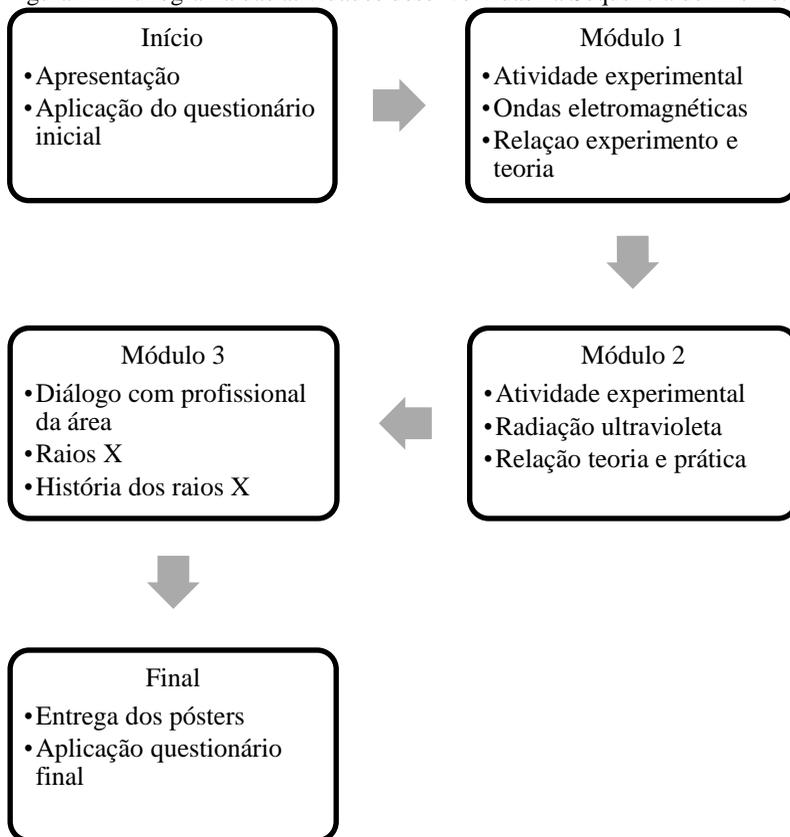
Estratégia semelhante ocorre no Módulo 2, no qual é abordada a radiação ultravioleta. Inicia-se com o experimento sobre fluorescência, seguido da teoria que é abordada de modo expositivo. No tratamento dos tópicos que dizem respeito às maneiras de prevenção contra esta radiação,

é proposta uma atividade que contém uma situação-problema para os alunos resolverem com o auxílio de sites e materiais online.

O último módulo corresponde aos Raios X. Aqui o primeiro tratamento sobre esta radiação é iniciado através de um diálogo realizado por um profissional da área da Radiologia. Em seguida, o tratamento teórico é abordado somado a algumas aplicações em demais áreas além da Medicina. Esta em especial teve um tratamento focado nas radiografias. Buscando agregar a ciência como uma construção humana a esta proposta de ensino, este módulo engloba um breve histórico da descoberta dos raios X e seus impactos sociais.

A Figura 1 mostra sinteticamente as principais atividades citadas e desenvolvidas.

Figura 1 - Fluxograma das atividades desenvolvidas na Sequência de Ensino.



Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

5.4.2 Justificativa e objetivos

No ensino de Física, conseguir mostrar sua importância e o papel que ela possuiu em nosso cotidiano tem se tornado uma necessidade e um desafio para os educadores, haja visto, por exemplo, que muitos avanços tecnológicos atuais se utilizam de um conjunto de conhecimentos pertencentes à Física. Nesta perspectiva, é necessário que esta disciplina consiga proporcionar um desenvolvimento intelectual para identificar e aplicar os conceitos para que não se tornem apenas usuários de todo esse desenvolvimento, mas sim terem uma mínima noção de como isto pode lhes ser proporcionado.

Conforme descrito pelos PCNEM:

Espera-se que o ensino de física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação (BRASIL, MEC, 1999, p. 229).

Seguindo esta recomendação, poderíamos estar possibilitando ao cidadão o desenvolvimento de habilidades e competência para a sua vida e o exercício de sua cidadania. Um dos caminhos para alcançar isso é através da Física das Radiações que, também contempla o quinto tema estruturador organizado pelos PCN+ para organizar o ensino de física.

Quando falamos em radiações, pode parecer inicialmente algo distante da nossa realidade, mas estamos a todo momento em “contato” com elas. Não é única pois se apresentam em várias frequências ou comprimento de onda e energia. Estas características nos permitem nomeá-las, definir seu caráter ionizante ou não-ionizante e relacionar com as mais diversas aplicações em nosso cotidiano.

Quanto à importância de compreender aspectos da radiação para nossas vidas, destaco a radiação ultravioleta que devemos ter consciência da exposição que fazemos a ela, uma vez que sem os devidos cuidados é responsável por danos à pele, como no câncer de pele, mas com as devidas precauções têm seu lado benéfico. Compreender o lado benéfico e maléfico também auxilia na formação do aluno crítico, conforme pode ser justificado por Okuno:

Pesquisas mostram que há forte correlação entre câncer de pele e exposição à radiação ultravioleta solar, principalmente se ela ocorrer desde a infância. Apesar de informações a respeito serem veiculadas toda vez que um novo verão se inicia, cada dia há mais pessoas se expondo exageradamente ao Sol sem proteção adequada, ou mesmo em câmaras artificiais de bronzeamento, uma vez que a pele bronzeada é considerada padrão de beleza e de saúde em muitos países (OKUNO; VILELA; 2005).

Nós como professores, também temos o papel de contribuir para a sociedade através de nossas aulas informando e alertando os alunos, ao mesmo tempo que esta prática se torna uma oportunidade de aproximar o conhecimento científico às situações do dia a dia do aluno para explicá-las, justificar dados, precauções, riscos e benefícios, etc. Por último, esta mesma abordagem encaixa-se quando analisamos os raios X, que quando manipulados adequadamente e com as devidas precauções apenas geram benefícios para nós.

O objetivo geral desse trabalho está em elaborar um material didático de apoio para o professor de física do ensino médio sobre radiação ultravioleta e raios X.

Objetivos específicos:

- Estimular o pensamento crítico;
- Proporcionar uma outra forma de (re)conhecer o mundo ao seu redor;
- Transformar a aprendizagem em algo mais significativo para seus alunos;
- Fornecer mecanismos e ferramentas para lhe proporcionar uma compreensão diferente do cotidiano;
- Influenciar uma mudança no comportamento quanto às radiações.

5.4.3 Conteúdos trabalhados

O texto base foi construído buscando contemplar o corpo teórico necessário para o entendimento das radiações eletromagnéticas e em especial a radiação ultravioleta e os raios X, juntamente das formas de interação com a matéria. Na busca de expandir o estudo dessas radiações, houve esforço para que os módulos contemplassem benefícios e

malefícios para os seres vivos, aplicações tecnológicas e temas que estejam interligados com o cotidiano e as radiações.

O material de apoio ao professor, no qual a sequência de aula está apoiada é constituído por três módulos: radiações eletromagnéticas, radiação ultravioleta e raios X. O primeiro módulo é iniciado com a definição de radiação, uma forma da energia se propagar de um ponto a outro, e comentários sobre as origens, caracterizando em radiação corpuscular e radiação eletromagnética. Foi considerado relevante fazer a distinção entre radiação e radioatividade, pois muitas vezes tais termos são usados como sinônimos. Como a abordagem das radiações desse trabalho são de caráter eletromagnética, é realizado um tratamento a fim de fornecer o suporte teórico para melhor compreensão dos próximos módulos. Assim, as ondas eletromagnéticas são abordadas envolvendo conceitos de energia, frequência e fontes. O que nos leva em seguida ao tratamento do espectro eletromagnético e apresentada as faixas que o compõem. Também motivados a proporcionar uma abordagem adequada nos próximos módulos, há uma breve discussão histórica a respeito da dualidade onda-partícula para as radiações. Para finalizar este módulo, o tema Espectroscopia é abordado, dado que é proposta uma atividade experimental para os alunos, assim, o embasamento teórico para esta é fornecido nesta etapa.

O segundo módulo aborda a radiação ultravioleta iniciando por uma descrição e caracterização dessa radiação através das definições de radiação ionizante, não-ionizante e de excitação, feito isso, exploram-se os tipos de radiação ultravioleta (UVA, UVB e UVC). Nesta seção, o tópico considerado relevante foi referente à camada de ozônio e o espectro de radiação solar, dada a relação com o assunto e com a proposta desse trabalho. Não entrando nos detalhes técnicos, seguimos com os danos biológicos causados por esta radiação e sobre as técnicas de bronzeamento artificial. O módulo passa em seguida a abordar recomendações e informações que auxiliam a minimizar os efeitos biológicos da radiação ultravioleta. Desse modo contemplamos o Índice Ultravioleta e fatores que influenciam em sua medição. Em seguida tratamos do Fator de Proteção Solar no qual explicamos as bases por trás dos protetores solares, sejam eles de princípio químico ou físico. Outras formas de prevenção são tratadas, em especial as lentes polarizadas, fotocromáticas e falsificadas, pois além da relação com radiação ultravioleta, permitem o tratamento de conceitos físicos, como a polarização da luz. Aplicações da radiação ultravioleta estão praticamente espalhadas pelo módulo, assim, como no módulo anterior, finalizamos

com a tratamento do assunto que é posto inicialmente através de experimento, neste caso, a fluorescência.

O último módulo aborda os Raios X. O tratamento no módulo é semelhante ao da radiação ultravioleta no que diz respeito à descrição, caracterização, interação com a matéria e efeitos biológicos. As origens artificiais são analisadas através de dois fenômenos: radiação por freamento e radiação característica. Visando mostrar a ciência como uma construção humana com impactos sociais e tecnológicos, é descrito um breve histórico sobre os raios X. Por fim, como o módulo possui uma tendência voltada à radiologia, devido às atividades desse módulo, o tubo de raios X e o processo de criação de uma radiografia são descritos embasados na respectiva teoria.

6 APLICAÇÃO DA PROPOSTA E RESULTADOS

Os resultados da aplicação da Sequência de Ensino serão apresentados em duas etapas, sendo a primeira referente à descrição das aulas ministradas⁵ e a segunda contemplando a análise dos dados obtidos através dos questionários, atividades desenvolvidas em sala de aula e dos pôsteres criados pelos alunos. A aplicação ocorreu ao longo de dois meses (do começo de setembro ao final de outubro), porém não contínuas ao longo desse período, por motivos como atividades diversas da escola. Também algumas aulas não tiveram o planejamento cumprido, pois em muitas houve a necessidade de realizar conexões entre equipamentos (computador e data show), em outras ocorreram alguns problemas “técnicos” (data show que apaga, caixas de som que não funcionam), além de alguns contratempos (por exemplo: comportamento de aluno e avisos escolares) e burocracias (realização da chamada de frequências) que influenciaram no tempo útil da aula.

6.1 DESCRIÇÃO DAS AULAS MINISTRADAS

O relato apresentado nesta etapa do trabalho é referente às treze aulas ministradas, sendo: onze do planejamento que faz parte da sequência de ensino a qual integra o Produto Educacional; uma “bônus”; e uma dedicada à palestra de um profissional da Radiologia. Estas aulas ocorreram no quarto bimestre de 2016 na escola estadual descrita em CONTEXTO DE APLICAÇÃO para a turma do terceiro ano. Os encontros ocorreram duas noites por semana, ambos com duração de uma aula de 45 minutos. Destaco que a aplicação do preenchimento do questionário inicial, cuja intenção era verificar as concepções alternativas deles sobre radiação, não consta na descrição abaixo, uma vez que foi realizado em aula anterior ao início da aplicação dessa Sequência.

Durante as aulas foram realizadas atividades experimentais, leitura de textos, exibição de vídeos, atividade investigativa, resolução e discussão de questões e outros. O Quadro 1, a seguir, apresenta os eventos

⁵ No relato das aulas ministradas (sessão 6.1. Descrição das aulas ministradas) são mencionadas atividades, questionários, textos e outros materiais que foram utilizados durante as aplicações das aulas que compõem a sequência de ensino. Aqueles fundamentais para o entendimento desta estão descritos durante o relato da aula. O Material para o professor que acompanha este trabalho contém em suma e detalhadamente os planejamentos e todas as atividades aqui descritas e referenciadas.

e atividades desenvolvidas ao longo da proposta pedagógica e, em seguida, há uma descrição detalhada da aplicação de cada aula que, com exceção da Aula 06, todas foram realizadas em sala de aula.

Quadro 1 - Sequência de eventos planejada conforme sequência de ensino que integra o Produto Educacional "Física das radiações ultravioleta e raios X – uma sequência de aulas".

Módulo	Número da aula planejada e principais momentos
1. Ondas eletromagnéticas	Aula 01: <i>Radiação, onde?</i> <ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do curso; • Execução dos experimentos envolvendo espectroscópio e chama de vela que compõem a Atividade 01; • Conversa introdutória sobre espectroscopia e relação entre energia e cor da chama emitida por uma vela.
	Aula 02: <i>Radiação em todo lugar.</i> <ul style="list-style-type: none"> • Relembrar experimentos da aula anterior; • Aula expositiva e dialogada sobre: radiação e radioatividade, radiação corpuscular e eletromagnética; características das ondas eletromagnéticas; • Discussão sobre a energia de uma onda eletromagnética e relação com Atividade 01; • Proposta do Questionário 01.
	Aula 03: <i>O espectro de ondas.</i> <ul style="list-style-type: none"> • Revisão da aula anterior e discussão do Questionário 01; • Aula expositiva e dialogada sobre o espectro eletromagnético e os fótons de radiação; • Apresentação de vídeos sobre radiação infravermelha; • Discussão sobre espectroscopia e relação com Atividade 01; • Diálogo sobre radiação.
2. Radiação Ultravioleta	Aula 04: <i>A luz que não vemos.</i> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar as concepções alternativas dos alunos acerca do tema fluorescência e fosforescência por meio do diálogo; • Execução do experimento sobre fluorescência, Atividade 02; • Proposta do Texto 01 e Questionário 02.
	Aula 05: <i>O que os olhos não veem, a pele sente.</i>

	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão a respeito do Texto 01 e Questionário 02 e relação com Atividade 02; • Apresentação de vídeos sobre câncer de pele e radiação ultravioleta; • Leitura do Texto 02; • Exposição e diálogo sobre a interação da radiação com a matéria.
	<p>Aula 06: <i>Para se proteger, tem que conhecer.</i> Local: sala de informática</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de alguns recursos em páginas selecionadas da internet; • Implementação da Atividade 03.
	<p>Aula 07: <i>Desbravando a radiação ultravioleta.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva e dialogada sobre as divisões da radiação ultravioleta, suas características e efeitos no organismo; • Leitura do Folder 01; • Iniciar discussão a respeito dos meios de proteção; • Execução da Atividade 04.
	<p>Aula 08: <i>Exposição adequada, saúde na certa.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisão da aula anterior e debate a respeito da Atividade 04; • Apresentação vídeo 05; • Continuação dos meios de prevenção: óculos de sol e protetor solar; • Execução da Atividade 05; • Diálogo sobre benefícios e malefícios da radiação ultravioleta.
3. Raios X	<p>Aula 09: <i>Raios X - natureza, geração e interação.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva e dialogada sobre os raios X, meios de produção, atenuação e efeitos biológicos; • Exibição de imagens sobre radiografia. <p>Aula 10: <i>Quando o “x” da questão foi solucionado.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Introdução à descoberta dos raios X a partir do vídeo 06; • Apresentação do vídeo 07 (início). <p>Aula 11: <i>Felicidades e infelicidades de uma descoberta.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do vídeo 07 (finalização); • Diálogo sobre o vídeo; • Debate sobre as aplicações imediatas dos raios X e Questionário 03.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)..

6.1.1 Encontro 01: Aula 01 – *Radiação, onde?*

Primeiramente os alunos ficaram cientes que nas próximas aulas o professor estaria desenvolvendo com eles a proposta de trabalho do seu Mestrado durante os encontros semanais da disciplina. Os alunos tiveram uma explicação do que será este “curso”, temas a serem abordados e uma prévia das atividades que teriam a possibilidade de serem realizadas, dado que a sequência de aulas foi sendo desenvolvida na mesma medida que a aplicação estava ocorrendo. Também foi realçada a relevância dos tópicos para a vida deles dentro e fora da escola.

Foi importante enfatizar que, mesmo a aplicação ocorrendo no período letivo, a frequência nas aulas seria um fator crucial para a melhor compreensão dos módulos que seriam aplicados. Ao fim da apresentação da proposta, o segundo momento da aula foi iniciado solicitando aos alunos para formarem grupos de três a quatro membros para dar início à primeira atividade experimental. Uma das contribuições para a formação de grupos é o auxílio mútuo e favorecer a discussão entre os mesmos.

A primeira atividade experimental (Atividade 01: *Observando cores*) consistiu em realizar observações da luz emitida por lâmpadas fluorescente e incandescente através do uso do espectroscópio (equipamento construído pelo professor e desconhecido pelos alunos, foram dadas as orientações de como manusear) na primeira parte e a luz emitida pela chama de uma vela na segunda parte. A imagem da Figura 2 ilustra dois dos espectroscópios utilizando, enquanto a imagem da Figura 3 ilustra o momento da realização da atividade.

Figura 2 - Espectroscópios utilizados durante a primeira prática realizada. Aponta-se a fenda (instrumento à esquerda) para a fonte de luz e observa-se o espectro formado a partir do visor (instrumento à direita).



Fonte: O Autor.

Com as informações dadas e materiais distribuídos os alunos realizaram a atividade (alguns tiveram certa dificuldade em visualizar a decomposição de luz através da lente do espectroscópio) e, simultaneamente, responderam às perguntas propostas na folha do roteiro do experimento. Com esta atividade, foi possibilitado aos alunos adquirirem um conhecimento prévio que atuaria como âncora para a aprendizagem de conceitos que seriam abordados nas demais aulas desse módulo.

Figura 3 - Durante o segundo momento da Atividade 01, os grupos observaram a luz proveniente da chama de uma vela através dos espectroscópios.



Fonte: O Autor.

No último momento da aula, após os grupos entregarem as respostas das questões que pertencem ao roteiro dos experimentos envolvendo as observações que compõem a Atividade 01, o professor buscou fornecer uma breve explicação dos resultados evitando utilizar definições e relações matemáticas, mas procurando já trazer fundamentalmente alguns dos termos e relações entre os experimentos e a teoria que estaria sendo estudada nos próximos encontros.

6.1.2 Encontro 02: Aula 02 - *Radiação em todo lugar*

Esta aula, ministrada através do diálogo com os alunos e do auxílio de apresentação de slides, teve por objetivo estudar o que são as ondas eletromagnéticas. Foi iniciada lembrando a aula anterior e as perguntas

colocadas pelo professor (toda chama possui o mesmo formato e mesmo tom de cor? E a temperatura, será que existem regiões onde a temperatura é maior ou menor?) e pelos alunos, as quais, até o final da aula, seriam respondidas. Igualmente a explicação dos experimentos.

Utilizando material digital, foram exibidas imagens de alguns objetos emissores de radiação eletromagnética que os alunos identificaram no questionário inicial com emissores de radiação. Através dessas imagens, pretendia-se que o aluno ao decorrer da aula passasse a dar novos significados àquilo por ele internalizado. Um aluno neste momento questionou se o celular, que não estava entre os objetos, poderia causar câncer. Após o posicionamento do professor perante a questão, este colocou as seguintes perguntas para motivar o debate: “Dos diversos tipos de radiações, o que as tornam diferentes? Será que existe algo em comum entre elas? Quais suas origens? Estamos nós emitindo radiação?”.

Deixando as respostas “no ar”, o professor tratou de definir o que é radiação e a divisão em radiação corpuscular e radiação eletromagnética. Ao final houve a pergunta de algum aluno “Essa radiação corpuscular, o corpo que emite radiação ele vai chegar ao fim em algum momento?”. Embora não houvesse sido colocado no planejamento dessa aula, o questionamento foi importante para fazer a separação entre os fenômenos da radiação e da radioatividade. Em seguida, o foco foi direcionado para as ondas eletromagnéticas.

Foi realizada a definição de ondas eletromagnéticas e sua constituição por campo elétrico e magnético e a velocidade de propagação, mas como o tema campo magnético não é um pré-requisito cumprido pela turma, a ênfase passou a ser quanto ao conceito de frequência para então associar com a origem através do movimento de carga elétrica. Surgiu a pergunta de um aluno “um celular funciona com ondas certo?! Que tipo de onda bloqueia as ondas de celular?” e após falar sobre a blindagem eletrostática e breve debate sobre presídios, chegou o último momento da aula que consistia em usar os conceitos aprendidos nesta aula para analisar a chama de uma vela em referência à segunda parte da Atividade 01, afinal, a partir do contexto criado por esta atividade que alguns conceitos passam a ter significado. Entretanto, como houve alguns contratempos com o aparelho de data-show e algumas interrupções durante a aula, esta abordagem da chama da vela não foi realizada e a aula finalizou.

6.1.3 Encontro 03: Aula 03 - *O espectro de ondas*

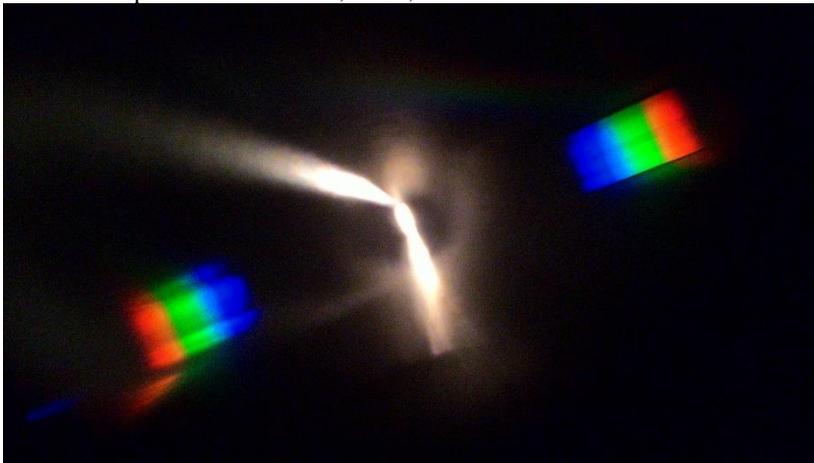
Na semana seguinte foi dada continuação ao estudo das ondas eletromagnéticas. Após revisão dos principais conceitos abordados, o último momento da aula anterior foi realizado. Assim, através de referências à Atividade 01 e da mediação do professor, os alunos criaram uma relação entre frequência, energia, cor e temperatura analisando a chama de uma vela. Neste momento também fizemos uso qualitativamente da equação (Equação Fundamental da Ondulatória) $c = \lambda \cdot f$. Foram feitas duas perguntas pelos alunos: “é verdade que as cores do computador são formadas pelo azul, verde e vermelho?” e “para a chama ficar azul, tudo depende do material que estou queimando?”.

Conforme plano de ensino, próximo ao final da aula anterior, estava planejado propor aos alunos as cinco questões que compõem o Questionário 01 como atividade extra-classe. As mesmas foram entregues ao final dessa aula. Estas questões envolviam aspectos conceituais das ondas eletromagnéticas, mas também relacionadas com as observações e conclusões obtidas através da análise das chamas.

Dado que já conhecemos as ondas eletromagnéticas, chega o momento de apresentar e explorar o espectro eletromagnético e suas principais faixas. Para complementar, foi mostrado o histórico de descoberta dessas radiações (cientista e ano) e, como as ondas acima do espectro visível estavam planejadas para os próximos módulos, o estudo foi dirigido para o tratamento da radiação infravermelho, afinal a pergunta “nós emitimos radiação?” ainda não havia sido respondida. Com o auxílio de vídeos e imagens ilustrando cenas de visão noturna, chegamos a uma conclusão a esta possibilidade.

Após breve abrangência dos fótons radiação eletromagnética, chegou o momento de explicar a Parte I da atividade experimental referente à Atividade 01 que, igualmente como a Parte II, foi utilizada como material introdutório servindo como um organizador prévio, servindo ainda para o desenvolvimento de conceitos subsunçores. Os alunos foram questionados sobre “qual a explicação do misterioso colorido?”. Foi exibida uma imagem de um espectro de emissão correspondente a um monitor, imagem (Figura 4) a seguir. A fotografia em questão foi motivada pela pergunta realizada na última aula correspondente às três cores na qual o monitor funciona.

Figura 4 - Espectro de emissão obtido através do uso de um espectroscópio direcionado à tela de um monitor de LED. As cores evidenciadas correspondem às três cores primárias: vermelho, verde, azul.



Fonte: O Autor.

Espectro de emissão obtido através do uso de um espectroscópio direcionado à tela de um monitor de LED. As cores evidenciadas correspondem às três cores primárias: vermelho, verde, azul.

Ao final a explicação foi dada através do funcionamento do espectroscópio e os fenômenos envolvidos, como a difração da luz. Em seguida foram apresentadas algumas aplicações da técnica de espectroscopia, entre elas foi enfatizada a de procurar e descobrir elementos e substâncias que constituem a matéria de estrelas e planetas e tornou-se uma oportunidade de expor o espectro dos elementos. Uma curiosidade relacionada foi o motivo dos olhos humanos se sensibilizarem com a região do visível do espectro eletromagnético.

Para finalizar o módulo, através da fala, houve novamente um tratamento sobre o conceito de radiação através de sua manifestação por ondas eletromagnéticas e a tentativa de pôr à vista lembrando que constantemente interagimos com este tipo de radiação e não ocorre o que a TV costuma nos mostrar, como doenças, mutações, etc.

6.1.4 Encontro 04: Aula 04 - A luz que não vemos

Através dessa aula foi iniciado o segundo módulo explorando, entre outros tópicos, aspectos da interação da radiação eletromagnética com a matéria, que aparecerá também no terceiro módulo. Do mesmo

modo que ocorreu nas aulas do módulo anterior, sucedeu-se inicialmente através de uma atividade experimental que, neste caso, envolveu o fenômeno da fluorescência. A partir de exemplos de objetos citados pelos alunos, de acordo com o contexto colocado pelo professor, procedeu-se a diferenciação do conceito de fluorescência da fosforescência a partir do fator radiação incidente.

A atividade dessa aula, atividade 02 (Atividade 02: “*luz negra*” e a *fluorescência*), assemelhou-se à anterior quanto ao seu desenvolvimento em grupos e ao seu papel como organizador prévio. Consistiu nos alunos converterem a luz emitida pela lâmpada do celular em uma luz negra, esta necessária para observar o fenômeno em questão. A partir das observações realizadas ao emitir luz negra em diversas substâncias como giz do quadro-negro, marcador com tinta de várias cores, camiseta branca, folhas de plantas, óleo de cozinha, etc., os alunos preencheram uma tabela pertencente à esta atividade, no intuito de realizar uma comparação da cor da substância quando exposta à luz visível e com aquela exibida quando exposta à luz negra. O professor auxiliou os grupos com suas dificuldades durante o andamento da atividade.

Um dos experimentos realizados, sugerido pelo professor, consistiu em pintar uma região do corpo humano, do braço por exemplo, com caneta marca texto e em seguida cobrir metade dessa região com protetor solar, em seguida incidir luz negra e observar o resultado proveniente de cada região. Verificou-se que a região onde não havia protetor solar emitiu o brilho respectivo do elemento fluorescente, enquanto a região sujeita ao protetor solar esteve caracterizada por um brilho de mínima intensidade. Tais observações foram lembradas na Aula 05.

Ao final da aula foram entregues para os alunos cópias do Texto 01 (Texto 01: *Interação da radiação com a matéria a partir do fenômeno da fluorescência*) e, agregado a este, o Questionário 02. Foi sugerida a leitura do texto e o desenvolvimento das questões para a próxima aula. O Texto 01 aborda sobre a interação da radiação com a matéria a partir do fenômeno da fluorescência, fazendo uma conexão com as observações realizadas nesta aula através da luz negra e explicando conceitualmente o fenômeno da fluorescência através do átomo de Bohr. Conceitos como energia, frequência e fóton estão presentes. As sete questões do Questionário 02, relacionam aspectos desenvolvidos no decorrer desse módulo simultaneamente com as informações contidas no Texto 01.

6.1.5 Encontro 05: Aula 05 - *O que os olhos não veem, a pele sente*

O Texto 01 entregue na aula anterior, composto por sete perguntas que os alunos deveriam trazer respondidas, infelizmente foi trabalhado por poucos alunos, enquanto os demais esqueceram ou priorizaram outras atividades relacionadas com outras disciplinas, dessa forma, houve apenas breves comentários sobre cada uma.

Na aula anterior, através do experimento que compõem a Atividade 02, foi constatado que a RUV não possui cor, mas interage com a matéria. Nesta aula, foi mostrado como interage com o corpo e seus efeitos. Em primeiro momento, foi exibido através de vídeo (Vídeo 03: *Câncer de pele*), uma reportagem que relaciona câncer de pele com radiação ultravioleta; o segundo vídeo (Video 04: *How the sun sees you*) tem caráter de divulgação sobre a conscientização do uso de protetor solar. Os vídeos oportunizaram aos alunos colocarem seu dia a dia e concepções a respeito dos temas. Pelas falas, os alunos pouco usam protetor solar, normalmente apenas quando frequentam a praia. Houve perguntas dos alunos, entre elas “se a TV emite radiação que afeta a pele?”; e durante o segundo vídeo “... não envelhece a pele assim?”, “por que fica preto onde tem protetor?”. Percebe-se que a partir da exposição do conhecimento prévio por parte do aluno, é possível agregar novos significados a este.

O professor, afim de afrontar a turma, colocou a seguinte pergunta: “Se o Sol nos fornece radiação no infravermelho, no visível e no ultravioleta, porque apenas essa última causa câncer de pele?”. Entre as respostas obtidas foram: “porque só ela atinge as camadas mais inferiores da pele” e “porque ela é a mais forte de todas”. Para iniciar o conhecimento da radiação ultravioleta e sua interação com a matéria, conhecimento este necessário para responder ao questionamento, foram distribuídas cópias do Texto 02 (Texto 02: *Radiação Ultravioleta*), material este que teve como finalidade ser potencialmente significativo, o qual foi lido e debatido. Este texto também expôs aspectos dessa radiação quanto às fontes como o Sol, características, energia, efeitos no corpo humano e o papel da camada de ozônio como filtro natural.

Perguntas realizadas pelos alunos durante ao decorrer da leitura: “o que é radiação ionizante?”, “que aparelho produz as ondas não visíveis?”, “é por isso que ela (a RUV) é cumulativa, porque ela é pequena porque se fosse grande não teria vida” e ao terminar o texto “é por isso que até em dias nublados tem que passar protetor?”, “uma pessoa que é mais branca tem que passar mais protetor?”.

No momento seguinte, utilizando apresentação de slides, foi discutido o fenômeno de ionização e excitação dos átomos. Depois, com o auxílio de uma imagem, a capacidade de penetração das radiações visível, ultravioleta e infravermelho na pele em função do comprimento de onda e frequência, buscando justificar, relacionando aos conceitos expostos, o motivo da RUV causar câncer de pele. O tratamento nesta etapa sobre a profundidade de penetração de uma onda eletromagnética foi realizado de maneira mais geral, pois o assunto continuará sendo abordado nas demais aulas. Mesmo assim, houve curiosidade dos alunos em saber o que as demais radiações causavam na pele, conforme pergunta de um estudante: “o que a radiação infravermelha causa na pele?”.

6.1.6 Encontro 06: Aula *bônus*

Nesta aula seria implementada a aula 06, mas devido a inconvenientes, a aula teve seu início tardio. Assim, foi realizada uma aula para tirar dúvidas e retomar atividades propostas.

Iniciamos a aula retomando a profundidade de penetração de uma onda eletromagnética, ressaltando que esta não depende da energia da onda. Também acabamos discutindo, devido a perguntas de alunos, por que não enxergamos no escuro enquanto outros seres vivos conseguem, e porque não vemos a RUV. Houve perguntas a respeito do Texto 01 que envolveu o modelo do átomo de Bohr, níveis de energia, transições eletrônicas. Neste contexto houve a associação com o fenômeno da fluorescência e posteriormente com a espectroscopia. Por fim, questões propostas do Questionário 02, em especial a questão 2 (Um átomo de material fluorescente absorve um fóton de radiação ultravioleta e emite um fóton de luz verde e um fóton de radiação infravermelha. Esse processo é coerente com o princípio da conservação de energia? Explique.), foi feita matematicamente.

6.1.7 Encontro 07: Aula 06 - *Para se proteger, tem que conhecer*

Normalmente os problemas colocados para os alunos resolverem são aqueles de identificar dados e aplicar em fórmulas. Pensando em algo diferente, no qual o aluno busque, analise e avalie informações, solucione um problema aberto e tome decisões, foi desenvolvida a Atividade 03 (Atividade 03: *Melhor prevenir, do que remediar*), aplicada nesta aula. A atividade foi designada para ser uma situação-problema. Neste tipo de tarefa, segundo Moreira (2011), é fundamental que o aluno perceba como um problema que, entre várias possibilidades, pode ser a explicação de

um fenômeno, de uma aparente contradição ou a construção de um diagrama. Também não deve ser apenas como um exercício de aplicação de fórmula, pois uma situação deve dar sentido ao conceito.

Nesta atividade, o grupo deveria realizar a escolha entre dois locais para uma viagem: o primeiro envolvendo o local de praia, enquanto o segundo, para uma região montanhosa. O destino seria aquele que oferecesse mais segurança quanto à exposição da radiação ultravioleta. Para isso, quadros comparativos deveriam ser criados levando em consideração o conhecimento e domínio sobre o Índice Ultravioleta (IUV) e alguns fatores, entre eles, temporais, geográficos, meteorológicos.

O desenvolvimento da criação do problema e solução do mesmo teve como base os sites DSA⁶ e Programa Sol Amigo⁷. Os sites foram escolhidos devido ao conteúdo e confiabilidade das informações.

Dessa maneira, foi possível proporcionar uma aprendizagem que provocasse a ruptura de alguns conhecimentos prévios com o apoio da tecnologia, em especial, das multimídias. Dessa forma, tal proposta se encaixa no que é denominado uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC).

Na sala de informática, após tentar apresentar para os alunos as páginas e informações relevantes desses sites para esta aula, em razão da falta de um data-show para que todos conseguissem visualizar e não cada equipe tendo que procurar no site, foi proposta a Atividade 03. Após sanar as dúvidas, o professor passou a fazer o papel de mediador durante o restante da aula.

6.1.8 Encontro 08: Aula 07 - *Desbravando a radiação ultravioleta*

Este encontro buscou, através de uma sequência lógica, descrever mais aspectos físicos da radiação ultravioleta, sua interação com o corpo humano e as possíveis consequências dessa interação, bem como os

⁶ A DSA (Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais) realiza pesquisas científicas baseadas em medidas de satélites, desenvolvendo métodos de observação e de estimativa de variáveis atmosféricas e de superfície, por exemplo, ventos, temperatura, umidade, radiação e precipitação. O conteúdo referente à radiação ultravioleta pode ser acessado através do site < <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>>.

⁷ Página disponível no seguinte endereço: < <http://www.solamigo.org/>>. Criado em 2006 por um oncologista, foi uma forma de reagir à constatação de que a população é desinformada, ou mal informada, sobre os efeitos provocados pela radiação ultravioleta emitida pelo Sol à saúde humana.

aspectos positivos como a produção de vitamina D. A aula foi ministrada de forma dialogada com o auxílio do data-show e texto para leitura e debate. Após breve introdução da aula, as três divisões da RUV foram diferenciadas (quanto a este tópico, não foi dado muita ênfase, pois eles já tiveram contato com as informações através de um dos textos recomendados disponível no portal do INPE, designado na aula anterior). Após esta diferenciação, estas radiações foram comparadas, junto com a radiação visível e infravermelho, no aspecto de penetrar nas camadas da pele (epiderme, derme e hipoderme). Quanto a este âmbito, em seguida foi focado nos efeitos biológicos.

Durante esta etapa alguns alunos começaram a falar da facilidade, enquanto outros, da dificuldade que possuíam em bronzear sua pele. Nestas circunstâncias que levaram à menção da classificação dos tipos de peles e, novamente, a recomendação foi o texto do site do INPE indicado na aula anterior; também o professor comentou dos efeitos biológicos agudos ou imediatos e efeitos a longo prazo causados pela RUV. Mais uma vez, devido à contextualização dos temas, houve o questionamento de um aluno sobre os sprays de bronzeamento. A interação dos alunos levou a conversa para as “técnicas domésticas de bronzeamento”; para a conclusão do debate originado, o professor retomou a frase da introdução da aula “Pele bronzeada não está associada com saúde”. Em decorrência da pergunta “se ela [a UVC] é completamente absorvida, como ela é utilizada?” o professor comentou sobre as produções artificiais como lâmpadas (negra e fluorescente) e monitor e a intensidade de emissão dessas.

No próximo momento, buscando um organizador prévio, além da conscientização dos riscos de uma exposição sem cuidados, foram distribuídas cópias para os alunos do Folder 01 (Folder 01: *Efeitos da Radiação Ultravioleta para a Saúde*) referente a um material de divulgação informando, de um modo geral, os principais danos à saúde, envolvendo olhos e pele, associados à superexposição à radiação UV.

Logo após a leitura do primeiro parágrafo, alguns relatos foram sendo compartilhados, como “ardência e queima” dos olhos após longa exposição sem proteção na praia, queimaduras diversas na pele. (Adiante a pessoa que relatou sobre os olhos “queimados” encontrou a descrição dessa enfermidade temporária chamada Fotoqueratite, que coincidiu com a descrição falada). E assim sucedeu-se, em cada tópico, alguém tinha alguma coisa a relatar de experiência própria ou de algum conhecido. Entre os comentários realizados pelos alunos estavam situações envolvendo laser no rosto, aparelho de solda, tipos de pele, camada de ozônio, manchas nas pessoas idosas, onde o professor sempre buscou

relacionar com momentos das aulas anteriores. A complementação desses aspectos que dos quais trata o texto, câmara de bronzamento artificial e produção da vitamina D ocorreu com a apresentação de slides, para este tipo de câmara, foi lembrada a cena do filme *Premonição*, onde uma mulher morre queimada dentro de um desses equipamentos.

O último momento da aula consistiu em debater previamente alguns meios de proteção contra a radiação ultravioleta. Entre os tópicos contemplados estava a “hora do dia” (que já havia sido pretendido focar durante a parte inicial da Aula 06 através de gráficos de medição do Índice Ultravioleta (IUV) disponível no site DSA) e proteção oferecida por modelos diferentes de chapéus.

6.1.9 Encontro 09: Aula 08 - *Exposição adequada, saúde na certa*

Esta aula é continuação da anterior e visa debater as maneiras de prevenção contra os danos causados pela radiação UV, com ênfase no protetor solar. Ocorreu de maneira dialogada, auxiliada por projeções de slides. O primeiro momento consistiu em lembrar momentos da última aula e o tópico sobre óculos deveria ser abordado, mas o professor acabou se adiantando e não abordou, dessa forma, o tópico seguinte (roupas) foi abordado envolvendo tipos de tecidos, UPF (Sun Protection Factor) e a influência da absorção da radiação pela cor.

Após pontos históricos isolados a respeito dos protetores solares, foi dado início à diferenciação entre os filtros com princípios químicos dos filtros com princípio físico. Duas perguntas de alunos: “o refletido é bem melhor né?” e “como assim filtros?”. A explicação quanto ao filtro solar químico ou orgânico ocorreu com base na transição do elétron entre os níveis energéticos, agregando a ideia de absorção e emissão de energia. Pergunta de um aluno: “neste processo químico, é por isso que tem que ficar passando várias vezes durante o dia?”. Seguido da resposta à pergunta, foi feita uma comparação entre os dois tipos de filtros, em seguida o princípio do filtro físico, assim, por exemplo, foi explicado por que este filtro tem tonalidade branca. Outras perguntas por parte dos alunos: “o químico é bronzeador?”, “por que nunca ouvimos falar no filtro inorgânico”, “como são os protetores em sprays?”. Por fim, foi informado como devemos utilizar o protetor solar.

A última abordagem sobre o protetor solar envolveu o Fator de Proteção Solar (FPS). Foi explicado o que é este fator, o que representa e como pode ser medido. Com estas informações, foi possível analisar um gráfico de *FPS x % de proteção*, sendo esta uma forma de diferenciar os protetores disponíveis pelo mercado e saber escolher o ideal para cada

tipo de pele; também desmistificar algumas concepções a este respeito, como o fator 30 protege duas vezes mais que o fator 15.

O último momento consistiu em mostrar outras aplicações da radiação ultravioleta, como lâmpada negra, na astronomia, controle de pestes, análise de minerais, esterilização e em algumas pesquisas. Logo após ocorreu a reaplicação do questionário sobre verdades e mitos ocasionando a finalização do Módulo 02.

6.1.10 Encontro 10: *Palestra*

O início do módulo sobre raios X foi através de uma palestra ministrada por um profissional da área da radiologia. Além de possibilitar uma nova visão do tema, o convidado esteve apto a responder às mais diversas perguntas e favorecer na mudança das concepções prévias dos alunos. A palestra teve uma duração de três aulas seguidas, contendo apenas um intervalo. Quanto ao público, além dos alunos do terceiro ano, participaram os estudantes do primeiro e segundo ano do ensino médio, além da participação da coordenação pedagógica.

O palestrante, conforme acordo, ficou livre em escolher os temas para abordar e a metodologia. Assim, previamente houve a pretensão de contemplar os tópicos abaixo, mas o foco normalmente ficou nas falas dos alunos. Em suma, foram contemplados temas envolvendo o funcionamento e os tipos de aparelhos de raios X, diagnósticos e proteção radiológica. Abaixo segue lista dos tópicos pré-selecionados pelo palestrante:

- Áreas de aplicação de Raios X
- Raios X convencional
- Equipamento de Raios X móvel
- Equipamento de Raios X portátil
- Equipamento de Raios X aeroporto
- Equipamento de Raios X industrial
- Equipamento de Raios X Intraoral
- Equipamento de Raios X Panorâmico
- Equipamento de mamografia
- Densitometria Óssea
- Tomografia Computadorizada
- Hemodimânica (Fluoroscopia)
- Centro Cirúrgico - (Fluoroscopia) Arco em C móvel
- Litotripsia (Fluoroscopia)
- Radioterapia (Acelerador Linear)

- Radiação para conservação de produtos agrícolas
- Radiação esterilização bolsas sangue
- Esterilização por radiação (materiais cirúrgicos).

6.1.11 Encontro 11: Aula 09 - Raios X - natureza, geração e interação

Como a palestra não visou abordar detalhadamente a física envolvida nos raios X, esta tarefa foi realizada nesta aula, de modo que os principais tópicos considerados pelo autor são contemplados: características, produção e interação com a matéria (atuação e efeitos biológicos).

A aula iniciou lembrando alguns aspectos sobre as ondas eletromagnéticas e em seguida algumas das características da radiação em questão, como a energia em relação às demais, frequência e comprimento, que justifica a alta capacidade de penetração. Em seguida foi abordada a produção dos raios X nos tubos de Crookes, também chamada de ampola de Raios-X. Nesta etapa o fenômeno do Efeito Termiônico foi utilizado. Ao final dessa parte, devido a perguntas, comentamos sobre o acidente em Goiânia envolvendo radioatividade, a contaminação ocasionada no lugar e as medidas preventivas adotadas na área envolvida.

Para enriquecer a aula e buscar atingir os subsunçores as quais se deseja relacionar novos conhecimentos, foram usadas páginas de uma revista, Atlas Visual da Ciência, para expor um esquema da radiografia considerando o processo, capacidade de penetração e riscos; embora não fosse o momento previsto, foi justificado o motivo do chumbo normalmente ser utilizado para blindagem, utilizando um recorte de texto (Texto 03: *Por que o chumbo é usado como isolante em exames de raios X?*) de revista (Ciência Hoje). Desse modo, contemplamos o tópico dos fatores que influenciam na atenuação da radiação X. Demais aspectos sobre proteção radiológica foram abordados na palestra. Assim, foi buscado lembrar e complementar as ideias. Além da radiografia contém outras aplicações na medicina. Quanto a estas aplicações, a tomografia foi contemplada, mostrando, por exemplo, as vantagens sobre a radiografia convencional. Também houve o uso de páginas do Atlas Visual da Ciência para estes outros assuntos.

O momento seguinte foi abordar a produção dos raios X através de emissão contínua (Radiação Bremsstrahlung) e característica (Radiação característica). Pergunta dos alunos sobre a radiação contínua: “por que o elétron não vai ficar dentro do átomo?”, “é difícil um elétron coincidir com outro?”. Embora o último momento da aula previsto no

planejamento, efeitos biológicos dos raios X, não haviam sido contemplados, ficando para o encontro seguinte, o restante do tempo foi destinado à responder estas questões.

6.1.12 Encontro 12: Aula 10: *Quando o "x" da questão foi solucionado*

Visando finalizar a aula anterior, esta foi iniciada abordando os efeitos biológicos das radiações no que se refere às consequências que a radiação pode causar em uma célula e aquilo que pode vir a ser desencadeado após o DNA ser afetado.

Logo após finalizar o plano de aula anterior, foi iniciado o respectivo plano aqui descrito que teve por objetivo abordar a descoberta da radiação X e as consequências tecnológicas e sociais. Estes aspectos são contemplados através do documentário selecionado, entretanto, os mesmos são detalhados ao longo desta e da próxima aula. Assim, inicialmente foi realizado um relato do contexto social e científico da época da descoberta dos raios X, seguido pela exibição de um vídeo (Vídeo 06: *Experimento de J. J. Thomson*) objetivando explicar o que é o tubo de Crookes, seu princípio de funcionamento e como alguns cientistas, como Thompson e Lenard, conseguiram obter resultados favoráveis para desenvolvimento de seus trabalhos científicos.

Foi dado mais ênfase ao cientista Lenard, pois de acordo com algumas fontes, o mesmo teria chegado próximo à mesma descoberta realizada por Röntgen. Houve um comentário realizado por um aluno a respeito dos créditos pela descoberta: “é tipo, por exemplo, nas escolas dos filósofos [...]. Os alunos faziam alguma coisa, mas foi ele quem ensinou. Assim na escola de Sócrates. Há vários filósofos que recebem tipo o crédito por coisas que não foram eles que criaram”. Na conversa que se originou, coube acrescentar que a ciência é uma construção humana, não é raro ocorrer este tipo de desacordo e levar a credibilidade quem publicar primeiro.

No momento seguinte foi iniciada a exibição do documentário (Vídeo 06: *Experimento de J. J. Thomson*) no qual comentários foram realizados sobre pontos já abordados e outros para complementar a exposição. O documentário inicia relatando a vida de Röntgen desde sua infância até sua vida adulta como professor e pesquisador que realiza experimentos com o tubo de Crookes e os raios catódicos e o seu conhecimento sobre Lenard e o trabalho realizado por este cientista. O documentário também apresenta as hipóteses de Röntgen e como o mesmo chegou a aquilo que passou a ser o que conhecemos hoje como

raios X, seu trabalho para conhecer melhor esta radiação, sua visão humanitária a respeito das descobertas científicas e os usos imediatos que passaram a surgir. Esta foi a primeira metade do vídeo, selecionada para esta aula.

6.1.13 Encontro 13: Aula 11 - *Felicidades e infelicidades de uma descoberta*

Na aula anterior não foi possível exibir todo o trecho selecionado do documentário, conseqüentemente, foi finalizado no início dessa. Quanto a isso, o pedaço em questão traz o posicionamento da comunidade científica quanto à descoberta, bem como o desentendimento entre Röntgen e Lenard agora envolvendo o prêmio Nobel. Sobre o documentário, foi destacado e comentado o fator cronológico, tempo entre as experiências anteriores e as conclusões finais de Röntgen as quais dão indício que talvez não seja um mero acidente a descoberta.

O momento seguinte consistiu em ver as aplicações imediatas e o uso indiscriminado dos raios X, por exemplo as radiografias de partes do corpo e até animais que viraram uma diversão em todo mundo, enfim, seu uso ilimitado e falta de preocupação com possíveis danos, e posteriormente os primeiros usos na Medicina. Nas imagens mostradas houve comentários como: “olha todas essas pessoas ao redor”, “imaginem os médicos que faziam em várias e várias pessoas”, “em radiologista já tem toda a proteção, não fica assim (sobre uma mão necrosada)”.

A última atividade (Questionário 3) realizada consistiu no debate com os alunos por meio de algumas questões propostas envolvendo aspectos sócio e cultural na ciência e no uso de tecnologias. Neste aspecto foi envolvida a influência do contexto histórico e social sobre uma nova teoria, suas conseqüências sociais e tecnológicas, bem como os responsáveis por possíveis problemas sociais que podem vir juntos com a nova teoria. A participação dos alunos não ficou apenas envolvida no cenário dos raios X havendo outros contextos abrangidos.

Os minutos finais dessa aula, que finaliza o terceiro módulo, consistiram em cobrar dos alunos o trabalho da radiação ultravioleta, pois até então, apenas duas equipes haviam enviado o trabalho finalizado.

6.2 ANÁLISE DAS ATIVIDADES REALIZADAS

Será aqui descrito o resultado alcançado, em especial, com duas atividades realizadas. Uma delas, já citada na Aula 06, Atividade 03 –

“Melhor prevenir, do que remediar”, consistiu em apresentar uma situação para os alunos escolherem o cenário, ou suas “variáveis” e através da pesquisa e análise de dados chegar a uma conclusão. A segunda atividade, esta não mencionada durante a descrição das aulas ministradas consistiu na criação de um pôster. Para cada uma dessas atividades, segue uma sessão abaixo.

6.2.1 Atividade 03: "Melhor prevenir, do que remediar".

Esta atividade, iniciada no laboratório de informática, teve por função ser uma ferramenta para que o aluno conhecesse alguns dos fatores que influenciam na exposição à radiação ultravioleta como hora do dia, altitude, superfície ou cobertura do solo, nebulosidade e outros e, a partir do problema proposto, escolher o lugar mais seguro quanto à intensidade da RUV. Em outra perspectiva, por ser uma atividade contextualizada, esta pode colaborar para uma aprendizagem mais significativa, já que tais situações favorecem a compreensão e contribuem para a construção de conhecimentos. Nesta perspectiva, esta também favorece o trabalho com os subsunçores dos alunos, de modo a estabelecer relações e reorganização entre as novas informações e as ideias âncoras preexistentes na estrutura cognitiva dos indivíduos.

Uma vez iniciada na escola e as primeiras dúvidas já trabalhadas, a atividade deveria ser finalizada posteriormente, e o arquivo do trabalho enviado para o professor. Foi sugerido elaborar em arquivo de apresentação de slides devido à facilidade para montar quadros comparativos para cada fator comparado nos dois lugares identificados, afinal, temos que promover o uso de elementos da informática, como programas, internet, etc.

Embora o trabalho pudesse ser desenvolvido em duplas ou trios, seis alunos fizeram individualmente e seis alunos em duplas, resultando em nove trabalhos entregues. Acredito que se tivesse havido mais uma aula no laboratório de informática, reduziria o número de trabalhos individuais e aumentar o número de trabalhos entregues, pois, como muitos alunos trabalham durante o dia e o tempo de encontro à noite se restringe à sala de aula, o trabalho coletivo acaba por ser prejudicado. Esta justificativa também se encaixa no trabalho do pôster, abordado abaixo.

Uma aula para continuação do trabalho na sala de aula também influenciaria, evidentemente, nos resultados. Os nove trabalhos recebidos serão brevemente apresentados abaixo.

Trabalho 01: O aluno abordou os tons de pele, reação da pele com o Sol, IUV, porcentagem de RU refletida com o tipo de superfície através de um gráfico. Por fim, ele montou o seguinte quadro (Figura 5). Não chegou a apresentar o melhor local.

Figura 5 - Quadro comparativo retirado do Trabalho 01.

Praia (Céu sem nuvens)	Em comparação a montanha é muito mais seguro	Alto da montanha (Nublado)	Por conta da alta altitude, quanto mais alto, maior o índice de RUV
Praia (Nublado)	Será muito mais perigoso por conta da areia branca que refleti os raios	Campo Aberto (Sem nuvens)	Mais seguro comparado a praia, pela radiação refletida ser muito menor
Campo aberto (Nublado)	Em um dia nublado é muito mais seguro pra se ficar por não conter muita radiação refletida	Alto da montanha (Sem nuvens)	Além da grande quantidade de sol, existe a grande quantidade de luz refletida no solo e em pedras

Fonte: Do Autor.

Trabalho 02: Começou trabalhando o que é IUV e como se proteger. Definiu os fatores mais relevantes quanto à exposição a RUV. Assim, conforme suas considerações, segue conclusão abaixo (Figura 6).

Figura 6 - Conclusão retirada do Trabalho 02.

Portanto...

O local mais seguro é a Montanha, pois apesar de receber RUV com maior intensidade está com o céu nublado e essas nuvens absorvem boa parte da radiação.

Já na Praia, apesar de receber RUV com menor intensidade em relação a montanha, está com o céu limpo, e tem a areia e a água que fazem com que a radiação seja refletida.

Fonte: Do Autor.

Trabalho 03: Esta dupla definiu o que é IUUV e apresentou um quadro relacionando os tipos de pele e reação de cada uma com a RUV. Cumprindo com a proposta realizada, eles criaram um quadro comparativo das “variáveis” (Figura 7) e alcançaram uma conclusão (Figura 8).

Figura 7 - Comparação de fatores. Retirada do Trabalho 03.

Agora, vamos comparar alguns fatores que possam ajudar na escolha do local mais seguro:

Fatores	Montanha	Praia
Hora (dia)	cerca de 70 a 80% da quantidade de energia UV chega a Terra entre as 9h e 15h.	cerca de 70 a 80% da quantidade de energia UV chega a Terra entre as 9h e 15h.
Altitude	Quanto mais alta é a localidade, menor é o conteúdo de ozônio integrado na coluna atmosférica e, conseqüentemente, maior a quantidade de energia ultravioleta incidente na superfície.	Quanto mais baixa - nível do mar por exemplo - maior o conteúdo de ozônio, conseqüentemente, menor a quantidade de energia ultravioleta incidente na superfície.
Tempo (clima)	Tempo fechado, a presença de nuvens e aerossóis (partículas em suspensão na atmosfera) atenua a quantidade de radiação UV em superfície.	Tempo aberto, a ausência de nuvens na maioria dos casos, representa a máxima intensidade de radiação.
Superfície	Reflete menos, pois não há areia e por não ser inverno, também não há neve.	Reflete mais, a areia pode refletir até 30% da radiação ultravioleta que incide numa superfície.

Fonte: Do Autor.

Figura 8 - Conclusão dos autores do Trabalho 03.

Considerando todos esses fatores, chegamos a uma conclusão:

- ❖ Com certeza o lugar mais seguro em relação ao IUV neste momento, é a montanha, pois o nível de radiação vai ser menor.
- ❖ Comprovamos isto através da comparação feita entre os lugares relacionando alguns fatores.
- ❖ A praia pode ter menor incidência por causa da latitude, mas vai estar ensolarada e sem nuvens o que aumenta o IUV, que ainda é intensificado com a reflexão dada pela areia, água, etc.

Fonte: Do Autor.

Trabalho 04: Este estudante iniciou tratando o IUV e exemplificou através de dois gráficos, um de Florianópolis e outro de Lages. Após tratar os efeitos da RUV sobre a pele, foram abordados os fatores que interferem na intensidade da RUV. Abaixo segue sua conclusão (Figura 9).

Figura 9 - Conclusão retirada do Trabalho 04.

Conclusão

- Diante dos fatores apresentados o local mais seguro seria Florianópolis, basicamente por dois fatores altitude e superfície do solo.
- Altitude: Florianópolis está ao nível do mar, enquanto Lages possui uma altitude mais elevada.
- Superfície do Solo: Florianópolis também possui condições mais favoráveis. Em Lages o solo é mais seco.

Fonte: Do Autor.

Trabalho 05: Iniciou falando sobre o que é a RUV, a pele e suas camadas, seguindo pelos efeitos da RUV sobre a pele, como o bronzeamento. Houve também a abordagem dos efeitos da RUV sobre os olhos. Conclui-se que o trabalho não atendeu a proposta.

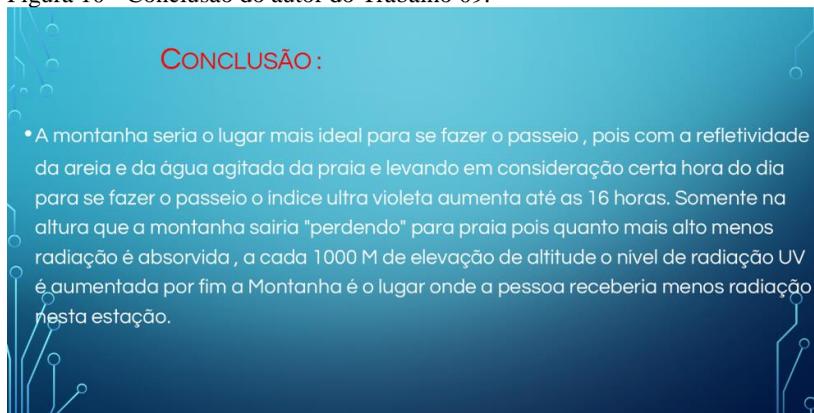
Trabalho 06: Corresponde a um trabalho, desenvolvido por uma dupla, que infelizmente não condiz com a proposta. O trabalho consistiu em focar sobre a RUV envolvendo definição, tipos, perigos, benefícios, como se proteger e curiosidades.

Trabalho 07: Esta dupla iniciou abordando o que é o IUV, seguiu abrangendo fatores que influenciam na intensidade da RUV como ozônio, posição geográfica, hora do dia, estação do ano, condições atmosféricas e tipo de superfície. Embora o desenvolvimento favoreceu o trabalho, não houve uma conclusão satisfatória, pois, a dupla apenas focou quanto à hora de exposição a partir de um gráfico retirado do site DSA/IMPE.

Trabalho 08: O aluno inicia abordando o que é radiação e em seguida foca em o que é o IUV. Embora o texto estivesse bem desenvolvido e foi mais um dos estudantes que buscou informações nos sites sugeridos, o trabalho não chega a atingir a proposta.

Trabalho 09: Em particular, este trabalho inicia pelos fatores que influenciam na intensidade da RUV através de texto, imagens e dados. Foi um dos trabalhos mais sucintos, mas cumpriu com a proposta. A conclusão do autor é apresentada abaixo (Figura 10).

Figura 10 - Conclusão do autor do Trabalho 09.



Fonte: Do Autor.

Em suma, a análise desses trabalhos mostra que muitos conseguiram alcançar o objetivo da atividade e outros ainda poderiam ter êxito, caso, por exemplo, houvesse uma orientação ou um direcionamento para o mesmo. Há também de ser considerado que, no caso dos trabalhos que não apresentaram o solicitado, pode ter havido uma compreensão errada da atividade, embora cada aluno tenha ganhado uma cópia da situação-problema. Para tornar os resultados ainda mais positivos, poderia ser feita uma apresentação dos trabalhos seguido de uma discussão das conclusões.

6.2.2 Pôster

Esta atividade foi implantada durante o final do módulo sobre raios X e seria utilizada como uma ferramenta avaliativa, além claro, de proporcionar aos alunos maior envolvimento com os temas contemplados com esta sequência didática. A estratégia desenvolvida consistia em formar dois grupos com os integrantes da turma. Um dos grupos seria responsável pelo tema Raios X, ficando o outro grupo com o tema Radiação Ultravioleta. Cada grupo seria responsável pela criação de dois pôsteres, ficando a cargo deles a organização. Concluída a etapa da construção, estes seriam expostos para os demais alunos da escola.

Quanto ao grupo responsável pelo tema raios X, foi sugerido que um dos cartazes focasse na tecnologia, envolvendo, por exemplo, as técnicas de diagnóstico com esta radiação e aplicações diversas, e o outro cartaz contemplando a história da radiação X. Ao grupo responsável pelo tema radiação ultravioleta, estes também deveriam criar dois pôsteres que contemplassem aspectos relacionados com a saúde como câncer de pele, perigos de uma exposição sem proteção, meios de proteção etc. O segundo pôster conteria aspectos físicos da radiação ultravioleta envolvendo aspectos relacionados com a interação da radiação com a matéria, classificação da radiação, e outros.

Como estávamos próximos do final do ano letivo, muitos alunos passaram a não vir mais para a escola, além da série de trabalhos escolares e provas que os alunos convivem tradicionalmente ao final de cada período do ano letivo. Houve então a mudança na estrutura do trabalho, que passou a ser um pôster feito digitalmente, para facilitar a construção pelos alunos. Nesta tarefa, foi compartilhado um tutorial com instruções sobre a estrutura. Os trabalhos passaram a ser recebidos pelo professor, mas não estavam atendendo a proposta. Em virtude disso, sugestões e direcionamento foram dadas aos estudantes, mas houve um retorno

insignificante por parte dos mesmos, que não implicou, necessariamente, em descaso.

Em síntese, de modo geral, os grupos acumularam material para montar os trabalhos e haviam iniciado a estrutura dos mesmos, mas ficou faltando a finalização. Neste aspecto, o único objetivo alcançado com esta atividade foi o de promover mais contato do assunto com os estudantes. Por outro lado, uma aluna desenvolveu por iniciativa própria o seguinte cartaz sobre saúde (Figura 11). Assim, esta atividade do pôster, embora não tenha sido um completo sucesso, não foi totalmente falha.

Figura 11 - A figura apresenta o cartaz desenvolvido por uma das alunas que integrava o grupo da radiação ultravioleta.

RADIAÇÃO U.V.

FIQUE ATENTO ÀS SOMBRAS!

Quanto maior a sombra formada através da luz solar, menor a incidência de radiação

EVITE HORÁRIOS DE PICO DO SOL

A maior incidência de RUV se dá no período entre 10hrs e 17hrs

Use protetores físicos como bonés, viseiras, barracas de praia, roupas com tecidos que absorvam a radiação.

A proteção solar das crianças e dos adolescentes é essencial, pois cerca de 75% da exposição solar acumulada durante a vida ocorre até os 20 anos.

A RUV É CUMULATIVA. POSSÍVEIS DANOS:

**Manchas na pele
Câncer de pele
Envelhecimento precoce**

PROTETOR SOLAR

**Aplicar toda vez que sair de casa
Reaplicar após longos períodos de exposição
Use protetores com fator de proteção superior a 30 FPS**

O TOM DA PELE INFLUENCIA?

Sim! Pessoas brancas e ruivas tem maiores chances de adquirir queimaduras e a longo prazo desenvolver câncer de pele.

MORMAÇO TAMBÉM QUEIMA!

Mesmo em dias nublados cerca de 80% da radiação ultravioleta pode atravessar as nuvens e chegar a Terra.

Fonte: Do Autor.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No capítulo anterior foi descrita e comentada a implementação da sequência didática elaborada para cumprir alguns dos objetivos desse trabalho. Encontra-se, neste capítulo, também uma descrição e resultados de duas atividades desenvolvidas. Assim destina-se, posteriormente, um tratamento sobre os questionários aplicados antes, durante e após a implementação da sequência didática.

7.1 QUESTIONÁRIO SOBRE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

A Tabela 1 apresenta o questionário e o respectivo resultado utilizado inicialmente para estabelecer o conhecimento prévio dos alunos a respeito da radiação ultravioleta, afinal é abundante a quantidade de mitos e verdades sobre esta radiação, de modo que alguns desses compõem o questionário que, posteriormente foi usado como um dos materiais utilizados para o desenvolvimento dos planos de aula. Conforme ocorrido na oitava aula, 6.1.9 Aula 08, houve a reaplicação do mesmo questionário, a fim de buscar avaliar possíveis mudanças na concepção dos alunos.

Conforme pode ser observado na Tabela 1, o questionário é composto por dezesseis afirmações, onde em cada uma deveria ser julgada e assinalada como verdade ou mito.

Tabela 1 - Resultados do questionário sobre radiação ultravioleta aplicado em dois momentos diferentes.

Afirmativa	1ª Aplicação		Acertos (%)	2ª Aplicação		Acertos (%)
	Verdade	Mito		Verdade	Mito	
1. A pele bronzeada é sinal de saúde.	1	14	93,33	0	15	100
2. A água oferece mínima proteção.	9	6	60,00	5	10	33,33
3. Se a pele não se esquentar, ela não se queimará.	2	13	86,66	4	11	73,33
4. O protetor solar protege e usando-o pode-se ficar muito tempo sob o Sol.	3	12	80,00	3	12	80,00
5. Permanecer à sombra entre uma exposição e outra ao	12	3	20,00	3	7	46,66

Sol evita queimaduras.						
6. A pele se queima em um dia nublado.	13	2	86,66	14	1	93,33
7. É preciso tomar banho de Sol para a produção de vitamina D.	12	3	20,00	12	4	26,66
8. O bronzeamento protege você do Sol.	2	13	86,66	2	13	86,66
9. Os efeitos da RUV são cumulativos.	12	3	80,00	14	1	93,33
10. A queimadura é causada pela RUV que não é sentida pela pele. O que esquenta é principalmente a RIV.	10	5	66,66	8	7	53,33
11. No inverno, a intensidade da RUV cai muito, mas neve ou a areia reflete muito, chegando a dobrar a intensidade.	7	8	46,66	11	4	73,33
12. A RUV não é perigosa no inverno.	2	13	86,66	2	13	86,66
13. O bronzeamento é uma defesa do corpo contra futuros danos da RUV.	5	10	33,33	5	10	33,33
14. A proteção do protetor solar depende criticamente da aplicação correta.	13	2	86,66	14	1	93,33
15. Você não se queima dentro d'água.	1	14	93,33	0	15	100
16. O tempo necessário para a produção de vitamina D é muito pequeno, não havendo necessidade de banho de Sol.	6	9	35,71	10	5	66,66

Fonte: O Autor.

Da comparação realizada entre as respostas obtidas das dezesseis perguntas que compõem o questionário aplicado antes da execução do Módulo 1 e 2, verifica-se um resultado positivo quanto às mudanças do conhecimento sobre a radiação ultravioleta e algumas de suas interações e efeitos.

Nota-se que em quatro afirmações a porcentagem de acertos continuou o mesmo, número 4, 8, 12 e 13. Nos itens de número 3 e 10 houve os resultados negativos da comparação. Estes abordam praticamente o mesmo aspecto, uma vez que quase todos se complementam aos pares. Outro em que houve uma diminuição na resposta esperada condiz com o número 2 que relaciona proteção aos raios UV com a água, mas verifica-se um aumento no seu “par”, a afirmação 15. Apenas as afirmações 6 e 8 não possuem outras alternativas relacionadas.

7.2 QUESTIONÁRIO SOBRE CONCEPÇÕES ACERCA DA RADIAÇÃO

Essa seção traz a análise das respostas dos questionários aplicados antes da implementação da sequência didática e após a implementação da mesma. Em seguida há a respectiva interpretação através da análise das respostas, compondo as discussões.

Quanto aos resultados, os critérios de criação para as classes das respostas foram desenvolvidos com embasamento no trabalho de Silva, Campo e Almeida (2013). A partir deste, foram criadas cinco categorias de análise referente às respostas dadas pelos participantes, obedecendo o seguinte: **Resposta Satisfatória (RS)** corresponde às respostas esperadas, corretas e condizentes com o cientificamente aceito; **Resposta Parcial (RP)** indica as respostas significativas, ou seja, corretas, mas incompletas; **Resposta Não Satisfatória (RNS)** caracteriza aquelas respostas que contêm indícios de uma resposta correta, porém não são consideradas corretas; **Resposta Incorreta (RI)** representa as respostas totalmente incorretas ou que não possuem relação com a pergunta; e por último, **Sem Resposta (SR)** para o caso do aluno não ter escrito nada ou que tenham respondido não saberem responder.

Os questionários não contiveram identificações, de modo que foram atribuídas letras aleatoriamente aos questionários sem visar relação com nome ou comparação de respostas entre o pré-teste e pós-teste, apenas com o intuito de auxiliar na discussão das respostas.

Os resultados estão organizados pela sequência das questões que compõem o questionário aplicado. Para cada uma dessas, segue uma análise das respostas correspondentes à primeira aplicação que foi utilizada para identificar os conhecimentos prévios dos alunos, uma tabela apresentando os dados quantitativos para comparação entre o pré-teste (primeira aplicação) e o pós-teste (segunda aplicação) seguido de um gráfico para melhor caracterizar os dados. A estes precede uma avaliação sobre as respostas obtidas na reaplicação das questões.

Quanto à reaplicação, o questionário aplicado consistiu na última atividade do projeto. Enquanto o primeiro é constituído de 12 perguntas, para esta etapa duas foram excluídas, pois os assuntos abrangentes não foram abordados durante o projeto. Desta forma, foram retiradas as questões 05 e 08, que abordam sobre a diferença entre radiação e radioatividade e histórico de acidentes radioativos, respectivamente. As demais questões permaneceram inalteradas.

Por fim, convém comentar que em ambas as aplicações dos questionários, realizados em sala de aula, os participantes não tiveram a possibilidade de consultar qualquer tipo de material durante a realização da resolução, tampouco a comunicação com outros alunos, ou seja, foi respondido individualmente.

Questão 01: O que você entende por radiação?

O objetivo desta questão foi buscar os conhecimentos prévios dos alunos sobre radiação. Dos questionários apresentados, três não apresentaram respostas e um respondido com “nada”. Aos demais busquei classificar em três categorias para essa análise: 1. Aquelas que se assemelham a definições conceituais; 2. Aquelas que apresentam uma relação com doenças; 3. As quais o aluno buscou colocar a sua percepção, em outras palavras, “o que entendo...”.

Três respostas foram elaboradas em um estilo conceitual relacionando radiação com energia e atribuindo um caráter de onde e/ou partícula: “*emissão de energia por meio de ondas ou partículas*” (I), “*a radiação é uma forma de energia transmitidas através do ar ou não, como uma onda eletromagnética ou partícula*” (C) e “*radiação é a emissão ou propagação de energia através da matéria ou do espaço por meio de perturbações eletromagnéticas, que apresentam duplo comportamento: como onda e como partículas*” (A). Há uma relação de radiação como emissão e propagação como pode ser notado. Por fim, uma única resposta (desses três) aponta a origem da radiação por meio de fonte natural e artificial: “*além de existir naturalmente no ambiente a radiação*

também vem de fontes artificiais...” (C). Em outro questionário (J), o aluno atribuiu como principal fonte de emissão o Sol: *“a radiação é emitida principalmente pelo Sol”*, sendo esta sua resposta para a questão.

Embora na classificação “conceitual” apresentada acima, nenhum aluno comentou sobre a classificação das radiações, em outras palavras, os “tipos de radiação”. É na segunda classificação que um apontamento aparece. Esta segunda classificação constitui as respostas que, de alguma maneira, relacionaram-se com saúde. Tomando a resposta de (D), a radiação apresenta *“intensidades diversificadas e dependendo disso pode causar sérios problemas nos seres vivos”*, a mesma ainda indica que *“a radiação está presente em praticamente tudo que usamos hoje em dia”*. Na mesma linha de pensamento (H) respondeu que *“a radiação faz mal para a saúde em excesso causa problemas de saúde”*. (B) vai um pouco além: *“talvez até a morte”*, além de atribuir características como tóxico e venenoso. Tanto (B) quanto (N) caracterizam a radiação como “algo”, este último também caracterizando como causador de doenças e motivo de precaução. (O) diferenciou-se apenas por radiação ser *“uma energia nociva”*.

No caso de (M) e (G), apresentaram duas respostas as quais não conseguiu retirar um significado. (G) *“entendo como ondas ou raios capazes de alterar o curso dos objetos que atinge”* e (M) *“algo que faz que um raio encontre alguma coisa dura e assim mostrando como está”*.

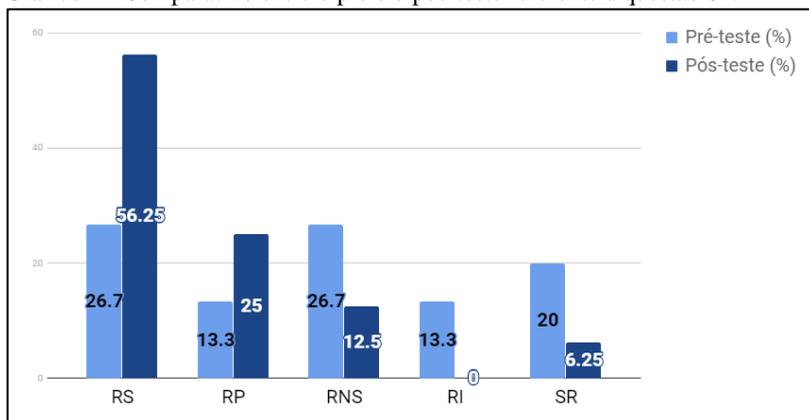
As respostas apresentadas nesta questão foram dentro do esperado na perspectiva de concepções prévias, principalmente aquelas que relacionaram radiação como sendo algo nocivo à saúde, uma vilã causadora de doenças como o câncer correspondendo à visão incompleta que as pessoas costumam apresentar sobre o assunto.

Tabela 2 - Categorias em relação ao número de aluno (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 01.

Categoria	Pré-teste		Pós-teste	
	Alunos	Porcentagem	Alunos	Porcentagem
RS	A, C, D, I	26,7	A, B, C, F, G, H, J, L, M	56,25
RP	H, J	13,3	D, E, N, P	25
RNS	B, G, O, N	26,7	I, O	12,5
RI	F, M	13,3		0
SR	E, K, L	20	K	6,25

Fonte: O Autor.

Gráfico 1 - Comparativo entre o pré e o pós-teste referente à questão 01.



Fonte: O Autor.

No decorrer das aulas trabalhadas, o conhecimento transmitido possibilitaria ao aluno, ao responder esta questão, abordar pontos com uma definição, fontes de radiação, malefícios e benefícios e também aplicações. A questão, da maneira como foi colocada, ficou aberta ao aluno, de modo que não houve uma resposta que contemplasse todos estes pontos citados, o que, conseqüentemente, influenciou em obter um resultado mais específico sobre o conhecimento que o aluno adquiriu. Caso contrário, a pergunta pode ser colocada como: O que é radiação? A que podemos relacioná-la?

Dentre as respostas obtidas, o termo mais citado foi energia (11 vezes), de forma que as respostas acabaram ficando com aspecto de conceito, comum do tipo “*são emissões de energia por meio de ondas ou partículas*” (A), “*radiação é um termo da área da física e significa a propagação de energia de um ponto a outro*” (L) e “*que é uma transmissão de energia por meio de ondas*”. O aspecto “onda”, mais exatamente, o ondulatório, apareceu em outras respostas, como em M: “*radiação é a propagação de energia através da matéria ou do espaço por meio de perturbações eletromagnéticas*” e por H: “*Ondas eletromagnéticas com aplicações em áreas como da medicina, também em eletrodomésticos e eletrônicos e é claro a que vem do sol*”.

Outro aspecto positivo mencionado está em reconhecer particularidades da radiação, como a resposta de F: “*Radiação é um tipo de energia que se for usado de modo correto nos ajuda bastante*”, E: “*... em excesso ela é maléfica ao ser humano. Existem tipos de radiação, como a X, UV, e etc*”, N: “*É liberada pelo sol, lâmpada e camaras de*

bronzearamento que transmite radiação que prejudica a saúde, e não tem muitos benefícios”.

Embora a concepção de energia tenha sido alterada para melhor, nota-se que alguns aspectos estão incompletos e/ou incoerentes como, por exemplo, associar radiação a uma forma de energia e, como colocado por C: “é uma energia que atravessa o tecido corporal e pode danificar as células”.

Questão 02: Cite três coisas que você acredita não estarem relacionadas à radiação. Explique o motivo.

As respostas para esta questão também estão dentro do esperado para a proposta desse trabalho. Através delas foi possível constatar que para a grande maioria dos alunos a radiação não está, ou está muito pouco, presente ao nosso redor. Uma resposta em exceção foi dada por (A): “Nada. Tudo contém radiação, seja ela mínima” e (H): “Tudo está relacionado hoje em dia a maioria dos eletrodomésticos”. (H) associou radiação com eletrodomésticos, enquanto (G) relacionou à processos naturais e industriais: “Nada, pois mesmo que seja algo da natureza necessita da radiação do sol para que possa se desenvolver, e nas indústrias, maior parte dos produtos passa por um processo para que duram mais”. A resposta de (O) estaria na mesma linha por ter colocado que “tudo de que penso está de alguma forma ligado à radiação”, mas complementa a questão citando “castelos medievais, patos e ovelhas”.

Quanto a citar três coisas, obtive alguns itens, como este dado por (D): “papel → acredito que ele não receba radiação por ser uma coisa tão fina”. (M) citou parede, porta e quadro, ambas pelo motivo que “não produz nenhum raio”, talvez tal resposta buscando uma relação com aquela apresentada na primeira questão. Por fim, (N) acredita que “são poucas as coisas que estão ligadas com a radiação”. Os demais questionários não contiveram respostas.

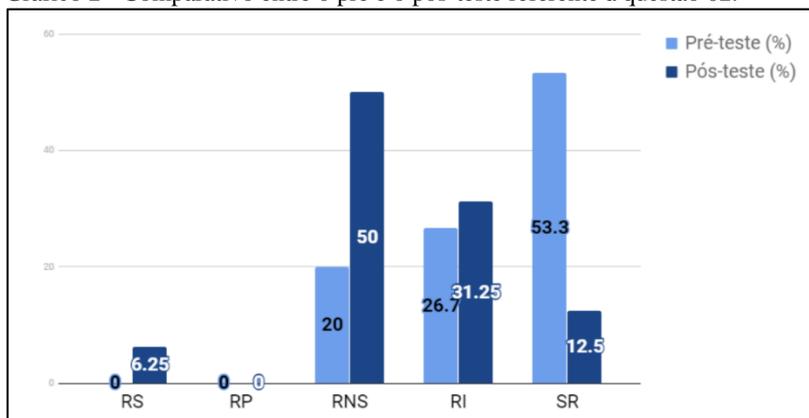
Tabela 3 - Categorias em relação ao número de aluno (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 02.

Categoria	Pré-teste		Pós-teste	
	Alunos	Porcentagem	Alunos	Porcentagem
RS		0	C	6,25
RP		0	0	0
RNS	A, G, H	20	A, B, G, I, J, L, N, O	50
RI	D, M, N, O	26,7	D, E, F, H, P	31,25

SR	B, C, E, F, I, J, K, L	53,3	K, M	12,5
----	---------------------------	------	------	------

Fonte: O Autor.

Gráfico 2 - Comparativo entre o pré e o pós-teste referente à questão 02.



Fonte: O Autor.

Após a implementação das aulas, a maior parte dos alunos passou a relacionar radiação a objetos, seja através da exposição (N), emissão (A), por conter radiação (L), contato com o sol (I) ou por estar ou ser irradiado de alguma forma (J). As respostas, de certo modo, foram breves na explicação, o que não permite uma análise mais detalhada das mesmas.

Embora o questionamento faça referência a coisas, o retorno dado do C foi particular: *“idéias, pensamentos e sentimentos, pois não tem uma forma física”*. Enquanto outros alunos compreenderam coisas que estão relacionadas como radiação solar (G), *“vidro, concreto e chumbo, porque eles bloqueiam determinados tipos de radiação”* (B) e calor (E).

Questão 03: Dentre as disciplinas escolares do ensino médio, com quais delas você julga haver relação com fenômenos que envolvem radiação? Explique sua(s) escolha(s).

A disciplina mais citada foi a Física, sendo 10 vezes. Seguida de Química, 8 vezes e por Biologia, 3 vezes. Dentre dos motivos, iniciando por Física, encontra-se nas respostas como envolver fenômenos da natureza (D, J e M) e estudar direta ou indiretamente o tema (C e H). Química aparece relacionada (I) com Física por conter experimentos (N) e lidar *“com o comportamento do universo”* (O) e individualmente por

estar relacionada com radiação (J), “a forma química em que a radiação pode estar presente” (D). Outra disciplina “que também tem radiação” (G) foi Biologia, atribuindo-se “anomalias que a radiação pode causar” (D) e relação com a natureza “pois as flores precisam de sol para nascerem” (L).

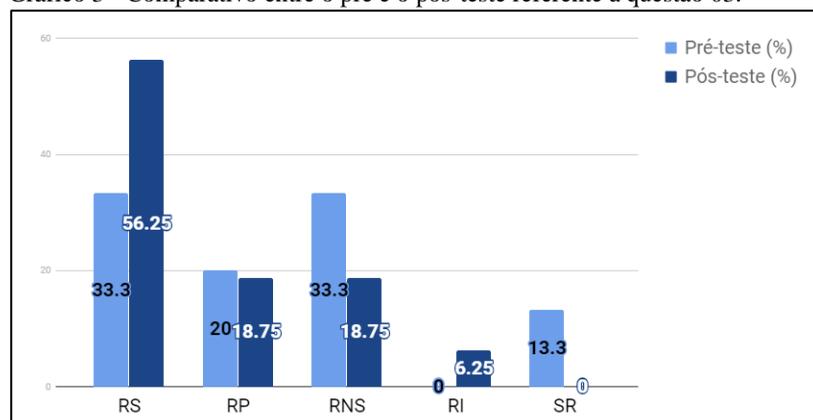
Para fins de classificação, foi considerado com resposta satisfatória (RS) aquelas em que é citado disciplina(s) e motivo(s); resposta parcial (RP) para o caso de citar apenas disciplina. As demais continuam conforme estabelecido.

Tabela 4 - Categorias em relação ao número de aluno (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 03.

Categoria	Pré-teste		Pós-teste	
	Alunos	Porcentagem	Alunos	Porcentagem
RS	D, G, L, M, O	33,3	A, B, C, F, G, H, J, N, O	56,25
RP	A, B, K	20	I, K, L	18,75
RNS	C, H, I, J, N	33,3	D, E, M	18,75
RI		0	P	6,25
SR	E, F	13,3		0

Fonte: O Autor.

Gráfico 3 - Comparativo entre o pré e o pós-teste referente à questão 03.



Fonte: O Autor.

Embora inicialmente a ideia de interdisciplinaridade tenha sido cogitada para esta proposta, ela não se realizou. Por outro lado, há sim conexões e relações com demais áreas do conhecimento. Assim, o

objetivo dessa questão foi buscar identificar se as associações realizadas em momentos durante o projeto foram assimiladas pelos alunos. Desse modo esperava-se nas respostas encontrar uma relação entre o fenômeno e a área(s) do conhecimento relacionada(s).

Uma resposta que se aproximou das expectativas obtida na reaplicação foi dada por F: *“Biologia – o que a radiação causa; Matemática – Intensidade em números da radiação; Física – fonte de radiação, um estudo mais aprofundado sobre ela”* e por H: *“A Física, que estuda fenômeno em si e a Química que foca nas causas e consequência do fenômeno”*.

As disciplinas de física (11), química (8) e biologia (4) foram citadas várias vezes. B escreveu que *“porque são matérias que estudam a maneira como ocorrem, onde ocorrem, suas causas e danos”*. Outra disciplina também citada algumas vezes foi Geografia (3), (J) *“por falar de várias partes do solo que recebem radiação, por falar do Sol que também emite”*.

Questão 04: No seu entendimento, a saúde humana ao receber doses de radiação, as consequências se existirem, são benéficas ou malélicas? Se sim, quais são os efeitos para o organismo?

Uma divisão possível para estas respostas, para essa discussão, foi classificar em duas categorias, onde a primeira trata a radiação como algo apenas malélico e o segundo grupo que traz o lado da dependência com a dose.

Em seis questionários as respostas apontam a radiação como algo malélico para a saúde humana, sendo que em duas respostas o câncer foi apontado como efeito no organismo. Uma resposta mais detalhada foi dada por D *“... é muito perigosa e causa diversas doenças e anomalias que podem ocasionar a morte”*, além de queimaduras, como citado por H.

Nesta mesma linha de caracterizar a radiação apenas por seus efeitos malélicos, uma mudança significativa nesta perspectiva aparece em algumas respostas (B, O, G e J) que trazem a relevância da dose para os efeitos. Conforme resposta dada por (G): *“depende das doses, se forem altas são malélicas podendo causar inúmeros problemas, como na tireóide, no caso de raio-x que pegue a região”*. (J e O) complementaram suas respostas colocando que em pequenas quantidades há benefícios, embora não os citem.

Uma perspectiva sobre benefícios aparece nas respostas de H e N, embora nas mesmas a radiação não assume apenas um papel benéfico,

como pode ser visto na resposta de N: “*algumas são como tirar um raio X. você recebe uma radiação mais é para o seu bem*”. Por fim, o único benefício citado foi a vitamina D dado por H.

Na Questão 01, foi notado que para muitos a radiação é reconhecida apenas por seus malefícios, como pode ser visto acima. Nesta questão, as respostas complementam esta ideia, dado que a quantidade de malefícios citados foi muito maior do que benefícios. Dado que não há um domínio entre os alunos sobre o conceito de radiação, seria interessante investigar o motivo que levou alguns a acreditar que a dose influencia nos benefícios e malefícios que a radiação pode causar. Também poderia ser questionado, por influência da resposta dada por N, o quanto ela pode ser maléfica em comparação quando visamos um benefício para a nossa saúde.

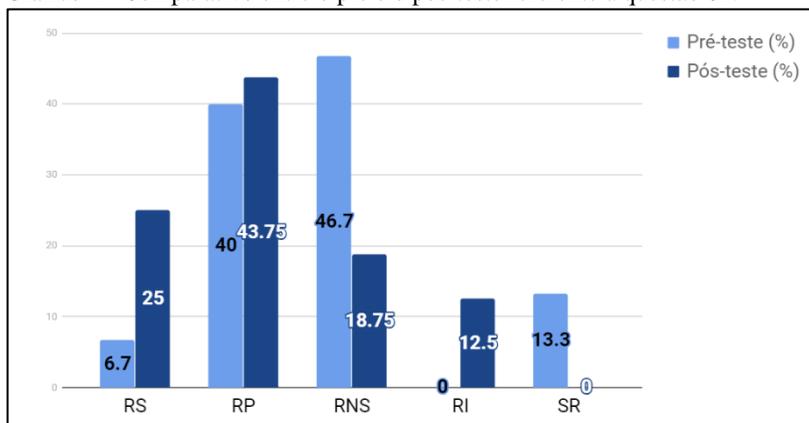
A classificação para a comparação apresentada abaixo foi adaptada para o seguinte: resposta significativa (RS) para o aluno que identificar que os efeitos dependem do tipo de radiação e da dose; resposta parcial (RP) para o aluno que considerar como maléfica ou benéfica e citar efeito(s) e resposta não satisfatória (RNS) para o caso que o aluno apenas categorizou em benéfica ou maléfica.

Tabela 5 - Categorias em relação ao número de aluno (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 04.

Categoria	Pré-teste		Pós-teste	
	Alunos	Porcentagem	Alunos	Porcentagem
RS	G	6,7	B, C, H, N	25
RP	D, E, F, I, L, M	40	A, D, E, F, I, J, M	43,75
RNS	A, B, H, J, K, N, O	46,7	G, K, L	18,75
RI		0	O, P	12,5
SR	C, K	13,3		0

Fonte: O Autor.

Gráfico 4 - Comparativo entre o pré e o pós-teste referente à questão 04.



Fonte: O Autor.

Esta pergunta visou analisar se houve alguma mudança na concepção dos estudantes quanto às consequências da radiação na saúde humana. Três respostas apontam a radiação como maléfica, sem haver alguma justificativa. Entre aquelas que definiram a radiação como maléfica, encontram-se os seguintes complementos: “*causa câncer de pele*” (A), “*elas podem causar câncer*” (D), “*acho que vai matando células boas*” (I), “*sofre alterações no DNA da célula*” (M) e “*a radiação pode causar deformações, câncer e consequentemente a morte*” (F).

Outros explicaram que a radiação pode apresentar os dois lados, maléfico e benéfico. Dentre os malefícios foram citados o câncer, câncer de pele, desidratação e queimaduras. Como positivo, mas em quantidade controlada, a produção de vitamina D. B respondeu que “*o ser humano necessita, por exemplo, da luz do sol para a produção de vitamina D, mas o excesso de sol pode causar câncer de pele. Então, como os efeitos são cumulativos, depende da dose*”.

O resultado obtido leva a acreditar que as concepções dos alunos sobre os efeitos da radiação continuam voltados para o lado negativo, sem considerar aspectos principais para sua escolha de decisão, entre maléfica e benéfica, como o tempo de exposição e a que tipo de radiação a ser considerada para a análise quanto aos riscos e benefícios.

Questão 05: Existe diferença entre radiação e radioatividade?

As respostas para esta questão evidenciam a falta de conhecimento sobre identificar e distinguir estes dois fenômenos. As quinze respostas

consistiram em: cinco não responderam; quatro afirmaram, mas não justificaram; uma “*acho que sim*”; dois “*não sei*” e; um “*não*”. (H) respondeu “*acho que tem o mesmo sentido, principalmente na saúde*”. A única resposta que traz uma diferenciação entre radiação e radioatividade foi dada por D “*radiação é uma força e a radioatividade nos faz pensar e um corpo ou lugar que esteja ‘infectado’ com radiação*”.

Não é possível obter um resultado quanto à assimilação e distinção entre esses dois conceitos pois a radioatividade não é tema de foco no trabalho, tendo sua menção durante a segunda aula, quando foi apenas realizada uma diferenciação entre radiação e radioatividade. Desse modo, ela foi descartada no pós-teste.

Questão 06: No dia a dia, você está submetido a algum tipo de radiação? Qual?

Um aluno não respondeu e outro respondeu ‘não’. Para a maioria dos alunos estamos submetidos a algum tipo de radiação. As respostas predominantes (7) apontaram a radiação solar, sendo que H foi um pouco além e complementou com “*pode causar problemas de saúde e queimaduras*”. Outros três questionários constam a ultravioleta. Duas respostas mais diferentes foram dadas por B “*sim. Provavelmente vários mas não sei, o celular, talvez o microondas*” e D “*sim, a maioria dos eletrodomésticos tem radiação, em pouco intensidade mas tem. Raios também faz uso de radiação*”.

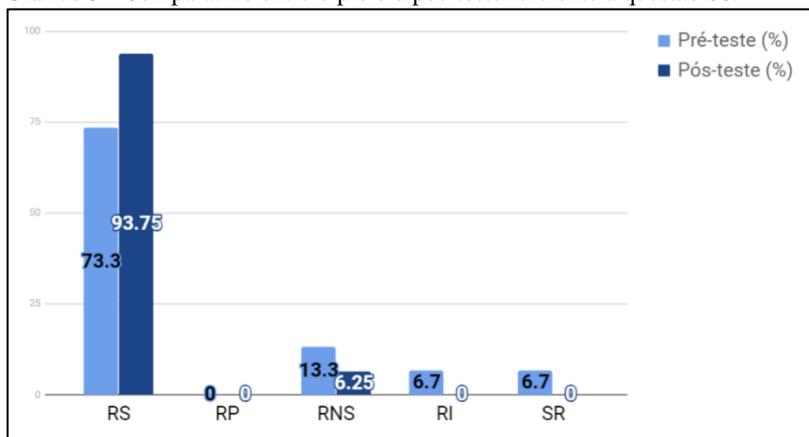
A adaptação dos critérios de classificação para esta questão corresponde à resposta satisfatória (SP) o aluno que afirmar e citar no mínimo um tipo de radiação; resposta parcial (RP) quando apenas afirmar; e resposta incorreta (RI) para o aluno que negar.

Tabela 6 - Categorias em relação ao número de aluno (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 06.

Categoria	Pré-teste		Pós-teste	
	Alunos	Porcentagem	Alunos	Porcentagem
RS	B, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O	73,3	A, B, C, D, E, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P	93,75
RP		0		0
RNS	A, D	13,3	F	6,25
RI	E	6,7		0
SR	C	6,7		0

Fonte: O Autor.

Gráfico 5 - Comparativo entre o pré e o pós-teste referente à questão 06.



Fonte: O Autor.

Embora a radiação solar tenha novamente sido a mais citada (13), sendo por quase todos os participantes, a análise mostra que os alunos adquiriram significativamente, uma percepção mais ampla das fontes e tipos de radiação eletromagnética. Como por exemplo, micro-ondas e aparelhos de rádio e TV (9); radiação ultravioleta também foi citada, além de seus tipos como UVA e UVB (4), seguido por calor (2) e equipamentos de uso na medicina (2). Três estudantes ao citarem a radiação provida do Sol afirmaram que somos submetidos a ela até mesmo em dias nublados.

Questão 07: Será que raios X é um tipo de radiação?

Das respostas obtidas, dois alunos responderam “*acho que sim*”, um não respondeu e dez afirmaram “*sim*”. Os participantes H e D, ao que parece, relacionaram os raios X ao aparelho de diagnóstico, atribuindo a este a capacidade de visualizar o interior do corpo humano: (H) “*Sim, ele usa radiação para enxergar através da pele e ver se tem algo de errado*”. D “*Sim, ele emite ondas que são utilizadas para podermos ver nosso ‘interior’.*”.

Os critérios para a classificação das respostas foram: Resposta satisfatória (RS) para aquele que afirmar e comentar e/ou justificar corretamente; resposta parcial (RP) caso apenas afirmar; Resposta não significativa (RNS) quando, além de afirmar, acrescentar um comentário

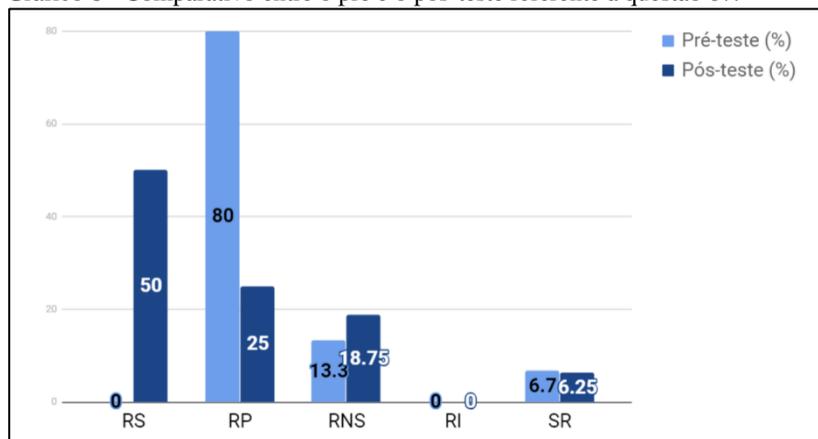
e/ou justificativa, mas que não esteja coerente; Resposta incorreta (RI) para o caso de negar.

Tabela 7 - Categorias em relação ao número de aluno (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 07.

Categoria	Pré-teste		Pós-teste	
	Alunos	Porcentagem	Alunos	Porcentagem
RS		0	A, B, G, J, L, M, N, P	50
RP	A, B, E, F, G, I, J, K, L, M, N, O	80	C, H, I, O	25
RNS	D, H	13,3	D, E, F	18,75
RI		0		0
SR	C	6,7	K	6,25

Fonte: O Autor.

Gráfico 6 - Comparativo entre o pré e o pós-teste referente à questão 07.



Fonte: O Autor.

É possível perceber através do resultado da reaplicação que os estudantes passaram a possuir maior convicção quanto a considerar os raios X como um tipo de radiação. Alguns reconheceram como uma radiação eletromagnética e outros chegaram a relacionar com frequência e comprimento de onda: “sim, do tipo de menor comprimento de onda” (B), “sim, radiação eletromagnética com frequências superiores à radiação ultravioleta” (A) e “sim, o raio x é um tipo de radiação eletromagnética com frequências superiores a radiação ultravioleta, maiores que 1018 Hz” (L). Outros alunos lembraram das aplicações na

medicina: “... irradiando através do corpo para poder ver os ossos” (J) e “radiação é um dos grandes aliadas na medicina, para exame, fraturas” (P). A radiação X ainda foi tomada como sendo a máquina que emite esta radiação, como pode ser percebido na seguinte resposta “sim porque ele emite raios que passam por algo que seja resistente e marca em uma placa” (D).

Questão 08: Há registros de acidentes radioativos no histórico do nosso país?

Nesta questão é possível classificar em positivo e negativo. Das respostas afirmativas, três apenas afirmam, “sim, não lembro o nome nem local...” (O), na mesma linha há H e B, onde afirmam, mas não lembram nem data nem local. “há alguns, mas não lembro os lugares onde ocorreu”. Por fim, uma resposta ‘pessimista’ dada por J “provavelmente”.

Para a segunda categoria as respostas foram: M “não”, L “acho que não”, G “não tenho conhecimento”, E “não que eu saiba”, I “não sei” e D “não que eu me lembre”.

Esta questão, assim como a número cinco, foi retirada no questionário de reaplicação por motivos semelhantes, devido a não abordagem da radioatividade. Inicialmente esta questão foi colocada pois havia a intenção de dedicar uma aula para tratamento da radioatividade, além do tratamento sobre o acidente em Goiânia envolvendo o elemento cério 137.

Questão 09: Você saberia diferenciar a radiação ionizante da radiação não-ionizante? Explique.

Predominantemente não souberam responder. Com exceção dos “não” destaco a seguinte resposta: “creio que sim, imagino que a radiação ionizante tem como efeito a ionização dos prótons aonde ela atinge” (O).

Para a classificação, as respostas obtidas como “não sei” e “não” foram colocadas na categoria sem resposta (SR). As demais seguem como estabelecido inicialmente.

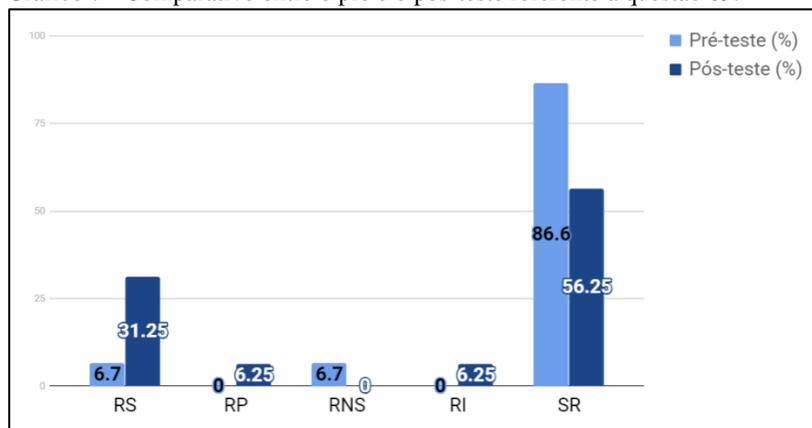
Tabela 8 - Categorias em relação ao número de aluno (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 09.

Categoria	Pré-teste		Pós-teste	
	Alunos	Porcentagem	Alunos	Porcentagem
RS	C	6,7	A, B, G, L, N	31,25

RP		0	M	6,25
RNS	O	6,7		0
RI		0	P	6,25
SR	A, B, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N	86,6	C, D, E,F, H, I, J, K, O	56,25

Fonte: O Autor.

Gráfico 7 - Comparativo entre o pré e o pós-teste referente à questão 09.



Fonte: O Autor.

Embora seja uma pergunta discursiva, as respostas ficaram entre os dois extremos: aqueles que não souberam e aqueles que atingiram o esperado. Estes do segundo grupo tiveram em comum associar a energia suficiente para ionizar um átomo. Duas respostas se particularizam das demais, a primeira feita por G na qual apresenta exemplos de cada uma das radiações “*radiações ionizantes: as que possuem energia suficiente para ionizar os átomos e moléculas com as quais interagem (raio x e raios gama); não ionizantes: luz visível, infravermelho entre outros*” e a segunda, feita por B, devido a associação de energia com comprimento de onda: “*a ionização possui energia suficiente pra ionizar as moléculas com que interage, e tem menor comprimento de onda. Já a não-ionizante não tem energia suficiente para esse processo e possui maior comprimento de onda*”.

A fim de uma maior relação com a sequência didática, poderia ser questionado se os raios X e ultravioleta são radiações ionizantes ou não-ionizantes e os efeitos sobre o organismo.

Questão 10: No caso de alguns alimentos, para que sua conservação seja prolongada, estão sendo irradiados. Você acredita que esse procedimento pode prejudicar a saúde do consumidor?

Outra questão visando os malefícios e benefícios do uso de radiação em nossas vidas. Dois questionários sem resposta, outros dois “*não sei, talvez*”, seis respostas afirmativas “*sim*”, e um “*sim, um pouco*”, (O) “*acredito que poderia prejudicar a saúde sim*”, H diz que pode “*pois a radiação prejudica a saúde*”. Mais uma afirmação é constatada em D “*com certeza, nunca ouvi falar sobre uma radiação que faça bem*”. Apenas em M aparece um posicionamento contrário: “*Não pois ele é desenvolvido para não fazer mal*”.

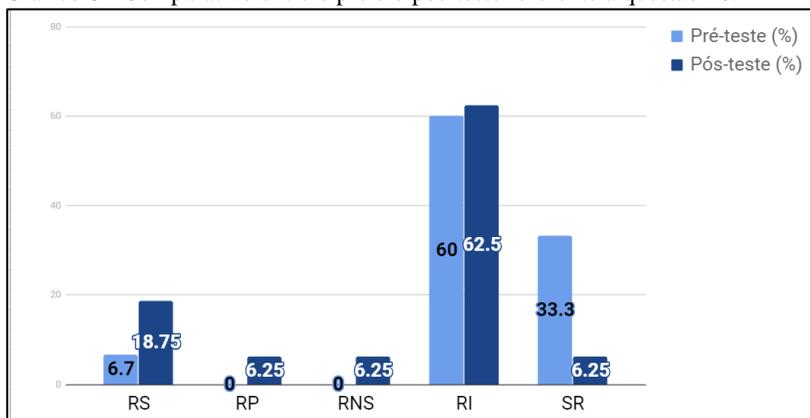
Nota-se até o momento que o conhecimento que envolvia desde o que pode ser a radiação até suas aplicações são praticamente desconhecidos pelos alunos, permanecendo apenas a visão de algo muito ruim/prejudicial. Segue abaixo o agrupamento das respostas seguindo os critérios estabelecidos inicialmente.

Tabela 9 - Categorias em relação ao número de alunos (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 10.

Categoria	Pré-teste		Pós-teste	
	Alunos	Porcentagem	Alunos	Porcentagem
RS	M	6,7	E, N, P	18,75
RP		0	G	6,25
RNS		0	D	6,25
RI	A, D, E, H, I, K, L, N, O	60	A, B, C, F, H, I, J, L, M, O	62,5
SR	B, C, F, G, J	33,3	K	6,25

Fonte: O Autor.

Gráfico 8 - Comparativo entre o pré e o pós-teste referente à questão 10.



Fonte: O Autor.

Houve uma melhora significativa no resultado dessa questão, entretanto poderia ser maior se houvesse um tratamento mais abrangente sobre as aplicações da radiação na indústria, além de estar esclarecendo que nem todo tipo de radiação deixa os corpos que ela entra em contato radioativos. Em última análise foi possível constatar que as concepções prévias dos estudantes foram de notória presença em suas justificativas positivas a esta questão proposta. Por isso, considera-se que a pergunta poderia conter duas modificações: a primeira acrescenta, ao final da pergunta, algo como “o que o leva a acreditar que é prejudicial?”; e segundo, definir que a pergunta é direcionada à radiação eletromagnética.

Concepções prévias podem ser evidenciadas nas respostas como “com certeza, com o passar do tempo ela pode causa doenças e deformações” (F), “acredito que sim, pois o alimento está sendo modificado e essa radiação será depositada no nosso organismo” (B) e “acredito que sim, porque se expor de mais à radiação faz mal, então nos alimentos também deve fazer mal. Todo produto usado para conservar algum tipo de alimento não é muito bom” (J) agregam-se ao descrito acima.

Em algumas respostas entraram alguns fatores em consideração, como quantidade e prazo: “talvez sim, mas isso a longo prazo é claro” (H) e “acredito que em poucas quantidades ele não prejudica muito, mas bem pouco ao longo de anos” (D). Por fim, temos as respostas negativas, destaco a resposta dada por (N) “não tem nada provado que pode causar algum tipo de problema a saúde, ele só prolonga a ‘vida’ do alimento

fazendo durar mais tempo” e (P) “na minha opinião não seria prejudicial por ser uma radiação baixa a serem usadas nos alimentos e frutas”.

Questão 11: Os raios X emitidos para investigar possíveis fraturas ósseas trazem somente benefícios à saúde?

Foram recebidas duas respostas em branco, J e L acreditam que sim. F não sabe, *“não sei dizer, talvez”*, enquanto A e N *“não”*. Em contrapartida, (D, E, G, O e H) trazem alguns elementos nas respostas que me levam a refletir o motivo que os leva a pensar que este procedimento médico traga malefícios: a causa do câncer foi citada em D e E. Também os responsáveis pelos exames foram citados D *“não, ele pode prejudicar tanto o radiologista quanto o paciente. O radiologista se aposenta mais cedo e pode causar o câncer”*, e como cita (O) *“não! Por isso é usado chumbo na máquina”*.

Em quatro respostas constata-se uma visão diferente, a primeira dada por I *“as vezes quando bem usadas sim”*, a segunda dada por M *“dependendo do procedimento pode ser ruim”* e a terceira dada por G *“não, pois a radiação é cumulativa e a pessoa pode adquirir problemas ao longo do tempo”*. Para finalizar, segue a resposta dada por B: *“a princípio era pra ser, afinal se tem radiação com certeza está em pouca quantidade, em quantidade segura para o organismo, imagino”*.

Constata-se que foram levantados vários pontos quanto ao uso de radiação em procedimentos médicos que puderam ser abordados durante o projeto. Dentre eles explorar a relação entre doses de radiação e seus efeitos cumulativos; princípio de funcionamento de uma máquina de raios X, bem como os meios de proteção contra tal tipo de radiação.

A partir destas respostas, uma questão que talvez pudesse ser proposta em algum momento durante o projeto para contrastar com esta, dado que o resultado apresentado pela análise corresponde a uma falta de conhecimento da maioria quanto à essência de tal exame, seria perguntar se alguém já havia se recusado a fazer uma radiologia. Tal pergunta objetivaria levar o aluno a refletir sobre que tipo de procedimento médico está se submetendo, além de buscar quantificar malefícios versus benefícios.

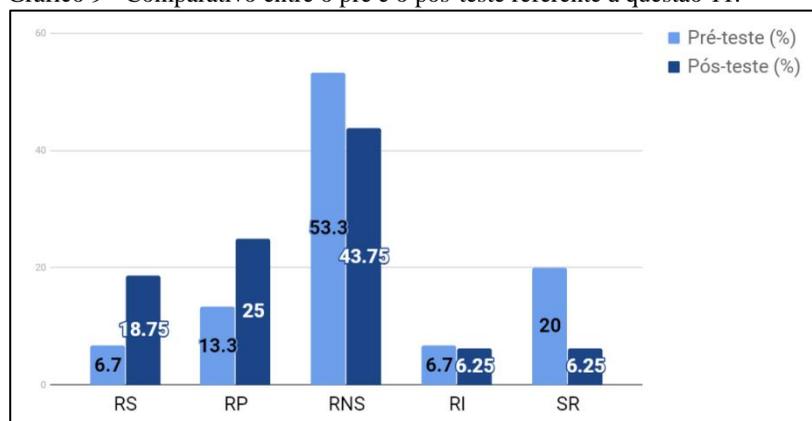
A classificação para a comparação abaixo acrescenta ao pré-estabelecido como resposta significativa (RS) aquelas que possuem relação dos efeitos com a intensidade da radiação e tempo de exposição ou efeitos cumulativos; se citar apenas um desses, a resposta é classificada como resposta parcial (RP); resposta não satisfatória (RNS) para o caso que o aluno apenas categorizou em positivo e negativo.

Tabela 10 - Categorias em relação ao número de alunos (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 11.

Categoria	Pré-teste		Pós-teste	
	Alunos	Porcentagem	Alunos	Porcentagem
RS	G	6,7	B, E, P	18,75
RP	B, I	13,3	A, C, D, I	25
RNS	D, E, H, J, L, M, N, O	53,3	F, H, J, L, M, N, O	43,75
RI	A	6,7	G	6,25
SR	C, F, K	20	K	6,25

Fonte: O Autor.

Gráfico 9 - Comparativo entre o pré e o pós-teste referente à questão 11.



Fonte: O Autor.

Com exceção de uma questão em branco, todos os alunos comentaram algum lado negativo de estar se submetendo à investigações com o uso de raios X. São diversos os fatores citados, entre eles a dose “*depende da dose, se for muito exposto pode ter danos, mas quando a exposição é pequena, acho que não faz mal*” (I), a frequência de exposição conforme (A) e (E) respectivamente “*usado frequentemente causa alguns tipo de danos à saúde*” e “*pode ser que não, a exposição direta e contínua desse tipo de raio pode trazer malefícios à saúde*”, forma de uso “*não se usados de forma errada ou irregular pode causar sérios riscos a saúde*” (D), além do manuseio “*Não, se não for usado de modo adequado e sem proteção devida pode causar câncer*” (N).

Outros alunos desconsideraram os fatores que podem influenciar nos benefícios e malefícios, como “*não, apesar de ajudar mostrando as*

fraturas tem efeito cumulativo no corpo, podendo até causar problemas no feto caso uma paciente grávida seja submetida ao exame” (B) e “não, a partir do momento que você está exposto a radiação você está sujeito a sofrer as consequência da radiação” (F). O fato dos danos serem cumulativos, além de citado por B, também foi citado por (P) “não, pois a carga de radiação acumula no corpo do ser humano e prejudicial a saúde”.

Entre os benefícios citados, um foi dado por M “*a localização de fraturas ou lesões*” e por “*somente isso não, mas é algo desprezível se comparado a permanecer com um osso quebrado, por exemplo*” (H).

Questão 12: É comum ouvirmos falar sobre a necessidade de proteção solar. Você saberia explicar o motivo de proteção contra raios solares?

Com exceção de três questionários, dois não tinham resposta e no terceiro estava “*não sei*” (A), o motivo da necessidade de se proteger da radiação solar está em evitar alguns efeitos, os quais consta no quadro abaixo (Quadro 2).

Quadro 2 - Motivo e número de vezes citado no pré-teste.

Motivo citado	Número de estudantes que citaram
Câncer de pele	8
Queimaduras	5
Bloquear a radiação / raios solares	4
RUV	3
Insolação	1
Ressecamento	1

Fonte: O Autor.

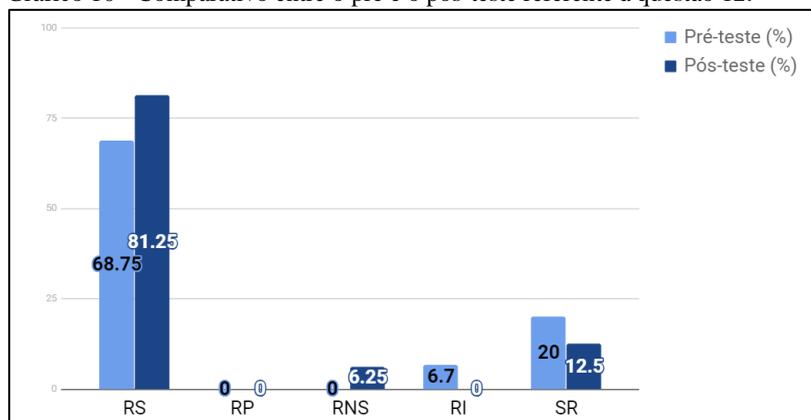
Conforme pode ser observado no Quadro 2, utilizando categorização das respostas estabelecidas no começo dessa seção, mais da metade dos estudantes apontam o câncer de pele como principal motivo para se proteger contra raios solares, seguindo por queimaduras e pelos próprios raios solares, como aponta o enunciado. Pouco lembrado ficaram outros fatores provocados pela exposição excessiva e a falta de proteção contra os raios solares, que foram a insolação e o ressecamento da pele, este último faz até lembrar outra consequência, o envelhecimento precoce da pele.

Tabela 11 - Categorias em relação ao número de aluno (pré-teste e pós-teste) referente à Questão 12.

Categoria	Pré-teste		Pós-teste	
	Alunos	Porcentagem	Alunos	Porcentagem
RS	B, D, E, F, G, H, I, J, K, M, O	68,75	A, B, C, D, F, G, H, I, J, L, M, N, P	81,25
RP		0		0
RNS		0	E	6,25
RI	N	6,7		0
SR	A, C, L	20	K, O	12,5

Fonte: O Autor.

Gráfico 10 - Comparativo entre o pré e o pós-teste referente à questão 12.



Fonte: O Autor.

Com as respostas obtidas na reaplicação da questão, foi possível montar um novo quadro (Quadro 3) a partir dos motivos mais citados.

Quadro 3 - Motivo e número de vezes citado no pós-teste.

Motivo citado	Número de estudantes que citaram
Câncer de pele	8
Danos / doenças na pele	5
Envelhecimento precoce	5
Queimaduras	3
Bloqueiam a radiação / raios solares	2
Manchas	2
Danos saúde	1

Fonte: O Autor.

As respostas seguiram o mesmo estilo daquelas obtidas na primeira aplicação. Novamente temos o câncer de pele como sendo o principal motivo para proteção e outros que reaparecem como queimaduras e bloqueio dos raios solares. Através da comparação entre os respectivos quadros, evidencia-se que a quantidade de motivos aumentou consideravelmente inclusive, antes não aludido, o ‘envelhecimento precoce’ e efeitos cumulativos da radiação. O que leva a acreditar que houve uma conscientização, embora aqui não precisamente mensurável, das consequências que a falta de proteção solar pode ocasionar na pele do indivíduo devido à ação da radiação ultravioleta, como lembrado por C *“Os raios solares possuem radiação ultravioleta que pode causar danos à saúde”*, B *“Por terem efeito cumulativo na pele, os raios UV podem causar manchas e até mesmo o câncer de pele”* e por P *“Sim, os produtos de proteção solar protege sobre radiação UVA, UVB e radiação ultravioleta e importante aliado contra o câncer”*. Por fim, J *“É recomendado justamente para proteger a pele de manchas, queimaduras e de um possível câncer de pele”*.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As radiações exercem muita influência sobre nós, sendo algumas diretamente essenciais para nossa vida e outras fundamentais para algumas das tecnologias que criamos e utilizamos. A partir do início do projeto, quando indagávamos sobre a relevância do tema, possíveis tipos de abordagens e ferramentas que seriam utilizadas, desafios estavam sendo criados, entre eles, o de buscar tornar o ensino de física relacionado e significativo com o cotidiano do aluno.

Assim, explorar algumas dessas radiações em sala de aula permitiu penetrar em vários temas e promover uma aprendizagem significativa e estimular a capacidade crítica do estudante. Permitiu ainda discutir com os alunos diversos conceitos significativos que, de algum modo, estavam relacionados com as radiações envolvidas, penetrando em tópicos da ciência e muito vivenciados, porém, pouco discutidos nas aulas de física.

É nestas circunstâncias que, por exemplo, a aula de física pode contribuir para a formação de alunos críticos para uma participação ativa na sociedade. Acredito que este cenário tenha influenciado o estudante para um novo olhar sobre a radiação ultravioleta e aos raios X, uma vez que se buscou colocar estas radiações sob olhar científico, tecnológico e também social. É importante destacar que outras disciplinas poderiam fazer parte mais profundamente dessa proposta de trabalho, como Química (fenômeno da fluorescência, protetor solar, etc.), Biologia (danos da radiação na célula humana e outros) de modo que houvesse interdisciplinaridade.

Além disso, neste trabalho buscou-se questionar e analisar alguns dos riscos de se viver em um mundo imerso por algumas radiações, conforme foi apresentado no desenvolvimento e na aplicação da sequência didática. A aplicação dessa, por sua vez, envolveu a utilização de diversos recursos que, acredita-se, possibilitou aos alunos uma melhor compreensão do assunto, sendo meios atuantes para a construção e/ou reconstrução do conhecimento. Assim, a implementação beneficiou o aluno em poder criar relações e associações daquilo que costuma ser presente no dia a dia com o conhecimento científico, característica que compõe parte da teoria da Aprendizagem Significativa.

Embora algumas aulas foram ministradas de maneira expositiva e dialogada através de conceitos, a mediação do professor, como tarefa pedagógica, foi indispensável para que não sucedesse uma aprendizagem mecânica, mas uma reflexão sobre o que estava sendo transmitido e aprendido. Na aplicação das aulas buscou-se arquitetar um ambiente que

favorecesse ao aluno despertar interesse pelo assunto, de modo que não houvesse o habitual “professor falando e aluno ouvindo passivamente”.

Apesar de que não seja possível afirmar se houve entendimento sólido por parte dos estudantes, considerando apenas a análise das respostas obtidas pela reaplicação do questionário, é possível considerar que este trabalho, como conclusão do mestrado profissional em ensino de física, cumpriu com seus objetivos inicialmente estabelecidos, pois, considerando os resultados obtidos a partir dos questionários, no geral, as respostas melhoraram consideravelmente no sentido que poucas questões ficaram sem respostas e a quantidade de “sim”, “não” e “não sei” diminuíram, de modo que os alunos passaram a colocar respostas com maior quantidade de palavras e conhecimento envolvido. Por outro lado, é compreensível que um resultado mais específico quanto a eficiência da sequência didática poderia ser extraído a partir de mais meios avaliativos, considerando a possibilidade de uma avaliação no final de cada módulo.

Retomando os objetivos prévios desse trabalho, está entre eles, mostrar que a física não é “algo de outro mundo” rodeada de matemática, mas que está presente em fenômenos do cotidiano e, como consequência, permitir aos estudantes um contato com uma disciplina mais presente no seu dia a dia. Além disso, abordar radiações, tema este que está nos currículos do PCN+ e na BNCC e que deve ser trabalho nas escolas, está constantemente nas mídias (principalmente a radiação ultravioleta durante o verão) e criando aprendizagens que muitas vezes ficam confusas e distorcidas na compreensão do público.

Estes pontos colocados, desde os objetivos até aos resultados refletem no Produto Educacional associado a esta dissertação titulado Física das radiações ultravioleta e raios X – uma sequência de aulas, no qual são propostas estratégias que podem colaborar para uma aprendizagem significativa sobre, especialmente, radiação ultravioleta e raios X, constituindo a Sequência de Aulas. Nesta envolve os planos de aulas que foram desenvolvidos pensando em outros professores poderem usar e adaptar para seus objetivos. Por isso, os planejamentos trazem uma descrição detalhada e compreensível das aulas, envolvendo seus objetivos, momentos e atividades diversas (experimentos, textos, questionários e atividades)⁸. Embora ela tenha suas potencialidades, a mesma não agrega meios avaliativos.

⁸ As apresentações de slides mencionadas nos planejamentos e que foram utilizadas para a aplicação dessa sequência conforme descrito no Capítulo 6 podem ser obtidas entrando em contato com o autor pelo seguinte e-mail: cesar.saxon@gmail.com

Neste Produto Educacional há também um material teórico direcionado ao professor que contempla uma abordagem conceitual adequada para o mesmo poder ampliar seu conhecimento e compreensão, além de auxiliar a estar apto a realizar as aplicações das aulas propostas. Este material segue a mesma proposta das aulas quanto à sua estrutura, constituindo três módulos: 1. Ondas eletromagnéticas; 2. Radiação ultravioleta; 3. Raios X. Este material didático foi desenvolvido para apoiar o professor oferecendo um texto detalhado em vários aspectos e confiável. Além disso, a elaboração procurou superar muitos aspectos não encontrados nos livros didáticos e colocar muitas das dúvidas levantadas pelos alunos, conforme pode ser encontrado nos relatos das aulas e análises dos questionários, as quais muitas vezes, o professor não está apto a responder no momento.

Por fim, conforme discutido no início dessa dissertação, existe uma preocupação com ‘o que’ e ‘como’ ensinar. Assim, espera-se que os professores interessados em ensinar tópicos de radiação ultravioleta e raios X usufruam desse material, de forma que o mesmo possa contribuir para uma melhoria no ensino de física.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176 – 194, Junho 2003. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25_176.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2018.
- BRASIL. Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio. PCN+ Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2000.
- BRASIL. BNCC - Base Nacional Comum Curricular. MEC, Brasília, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação - MEC. Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio. 2000.
- BRASIL, MEC. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM. Brasília, 1999.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Base Nacional Comum Curricular - BNCC 2º versão. Brasília, p. 01 – 472, 2016.
- CAVALCANTE, M. A. O Ensino de uma NOVA FÍSICA e o Exercício da Cidadania. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 4, p. 550 – 551, 12 1999. Disponível em: <http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/v21_550.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2018.
- CHAVES, A.; SHELLARD, R. C. **PENSANDO O FUTURO O desenvolvimento da física e sua inserção na vida social e econômica do país**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2005. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/publicacoes/FisicaBrasil_Dez05.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2018.
- COELHO, C. K. G. et al. Percepções da relação professor/livro didático e as formas de utilização de seus recursos na Escola Estadual São Lourenço, Dom Aquino - MT. **REMOA - v.14, Ed. Especial UFMT, 2015, p.53-68**, v. 14, p. 53 – 68, 2015. ISSN 2236 1308. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/download/20436/pdf>>. Acesso em: 08 dez 2018.

DIAS, P. M. C. A (im)pertinência da história ao aprendizado da física (um estudo de caso). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, SciELO, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 226 – 235, junho 2001. ISSN 1806-1117. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172001000200014>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

LEIRIA, T. F.; MATARUCO, S. M. C. O papel das atividades experimentais no processo ensino-aprendizagem de física. In: PUCPR (Ed.). **EDUCERE - XII Congresso Nacional de Educação**. [s.n.], 2015. p. 32214 – 21227. ISSN 2176-1396. Disponível em: <http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/18234_8366.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2018.

MAGALHÃES, M. de F.; SANTOS, W. M. S.; DIAS, P. M. C. Uma Proposta para Ensinar os Conceitos de Campo Elétrico e Magnético: uma Aplicação da História da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, SciELO, v. 24, n. 4, p. 489 – 496, 00 2002. ISSN 1806-1117. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scieloOrg/php/articleXML.php?lang=en&pid=S1806-11172002000400016>>. Acesso em: 17 out. 2018.

MAXWELL, S. **Do visível ao indivisível: uma proposta de física de partículas elementares para o ensino médio**. 2006. 257 p. Dissertação (Mestrado) — IF/FE USP. Disponível em: <<http://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/DissertMAXWELL.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

MEC BRASIL. **Novo Ensino Médio - perguntas e respostas**.

Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=40361>>. Acesso em: 07 dez. 2018.

MEDEIROS, M. de A.; LOBATO, A. C. CONTEXTUALIZANDO A ABORDAGEM DE RADIAÇÕES NO ENSINO DE QUÍMICA. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) [online]**, v. 12, n. 3, p. 65 – 84, 2010. ISSN 1415-2150. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172010120306>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

MELO, S. P. de et al. **Silício e fósforo para estabelecimento do capim-Marandu num Latossolo Vermelho-Amarelo**. 2005. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-05072005-143221/>>.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem Significativa*. Ed. UnB, Brasília, 1999.

MOREIRA, M. A. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: da visão clássica à visão crítica. 2006. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclasicavisao critica.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2018.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43 – 63, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2018.

MOREIRA, M. A.; CABALLERO, M. C.; RODRÍGUEZ, M. L. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UM CONCEITO SUBJACENTE. In: **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, Espanha: [s.n.], 1997. p. 19 – 44. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubport.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2018.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprender, a teoria de David Ausubel*. Editora Moraes, São Paulo, 1982.

MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. Editorial: Sobre a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 2, p. 327 – 332, Setembro 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n2p327/32314>>. Acesso em: 07 dez. 2018.

OKUNO, E.; VILELA, M. A. C. **Radiação ultravioleta**: características e efeitos. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2005. Único.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, n. 2, p. 135 – 151, agosto 2001. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/85026/000306047.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

PEDUZZI, L. O. Q.; ZYLBERSTAJN, A.; MOREIRA, M. A. As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história da ciência numa sequência de conteúdos em mecânica: o referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relação força e movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 14, n. 4, p. 239 – 246, 1992. Disponível em: <<http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol14a39.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2018.

PIRES, M. A.; VEIT, E. A. Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 241 – 248, 2006. Disponível em: <<http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/050903.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2018.

RICARDO, E. C.; CUSTÓDIO, J. F.; REZENDE JUNIOR, M. F. A tecnologia como referência dos saberes escolares: perspectivas teóricas e concepções dos professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 135 – 147, 2007. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/060701.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2018.

ROSA, P. R. S. Instrumentação para o ensino de ciências. UFMS, Campo Grande, 2008.

SILVA, F. C. V. da; CAMPOS, A. F.; ALMEIDA, M. A. V. de. Concepções alternativas de licenciados em Química sobre radioatividade. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 1, p. 87 – 97, 2013. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID200/v8_n1_a2013.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SOUSA, W. B. de. **FÍSICA DAS RADIAÇÕES**: Uma proposta para o ensino médio. 2009. Dissertação (Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia)) — Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-17092012-141621/pt-br.php>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

TAVARES, R. Aprendizagem Significativa. **Revista Conceitos**, v. 5, n. 10, p. 55 – 60, 2004. Disponível em: <<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/ReuniaoTrabalhosAcademicos.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2018.

TIRONI, C. R. et al. A aprendizagem significativa no ensino de física moderna e contemporânea. In: ENPEC, I. (Ed.). **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC**. Águas de Lindoia, São Paulo: [s.n.], 2013. Único, p. 1 – 8.

VALADARES, J. A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA COMO TEORIA CONSTRUTIVISTA.

Aprendizagem Significativa em Revista/ Meaningful Learning Review, Aprendizagem Significativa em Revista/ Meaningful Learning Review, Portugal, v. 1, n. 1, p. 36 – 57, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID4/v1_n1_a2011.pdf>. Acesso em: 17 out. 2018.

APÊNDICE - Produto Educacional

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



PRODUTO EDUCACIONAL

Física das radiações ultravioleta e raios X – uma
sequência de aulas

Autor: Cesar Dalmolin

Florianópolis
2018

Prezado (a) Professor (a)

A presente sequência de ensino trata de um produto educacional desenvolvido como parte integrante do trabalho realizado junto ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Sociedade Brasileira de Física (SBF), do polo da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Tal trabalho foi elaborado tendo em vista servir como uma ferramenta para o docente que queira trabalhar ondas eletromagnéticas, em especial, com temas como radiação ultravioleta e raios X. Radiações estas comumente associadas com saúde, mas que frequentemente não possuímos conhecimento para uma devida abordagem. Assim, se por um lado não possuímos um domínio sobre todo o assunto, devemos saber onde procurar. É nesta perspectiva que este trabalho foi desenvolvido; buscar trazer um conhecimento mínimo sobre tais radiações e alguns temas relacionados e presentes em nosso cotidiano, para que o professor consiga levar os mesmos para a sala de aula utilizando estratégias diferentes e práticas.

Para tanto, é realizada inicialmente uma abordagem sobre radiação eletromagnética, envolvendo dentre vários aspectos, a interação dessas radiações com a matéria, inclusive, o corpo humano. Este módulo é um preparatório teórico para os demais, os quais envolvem, isoladamente, a Radiação Ultravioleta e os Raios X. Tal sequência segue uma linha de desenvolvimento, mas nada impede de seus módulos serem trabalhados isoladamente ou que suas partes possam ser utilizadas como material para o planejamento de outras aulas. Está dividida em três módulos: Ondas Eletromagnéticas, Radiação Ultravioleta e Raios X. Por último, Planos de aulas, onde encontra-se o planejamento das aulas que constituem a sequência de ensino.

Sumário

Introdução/Apresentação do curso	149
MÓDULO 1:	153
RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS	153
Radiação	153
<i>Radiação e radioatividade</i>	154
Radiação eletromagnética - Ondas eletromagnéticas	155
<i>Frequência e energia</i>	158
Espectro Eletromagnético	160
<i>Os fótons da radiação eletromagnética e o comportamento dualista</i>	163
Espectroscopia	166
Referências	170
MÓDULO 2:	173
RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA	173
Radiação ultravioleta	174
<i>Radiação ultravioleta: não-ionizante ou ionizante?</i>	175
Radiação UV: UVA, UVB e UVC	177
<i>Camada de ozônio</i>	180
<i>Irradiância e espectro de radiação solar</i>	181
<i>Danos biológicos (e importância da prevenção)</i>	186
<i>RUV e trabalhadores a céu aberto</i>	189
<i>Vitamina D e RUV</i>	190

<i>Bronzeamento artificial</i>	192
Ações para proteção à exposição solar	193
<i>Índice Ultravioleta</i>	195
<i>FPS e protetores solares</i>	199
<i>Óculos</i>	203
<i>Lente polarizada</i>	204
<i>Lente fotocromática</i>	206
<i>Porque não usar lentes falsificadas?</i>	207
Aplicações	208
Fluorescência	208
Referências	211
MÓDULO 3:	217
RAIOS X	217
Raios X	218
Produção da radiação X	218
Atenuação de raios X	222
Interação com a matéria e efeitos biológicos	223
Breve histórico dos raios X	225
Radiografia	227
Aplicações	231
Referências	231
PLANOS DE AULAS	235
Quadro sintético	235
Descrição aula-a-aula	236

Plano de Aula Nº 01	236
Plano de Aula Nº 02	241
Plano de Aula Nº 03	244
Plano de Aula Nº 04	247
Plano de Aula Nº 05	254
Plano de Aula Nº 06	258
Plano de Aula Nº 07	261
Plano de Aula Nº 08	271
Plano de Aula Nº 09	273
Plano de Aula Nº 10	279
Plano de Aula Nº 11	281

Introdução/Apresentação do curso

O fato de que podemos ver numa faixa de frequência particular não torna essa parte do espectro eletromagnético mais impressionante do que as demais do ponto de vista do físico, embora do ponto de vista humano, essa é obviamente a mais interessante. Richard Feynman, Lições de Física, Vol.1

Radiações estão presentes em nosso cotidiano, mas sua presença nos passa despercebida, seja pela falta de informação em não saber reconhecer como ela se faz presente ou simplesmente por sermos indiferente a ela, como em diversas situações como segue: ao despertar pela manhã abrimos a janela somos banhados com a luz solar, em seguida, seguindo o costume, esquentamos água para o preparo de uma bebida quente, para isso utilizamos o forno micro-ondas. Após, preparar, sentimos o calor provindo da água aquecida enquanto ouvimos o som da TV noticiando sobre o câncer de pele e utilizamos o smartphone para navegar na internet através da conexão *wi-fi* do vizinho.

Várias coisas mencionadas possuem relação com radiação e alguma forma de sua manifestação, como microondas e a luz solar que são exemplos de ondas eletromagnéticas, ou melhor, de radiações eletromagnéticas. A partir disso, algumas perguntas poderiam surgir:

- A luz é um tipo de radiação?
- Toda radiação prejudica nossa saúde?
- Há diferença entre radiação e radioatividade?
- O forno de micro-ondas pode nos prejudicar?
- Há diferentes tipos de radiação? Como são geradas?

Outras situações, como quando usamos o controle remoto da televisão ou do aparelho de ar-condicionado, aquecer os mais diversos alimentos no forno micro-ondas, sintonizamos uma emissora de rádio enquanto nos deslocamos em veículos ou até mesmo quando, a pedido de médicos, somos submetidos a raios X para a produção de radiografias. São estas e tantas outras situações nas quais temos a presença de radiações e que aparentemente, apenas nos favorecem.

Poderíamos até fugir desse contexto tecnológico e analisar apenas o Sol, a estrela que nos ilumina e nos aquece, enfim, nos proporciona a vida. Ao que parece poderíamos seguir nossas vidas tranquilamente com o que ele nos fornece, entretanto, com um outro olhar, poderíamos nos deparar com alguns pontos negativos, como por exemplo, um câncer de pele. Isso significa que devemos evitar nos expor ao Sol para sempre? Não, caro leitor, e os motivos serão discutidos adiante, bem como, seguindo a mesma linha, raios X podem causar câncer, mas técnicas que envolvem esta radiação continuam sendo uma maneira de diagnóstico utilizada há décadas na medicina.

Se fazemos caso ou não das radiações, elas estão presentes em nosso cotidiano e podemos viver tranquilamente com elas, mas o que ocorre é que muitas vezes ela não é apresentada de forma adequada, não há o embasamento técnico-científico sem o qual podem ocorrer erros de avaliação. Também vale mencionar que nem sempre possuímos os conhecimentos fundamentais sobre radiação para a compreensão de certos conceitos, fenômenos, nem a avaliação de situações com as quais podemos nos deparar.

Nesta perspectiva, podemos lembrar que a escola, instituição que tem papel em saciar necessidades da sociedade e da constituição do indivíduo, não exclusivamente com conhecimento, mas também habilidades, atitudes, comportamento, etc. Desse modo, é a escola que pode estar proporcionando aos seus alunos os conhecimentos mínimos, além de os auxiliar, para se tornarem cidadãos críticos, ativos e aptos a tomar decisões diante as mais diversas situações encontradas.

O intuito desse curso será de trazer elementos para que os alunos possam compreender conceitos básicos sobre radiações, permitindo um maior entendimento sobre sua natureza, maior interação com o mundo e algumas das tecnologias que utilizam esta forma de energia, pois sabemos que este tema é pouco abordado no ensino médio, geralmente sendo abordado na disciplina de Química sob seus aspectos físicos, químicos e energéticos e sob os aspectos das ciências biológicas através da interação com seres vivos.

Desse modo, caso não haja uma abordagem adequada das disciplinas de exatas e biológicas que compõem as Ciências da Natureza,

será a partir do sensacionalismo da mídia e outros meios, como filmes, que informações serão transmitidas, acarretando na visão errônea que conhecemos: a radiação como uma entidade do mal. Veremos que é um fenômeno natural e convivemos com ela desde sempre, além disso, nós somos emissores de radiação.

Objetivo

O objetivo desse material é promover a aproximação de assuntos de Física no Ensino Médio com situações cotidianas relacionadas com radiação ultravioleta e raios X. Trabalhar com o aluno a ideia de que radiação não remete somente a malefícios, reconhecer seus tipos, efeitos e riscos e ao final, colocar o aluno como avaliador dos riscos que uma nova tecnologia pode oferecer posteriormente.

Público alvo

Alunos do terceiro ano do Ensino Médio.

Número de aulas

11 aulas de 45 minutos.

Conteúdo físico

- Estrutura do átomo;
- Radiação eletromagnética;
- Ondas eletromagnéticas;
- Fluorescência;
- Espectroscopia;
- Radiação ionizante e não ionizante;
- Radioatividade;
- Polarização da luz;
- Tipos de radiações e suas aplicações;
- Efeitos das radiações.

MÓDULO 1:

RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS

Radiação

Energia é uma palavra bastante comum e, pensando por um breve momento, podemos relacionar várias coisas a esta palavra, como eletricidade, energia solar, energia dos alimentos, etc. Por outro lado, definir energia é uma tarefa bastante complicada. Sabemos que é algo que descreve o estado dinâmico de um sistema e conhecemos várias de suas manifestações, como energia cinética, energia potencial gravitacional, energia elétrica, energia térmica, energia nuclear, energia química e outras. Cada uma delas está associada a uma expressão matemática e podem ser medidas.

Quando falamos de radiação, estamos também falando de energia. Radiação é uma forma de energia que se propaga a partir de uma fonte emissora através de qualquer meio, seja ele o ar, vácuo ou através da matéria, sob a forma de partículas ou ainda sob a forma de ondas eletromagnéticas. Podemos classificar radiação como parte do fenômeno da energia em trânsito, semelhante à definição de calor como sendo energia térmica em trânsito, por exemplo.

Quanto ao calor, conhecemos a que se deve sua origem. Qual seria a origem da radiação? Não há uma única origem, mas todas elas estão relacionadas com o átomo e as partículas que o constituem: prótons, nêutrons e elétrons. A radiação pode ser originada por processo de decaimento, por processos de ajuste do núcleo (quando instável) ou pela própria interação da radiação com a matéria. É devido à origem da radiação que as dividimos em dois grupos: radiação corpuscular (forma de partícula atômica ou subatômica energéticas tais como partículas alfa, elétrons, pósitrons, prótons, nêutrons etc.) e radiação eletromagnética (em forma de onda eletromagnética, constituída de campo elétrico e campo magnético oscilantes, como as ondas de TV, luz visível, raios X, etc.). Cada um desses grupos será contemplado com uma abordagem, embora não com o mesmo grau de detalhes, dado o objetivo desse trabalho.

Radiação e radioatividade

Radiação e radioatividade são dois conceitos que possuem relação e, como ocorre com outros conceitos como peso e massa, muitas vezes são usados como sinônimos, mas referem-se a fenômenos diferentes. Por isso, é importante diferenciar estes dois conceitos.

Radioatividade é o processo de desintegração espontânea do núcleo atômico de elementos instáveis para conseguir uma situação mais estável que recebe o nome de radiativo. Mas por que um elemento se torna instável? Se pensarmos no modelo do núcleo atômico, lembraremos que ele é constituído por prótons (cargas positivas) e nêutrons (eletricamente neutro) que estão coesos em uma dimensão muito pequena e uma força de origem elétrica muito intensa de repulsão está agindo sobre eles. Mesmo assim eles se mantêm ligados.

Embora os prótons se repelem fortemente, existe uma força de interação fundamental na matéria chamada de força (nuclear) forte ou interação forte. Essa força age entre as partículas constituintes do núcleo como se fosse uma “cola” entre os prótons e nêutrons. A interação forte, embora de curto alcance, é muito intensa, mais que as demais interações elementares (gravitacional, elétrica e magnética) e, sendo sempre atrativa, consegue manter as partículas do núcleo fortemente atraídas, seja entre prótons e prótons ou prótons e nêutrons.

Se o núcleo considerado é estável, a repulsão elétrica entre os prótons é compensada pela atração nuclear entre eles e os nêutrons. Para núcleos pequenos, em geral, a estabilidade é garantida com um número de nêutrons igual ao número de prótons. Em núcleos maiores, esta estabilidade pode não ocorrer; para esta consideração de um núcleo instável, denominamos radioativo, podendo ser natural ou artificial. Os núcleos instáveis se desintegram, mas isso não significa que somem. Eles emitem partes de seu interior transformando-se em outros núcleos. Esse processo é chamado decaimento radioativo.

Assim, átomos de um elemento podem se transformar em outros átomos de outro elemento. Neste processo, de decaimento radioativo, o núcleo emite partículas ou radiação (ondas eletromagnéticas). Na emissão de partículas, altera-se o número de prótons e/ou de nêutrons do núcleo atômico, transmutando o átomo original em outro átomo. A transmutação

é um processo natural em que um átomo radiativo se transforma espontaneamente em outro elemento.

Existem três categorias de decaimento nuclear: decaimento α (alfa) (a emissão espontânea de uma partícula α por um núcleo de número atômico elevado), decaimento β (beta) (emissão ou absorção espontânea de um elétron ou pósitron por um núcleo), fissão espontânea (processo no qual um núcleo instável se quebra em dois ou mais fragmentos, liberando muita energia) e decaimento γ (gama) (a emissão espontânea de fótons de alta energia pelo núcleo por ocasião de uma transição entre um estado excitado para um estado de energia menor). Nesses processos, os núcleos podem emitir quatro tipos diferentes de radiação: alfa (formada por dois prótons e dois nêutrons ligados, isto é, um núcleo de hélio), beta (partículas carregadas negativamente, elétrons), gama (radiação eletromagnética caracterizada pela sua alta frequência e energia) e um nêutron.

Radiação eletromagnética - Ondas eletromagnéticas

Compreender uma onda eletromagnética não é algo trivial, uma vez que envolve o conceito de campo. Consideremos campo a partir da ideia que este seria uma região de influência que fica continuamente ao redor de um corpo e que, para cada caso, possui origens diferentes, mas se situam sempre a partir do corpo. Esta região de influência ocorre, pois, o campo possui uma propriedade de alterar (no sentido de estar distorcendo ou criando uma “condição”) o espaço ao redor. Independente de qual campo estamos nos referindo ele sempre é definido por um valor, ou um conjunto de valores como um vetor, em cada ponto do espaço e jamais conseguimos separar o campo do seu “portador”, como uma carga elétrica do campo elétrico e uma massa de seu campo gravitacional. Da mesma forma, não existe um sem o outro.

O campo gravitacional promove uma interação gravitacional entre os corpos promovendo assim uma força a distância, denominada força gravitacional, que é apenas de atração. Já o campo elétrico possui relação com cargas elementares, algo intrínseco em prótons e elétrons. Igualmente como no campo gravitacional, estamos dotando o espaço com

uma propriedade que possibilita corpos com excesso de carga, ou seja, carregados eletricamente, de interagirem a partir de uma força denominada força elétrica que, diferente da força gravitacional, pode ser atrativa ou repulsiva, dependendo da natureza das cargas às quais os corpos estão carregados.

Quanto à natureza das cargas elétricas, denominou-se que os elétrons são carregados negativamente e os prótons são carregados positivamente. Independente de qual seja a natureza da carga, sempre será encontrado algo intrínseco; a este algo chamamos de campo elétrico que, por exemplo, possibilita a “condição” delas interagirem entre si. Se uma carga elétrica qualquer está parada, haverá um campo elétrico associado a esta. Por outro lado, se tal carga for posta em movimento, haverá um campo magnético associado a ela.

Para uma carga elétrica, tanto o campo elétrico quanto o campo magnético são “extensões” inseparáveis, tão real e concreto quanto a mesma. Embora a energia não ocupa lugar no espaço, tampouco ela é uma substância. Uma importante característica está associada a estes campos: eles carregam energia. No eletromagnetismo, sempre que houver os campos elétrico e magnético em uma região do espaço, associamos uma energia às presenças deles. Sabe-se que estes campos podem ser criados por uma carga em repouso no caso do campo elétrico ou em movimento no caso do campo magnético.

Poderíamos até obter uma surpresa a partir do resultado obtido a partir do momento que passamos a combinar o campo elétrico com o campo magnético. Foi o físico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879), no séc. XIX, o primeiro a demonstrar que a oscilação de uma carga elétrica dá origem a campos magnéticos. A solução das Equações de Maxwell, que está fora do objetivo desse trabalho, mostra que os campos elétrico e magnético obedecem a uma equação que os caracteriza como uma onda (uma onda eletromagnética). Estes, por sua vez, dão origem a campos elétricos, assim como a variação de fluxo de campos elétricos dá origem a campos magnéticos.

Podemos explorar esta ideia fazendo a suposição que em certa região há um campo elétrico variável com o tempo, assim, de acordo com a teoria de Maxwell, um campo elétrico variável no tempo induz

simultaneamente um campo magnético que também varia com o tempo. Analogamente, um campo magnético variável no tempo induz simultaneamente um campo elétrico que também varia com o tempo. Além disso, também há a variação no espaço em pontos próximos desta região. Portanto, se iniciar uma perturbação eletromagnética num determinado local, esta perturbação pode propagar-se até pontos distantes através da geração mútua de campos elétricos e magnéticos.

Esta variação ocorre uma vez que tais campos oscilam perpendicularmente entre si e em relação à direção de propagação da onda. Algumas ondas resultantes desse comportamento são luz, enquanto outras, por exemplo, são responsáveis pelo mundo se comunicar, seja pela TV, rádio ou pelo wireless. Independente da onda resultante desse tipo de interação entre os campos, recebem o nome geral de ondas eletromagnéticas.

Maxwell havia previsto que estas ondas eletromagnéticas podiam existir em diversas frequências, todas se propagando no espaço com a velocidade da luz, ideias estas confirmadas através de experimentos realizados por Heinrich Hertz (1857 - 1894). A solução das equações de Maxwell descreve a radiação eletromagnética como uma onda transversal, isto é, uma onda que se propaga na direção perpendicular à vibração dos campos elétrico e magnético.

Definição:

Uma onda eletromagnética é uma perturbação que se propaga pelo espaço, como resultado das variações de campos elétricos e magnéticos. A variação de cada um dos campos dá origem ao outro, criando uma perturbação autossustentável.

Características das ondas eletromagnéticas

As características das ondas eletromagnéticas são as seguintes:

- São formadas pela combinação de campos elétricos e magnéticos variáveis;
- O campo elétrico e o campo magnético são perpendiculares;

- O campo elétrico e o magnético são perpendiculares à direção de propagação, o que significa que são ondas transversais;
- A velocidade de propagação dessas ondas no vácuo é $c = 3 \cdot 10^8$ m/s;
- Ao propagar em meios materiais, a velocidade obtida é menor do que quando a propagação ocorre no vácuo.

Frequência e energia

Compreendido que uma onda eletromagnética são oscilações do campo elétrico e magnético que se auto sustentam, uma onda eletromagnética, como qualquer outra onda, transporta exclusivamente energia e na mesma não há partículas materiais vibrando. Podemos assimilar que a medida que ocorre o deslocamento desses campos para uma região onde antes eles não existiam, implica que a energia associada também se propaga pelo espaço. Temos então um fluxo de energia eletromagnética sendo transportado através de um volume qualquer.

A energia transportada por uma onda eletromagnética é representada por uma entidade matemática denominada vetor de Poynting, **S**, cujo módulo é igual a uma certa quantidade de energia propagada (dU) por unidade de área (A) por unidade de tempo (dt) e sua medida é W/m^2 . O sentido do vetor **S** estabelece o sentido da propagação da energia.

A densidade de energia, tanto do campo magnético quanto do campo elétrico, não é uniforme no espaço, pois ela é inversamente proporcional à distância d , ou seja, a densidade de energia decai com a distância em relação à fonte. Consequentemente, a densidade de energia é mais intensa em regiões mais próximas à carga parada e vai se rarefazendo à medida que se afasta dela. O mesmo pensando em um fio retilíneo no qual propaga-se uma corrente elétrica, a densidade de energia magnética não é uniforme ao redor do fio e à medida que nos afastamos dele, sua intensidade cai.

Além da energia, podemos associar a uma onda eletromagnética uma velocidade, um comprimento de onda e uma frequência de oscilação. No vácuo, todas as ondas eletromagnéticas possuem a mesma velocidade de propagação, denominada velocidade da luz, convencionalmente

chamada de c , equivale a aproximadamente $3 \cdot 10^8$ m/s. A escolha de tal símbolo remete da palavra latina “celeritas”, que significa “celeridade” ou “ligeireza”. Além disso, esta é a maior velocidade possível de acordo com a relatividade.

Uma vez que a velocidade da onda eletromagnética v em um meio é constante, mas não igual para todos os meios, e que há uma relação desta com a frequência f [Hz ou s^{-1}] e o comprimento de onda λ [m], a relação entre estas grandezas é representada pela seguinte equação: $v = \lambda \cdot f$. Nota-se que a frequência e o comprimento de onda não podem variar livremente, embora, em princípio possam assumir valores que variam entre zero ao infinito. Dos exemplos de ondas citados anteriormente e das demais ondas eletromagnéticas, a única diferença real de uma onda para outra, em outras palavras, o que distingue essas ondas é a frequência respectiva de oscilação, ou de forma equivalente, o comprimento de onda.

Se começarmos a agitar uma carga elétrica ou um objeto eletrizado, como um pente, cada vez mais rapidamente e olharmos os efeitos, teremos uma série inteira de diferentes tipos de efeitos, todos unificados pela especificação de um só número; o número de oscilações por segundo. Por exemplo: se agitarmos na ordem de 10^6 ciclos por segundo próxima a um rádio, estarão “no ar”, pois as estações de rádio costumam emitir suas transmissões nesta faixa de frequência. Podemos ir além e agora, sem a necessidade de um instrumento para ouvir, podemos vê-la com o olho humano, pois na faixa de frequência entre 0,75 PHz - 0,428 PHz¹ estas ondas sensibilizam nossos olhos de modo que as vemos como cores. Se conseguirmos agora agitar acima dos 3 PHz, obtemos os raios X que, de certo modo, não passam de luz de frequência muito alta.

Outros efeitos são encontrados se aumentarmos ainda mais a frequência, como os raios gama. Raios X e raios gama são dois termos usados quase como sinônimos. A diferença se encontrada no fato dos raios eletromagnéticos advindos do núcleo atômico serem chamados de raios gama, enquanto que os de alta energia de átomos são chamados raios X, mas à mesma frequência são fisicamente indistinguíveis, não importando qual seja a fonte. Se formos para frequências ainda mais altas

¹ O símbolo P representa o prefixo peta e corresponde ao múltiplo 10^{15} .

podemos encontrar os raios cósmicos. Frequência e comportamento de onda são sintetizados na Tabela 1, conforme segue.

Tabela 1: Espectro eletromagnético apresentado através de frequência e comportamento.

Frequência em oscilações/s	Nome	Comportamento aproximado
10^7	Interferência elétrica	Campo
$5 \times 10^5 - 10^6$	Transmissão de rádio	} Ondas
10^8	FM-TV	
10^{10}	Radar	
$5 \times 10^{14} - 10^{15}$	Luz	
10^{18}	Raios X	} Partículas
10^{21}	Raios γ nucleares	
10^{24}	Raios γ "artificiais"	
10^{27}	Raios γ em raios cósmicos	

Para finalizar, poderíamos sim aumentar ainda mais a frequência de oscilação, porém, em alta frequência, as ondas eletromagnéticas passam a ter um comportamento diferente; elas comportam-se muito mais como partículas! Apesar de que independente da frequência ambos os comportamentos, ondulatório ou corpuscular podem ser observados, dependendo da forma como o fenômeno é observado. Esta discussão, denominada dualidade onda-partícula, pertence à área da Mecânica Quântica, criada logo após 1920, que explica esse comportamento estranho. Detalhes a este respeito são apresentados adiante em *os fótons da radiação eletromagnética e o comportamento dualista*.

Espectro Eletromagnético

Enquanto elementos químicos são organizados em famílias ou grupos na tabela periódica por possuírem propriedades físicas e químicas semelhantes, as ondas eletromagnéticas também possuem uma forma de organização conhecida como espectro eletromagnético.

No espectro eletromagnético as ondas mais comuns são organizadas a partir de sua frequência e/ou comprimento de onda que variam em uma faixa ampla. Para cada faixa há uma denominação

especial. Além disso, a separação das faixas não é muito rigorosa e muitas vezes pode até haver uma sobreposição delas, uma vez que ela foi feita mais por motivos históricos do que propriamente físicos ou biológicos.

Não existem fronteiras reais entre um intervalo de comprimento de onda e o próximo, porque a natureza não nos presenteou com extremidades bruscas. Os números associados a um dado nome de uma onda são apenas aproximados e, claro, assim também são os nomes que damos aos diferentes intervalos.

Na Figura 1 estão representados os grupos mais comuns das ondas eletromagnéticas, também chamadas de radiações eletromagnéticas. Conforme se observa, uma radiação difere da outra quanto à frequência e seu comprimento de onda, que possuem seus valores variando inversamente, podem assumir valores extremamente pequenos até valores extremamente grandes. Também a cada onda há uma energia associada que aumenta à medida que a frequência aumenta. Uma discussão a esse respeito é realizada na próxima subseção.

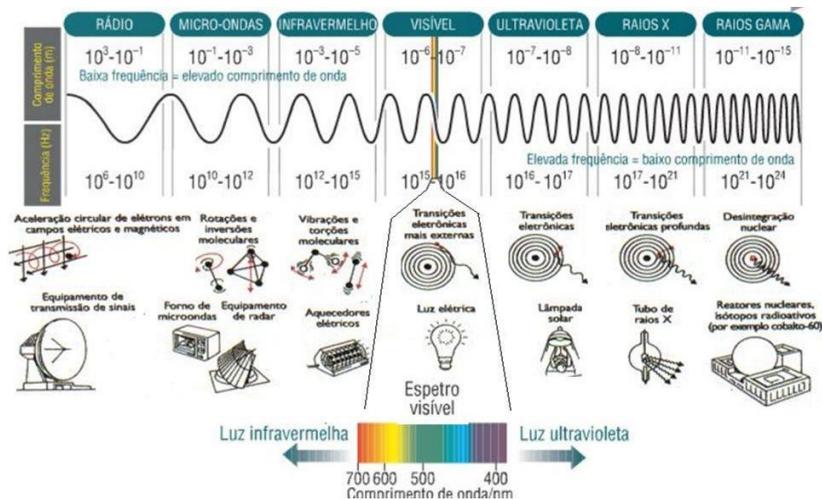


Figura 1: Ilustração do espectro eletromagnético apresentando suas faixas de divisão conforme comprimento de onda e/ou frequência e elementos relacionados.

Outro ponto a destacar está em perceber que quando nos referimos a uma onda eletromagnética do tipo visível, ou simplesmente

radiação visível, encontramos um conjunto de ondas dentro desse intervalo que recebem esta denominação, como pode ser notado a partir da Tabela 2.

Tabela 2: Divisões do espectro eletromagnético

Região	Tipo	Faixa de Frequência (Hz)
Rádio Frequência	Freq. Muito Baixas	3 – 300 Hz
	Freq. Baixas	300 Hz – 300 kHz
	Freq. Altas – Ondas Curtas	300 kHz – 30 MHz
	Freq. Muito Altas (VHF, UHF, SHF) – TV	30 MHz – 30 GHz
	Microondas	30 cm – 1 mm/1 - 300 GHz
Infravermelho	Freq.: 100 GHz – 100 THz	Comprimento de onda
	Muito Distante (XIR)	1000 – 15 µm
	Distante (FIR)	15 – 6 µm
	Médio (MIR)	6 - 3 µm
	Próximo (NIR)	3 – 0,75 µm
Visível	Freq.: > 200 THz	Comprimento de onda
	Vermelho	770 – 622 nm
	Laranja	622 – 597 nm
	Amarelo	597 – 577 nm
	Verde	577 – 492 nm
	Azul	492 – 455 nm
	Violeta	455 – 390 nm
Ultravioleta	Freq.: 10¹⁵ – 10¹⁶	Comprimento de onda
	UV-A (Pouco Nocivo) – Luz Negra	400 – 315 nm
	UV-B (Nocivo, Absorvido por ozônio)	315 – 280 nm

	UV-C (Muito Nocivo, Absorvido pelo Ar)	280 – 100 nm
Raios-X	$10^{17} - 10^{19}$ Hz	$10^{-9} - 10^{-11}$ m
Raios Gama	$10^{19} - 10^{21}$ Hz	$10^{-11} - 10^{-13}$ m

Fonte: Retirado de <http://www.las.inpe.br/~cesar/Infrared/detedor/detectores.pdf>. Acesso em 01 de fev. de 2018.

Os fótons da radiação eletromagnética e o comportamento dualista

Até o momento, não há sombra de dúvidas que a teoria eletromagnética de Maxwell estabeleceu que a luz é uma onda eletromagnética, acabando com um debate que durava há muito tempo na comunidade científica a respeito da natureza da luz. Duas eram as teorias (comportamentos) em questão. Por um lado, a teoria corpuscular (partículas), defendida desde Isaac Newton (1643 - 1727) no século XVII, supondo que a luz é formada por pequenas partículas que saem da fonte e se deslocam em linha reta. Do outro lado, está a luz com um comportamento ondulatório (como uma onda), possibilidade defendida desde Christian Huygens (1629 - 1695) na mesma época que Newton.

O prestígio de Newton ajudou dar apoio à sua teoria, por isso sua teoria passou a ser dominante por algumas décadas, até surgirem complicações para a teoria corpuscular da luz. Através do experimento da dupla fenda de Thomas Young a difração havia sido observada e resultou em um comportamento ondulatório óbvio e parecia apoiar firmemente a teoria ondulatória da luz sobre a teoria de partículas de Newton.

Desde as equações do eletromagnetismo desenvolvidas por Maxwell em 1860 (que demonstravam que a luz era a propagação ondulatória da combinação de campos elétricos e magnéticos) até o final do século XIX o debate havia temporariamente acabado, estava estabelecido que a luz era uma onda eletromagnética. Também a favor desse comportamento estava o fato da luz apresentar os fenômenos de interferência e difração.

Aconteceu que no final desse século foi descoberto algo que voltaria a trazer a discórdia na comunidade científica, uma vez que o

caráter ondulatório não conseguia explicar com sucesso o novo fenômeno, primeiramente observado pelo físico Alexandre Edmond Becquerel (1820-1891) e confirmado pelo físico alemão Henrich Hertz (1857-1894). O fenômeno em questão trata-se do efeito fotoelétrico, observado através do surgimento de corrente elétrica quando luz é incidida sobre um metal, desde que a frequência da luz incidida esteja acima de determinado valor.

Conforme informações que podem ser vistas na Figura 1 e Tabela 2, a frequência da luz vermelha ($\sim 420 \text{ THz}^2$) é menor que a da luz azul ($\sim 640 \text{ THz}$), assim, ao incidir estas duas luzes, independente da intensidade utilizada, com a luz vermelha não haverá corrente, mas se usar luz azul, a corrente aparecerá. Esse resultado contradizia o que a teoria ondulatória da luz previa na época, pois a corrente deveria surgir com qualquer cor, dependendo apenas da intensidade.

A explicação do efeito fotoelétrico viria em 1905 através de um novo modelo proposto pelo físico alemão Albert Einstein (1879-1955) a partir da introdução do conceito de *quantum* de luz, que mais tarde ficou conhecido como fóton. A luz é tratada não como uma onda eletromagnética, mas como constituída por pequenos "pacotes" de energia, denominados fótons, que apresentam comportamento de partículas. O modelo teórico de Einstein para o efeito fotoelétrico foi comprovado por Robert Millikan (1868 – 1953) após uma série de experimentos meticulosos.

De acordo com Einstein, a condição para remover um elétron que esteja ligado aos átomos de um metal, seria fornecer energia suficiente. Essa energia deve ser proporcional à frequência da luz incidente multiplicada por uma constante física fundamental chamada constante de Planck – introduzida alguns anos antes pelo físico alemão Max Planck (1858-1947) para explicar a radiação do corpo negro.

Dessa maneira, cada fóton transporta uma energia igual a: $E = h \cdot f$, em que f é a frequência da luz associada ao fóton e h é a constante de Planck: $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$. Ou seja, a energia de uma onda eletromagnética não pode ter um valor qualquer, mas apenas múltiplos

² O símbolo T representa o prefixo tera e corresponde ao múltiplo 10^{12} .

inteiros do quantum de energia, já que o número dos fótons coincidem apenas com números inteiros.

Numa onda clássica, a energia pode ser absorvida de forma contínua; conseqüentemente, a onda pode transferir qualquer parte da sua energia a um sistema. No caso de uma onda eletromagnética, a transferência de energia a um sistema só pode ser feita por absorção de alguns fótons; a energia transferida é a soma das energias desses fótons e, portanto, deve ser um múltiplo inteiro do quantum de energia $h.f$.

Embora em 1923, Arthur Compton (1892 - 1962) tivesse conseguido “visualizar” tais fótons através de um experimento que consistia em incidir raios X em uma amostra de grafite, essa dualidade para a radiação eletromagnética, que ora se comporta como onda e ora como partícula, ficou definitivamente estabelecida. Em 1924, o físico francês Louis de Broglie (1892-1987) apresentou uma hipótese revolucionária para explicar a natureza das partículas constituintes da matéria. Ele estendeu o caráter dual da luz para a matéria ao propor que é possível associar uma onda a uma partícula em movimento. A experiência de Young (experiência da dupla fenda) de Thomas Young exemplifica de maneira sensível esta dualidade.

Einstein havia concluído que fótons eram partículas com energia, assim, em determinados processos, as ondas se comportavam como corpúsculos. Baseado nisso, *de Broglie* associou o inverso, ou seja, que toda partícula se comportava como onda, estendendo assim a obra de Einstein. Tal ideia concretizou-se quando foi capaz de relacionar o comprimento de onda com a massa da partícula, resultando na equação $\lambda = h/p$, onde $p = m.v$, ou seja, a quantidade de movimento ou o momento linear da partícula.

Observando-se a fórmula verifica-se facilmente que, à medida que a massa ou sua velocidade aumenta, diminui consideravelmente o comprimento de onda. Os corpos macroscópicos têm associada uma onda, porém a massa é tão grande que se pode afirmar que apresenta um comprimento de onda desprezível, porém não nula. Assim, estabelecemos que elétrons, fótons e outros entes atômicos podem apresentar esse comportamento dualista, dependendo da forma como interagimos com eles. Apesar de parecer contraditório através do nosso cotidiano, os

resultados experimentais comprovam esta teoria. Conseguimos através da mecânica quântica mudar a nossa visão de mundo.

Espectroscopia

A radiação eletromagnética produzida por um sistema não possui uma frequência única, mas sim uma sobreposição de ondas com uma distribuição de frequências, como por exemplo a luz solar, que possui um espectro contínuo de frequências na faixa do visível. No vácuo, todas estas ondas se propagam com a mesma velocidade (c) e a mistura das várias cores resulta na luz branca.

Quando incidimos esta luz branca sobre um prisma, obtemos diversas cores, formando um espectro como o arco-íris; dessa forma, estamos decompondo a luz em uma faixa de comprimento de onda que compreende as ondas de 400 a 730 nanômetros (nm). As cores são geradas através da percepção fisiológica diferente para cada comprimento de onda, correspondendo a de menor comprimento de onda ao violeta e a de maior comprimento de onda ao vermelho.

O espectroscópio foi inventado pelo fabricante de instrumentos de vidro (lentes, prismas, microscópios e telescópios) alemão Joseph Ritter von Fraunhofer (Fraunhofer) (1787-1826). Fraunhofer utilizava as linhas do espectro solar para calibrar seus instrumentos (vidros e prismas), que eram os de melhor qualidade fabricados naquela época. Além disso, observou linhas no espectro de diversas estrelas, até sua morte aos 39 anos, provavelmente envenenado pelos vapores de metais pesados, como outros fabricantes de vidro da época.

Espectroscopia é o estudo da luz através de seus componentes, que aparecem quando a luz passa através de um prisma ou de uma rede de difração, como ilustrado na Figura 2. Podemos realizar o estudo da luz através de espectros, que podem ser de emissão (contínuos e discretos) ou de absorção. Espectros de emissão contínuos são aqueles obtidos de luz proveniente de matéria densa, como sólidos e líquidos, a alta temperatura. Um espectro contínuo é o resultado de diversos espectros de linha superpostos. Exemplo: filamento de uma lâmpada incandescente, lava de um vulcão e estrelas.



Figura 2: Espectroscopia consiste na análise do "espectro" produzido pela luz após atravessar um prisma ou uma rede de difração, capaz de decompor a luz vinda do espaço.

Espectros de emissão descontínuos são obtidos por matéria pouco densa, como gases rarefeitos, ao serem aquecidos em uma chama ou submetidos à descarga elétrica. O espectro de emissão discreto se caracteriza por apresentar linhas bem definidas, em que cada cor corresponde a um comprimento de onda. Assim, cada gás se distingue dos outros por emitir radiações eletromagnéticas específicas. Exemplo: gás de uma lâmpada fluorescente.

Espectros de absorção são aqueles obtidos quando a luz emitida por matéria quente e densa atravessa uma camada de gás mais frio e rarefeito, antes de passar por um elemento dispersor. Exemplo: radiação solar atravessando a atmosfera terrestre. A distinção entre um espectro de emissão discreto de um espectro de absorção está no fato do espectro de emissão discreto apresentar apenas algumas linhas coloridas e bem definidas, enquanto o espectro de absorção apresenta linhas escuras bem definidas sobre um fundo bem colorido. Um esquema simplificado dos tipos de espectro está apresentado na Figura 3.

Quase todas as informações sobre as propriedades físicas de um objeto podem ser obtidas a partir de seu espectro. Por exemplo, através das linhas é possível identificar os elementos químicos que compõem a substância. Tal descoberta foi observada pelo físico russo Gustav Kirchhoff (1824 - 1887) com a colaboração do químico alemão Robert Bunsen (1811 - 1899) em 1856. A partir da comparação entre vários espectros de emissão de diferentes elementos químicos, observaram que cada elemento gerava uma série de linhas diferentes, com números e comprimento de onda (cores) específicos para cada elemento, como se fosse uma “impressão digital”. Por exemplo, o neônio tinha linhas no

vermelho (por isto um cartaz de neon é vermelho), o sódio tinha linhas no amarelo e o mercúrio tinha linhas no amarelo e no verde. De suas experiências, Kirchhoff formulou as três leis empíricas da espectroscopia, para determinar a composição de uma mistura de elementos.

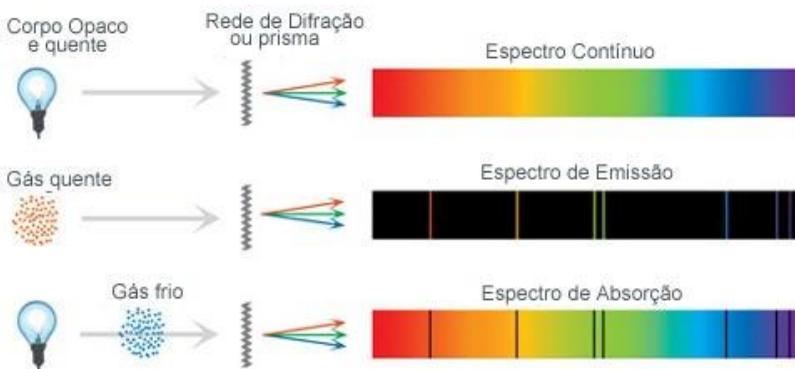


Figura 3: As três leis básicas da espectroscopia são denominadas Leis de Kirchhoff: 1 - Um corpo opaco quente produz um espectro contínuo, seja sólido, líquido ou gasoso. 2 - Qualquer gás transparente produz um espectro de linhas brilhantes, atualmente chamadas de "linhas de emissão", sendo que o número e a posição destas raias dependem unicamente dos elementos químicos presentes no gás. 3 - Se a luz de um sólido (que produz espectro contínuo) passar por um gás com temperatura mais baixa, o gás frio causa o aparecimento de linhas escuras, atualmente chamadas de "linhas de absorção", sendo que a quantidade dessas linhas depende apenas dos elementos químicos presentes no gás.

Mas afinal, por que várias linhas e não uma única para cada elemento? Por que para cada elemento um conjunto específico com determinados comprimentos de onda? Para compreender a origem das linhas espectrais devemos voltar nossa atenção ao átomo. Primeiramente vamos recordar algumas hipóteses do modelo atômico de Bohr: os elétrons percorrem órbitas fixas cujo valor de energia não muda, ou seja, as órbitas possuem valores de energia quantizados e podem ser descritos matematicamente pela equação $E_n = \frac{-13,6}{n^2}$, onde n representa o número quântico orbital; as leis da Mecânica Clássica não valem quando o elétron vai de uma órbita para outra; quando o elétron muda de órbita, ele emite ou absorve energia igual à diferença entre as energias devidas a cada uma

das órbitas. Essa quantidade de energia absorvida ou emitida segue a lei de Planck e ocorre através de *quanta* de energia, ou fótons.

Vamos considerar um átomo constituído por um próton e elétron, o átomo de hidrogênio. Suponhamos que um gás desse átomo seja submetido a uma descarga elétrica, assim, eventualmente ocorrerá colisões com os elétrons e entre si. Quanto esta se realizar, o elétron, por receber energia, ficará excitado, ocasionado um “pulo” para um orbital de maior nível de energia, ficando mais afastado do centro do átomo. Este “pulo” recebe o nome de *salto quântico*, ou também, transição eletrônica quântica. Este fenômeno se deve à aceleração do elétron ao receber energia, levando-o a se afastar do núcleo atômico, neste caso do hidrogênio, do próton. Esse afastamento acontece na forma de “saltos descontínuos”, que duram poucos nanosegundos ou menos.³

Após um curto intervalo de tempo, o elétron retorna ao seu estado de energia normal (desde que não tenha se desprendido do átomo). Neste retorno, a energia antes ganha será emitida na forma de radiação eletromagnética na forma de um fóton, o que ocasiona a emissão de luz. Esta radiação, caso fosse colimada por uma fenda e em seguida atravessa um prisma ou uma rede de difração (o índice de refração do prisma é diferente para diferentes comprimentos de onda, por isso, cada cor será refratada pelo prisma em ângulos diferentes), será decomposta gerando seu espectro de comprimentos de onda. Utilizando um equipamento como uma chapa fotográfica ou CCD, pode ser registrada essa radiação (fótons) e obter o espectro de emissão em questão. Cada um dos comprimentos de onda visualizados é chamado de linha.

As transições de estados estacionários realizadas por elétrons em átomos e moléculas ocorrem ao absorverem ou emitirem um fóton, ou radiação eletromagnética, como a luz visível. Em ambos os casos, a energia deve ser exatamente igual à diferença energética entre os dois níveis, como pode ser interpretada através da equação $h \cdot f = E_i - E_f$, na qual a frequência da radiação não é a frequência do movimento de nenhuma das órbitas estáveis. A razão dos elétrons mais próximos do

³ Sugestão de leitura: O incrível salto do elétron (Revista Super Abril). Disponível em: <<https://super.abril.com.br/ciencia/o-incrivel-salto-do-eletron/>>. Acesso em 01 de fev. 2018.

núcleo necessitem de mais energia (e vice-versa) acontece devido à atração entre a parte positiva do átomo (prótons do núcleo) e a parte negativa (elétrons da nuvem eletrônica).

Conforme discutido acima, Einstein usou a ideia da quantização e assumiu que cada fóton tem uma energia dada por $E = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda}$. A partir dessa equação matemática podemos realizar uma análise com o nosso contexto. Ao transitar entre os níveis energéticos, quanto mais longo forem os saltos, maior será a energia relacionada e menor será o comprimento de onda do fóton emitido. Como podemos relacionar cores a partir do comprimento de onda, podemos concluir que cada cor será atribuída entre os saltos realizados, ou quão longos são os saltos. Assim, um salto envolvendo pouca energia, como os dos elétrons das últimas camadas, em seu retorno emitirão fóton de pouca energia, logo de alto comprimento de onda, vibrando na cor vermelha. Já para os saltos mais energéticos, como aqueles que ocorrem próximo ao núcleo, possuem muita energia e emitem fótons de ondas mais curtas, aproximando-se da luz violeta.

Embora tomando como referência as radiações da faixa do visível, a espectroscopia é um método de análise que interpreta espectros de emissão ou absorção de radiações eletromagnéticas (átomos e moléculas tendem a absorver radiações eletromagnéticas nos mesmos comprimentos de onda em que os emitem, de modo que o espectro de emissão é equivalente ao espectro de absorção) em outras faixas do espectro eletromagnético, como região do infravermelho, ultravioleta, raios X e gama, contribuindo para que seja uma importante técnica de análise, precisa e usada em uma variedade de aplicações que englobam desde as ciências físicas, químicas e biológicas, passando ainda pela engenharia de materiais e ciências forenses.

Referências

Apolo11.com. **Entenda como os cientistas sabem a composição química dos planetas e estrelas.** Disponível em: <<https://www.apolo11.com/espectro.php>>. Acesso em 01 de fev. 2018.

EISBERG, R. **Física Quântica** / Robert Eisberg e Robert Resnick; Rio de Janeiro: Elsevier, 1979 – 35ª reimpressão.

FEYNMAN, R. P. **Lições de física de Feynman** / Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands ; – Porto Alegre: Bookman, 2008. Volume 2. Eletromagnetismo e Matéria.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de Física 4 – Ótica e Física Moderna**. Tradução de Denise Helena da Silva Sotero, Gerson Bazo Costamilan, Luciano Videira Monteiro e Ronaldo Sérgio de Biasi. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995. 355p. Título original: Fundamentals of Physics, 4th edition, Extended Version.

Leite, D. de O.; Prado, R. J. Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 2504–1 – 2504–9, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v34n2/v34n2a15.pdf>>. Acesso em 01 de fev. 2018.

OKUNO, E. **Física das radiações** / Emico Okuno, Elisabeth Mateus Yoshimura. – São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

OKUNO, Emico; VILELA, Maria A. C. **Radiação Ultravioleta: Características e efeitos**. 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

OLIVEIRA, A. de. **Onda ou partícula? Uma questão de interpretação**. [S.I.], Revista Ciência Hoje, maio de 2013. Disponível em: http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2751/n/onda_ou_particula_uma_questao_de_interpretacao/. Acesso em 01 fev. 2018.

OLIVEIRA, M. P. P. de. **Física em contextos: pessoal, social e histórico: eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria** / Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira... [et al.] – 1. ed. – São Paulo: FTD, 2010. – (Coleção física em contextos: pessoal, social, histórico; v.3)

PROJETO HARVARD. O triunfo da mecânica, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. v. 4. Luz e Electromagnetismo. Capítulo 16. A radiação Electroctromagnética.

TIPLER, P. A. **Física Moderna**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1981. UFRGS. **Espectroscopia**. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>> Acesso em 01 fev. 2018.

VILLATE, J. E. **Ondas eletromagnéticas e Luz**. Portugal [s.n.]. Disponível em: <<https://def.fe.up.pt/eletricidade/ondas.html>>. Acesso em 01 fev. 2018.

WIKIPEDIA. **Nível de energia**. Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/N%C3%ADvel_de_energia>. Acesso em 01 fev. 2018.

MÓDULO 2:

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

A evolução da vida na Terra se deve principalmente pela presença do Sol. É devido a este astro que possuímos, entre outros, as condições necessárias para viabilizar a existência de inúmeras formas de seres vivos.

“A vida na Terra depende diretamente do Sol e o homem depende da energia armazenada sob diversas formas para manter sua civilização tecnológica. No entanto, a influência do Sol vai mais além, moldando todo o nosso meio ambiente aqui na Terra. Para ser exato, a Terra não seria o tipo de planeta que é, caso o Sol não fosse o tipo de estrela que é.” (Gribbin, 1983, p.37).

Esta energia tão crucial para nosso planeta se propaga pelo vácuo através de ondas eletromagnéticas sob várias formas de radiações e influenciam, além de constituir processos químicos, biológicos e físicos. Dessa forma, se o fluxo incidente de radiação sofrer alteração, este ocasionaria mudanças também em nosso cotidiano.

Dos variados tipos de radiações que chegam até nós, todas distinguem-se através do comprimento de onda e algumas sensibilizam nossos sentidos. Ao observar um espectro de emissão solar, constata-se que há uma região onde a energia está mais concentrada; esta é a faixa que compreende a região do visível. Através de um processo evolutivo, nossos olhos adaptaram-se para que se tornassem sensíveis a esta faixa, resultando em nossa visão.

Além da faixa de visível, temos uma radiação que equivale a mais da metade daquela emitida pelo Sol, a qual corresponde à radiação no infravermelho, responsável principalmente pelo aquecimento. Conforme será apresentado neste módulo, não há apenas benefícios quando analisamos as radiações provenientes do Sol no nosso planeta. Algumas,

por exemplo, podem causar malefícios como o câncer de pele. No espectro de emissão solar, uma pequena gama é preenchida pela radiação ultravioleta e é desta que devemos estar cientes sobre as precauções que devemos tomar para evitar consequências graves no futuro.

Este módulo tem por objetivo abordar a radiação ultravioleta desenvolvendo os conceitos necessários para conhecê-la e avaliar seus riscos e benefícios. Para isso, existe a necessidade de compreender os principais processos de interação entre esta radiação com o organismo. Aqui também serão encontrados meios para proteção e alguns lados benéficos, tanto para nosso corpo, quanto utilização nas mais diversas áreas.

Radiação ultravioleta

Em 1880 se alguém se perguntasse o que há abaixo da luz vermelha no espectro teria uma resposta provinda da descoberta de William Herschell (1738 - 1822), um astrônomo inglês de origem alemã. Entretanto se a pergunta fosse o que há acima da luz violeta, não haveria resposta. Não por muito tempo, pois no ano seguinte, uma nova luz haveria de ser descoberta por Johann Wilhelm Ritte (1776 - 1810). Este físico alemão foi o responsável por descobrir a região ultravioleta do espectro através da observação do escurecimento de sais de prata quando expostos à luz do Sol. Percebeu que os raios invisíveis acima do limite superior do espectro visível eram particularmente eficazes para escurecer papel enopado em cloreto de prata.

Tais raios primeiramente foram chamados de raios desoxidantes, para dar ênfase à sua reatividade química, mas durante o século XIX passaram a ser denominados pelo termo raios químicos, até que em 1893, foi descoberta esta radiação abaixo dos 200 nm, chamada ultravioleta de vácuo pelo físico alemão Victor Shumman. Atualmente a terminologia usada é radiação ultravioleta (radiação UV). Embora havendo mudança nos nomes, sua descoberta auxiliou o homem a ampliar sua visão para além da região visível do visível.

A radiação ultravioleta é uma radiação eletromagnética que se estende entre a luz visível e os raios X, com uma frequência de onda maior

que a luz visível (a mais próxima é aquela que identificamos como violeta), porém menor que os dos raios X, conforme pode ser observado no espectro eletromagnético apresentado na Figura 1. Esta radiação pode ser evidenciada na luz solar, na emissão de arcos voltaicos e em luzes especiais designadas por luz negra (como lâmpada de mercúrio, mercúrio, deutério ou hidrogênio que possuem níveis internos de energia elétrica que correspondem aos fótons da luz ultravioleta).

Outra evidência característica da radiação UV está em desencadear certas reações químicas, entre elas fazer com que muitas substâncias brilhem ou com que eles floresçam, isto é, passem a emitir radiação eletromagnética de menor energia, como a luz visível. Outro tipo de reação está relacionada com nosso organismo, sendo responsável pelas queimaduras solares, bem como outros efeitos na saúde humana, tanto positivos, quanto negativos.

Por estar fora da faixa do espectro capaz de sensibilizar nossos olhos, do mesmo modo que não conseguimos ver a luz infravermelha, não conseguimos (igualmente com a maioria dos vertebrados) ver a luz ultravioleta, mas nem para todos os seres vivos ela é invisível, muitos insetos podem vê-la. Ao comparar algumas flores sob a luz visível e sob a luz ultravioleta, os padrões de cores idênticos na primeira são distintamente diferentes na segunda.

Radiação ultravioleta: não-ionizante ou ionizante?

Uma característica das radiações é a capacidade de ionizar ou não elementos. A radiação ionizante é aquela capaz de ionizar o meio em que se encontra. As fontes para esta radiação podem ser naturais (radiação cósmica por exemplo) ou artificiais (aparelhos de raios X), enquanto a radiação não-ionizante não possui energia suficiente para ionizar o meio, porém pode quebrar ligações moleculares produzindo radicais livres, como a radiação ultravioleta (em relação ao tecido), visível e as faixas com menor frequência. Igualmente as ionizantes, as fontes podem ser naturais (Sol) e artificiais (aparelho de ultrassonografia).

Dessa maneira, denomina-se radiação ionizante as ondas eletromagnéticas capazes de arrancar elétron de um átomo ou de uma molécula, ao qual está ligado por uma força elétrica. Para que isso ocorra,

é necessário que seja cedido uma quantidade de energia suficiente para arrancar elétrons orbitais e conferir-lhe energia cinética (ionização). Em consequência, o processo é prejudicial aos tecidos corporais, células vivas e DNA; possuem como característica altas frequências. As radiações que não conseguem arrancar elétron são denominadas não ionizantes e possuem baixa frequência.

Quando um elétron é ejetado de um átomo, forma-se o par íon positivo-negativo (elétron). Mas qual a condição para isso ocorrer? O elétron, por estar ligado ao átomo, possui uma energia total negativa. Quando o elétron está no nível fundamental, o de menor energia possui uma energia total equivalente a $-13,6 \text{ eV}^4$ (no caso do átomo de hidrogênio), assim, para que seja arrancado da atração do próton, é necessário que receba no mínimo sua energia. Assim, ao ter recebido uma quantidade de energia, ficando igual a zero, estará no limiar da libertação. Caso a energia fornecida for maior, o elétron sai com energia cinética. Ou seja, a condição é possuir energia acima da energia de ligação dos elétrons do átomo com o núcleo.

Para responder a pergunta título dessa sessão, percebemos que a resposta está relacionada aos átomos do meio. A radiação ultravioleta está entre os extremos das radiações ionizantes e não-ionizantes, e sua classificação dependerá do contexto analisado. Por exemplo, na radiobiologia, devido ao fato de possuir capacidade de penetração na pele menor que a radiação visível, é considerada como não-ionizante. A radiação ultravioleta para fins de fotobiologia é considerada não ionizante por não ter energia para arrancar elétron de principais átomos que constituem o corpo humano como hidrogênio, oxigênio, carbono e nitrogênio além de penetrar muito pouco no corpo humano.

Também leva-se em conta que a radiação que chega até a superfície tem energia entre $3,10 - 4,42 \text{ eV}$. Para não prolongar a discussão, a Comissão Internacional de Unidades e Medidas das Radiações, em publicação realizada em 1998 (ICRU-60), sugere que a escolha do limiar de energia abaixo do qual a radiação não é mais

⁴ O símbolo eV significa uma unidade de energia chamada elétron-volt. Equivale a aproximadamente $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

ionizante depende da aplicação, assim, do espectro eletromagnético, apenas os raios X e raios gama são considerados ionizantes.

Os fótons mais energéticos da radiação ultravioleta possuem energia de 10 eV e são rapidamente absorvidos pelo ar, como é o caso da radiação produzida em processos de soldagem e da proveniente do Sol, que é totalmente absorvida pelo ozônio da atmosfera. Desse modo, o tipo de interação da radiação UV com os átomos do nosso corpo é predominantemente a excitação.

A excitação é diferente da ionização. Enquanto a ionizante caracteriza-se pela remoção de um elétron do átomo, na excitação existe apenas a elevação do elétron do seu estado energético para um nível energético maior (estado excitado). Esse ganho de energia é proveniente de uma transferência de energia quando, por exemplo, uma radiação incide sobre a matéria havendo interação. Ao retornar para seu nível fundamental, a energia perdida é emitida na forma de luz. Essa transferência de energia ocorre de maneiras distintas para radiações que têm carga e para as que não têm.

A radiação emitida por partículas como elétrons, partículas alfa e fragmentos originados em processos de fissão é denominada radiação diretamente ionizante, pois age diretamente sobre os átomos através de seu campo elétrico, causando sua ionização. Já os nêutrons e as radiações eletromagnéticas, por não possuírem carga elétrica, não originam campo elétrico e, assim, interagem de maneira individual, transferindo sua energia a elétrons. A radiação emitida dessa forma é chamada de radiação indiretamente ionizante.

Radiação UV: UVA, UVB e UVC

A radiação ultravioleta situa-se entre a faixa do espectro visível e os raios X. Sua separação no espectro eletromagnético está detalhada na Tabela 3.

Tabela 3: Separação da radiação ultravioleta em faixas

Radiação Eletromagnética	Frequência (PHz)	Comprimento de Onda (nm)	Energia do Fóton (eV)
---------------------------------	-------------------------	---------------------------------	------------------------------

raios X e gama		> 3	< 100	> 12
ultravioleta	UVC	3 - 1,07	100 – 280	12,42 - 4,42
	UVB	1,07 - 0,952	280 – 315	4,42 - 3,94
	UVA	0,952 - 0,75	315 – 400	3,94 - 3,10
luz visível		0,75 - 0,428	400 - 700	3,10 - 1,77

Fonte: Adaptado de OKUNO (2005), p. 12.

Conforme apresenta a tabela acima, a radiação ultravioleta pode ser dividida em intervalos denominados UVA, UVB e UVC. A radiação UVA é a que compõe a maior parte do espectro. Segundo uma denominação popular, é chamada de luz negra, popularmente utilizada em casas noturnas devido à sua capacidade de produzir um efeito fluorescente; UVB representa uma pequena parte do espectro mas é a mais prejudicial, sendo popularmente chamada de luz eritematogênica, responsável pelos efeitos mais conhecidos da radiação sobre os organismos, como queimadura de pele; e UVC, embora esta radiação não atinge a superfície da Terra, recebe o nome de radiação germicida por ser capaz de destruir os germes. A Figura 4 traz outras informações sobre as divisões da RUV.

Mais perigosos	Reações intensas	Efeitos a longo prazo
UVC 100 nm - 290 nm	UVA 290 nm - 320 nm	UVA 320 nm - 400 nm
Ondas mais curtas, geralmente são absorvidas na camada de ozônio da Terra.	Ondas mais longas que atingem a superfície da pele podem causar bronzeamento superficial, queimação e sinais de envelhecimento.	Essas ondas penetram profundamente na superfície da pele, liberando os radicais livres e causando mudanças no DNA que podem resultar em câncer.

Figura 4: Algumas informações sintetizadas sobre as faixas que compõem a radiação UV. Fonte: Autoria própria.

Assim como sua classificação em ionizante ou não-ionizante, estes intervalos podem possuir denominações diferentes e compreender comprimento de ondas diferentes. A figura acima é fundamentada na interação do comprimento de onda de RUV com materiais biológicos, e a mesma se iguala à feita por dermatologistas e introduzida na década de 30 pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), sendo adotada formalmente em 1970.

Na física, a radiação ultravioleta é tradicionalmente dividida em quatro regiões: perto (400 - 300 nm), meio (300 - 200 nm), distante (200 - 100 nm) e extremo (abaixo de 100 nm). Na biologia, três divisões convencionais foram observadas: perto (400 - 315 nm), que é absorvida relativamente pouco pelos organismos; actínico (315 - 200 nm), que é absorvido mais facilmente pela matéria orgânica e, portanto, tem os maiores efeitos sobre os organismos; e vácuo (100 - 200 nm), que embora se propaga bem no vácuo, é absorvido pela maioria das substâncias, incluindo o oxigênio no ar.

Os dermatologistas ainda subdividem a radiação UVA em UVA-I (340 nm - 400 nm) e UVA-II (315 nm - 340 nm). Essa divisão decorreu da observação de que a UVA-II é semelhante à UVB por sua capacidade eritematogênica, ou seja, o potencial de causar uma queimadura de pele,

bem como o de alterar o sistema imune e o de causar câncer. A UVA-I apresenta maior profundidade de penetração que a UVA-II, chegando a atingir não só a epiderme e a derme média, mas até mesmo estruturas vasculares.

Camada de ozônio

O principal emissor de radiação UV é o Sol, mas antes dessa radiação chegar até a superfície, ela precisa atravessar a atmosfera. Há uma camada na estratosfera responsável por absorver parte dessa radiação, em especial a denominada *UV vácuo*. Tal camada é a camada de ozônio (O₃). Esta camada absorve os RUV mais prejudiciais, servindo como uma capa ou filtro que protege o planeta das radiações solares nocivas aos seres vivos, logo, sem esta camada protetora, a vida na Terra não seria possível.

A estratosfera é a segunda camada da atmosfera (troposfera é a primeira, onde vivemos), ficando aproximadamente de 10 a 50 km acima da superfície terrestre, com pico de concentração em torno dos 50 km acima do nível do mar. Sua distribuição também varia com a latitude, estação do ano, horário, condições meteorológicas e variabilidade da atividade solar. A camada de ozônio é resultado de uma série de processos que envolvem a absorção da radiação solar ultravioleta e dissociação de oxigênio molecular (O₂) em atômico (O). Quando um átomo livre de O se liga à uma molécula de O₂, forma-se a molécula de ozônio, O₃. Ironicamente, a radiação UV é o catalisador nesse processo.

Pelo fato deste gás ser altamente reativo, reage facilmente com substâncias liberadas na atmosfera pelo homem. Entre elas se encontram: os gases clorofluorcarbonos (CFCs), os mais perigosos, liberados por propulsores de aerossóis, refrigerantes de ar condicionado e outros); óxidos nítricos e nitrosos (expelidos pelos exaustores dos veículos) e dióxido de carbono (CO₂), produzido pela queima de combustíveis fósseis como carvão e petróleo).

Quando a camada de ozônio torna-se fina, mais radiação UVB atinge a superfície da Terra e devido a esta incidência maior, pode-se ter efeitos perigosos sobre os organismos. Por exemplo, é essa a radiação causadora do câncer de pele. A diminuição da camada de ozônio foi

observada nos anos 70. Estudos demonstraram que a radiação UVB penetra na superfície do oceano e pode ser letal para o plâncton marinho a uma profundidade de 30 metros em água limpa. Embora sua intensidade diminua com a profundidade, a UVB também pode causar danos a peixes jovens, larvas de camarão e caranguejos, invertebrados e outros. Nestes danos englobam o crescimento, sobrevivência, redução da fecundidade e outras funções vitais. Além disso, cientistas marinhos sugeriram que um aumento nos níveis de UVB no Oceano Austral entre 1970 e 2003 estava fortemente ligado a um declínio simultâneo em peixes, krill e outras vidas marinhas.

Irradiância e espectro de radiação solar

A energia liberada pelo Sol propaga-se através do espaço por ondas eletromagnéticas. Esta energia, conhecida como irradiância solar, abrange uma ampla gama de comprimentos e intensidades. Conforme pode ser observado na Figura 5, todos os corpos aquecidos emitem radiação, podendo ou não, esta radiação ser visível. De forma geral, todos os objetos emitem radiação eletromagnética que pode ser nas formas de radiações que compõem o espectro eletromagnético.

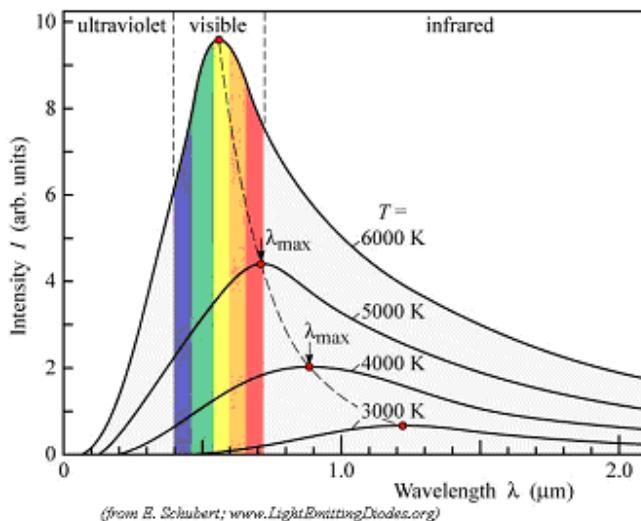


Figura 5: A imagem mostra os espectros emitidos por corpos aquecidos às temperaturas de 3 000 K a 6000 K. Nela nota-se que, quanto maior a

temperatura do corpo, mais radiação UV é emitida. A temperatura da superfície do Sol é da ordem de 6000 K, enquanto a do filamento de tungstênio de uma lâmpada é de 3000K. Assim, um filamento de tungstênio de uma lâmpada de 100 W emite pouquíssima RUV: ela é tipicamente da ordem de 0,1% da potência total irradiada.

A irradiância é a quantidade de energia luminosa emitida por uma fonte atingindo uma área de um metro quadrado a cada segundo. Em nosso contexto podemos entender a irradiância solar como a potência por unidade de área recebida do Sol sob a forma de radiação eletromagnética, utilizando a unidade W/m^2 . A irradiação pode ser medida no espaço (instrumentos de satélite) ou na superfície terrestre (como os piranômetros) após absorção e dispersão atmosférica. Também é composta por suas componentes direta (aquela proveniente diretamente do Sol) e difusa (aquela que sofreu processos de espalhamento devido a gases e partículas presentes na atmosfera, tornando-se oriunda de todas as direções). As nuvens são o principal fator modulador da radiação solar que incide na superfície em razão de suas propriedades óticas que produzem um espalhamento eficiente da radiação solar.

Aproximadamente 99% da radiação solar que chega na superfície terrestre está contida na região de 300 a 3.000 nm (0,3 a 3,0 μm) do espectro solar. São definidas como a radiação visível (42 a 43%) e visível próximo (ultravioleta (3 a 5%) e infravermelho próximo (52 a 55%)). A Figura 6 ilustra este parcelamento.

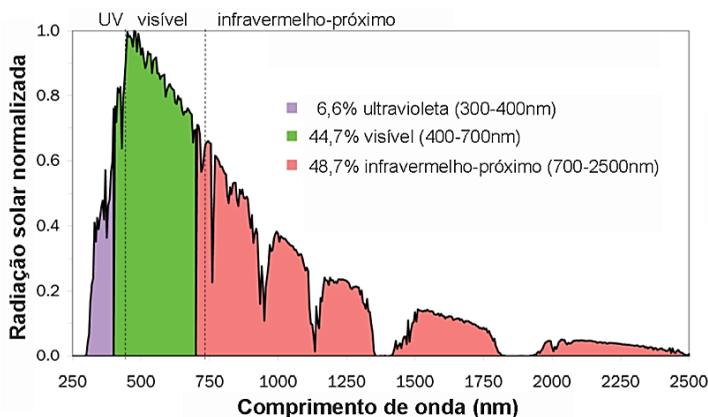


Figura 6: Espectro de radiação solar que atinge a superfície da Terra. Adaptada de Liou (2002).

Ao atravessar a atmosfera terrestre, a radiação pode ser absorvida, refletida e espalhada. Esta interação da energia com a atmosfera pode ser comparada com uma cortina que age como um filtro e, dependendo de seu tecido, atenua ou até mesmo impede a passagem da luz. Neste caso os diferentes tipos de tecidos da cortina poderiam ser comparados com os diferentes gases existentes na atmosfera terrestre, os quais atenuam a energia eletromagnética diferentemente.

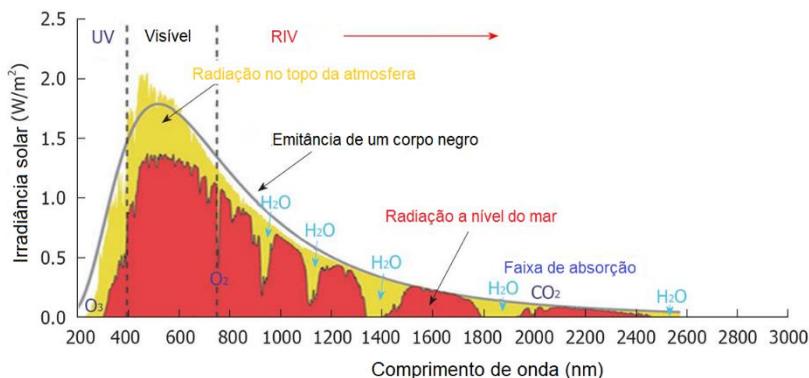


Figura 7: A figura compara o espectro radiante de um corpo negro com aquela que atinge o topo da atmosfera e a superfície teres. Os principais gases absorvedores da radiação eletromagnética são vapor d'água (H_2O), oxigênio (O_2), ozônio (O_3) e gás carbônico (CO_2). Os gases CO , CH_4 , NO e N_2O ocorrem em pequenas quantidades e também exibem espectros de absorção. Adaptado de Tanaka (2012).

Cerca da metade da energia solar está concentrada na faixa espectral compreendida no visível (0,3 e 0,7 μm) e como a atmosfera absorve muito pouco nesta região, grande parte da energia solar atinge a superfície da Terra. Entretanto, como já mencionado, parte da radiação UV é absorvida pela atmosfera, conforme ilustra a Figura 7. Neste caso, podemos dizer que existem regiões no espectro eletromagnético para os quais a atmosfera é opaca, no caso dessa faixa da RUV, o responsável é o ozônio (O_3). Na região do infravermelho os principais gases absorvedores são o vapor d'água (H_2O) e o dióxido de carbono (CO_2).

A partir das informações apresentadas pela Tabela 4, vemos que a radiação UVC é aquela que menos atinge a superfície terrestre, seguindo da radiação UVB e UVA.

Tabela 4: Distribuição da irradiância solar que atinge o topo da atmosfera.

Faixa de comprimento de onda (nm)	Irradiância (W/m²)	% do total
UVC (< 280)	6,4	0,5
UVB (280 - 315)	21,1	1,5
UVA (315 - 400)	85,7	6,3
Visível (400 - 700)	532,0	38,9
Infravermelho (> 700)	722,0	52,8

Fonte: Okuno (2005)

Prosseguindo sobre a superfície terrestre, os níveis de radiação UV podem variar dependendo de diversos fatores. Abaixo alguns são mencionados.

- **Altura solar:** referente à posição espacial do Sol, é obtida a partir do ângulo do Sol formado com o plano horizontal. Dentre sua variação diária, os valores máximos são medidos em torno das 12 h. Recomenda-se evitar o intervalo que compreende 10 h e 16 h. Assim, a intensidade é menor pela manhã e fim da tarde.
- **Ozônio:** a concentração de ozônio na atmosfera absorve parte da RUV.
- **Latitude:** os raios por serem mais diretos do que nas regiões temperadas, a incidência de RUV é maior nas regiões tropicais. A camada de ozônio é menor no equador e há regiões onde esta camada contém buracos, principalmente na Antártica.
- **Altitude:** devido à rarefação do ar em altas altitudes, a intensidade de UV aumenta, proporcionando doses mais elevadas.
- **Nuvens:** a nebulosidade influencia na incidência dos raios. No caso de o céu estar totalmente encoberto, há uma redução na intensidade da radiação UV, podendo chegar a 70%. Por outro lado, se estiver parcialmente encoberto conforme ilustra na

Figura 8, a intensidade pode aumentar em 25 %, pois será somada à radiação proveniente diretamente do Sol a radiação difusa. Esse fenômeno recebe o nome de “amplificação”. Portanto, o fato de haver alguma nebulosidade não pode ser visto como uma situação ausente de risco no que se refere à ação biológica da radiação solar UV.

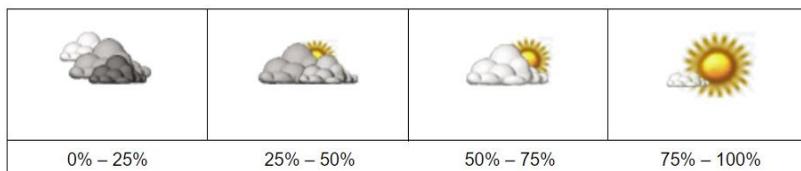


Figura 8: Ilustração da porcentagem de radiação ultravioleta que atinge a superfície para diferentes condições de nebulosidade. Fonte: CPTEC/INPE

- Superfícies: neve, areia, grama e água refletem muito a radiação UV, logo, mesmo em área sombreada, sob um guarda-sol ou sombra de uma árvore por exemplo, pode haver exposição devido à reflexão podendo provocar danos aos olhos e à pele. A Tabela 5 relaciona algumas superfícies e a porcentagem de radiação UV refletida.

Tabela 5: Refletividade (%) da radiação ultravioleta em diferentes superfícies.

Superfície	% de radiação ultravioleta refletida
Grama	1% a 4%
Água tranquila	3% a 8%
Solo (terra)	4% a 6%
Asfalto	4% a 9%
Concreto	7% a 12%
Água agitada	8% a 13%

Areia seca	15% a 18%
Neve fresca	85% a 88%

Fonte: Programa Sol Amigo

- Estação do ano: no Brasil, devido sua latitude, se comparado à estação do verão, no inverno a intensidade da UV é menor. Mas, continua exigindo cuidados. Em latitudes maiores, a intensidade da radiação UV é maior entre as estações do ano, sendo maior no verão e menor no inverno.

Danos biológicos (e importância da prevenção)

Devido à sua baixa capacidade de penetração, os efeitos causados pela radiação UV sobre o corpo humano se limitam à superfície da pele. O alcance da penetração dessas radiações vai depender da maneira como algumas substâncias existentes na pele absorvem a energia contida nos raios⁵. A Figura 9 ilustra as camadas da pele e uma aproximação da capacidade de penetração da radiação ultravioleta.

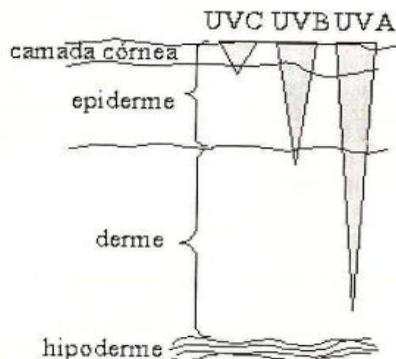


Figura 9: Alguns efeitos causados pela UVB: queimadura solar/bronzeado, envelhecimento da pele, câncer de pele, reações de fotossensibilidade e

⁵ TEXTO recomendado: RADIACÃO UV E SAÚDE HUMANA; o material aborda sobre: Efeitos da RUV sobre a Pele; Examinando sua pele; Tipos de pele; Efeitos da RUV sobre os olhos. Está disponível em: <<http://satellite.cptec.inpe.br/uv/>>. Acesso em 11 jan. 2018.

imunossupressão. Alguns efeitos causados pela UVA: escurecimento imediato, melanogênese tardia e fotoenvelhecimento. Fonte: Okuno (2005)

Os efeitos diretos ou efeitos imediatos, incluem vermelhidão da pele (queimaduras solares), desenvolvimento de pigmentação (bronzado), envelhecimento e alterações carcinogênicas. As queimaduras solares podem ser leves, causando apenas vermelhidão e ternura, ou podem ser intensas o suficiente para a produção de bolhas, inchaço, infiltração de líquidos e desprendimento da pele externa. (Os capilares sanguíneos (vasos minúsculos) na pele dilatam-se com agregações de glóbulos vermelhos e brancos para produzir a coloração vermelha.)

O bronzeamento é a reação mais comum da pele à radiação UV. Associado aos pigmentos naturais do corpo ajudam a proteger a pele em algum grau, impedindo a destruição das células da pele pela luz ultravioleta. A melanina é um pigmento químico na pele, estimulado por uma exposição desprotegida à radiação UV, que absorve a radiação ultravioleta e limita sua penetração nos tecidos, além disso é a substância que dá cor à pele. A melanina é liberada na tentativa de remediar as lesões causadas no DNA. Por ser um pigmento escuro, a pele escurece, ou seja, bronzeia.

Um bronzeado ocorre quando os pigmentos de melanina em células na porção de tecido mais profundo da pele são ativados por radiação ultravioleta e as células migram para a superfície da pele. Quando essas células morrem, a pigmentação desaparece. As pessoas de pele clara têm menos pigmento de melanina e, portanto, experimentam os efeitos prejudiciais da radiação ultravioleta em maior grau. A aplicação de protetor solar na pele pode ajudar a bloquear a absorção de radiação ultravioleta em tais pessoas.

A depender da quantidade de melanina, a capacidade de se bronzear e queimar quando se expõe ao sol, até mesmo outras características, como a cor dos olhos e do cabelo, levaram o médico norte-americano Thomas B. Fitzpatrick em 1976 a elaborar uma classificação que relaciona os fotótipos humanos (caracteriza a cor da pele que por sua vez é definida pela quantidade de melanina) à sensibilidade à radiação ultravioleta. A escala de Fitzpatrick é apresentada na Figura 6.

Tabela 6: Classificação dos fototipos de pele segundo classificação de Fitzpatrick.

Fotótipos	Sensibilidade ao Sol	Como a pele reage a exposição solar
I – Branca	Muito sensível ao sol	Sempre queima – nunca bronzeia
II - Morena	Sensível ao sol	Sempre queima – bronzeia muito pouco
III – Pele morena clara	Sensibilidade normal ao sol	Queima (moderadamente) – bronzeia (moderadamente)
IV – Pele morena moderada	Sensibilidade normal ao sol	Queima (pouco) – sempre bronzeia
V – Pele morena escura	Pouco sensível ao sol	Queima (raramente) – sempre bronzeia
VI – Pele negra	Insensível ao sol	Nunca queima – totalmente pigmentada

Fonte: Sociedade Brasileira de Dermatologia (SBD).

A exposição constante à radiação ultravioleta do Sol influencia no aparecimento dos efeitos tardios que ocorrem anos depois. Seus efeitos somáticos (que se apresentam apenas na pessoa que sofreu a irradiação e não influenciando nas gerações posteriores) ocorre em virtude da interação entre a radiação UV e a molécula de DNA (ácido desoxirribonucleico) a qual é a portadora da informação genética na célula. Esta molécula absorve principalmente os menores comprimentos da RUV (C e parte da B). Esta absorção pode provocar a quebra de suas cadeias, implicando em alterações.

A maioria das alterações cutâneas geralmente estão associadas ao envelhecimento da pele (fotoenvelhecimento), como enrugamentos, espessamento e alterações na pigmentação e câncer de pele (fotocarcinogênese). O melanoma maligno é o câncer cutâneo de pior prognóstico, que pode evoluir em metástase e óbito. A suscetibilidade ao

câncer de pele depende do tipo de pele, sendo que as pessoas de pele clara apresentam frequência muito maior.

A exposição excessiva ao componente ultravioleta da luz solar pode causar câncer de pele e danos ao sistema imunológico do organismo, uma vez que a radiação UVB pode interferir com o sistema imunológico por meio da pele. Além disso, os olhos também são afetados por esta radiação. Os efeitos somáticos de uma exposição inadequada (direta do sol ou pela reflexão de superfícies), pode ocasionar a cataratas dos olhos, que pode acarretar em cegueira. Por outro lado, a radiação ultravioleta também tem efeitos positivos sobre o corpo humano, estimula a produção de vitamina D na pele.

RUV e trabalhadores a céu aberto

Um outro ponto a expor envolvendo este contexto condiz com algumas formas de trabalhos que, inevitavelmente, o trabalhador fica sujeito a uma exposição à radiação ultravioleta sem meios adequados de proteção. Tal situação de trabalho desenvolvido a céu aberto é o caso dos trabalhadores rurais, da construção civil, pescadores e outros. Uma longa discussão promovendo o debate sobre a necessidade de proteção dos raios UV e sobre a falta de informação sobre os riscos à saúde poderia ser realizada sob este aspecto envolvendo elementos como o mapa do trabalho rural no Brasil, perfil e escolaridade dos trabalhadores, organização social do trabalho rural, proteção, direitos, etc. Porém, visando não divergir da proposta desse trabalho, segue alguns aspectos sobre o tema.

Embora a RUV seja invisível a nossos olhos, o seu efeito pode ser visto e sentido quando uma exposição prolongada resulta em queimadas dolorosas, por isso, esta classe de trabalhadores deve estar ciente das lesões que podem ser ocasionadas nos olhos e na pele ao longo do tempo. No caso dos trabalhadores da construção civil, o perfil dos trabalhadores pode desfavorecer, no sentido de ser transitório e ambulantes, o que dificulta, muitas vezes, a conscientização e o trabalho de treinamento constante visando a proteção.

É conhecido o perigo da RUV e a classes de trabalhadores que mais sofrem são justamente aquelas que trabalham de sol a sol. Garantir a segurança dos trabalhadores é dever de todo empregador, pois esse é

mais viável economicamente do que tratar futuras doenças. Há por exemplo, no caso de trabalhadores em canteiros de obras a Norma Regulamentadora NR-18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Dentre as trinta e oito disposições desta Norma Regulamentadora, a 18.37, item 18.37.3 (MANUAIS, 2003, p. 267) estabelece o seguinte: “é obrigatório o fornecimento gratuito pelo empregador de vestimenta de trabalho, e sua reposição, quando danificado”

Já a NR-21 – Trabalho a Céu Aberto, disposição 21.2 (MANUAIS, 2003, p. 288), estabelece que: “serão exigidas medidas especiais que protejam os trabalhadores contra a insolação excessiva, o calor, o frio, a umidade e os ventos inconvenientes”. Quanto aos trabalhos rurais, a NR-31 preconiza que o empregador rural ou equiparado deve fornecer aos trabalhadores rurais expostos ao sol EPIs como chapéu de aba larga ou boné com touca árabe, ou outra proteção contra o sol e chuva, óculos de proteção contra radiações não-ionizantes e proteção do corpo inteiro nos trabalhos em que haja perigo de lesões provocadas por agentes de origem térmica, biológica, meteorológica e química, como aventais, jaquetas, capas e macacões.

Em ambas classes aqui contempladas, percebe-se a importância do uso de vestimentas de trabalhos adequadas, além de outros equipamentos de proteção individual (EPIs). Uma das medidas preventivas é a limitação da exposição à luz (buscar alternativas de trabalho fora dos horários caracterizados pela elevada intensidade da radiação UV), uso de EPI (camisas de mangas longas, calças compridas, calçados apropriados e outros; a trama quanto mais apertada, ou seja, menor espaço entre as fibras do tecido, oferece maior proteção) e uso de fotoprotetores em áreas específicas onde o EPI possa não proteger adequadamente. Por outro lado, nenhuma legislação obriga o uso de protetor solar, além de haver uma questão cultural no qual o trabalhador, muitas vezes, deixa de usá-lo por ser motivo de piada dos demais.

Vitamina D e RUV

Dessa pequena porção do espectro eletromagnético a qual está sendo abordada, a RUV atua em estruturas atômicas, dissociando

moléculas (como rompendo algumas cadeias de carbono, muitas fundamentais à vida) e, conseqüentemente, afetando os seres vivos e alguns materiais (plásticos e polímeros). Dentre os benefícios, está a radiação UVB atuando como catalisador na síntese da vitamina D. Esta radiação auxilia na absorção do cálcio e do fosfato pelo aparelho digestivo e, dessa forma, contribui para o desenvolvimento do esqueleto evitando a osteoporose (doença que enfraquece os ossos e pode causar fraturas principalmente na coluna, bacia, nos punhos e nas costelas), além disso, auxilia a manter o equilíbrio e dá tonicidade muscular. Por isso, a vitamina D é também conhecida como vitamina anti-raquitismo, pois controla o aproveitamento do fósforo e do cálcio, elementos estes importantes para o perfeito desenvolvimento dos ossos e dos dentes.

Em áreas do globo nas quais existem níveis inadequados de vitamina D, esta também pode ser obtida através de alguns alimentos como: óleo de fígado de peixe, manteiga, fígado, gema de ovo, leite, salmão e atum. Porém, os alimentos podem ser fontes responsáveis por até 10% da necessidade. Se tratando da necessidade diária de vitamina D, para a maioria dos indivíduos a exposição solar pode suprir mais do que 90% dessa necessidade. Níveis abaixo do ideal podem gerar um grave problema na saúde pública. Dentre alguns dos fatores que influenciam na deficiência da vitamina D estão: a preocupação com o câncer de pele (o comprimento de onda responsável pela síntese desta vitamina é o mesmo que causa eritema (queimadura solar) e dano ao DNA); limitações na exposição solar; ingestão diária de vitamina D; vestimentas e uso de protetor solar (os raios UVB podem ser em parte refletidos, absorvidos ou espelhados, de modo a interagir em menor intensidade com a pele).

Quando se ingere alimentos que contenham cálcio e fósforo, esses elementos não se fixam nos ossos quando há insuficiência de vitamina D. Portanto, esta pode ser aproveitada a partir de alimentos ou sintetizá-la⁶ nas células de nossa pele a partir de uma provitamina denominada ergosterol. A radiação UV age como sintetizador

⁶ O processo de síntese e metabolismo dentre outras informações a respeito da vitamina D e o organismo humano pode ser obtido em: < <http://sergiorosa.com.br/blog/nutricao-funcional/o-papel-da-radiacao-solar-na-producao-de-vitamina-d/>>. Acesso em 11 jan. 2018.

transformando ergosterol em vitamina D. A falta pode ser detectada através de testes laboratoriais pela análise do cálcio na urina, exames de sangue e em crianças pode se manifestar como raquitismo, enquanto nos adultos, não costuma ter sintomas, exceto por uma eventual falta de equilíbrio.

Sobre a recomendação do tempo necessário de uma exposição solar que satisfaça a necessidade de vitamina D pelo organismo, dependerá de alguns fatores como tipo e cor de pele (quanto mais clara a pessoa, menos tempo ela precisa ficar ao sol; quanto mais escura a pele, mais tempo), idade (pessoas idosas possuem mais dificuldade em sintetizar a vitamina D), localização, estação do ano, hora do dia e condições atmosféricas. Quanto a estes aspectos geográficos, detalhes são encontrados ao final da sessão *Irradiância e espectro de radiação solar*.

Pela coincidência da radiação UVB ser a responsável pela síntese da vitamina D e causar danos à pele como envelhecimento e câncer de pele, o horário de maior intensidade é justamente o que os dermatologistas apontam como o mais perigoso para a pele, ou seja, entre as dez horas da manhã até as três horas da tarde, devido ao ângulo de incidência dos raios solares. Este é um dos motivos que torna as informações disponíveis sobre as recomendações dos cientistas e médicos controversas. Em todo caso, é preciso ter bom senso e se expor com moderação.

Bronzeamento artificial

Ter um corpo bronzeado é o desejo de muitas pessoas, seja por uma questão estética ou por pensar que a uma pele bronzeada reflete saúde. Além do bronzeamento natural, há a possibilidade do bronzeamento artificial que reproduz o efeito do sol na pele e, com exceção das câmaras bronzeadoras (a Sociedade Brasileira de Dermatologia não recomenda o uso da técnica com fins estéticos, inclusive a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a Anvisa, criou restrições ao uso desse aparelho), não apresentam risco quando utilizados corretamente, como os autobronzeadores, o bronzeamento a jato e as pílulas de bronzeamento.

Em poucas horas as câmaras de bronzeamento conseguem deixar a pele morena através da emissão, principalmente, de raios UVA e, em

baixo nível, raios UVB. Entretanto, por expor o corpo aos raios UV, não é uma técnica segura e pode aumentar o risco de câncer de pele e estimular o envelhecimento do tecido. O bronzeamento artificial aumenta em 75% o risco de desenvolver melanoma. A exposição constante à radiação UV gerada pelas máquinas pode danificar o DNA das células epiteliais e levar ao envelhecimento precoce da pele.

Um questionamento poderia ser levantado sobre o motivo da pele não ficar vermelha após uma sessão de bronzeamento artificial. Ocorre que a vermelhidão é causada pela radiação UVB, e conforme o apresentado, sua presença na emissão é menor. Por outro lado, se a pele não está ficando com o tom vermelho, isso não implica em que ela não esteja sendo danificada, afinal, os efeitos começaram a aparecer a longo prazo.

Assim, para evitar o envelhecimento precoce da pele, lesões características da pele envelhecida e a predisposição ao câncer de pele, características estas estimuladas pelas sessões nas câmaras de bronzeamento, existe um produto para contornar o problema chamado auto-bronzeador. Consiste em loções ou cremes que provocam através de uma reação química a pigmentação da camada mais externa na pele, escurecendo-a.⁷

Ações para proteção à exposição solar

Estudos sobre os efeitos biológicos da energia solar mostram benefícios e malefícios que a radiação ultravioleta pode causar no ser humano. Estes efeitos ocorrem principalmente na pele e nos olhos por serem órgãos externos mais expostos a esta radiação. Abaixo seguem algumas dicas de segurança que podem ser adotadas⁸:

- Não queime: Nossa pele não tem sensor para sentir o impacto dos raios ultravioletas como existe para os raios infravermelhos.

⁷ Outras informações sobre auto-bronzeador e bronzeamento artificial podem ser obtido em: <https://www.dermatologia.net/cat-a-pele/bronzeamento-artificial-o-arriscado-e-o-seguro/>. Acesso em 11 jan. 2018.

⁸ Medidas e orientação sobre fotoproteção e demais informações sobre radiação solar e efeitos sobre a pele podem ser encontradas nas Recomendações da Sociedade Brasileira de Dermatologia

Evite exposição prolongada à RUV. As queimaduras solares aumentam significativamente o risco de desenvolver câncer de pele, especialmente para crianças.

- Use roupas de proteção: O tipo de roupa pode servir como filtro solar a penetração da RUV. Roupas como uma camisa de mangas compridas e calças ajudam na proteção. Preferencialmente devem ser justas. As coloridas diminuem a quantidade de penetração da radiação UV, enquanto as pretas absorvem esta radiação, inclusive a radiação infravermelha, podendo ser pouco confortável. Chapéus de abas largas protegem as orelhas, couro cabeludo, nariz e queixo. Materiais como poliéster, nylon e algodão são mais protetores.
- Procurar uma sombra: Procure sombra quando possível e lembre-se de que os raios UV do sol são mais fortes entre as 10 h e às 16 h.
- Use óculos de sol: Óculos de sol que fornecem 99 % a 100 % de proteção contra UVA e UVB reduzem bastante os danos aos olhos causados pela exposição ao sol.
- Fique atento próximo a algumas superfícies: Água, neve e areia refletem os raios prejudiciais do sol, o que pode aumentar suas chances de queimaduras solares.
- Verifique o índice UV: Este índice fornece informações importantes para quando for se expor à radiação do sol. Pode ser consultado em inúmeros sites na internet.
- Aplique generosamente protetor solar: Procure cobrir toda a pele que será exposta com no mínimo 15 minutos de antecedência.
- O protetor solar deve ter um Fator de Proteção Solar (FPS) de pelo menos 30 e fornecer proteção de amplo espectro dos raios ultravioleta A (UVA) e ultravioleta B (UVB). Reaplicar a cada duas horas, mesmo em dias nublados e depois de nadar ou suar.

Nesta sessão, serão abordados algumas ações para evitar danos a órgãos como pele e olhos através de uma exploração no protetor solar e seu fator 15, 30, etc. e aos óculos e suas opções de lentes.

Índice Ultravioleta

São inúmeros os motivos pelos quais ficarmos expostos à radiação solar, seja desde o lazer até por motivo de trabalho. Independente da causa, devemos estar atentos ao Índice Ultravioleta (IUV), pois a partir desse instrumento poderemos ter uma noção do quanto a radiação ultravioleta poderá ser nociva neste dia.

A Organização Mundial da Saúde (WHO) acompanha de outras organizações, preocupados, principalmente com o crescimento do número de casos de câncer de pele aumentando, decidiram desenvolver um projeto de proteção da população contra os efeitos danosos da RUV. Tal proposta associa um número que se chamou Índice UV para a intensidade da radiação UV relevantes para efeitos biológicos estabelecidos sobre a pele humana. Em outras palavras, o índice ultravioleta (IUV) mede o nível de radiação solar na superfície da Terra; quanto mais alto, maior o risco de danos à pele e de aparecimento de câncer. Dessa forma, o índice, apresentado abaixo, Figura 10, pode ser facilmente compreendido e divulgado.

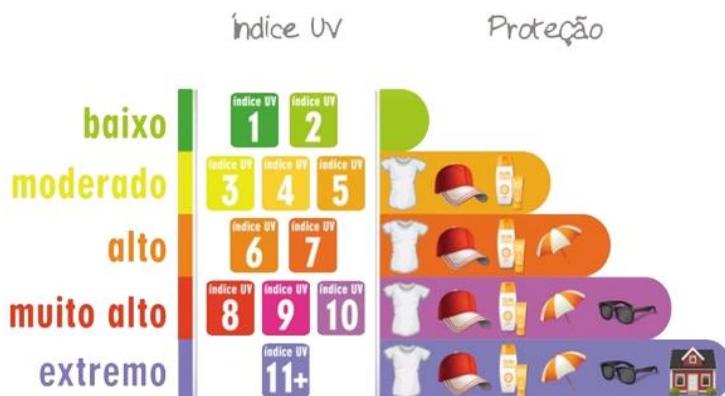


Figura 10: Ilustração com o IUV e acessórios recomendados para utilizar para cada marcação. Fonte: <http://clinicajerez.com.br/en/voce-sabia-que-o-indice-ultravioleta-iuv-mede-o-nivel-de-radiacao-solar-na-superficie-da-terra/>. Acesso em: 12 jan. 2018.

Na Tabela 7, complementando a Figura 10, estão as categorias de exposição à RUV com respectivos valores de índice UV e ação protetora⁹.

Tabela 7: Categorias de exposição à RUV com respectivos valores de índice UV e ação protetora.

Categoria de exposição	Intervalo de índice UV	Cor do número do índice	Ação protetora
Baixa	< 2	Verde	Nenhuma; pode-se permanecer ao ar livre
Moderado	3 a 5	Amarelo	Proteção requerida; fique na sombra ao redor do meio dia; use protetor solar + óculos + chapéu
Alta	6 a 7	Alaranjado	Proteção requerida; fique na sombra ao redor do meio dia; use protetor solar + óculos + chapéu
Muito alta	8 a 10	Vermelho	Proteção extra; evite sair ao redor do meio dia; use protetor solar + óculos + chapéu
Extrema	> 11	Violeta	Proteção extra; não saia ao redor do meio dia; use protetor solar + óculos + chapéu

Fonte: Okuno (2005)

Pela Tabela 7, é possível perceber que o meio dia requer maior cuidado; isto deve-se aos níveis de RUV variarem com as horas do dia,

⁹ Conforme observado na tabela, quando o índice fica acima de 3, é necessário a utilização de roupas e chapéus. Mais informações relacionando roupas e proteção solar pode ser encontrado no seguinte trabalho:

<<http://www.ufjf.br/labcaa/pesquisa-escolar/indice-ultravioleta-iuv/>>. Acesso em 12 jan. 2018.

sendo o horário de máxima intensidade de radiação solar, logo, o de valor máximo diário da radiação ultravioleta. Este comportamento, bem como a variação do IUV é mostrado na Figura 11. Outros fatores que influenciam na radiação UV que chega à superfície e que são utilizados para o cálculo do índice UV são:

- Quantidade de nuvens: os níveis de radiação UV são mais altos sob céus sem nuvens. Mesmo com a cobertura da nuvem, os níveis de radiação UV podem ser elevados devido à dispersão da radiação UV por moléculas de água e partículas finas na atmosfera. Desse modo, em dias nublados também podem oferecer perigo;
- Concentração de ozônio: a espessura da camada de ozônio é calculada por satélites (sua importância foi descrita acima);
- Altitude local: para localidades altas, menor é a quantidade de ozônio na coluna atmosférica, possibilitando maior quantidade de RUV incidente na superfície. Teoricamente, a cada 1 km, a quantidade de ozônio decresce em 1% e o aumento de RUV é de 6 a 8 %;
- Posição geográfica: no Equador o fluxo de radiação UV é máximo, decrescendo à medida que nos distanciamos do mesmo;
- Estação do ano: durante o verão, a irradiância é maior, enquanto no inverno, assume valores menores;
- Tipo de superfície: como já informado, ao atravessar a atmosfera terrestre, a radiação pode ser absorvida, refletida e espalhada. Algumas superfícies refletem pouco, como as urbanas, de 3 a 5 %, outras moderadas como a areia, até 30 % e outras muitas, com a neve fresca, 80%. Areia seca da praia cerca de 15% e espuma do mar cerca de 25%.

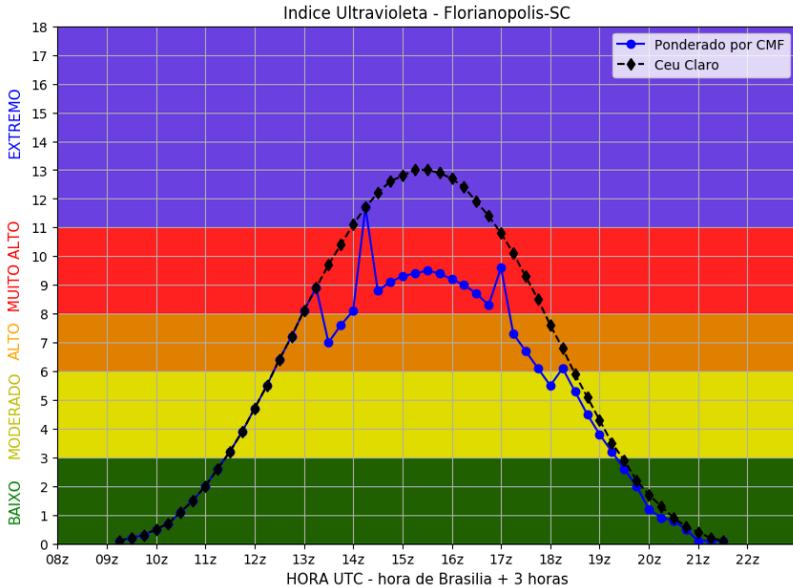


Figura 11: Na curva azul temos o IUV máximo previsto e na curva preta o IUV atenuado, em virtude das condições climáticas nesse dia (por exemplo a presença de nuvens). No eixo vertical temos o IUV e no eixo horizontal a hora UTC. Para sabermos o horário de Brasília correspondente à cada hora UTC, basta subtrair 3 do número indicado (UTC 15Z = 12h). Fonte: CPTEC/INPE.

O índice UV possui o menor valor no número 1, e à medida que o número se eleva, maior é o potencial para induzir danos à pele e ao olho. O número UV = 1 equivale a uma irradiância de 0,025 W/m². O IUV é calculado usando um equipamento chamado espectrorradiômetro ou utilizando um modelo computacional que considera fatores que atenuam a RUV como a espessura da camada de ozônio, a quantidade de nuvens e a altitude local (mencionadas acima) e considerando o tipo I e II de pele.

Cada unidade de IUV corresponde a 25 mW/m² de energia. Assim, por exemplo, ao meio dia em que a intensidade máxima de radiação ultravioleta (média dos quinze minutos) medida é de 200 mW/m², este valor equivale ao índice ultravioleta 8.¹⁰

¹⁰ Caso o leitor esteja interessado em mais detalhes sobre o cálculo do IUV, recomendo o arquivo “O que é Índice UV?”, disponível em <<http://satellite.cptec.inpe.br/uv/documentos.jsp>>. Acesso em 12 jan. 2018.

FPS e protetores solares

A função do protetor solar é, além de prevenir queimaduras, converter a energia da radiação UV em outra forma de energia não prejudicial à pele e de reduzir o acúmulo de lesões induzidas pela radiação UV. O protetor solar é composto por filtro solar, e estes atuam fundamentalmente por dois mecanismos básicos: absorvendo ou refletindo a radiação. Dessa maneira, há basicamente dois tipos desses filtros devido à sua composição: os orgânicos e os inorgânicos. Estes filtros estão representados na Figura 12.

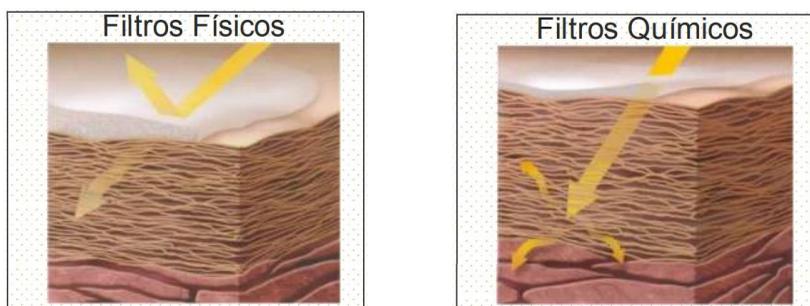


Figura 12: Na imagem da esquerda, o filtro físico ou inorgânico, contém óxidos metálicos que são materiais semicondutores, assim, a proteção da pele ocorre por meio de transições entre bandas de valência e de condução do sólido. À direita, o filtro químico ou orgânicos, atua protegendo a pele através da absorção da radiação ultravioleta e a conversão em radiações de energia menos que não são capazes de prejudicar os seres humanos. Imagem retirada de:

<http://cetesp.sp.gov.br/prozonestp/wp-content/uploads/sites/16/2014/02/apresentacao_tovo2004a.pdf>. Acesso em 12 jan. 2018.

Os filtros orgânicos, também denominados filtros químicos, possuem em sua composição compostos moleculares que absorvem fótons da radiação solar convertendo-a em energia não causando danos para a pele humana. Cada composição apresenta um máximo de absorção em faixa de mais difundidos no mercado porque são transparentes, não mancham roupas e precisam de uma camada de aplicação mais fina.

Os filtros inorgânicos, também denominados filtros solares físicos atuam como pequenos espelhos refletindo a radiação solar

mediante uma barreira opaca geralmente branca. Seu espectro de ação é amplo, proporciona proteção entre radiações UV até a infravermelha. Estes filtros solares são formados por particulados suspensos em meio viscoso, por isso, para serem eficientes é necessário aplicar camadas espessas, o que torna o seu uso nem sempre prático e nem estético.

Na Tabela 8 são apresentadas as substâncias mais habituais utilizadas em filtros solares.

Tabela 8: Tabela sobre filtros solares

Filtros químicos		Filtros físicos
<i>Filtros UVA</i>	<i>Filtros UVB</i>	Dióxido de titânio
Benzofenonas	PARA	Óxido de zinco
Antranilatos	Salicilatos	Carbonato de cálcio
Dibenzoilmetanos	Ácido cinâmico	Carbonato de magnésio
	Cânfora	Óxido de magnésio
	Benzimidazoles	Clorato de ferro

Fonte: Adaptada de

<http://scielo.isciii.es/pdf/medif/v13n3/hablemos1.pdf>. Acesso em 12 jan. 2018.

Devido à sua importância, as substâncias que constituem os filtros solares atualmente são incorporadas em produtos diários como cremes hidratantes, loções, shampoos e outros produtos para pele e cabelo. Para a formulação desses cosméticos precisamos de substâncias muito eficientes para a proteção solar. A eficiência de um protetor solar geralmente é expressa pelo fator de proteção solar (SPF - *sun protection factor*). Tal conceito foi introduzido pelo cientista austríaco Franz Greiter e depois adotado pelas agências reguladoras e pelas indústrias de cosméticos e farmacêuticos. Pode ser obtido dividindo a DEM (dose eritematosa mínima) de uma pele protegida com filtro e sem filtro.

$$FPS = \frac{DEM \text{ (pele protegida)}}{DEM \text{ (pele não protegida)}}$$

O FPS é definido como a razão entre a quantidade mínima de energia da RUV requerida para produzir eritema mínimo na pele protegida pelo filtro protetor (ppf) e a quantidade de energia requerida para produzir o mesmo efeito na pele sem filtro (pnpf). Popularmente há a ideia de que filtro é uma garantia para aumentar ao máximo o tempo de exposição ao sol. Esta ideia está equivocada; filtro é uma forma de proteger a pele. Por exemplo: pode-se interpretar o FPS 10 como sendo 1/10 a quantidade de RUV solar recebida com o uso de filtro, comparada a quando não usa o filtro. Ou, se um determinado protetor apresenta o valor de FPS 30, isso significa, na prática, que é necessária uma exposição solar 30 vezes maior para produzir eritema, se comparada à situação em que este usuário não estaria usando aquele protetor.

Para um mínimo de proteção adequada, recomenda-se utilizar filtros solares com FPS 15. Um protetor solar FPS 15 protege 93 % dos raios UVB do sol; O FPS 30 protege contra 97 %; e FPS 50, 98 %. Tal conclusão pode ser atingida analisando a curva exponencial apresentada no gráfico abaixo, no qual a % de proteção é obtida através da seguinte relação matemática, onde A representa absorvância do produto.

$$A = 1 - \frac{1}{FPS}$$

Tabela 9: Eficácia do FPS em porcentagem (%).

FPS	ABSORÇÃO UVB (%)
2	50
4	75
8	87,5
15	93,3
20	95
30	96,7

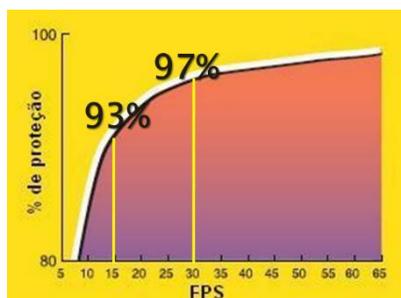


Figura 13: Quando usado corretamente, um SPF de 15 protege a pele de 93 por cento da radiação UVB e um protetor solar SPF 30 oferece proteção de 97 por cento. Como podemos observar, o ganho proporcional de absorvância em relação ao aumento do valor do FPS é reduzido drasticamente quando o valor de FPS fica acima de 30.

45	97,8
50	98

Você deve estar ciente de que um FPS de 30 não é duas vezes mais protetor que um SPF de 15. Entretanto, ao se analisar o quanto de energia passa pelo protetor (transmitância), temos que:

$$T = 1 - A$$

Através desse raciocínio, comparando um protetor solar de FPS 30 com um FPS 60, a quantidade de energia que atinge nossa pele no segundo é metade daquela transmitida pelo primeiro. Assim, o FPS 60 oferece o dobro da proteção oferecida por um produto de FPS 30. O gráfico, presente na Figura 14 auxilia neste pensamento.

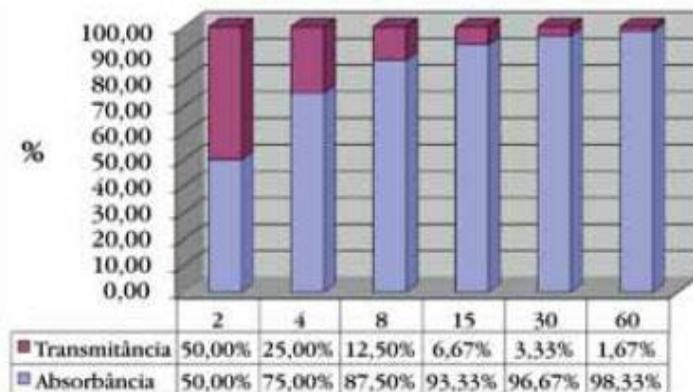


Figura 14: Relação entre absorvância e transmitância x FPS. Se considerarmos quanto o produto absorveu de radiação o filtro 100 não protege o dobro do 50. Se considerarmos quanto o produto deixou passar de radiação o filtro 100 protege o dobro do 50. Fonte:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-05962011000300013. Acesso em: 12 jan. 2018.

Por último, convém algumas instruções básicas do uso do protetor solar: Deve ser aplicado independente da estação do ano; durante o dia, a maior necessidade está no intervalo das 10h às 16h, reservando

de 15 a 30 minutos antes da exposição. A aplicação do produto deve ser generosa e uniforme, inclusive na reaplicação. Áreas como face, orelhas, pescoço e dorso das mãos podem ser cobertas com 2 a 3 gramas, já o corpo todo com 30 gramas.

Óculos

Óculos de sol são acessórios utilizados não apenas para valorizar o visual, mas para proteger os olhos da radiação solar. Óculos ideais seriam aqueles que diminuam a luz visível a níveis confortáveis e que possuam lentes capazes de absorver os raios UV (esta capacidade de absorver energia é explicada através dos cromóforos e está relacionada com a excitação de elétrons de ligação). Para colaborar nesta proteção, uma variedade de tecnologias foram desenvolvidas para eliminar problemas com a luz, como: colorização, polarização, lentes fotocromáticas, espelhamento, cobertura resistente a riscos, cobertura anti-reflexiva e cobertura UV. Nas próximas subseções há a uma descrição de duas dessas tecnologias.

Uma vez que a radiação UVC é absorvida na atmosfera, os olhos podem ficar expostos à radiação UVA e UVB. Estas radiações, por exemplo, podem ser danosas por seus efeitos tardios, como a formação de catarata. Como efeitos imediatos, os mais comuns são olhos vermelhos, lacrimejamento, fotofobia e outros à medida que os olhos ficam expostos direta ou indiretamente a estas radiações. A exposição indireta ocorre pelo reflexo da radiação por algumas superfícies, como água (reflete até 100 %), neve (reflete até 85 %), areia e concreto (reflete até 25 %) e grama (reflete até 3 %).

Pelo fato de olharmos na horizontal, esta é anatomicamente uma proteção natural dos olhos, além de outros elementos como cílios, pálpebra, sobrancelhas e nariz. No olho humano, parte da RUV incidente é absorvida pela córnea e pelo cristalino. Em menor quantidade, a retina também é atingida. A Figura 15 faz um comparativo entre um olho exposto à RUV e quando protegido por uma lente de óculos, servindo como um dispositivo de segurança, de modo a diminuir a porcentagem de absorção de RUV pelas partes constituintes do olho.

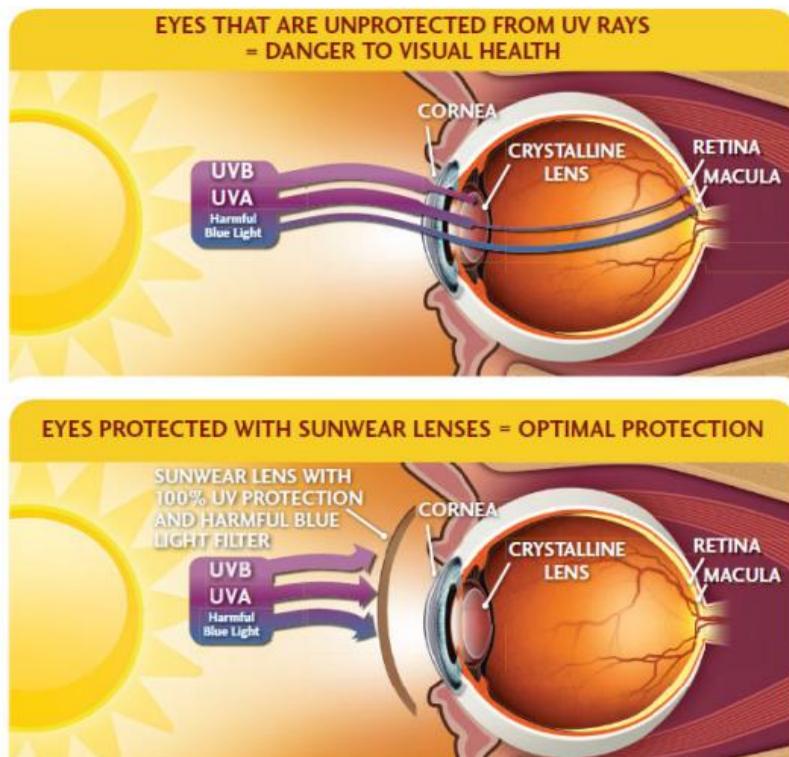


Figura 15: Na imagem superior, o olho está desprotegido contra raios UV, demonstrando uma situação de perigo. Na imagem inferior, o olho está protegido por uma lente de sol, portanto, uma situação recomendada. Fonte: <http://www.xperio.com.br/Proteja-seus-olhos-do-sol/Protecao-UV/Paginas/Protecao-solar.aspx>. Acesso em 13 jan. 2018.

Lente polarizada

Esse modelo de óculos protege a visão contra reflexos solares provenientes de certas superfícies. É comum ver pescadores, esquiadores e jogadores de vôlei de praia usando o modelo, uma vez que eles convivem com o sol refletindo na água, neve e areia, respectivamente.

Para começar a entender como as lentes polarizadas funcionam, devemos lembrar que a luz do sol, ou mesmo de uma fonte artificial de luz como uma lâmpada, são ondas eletromagnéticas que vibram em várias direções, essa luz é não-polarizada. Uma propriedade da luz, importante

e útil, é que ela pode ser polarizada, isso significa fazer com que a vibração esteja alinhada em um plano de direção.

Essa descoberta experimental foi realizada por Sir David Brewster em 1821 e mostra que a luz não polarizada, como a luz do sol, ao ser refletida por uma superfície, torna-se polarizada. Este processo é chamado de polarização por reflexão. Quando a luz polarizada incide na interface que separa dois meios, a luz refletida, na mesma interface, pode ser parcial ou completamente refletida dependendo do ângulo de incidência e da relação entre os índices de refração dos meios.

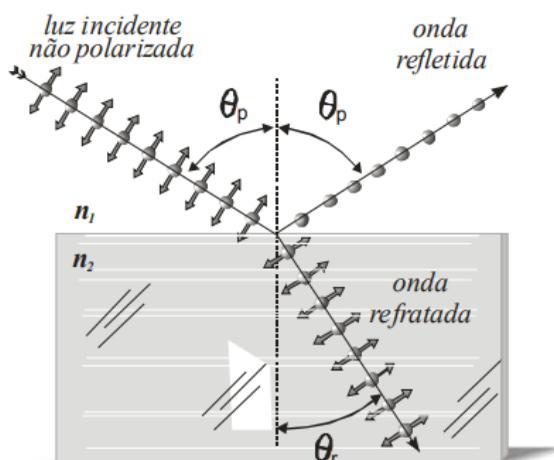


Figura 16: Quando um feixe de luz não-polarizada incide sobre uma superfície que separa dois meios, o feixe refletido é completamente polarizado na direção paralela à superfície. Fonte da imagem:

http://lilith.fisica.ufmg.br/~labexp/roteirosPDF/Polarizacao_da_luz.pdf.

Acesso em 13 jan. 2018.

Quando a luz do sol é refletida, por exemplo, no chão, ela fica horizontalmente polarizada, pois a luz não-polarizada após ser refletida por uma superfície fica com a direção de polarização paralela à superfície refletora. O resultado prático desse processo é o ofuscamento que sentimos ao olhar diretamente, por exemplo, para a areia da praia ou para um lago. O clarão refletido pela superfície é a luz que não passa pelo "filtro" da água, e é a razão pela qual você frequentemente não pode ver qualquer coisa abaixo da superfície, mesmo quando a água é muito clara.

Como a função da lente polarizadora é diminuir esse “clarão”, ela terá que possuir a capacidade de diminuir o brilho extra, ou seja, a polarização da lente será “oposta” àquela da luz que está chegando. No contexto apresentado acima, as lentes são polarizadas verticalmente, de modo que consiga diminuir os reflexos e permitindo uma imagem final nítida. Na prática, os resultados são apresentados na Figura 17.



Figura 17: Comparação entre lentes sem e com a capacidade de polarizar a luz.

A técnica de polarização em lentes foi desenvolvida nos anos 30 por Edwiin Land, inventor da Polaroid e ao decorrer dos anos foram sofrendo melhorias tecnológicas. As lentes são polarizadas através de algumas maneiras: Uma delas consiste em aplicar um filme polarizante, feito com hidrocarbonetos e acetato de polivinila (PVA) no qual as moléculas sofrem um realinhamento para absorver os raios UV. Outra maneira é através da aplicação de estruturas verticais em microtelas nas lentes.

Lente fotocromática

Também chamadas de fotocrômicas, estas lentes são aquelas que escurecem quando expostas à radiação solar, entretanto, elas dependem exclusivamente da radiação UV para ocorrer uma reação química, e não da luz visível. Por isso, em determinadas situações, pode não ocorrer o escurecimento da lente.

Esta reação química ocorre devido à presença de moléculas de substâncias como cloreto de prata ou haleto de prata que, quando expostas

à radiação UV, sofrem um processo químico que faz com que mudem sua forma de modo que consigam absorver parte da luz visível, fazendo com que as lentes escureçam. Caso contrário, na ausência de radiação UV, estas moléculas são transparentes à luz visível, estando elas na forma original e sem as propriedades absorventes. Assim, O número de moléculas que muda de forma varia com a intensidade dos raios UV.

Porque não usar lentes falsificadas?

Toda tecnologia empregada no melhoramento de um óculos acarreta em um produto com maior custo. Decorrente disso, muitas pessoas acabam se rendendo aos produtos falsificados, normalmente vendidos por camelôs. Talvez decorrente da falta de informação, muitos são estimulados a comprar considerando que a proteção que um óculos oferece é decorrente da cor da lente, assim, um óculos escuro oferecido por um camelô ao ser comparado com um óculos semelhante na vitrine de uma óptica oferecem a mesma proteção.

As pessoas se enganam se considerarem este pensamento. Afinal, existe um mito de que as lentes escuras são melhores, porém, a tonalidade e a cor das lentes de óculos de sol não influenciam o nível de proteção UV que uma lente com filtro ultravioleta oferece (A cor da tonalidade determina as partes do espectro de luz que são absorvidos pelas lentes, ocasionando maior ou menor conforto dependendo do ambiente para uso¹¹). Inclusive, até mesmo vidros claros com tratamentos UV fornecem excelente cobertura do sol. Desse modo, considerando informações incorretas ao comprar uma lente falsificada, a ausência de um filtro possibilitará que os raios ultravioleta do sol penetrem nos olhos e ocasionem doenças na retina.

Há um outro ponto a destacar a favor da não utilização de lentes falsificadas e está relacionado com a dilatação da pupila. A pupila é a parte do olho que está situada entre a córnea e o cristalino; é um orifício de diâmetro regulável no centro da íris e é responsável pela passagem da

¹¹ Quanto às vantagens e desvantagens das cores da lente do óculos de sol, recomendo o texto Tecnologias de óculos de sol. Disponível em: <https://www.opticanet.com.br/secao/oculosecultura/279/tecnologias-de-oculos-de-sol.aspx>. Acesso em 13 jan. 2018.

luz do meio externo até os órgãos sensoriais da retina, assim, sua função é regular a quantidade de luz que chega até a retina.

Quando estamos em ambientes escuros, nossa pupila tende a dilatar, ou seja, aumenta seu diâmetro permitindo maior entrada de luz até a retina. O inverso ocorre quando estamos em ambientes iluminados; a pupila reduz seu diâmetro para reduzir a entrada de luz. Quando utilizamos uma lente escura, induzimos nossa retina a aumentar seu diâmetro e, é nesta situação que uma lente de qualidade fará diferença. Se as lentes não protegem, a radiação UV afeta a retina mais severamente do que se não estivéssemos sem óculos.

Usar lentes sem filtros UV é como sair à rua sem filtro solar para a pele, ou seja, os efeitos dos raios solares cumulativos só aparecerão a longo prazo, não sendo possível perceber nenhuma alteração ocular imediatamente. As doenças oculares mais associadas à exposição solar são catarata e degeneração da retina.

Aplicações

A radiação ultravioleta também tem efeitos positivos sobre o corpo humano, no entanto. Um deles é estimular a produção de vitamina D, que facilita a absorção de cálcio. Sua falta causa raquitismo. Também pode ser usado como agente terapêutico para doenças como a psoríase.

Devido às suas capacidades bactericidas em comprimentos de onda de 260-280 nm, a radiação ultravioleta é útil como ferramenta de pesquisa e técnica de esterilização. As lâmpadas fluorescentes exploram a capacidade da radiação ultravioleta para interagir com materiais conhecidos como fósforos que emitem luz visível; em comparação com as lâmpadas incandescentes, as lâmpadas fluorescentes são uma forma de iluminação artificial mais eficiente em termos energéticos.

Outras aplicações estão relacionadas com o fenômeno da fluorescência.

Fluorescência

A fluorescência é um fenômeno luminescente que resulta da interação da radiação (luz) com a matéria, caracterizada pelo processo de

emissão de energia eletromagnética (fótons) que ocorrem durante a relaxação a partir de estados eletrônicos excitados. Se algum dos elétrons da molécula absorver a energia de um fóton excitante, ele será elevado para uma região orbital superior, resultando em uma nova configuração eletrônica denominada estado excitado. Em seguida, retorna aos níveis iniciais em intervalos de tempo entre nanossegundo (10^{-9} s) e picossegundos (10^{-12} s). Assim, a energia do fóton fluorescente emitido é menor que a energia do fóton excitador e esta diferença se deve ao fato de que parte da energia é perdida em processo de conversão interna e de relaxamento vibracional. A Figura 18 auxilia na compreensão desse fenômeno.

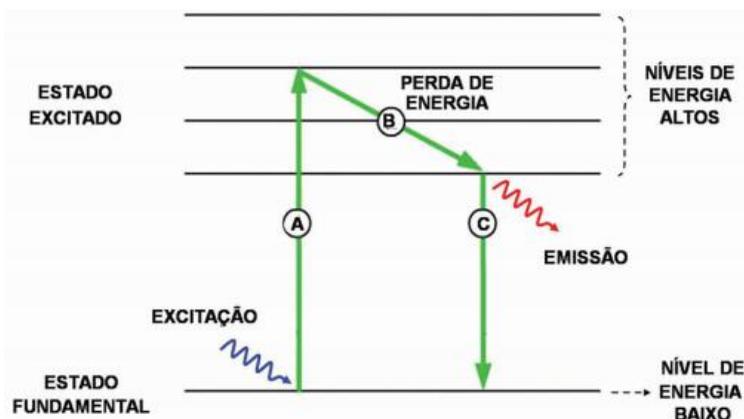


Figura 18: A excitação (A) ocorre devido à absorção de um fóton de energia específica, levando o elétron a um nível de maior energia. A perda de energia (B) faz com que ocorra a desexcitação, geralmente por vibração molecular e calor. Finalmente emite a energia restante (C) como um fóton de radiação visível – a fluorescência propriamente dita. O elétron retorna ao estado fundamental. Fonte da imagem: SARTORI, P. H. S.; LORETO, E. L. S. Medidor de fluorescência caseiro. *Química nova na escola. Caseiro* v. 31, n. 2, Maio 2009. Disponível em <http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc31_2/13-EEQ-4508.pdf>. Acesso em 07 dez. 2017.

Este fenômeno é facilmente observado quando iluminados determinadas substâncias, por exemplo, fluorita (um mineral, é dele que vem o nome do fenômeno fluorescência). Porém não é com qualquer luz que este fenômeno se manifesta, logo, a energia da radiação incidente é

um fator importante. Segundo o modelo de Bohr, se a energia da radiação incidente tiver um valor equivalente à diferença entre dois níveis do átomo, ela é absorvida, e o elétron ganha energia, mas caso o valor não corresponda a nenhuma transação eletrônica, não vai acontecer nada, e a radiação passará pelo átomo sem ser absorvida. Se tomarmos radiações na faixa do infravermelho do espectro eletromagnético, estas não possuem energia suficiente para gerar fluorescência visível. Já as radiações que compreendem a região do ultravioleta do espectro eletromagnético, estas possuem energia suficiente.

A energia irradiada ΔE é calculada pela diferença entre as energias de cada nível de transição ($\Delta E = E_f - E_i = h \cdot f$). A cada fóton de energia emitido podemos relacionar uma cor. Assim, como a energia absorvida é diferente da energia emitida, a radiação ultravioleta será “convertida” em radiação visível, sendo a cor característica de cada substância ou da composição do material. Por isso pode ser usado para rastrear minerais, detectar bactérias em alimentos estragados, identificar pigmentos ou detectar falsificações de obras de arte e outros objetos (as superfícies envelhecidas de antigas esculturas de mármore, por exemplo, fluoresce amarelo-verde, enquanto uma superfície de mármore recém-cortada fluoresce violeta brilhante).

A observação de alguns fenômenos fluorescentes pode ocorrer com a radiação proveniente do sol; por outro lado, existem fontes artificiais como, por exemplo, a luz negra e a luz bactericida. Em comparação, a luz negra é menos energética (UVA) e a radiação fraca destas lâmpadas não é prejudicial às pessoas e por isso não existem restrições quanto ao seu uso, sendo usada em lanternas para verificar fluorescência, efeitos decorativos em bailes e vitrines e examinar a autenticidade de documentos ou de cédulas de papel moeda. As lâmpadas UV do tipo bactericida, são mais energéticas (ondas curtas - UVC) e são mais perigosas para os olhos e para a pele. São utilizadas em diversos tipos de aplicações como bactericida, purificadores domésticos de água, apagar memórias EPROM, gravação em placas fotossensíveis, etc

Esteticamente podemos diferenciá-las pela primeira apresentar um vidro na cor violeta, enquanto no segundo tipo o vidro é transparente.

Referências

Atlas Brasileiro de Energia Solar – 2º edição. Disponível em: <https://issuu.com/anadomingues0/docs/atlas_brasileiro_energia_solar_2a_e>. Acesso em: 07 jan. 2018.

BRITANNICA. **Eletromagnetic radiation**. Disponível em: <<https://www.britannica.com/science/electromagnetic-radiation/Microwaves#ref307341>>. Acesso em 15 dez. 2017.

BRITANNICA. **Ultraviolet Radiation**. Disponível em: <<https://www.britannica.com/science/ultraviolet-radiation>>. Acesso em 15 dez. 2017.

CORREA, M. **Fatores que interferem na intensidade da RUV**. Programa Sol Amigo [S.I.]. Disponível em: <<http://www.solamigo.org/fatores-que-interferem-na-intensidade-da-r-uv/>>. Acesso em 12 dez. 2017.

DSA. Divisão de Satélites e Sistema Ambiental. Disponível em: <<http://master.iag.usp.br/num/externas/1/>>. Acesso em 12 dez. 2017.

Duro Mota, E., Campillos Páez, M. T. and Causin Serrano, S. **El sol y los filtros solares**. *Medifam*, Mar 2003, vol. 13, no.3, p.39-45. ISSN 1131-5768. Disponível em: <<http://scielo.isciii.es/pdf/medif/v13n3/hablemos1.pdf>>. Acesso em 17 dez. 2017.

DUTRA, Elizângela Abreu; OLIVEIRA, Daniella Almança Gonçalves da Costa e; KEDOR-HACKMANN, Erika Rosa Maria and SANTORO, Maria Inês Rocha Miritello. Determination of sun protection factor (SPF) of sunscreens by ultraviolet spectrophotometry. *Rev. Bras. Cienc. Farm.* [online]. 2004, vol.40, n.3, pp.381-385. ISSN 1516-9332. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-93322004000300014>. Acesso em 16 dez. 2017.

EPA. **The Burning Facts.** Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/sunscreen.pdf>>. Acesso em 02 jan. 2018.

EXPLICATORIUM. **Johann Ritter.** Disponível em <<http://www.explicatorium.com/biografias/johann-ritter.html>>. Acesso em 02 dez. 2018.

GEODESIGN. **Conhecimento básico sobre recurso solar.** Disponível em: <http://recursosolar.geodesign.com.br/Pages/Sol_Rad_Basic_RS.html>. Acesso em 16 dez. 2017.

HAYASHIDE, J. M. et al. Doenças de pele entre trabalhadores rurais expostos a radiação solar. Estudo integrado entre as áreas de Medicina do trabalho e Dermatologia. **Rev Bras Med Trab.**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 97 – 104, 2010.

JUNIO, E. R; DICKMAN, A. G. POSSÍVEIS EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES NÃO-ONIZANTES: RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA, E, MICROONDAS ADVINDAS DO TELEFONE CELULAR. Disponível em: <http://www1.pucminas.br/imagedb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI20140527094913.pdf>. Acesso em 16 dez. 2017.

LIOU, K. N. **An Introduction to Atmospheric Radiation.** 2nd Ed., Academic Press, 2002.

MANUAIS DE LEGISLAÇÃO ATLAS. Segurança e medicina do trabalho. 52 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARCIAL, A. A. J. PONCIANO, C. R. **Avaliação metrológica de filtros solares por espectrometria de massa LDI-TOF.** Rio de Janeiro, 2008, 93 p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Metrologia, Qualidade e Inovação (PósMQI), Pontifca Universidade Católica do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www2.dbd.puc->

rio.br/pergamum/tesesabertas/0621483_08_cap_02.pdf. Acesso em 17 dez. 2017.

MORAES, E. C. Fundamentos de sensoriamento remoto. Disponível em: http://mtc-<m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1_EC_Moraes.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2017.

MULSER, J. **Proteção ocular da radiação solar**. Portal da Oftalmologia. Disponível em: <<http://www.portaldaoftalmologia.com.br/artigos/93-protECAo-ocular-da-radiacao-solar>>. Acesso em 20 out. 2018.

NAMU. **Os perigos do bronzeamento artificial**. Namu Portal. [2016]. Disponível em: <<http://www.namu.com.br/materias/os-perigos-do-bronzeamento-artificial>>. Acesso em: 17 dez. 2018.

OKUNO, E. **Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia**. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/outros/efeitos_biologicos_acidente_goiânia.pdf>. Acesso em 13 dez. 2017.

OKUNO, E. Física das radiações / Emico Okuno, Elisabeth Mateus Yoshimura. – São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

OKUNO, E. **Física para ciências biológicas e biomédicas** / Emico Okuno, Iberê Luiz Caldas, Cecil Chow. – São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.

OKUNO, E. **Radiação: Efeitos, riscos e benefícios**. São Paulo. Harbra, 1998. 96 p.

OKUNO, Emico. **Radiação Ultravioleta: Características e efeitos**. 1 a. ed. São Paulo: Livraria da física, 2005.

OLIVEIRA, M. P. P de. Física em contextos: pessoal, social e histórico: eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria /

Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira... [et al.] – 1. ed. – São Paulo: FTD, 2010. – (Coleção física em contextos: pessoal, social, histórico; v.3)

OPTICANET. **Tecnologias de óculos de sol.** [S.I.] [2007]. Disponível em:

<<https://www.opticanet.com.br/secao/oculosecultura/279/tecnologias-de-oculos-de-sol.aspx>>. Acesso em 05 jan. 2018.

PIMENTEL, Jorge Roberto et al. Uma sugestão para a interação multidisciplinar: a observação do fenômeno da fluorescência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 2, p. 365-384, maio 2014. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n2p365>>. Acesso em: 12 out. 2018.

POZZEBON, P. H. B.; RODRIGUES, N. V. RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA EM TRABALHADORES DA CONSTRUÇÃO CIVIL: PROBLEMAS E SOLUÇÕES. **Disc. Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas**, S. Maria, v. 10, n. 1, p. 15 – 29, 2009. ISSN 1981-2841. Disponível em: <<https://www.periodicos.unifra.br/index.php/disciplinarumNT/article/viewFile/1251/1184>>. Acesso em: 08 dez 2018.

ROSA, G. **O papel da radiação solar na produção de vitamina D.** Disponível em: < <http://sergiorosa.com.br/blog/nutricao-funcional/o-papel-da-radiacao-solar-na-producao-de-vitamina-d/>>. Acesso em 11 jan. 2018.

SARTORI, P. H. dos S.; LORETO, E. L, da S. Medidor de Fluorescência Caseiro. **Revista Química na Escola**, v. 31, n. 2, p. 150 - 154, maio 2009. Disponível em: <http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc31_2/13-EEQ-4508.pdf>. Acesso em 02/02/2018.

SCHALKA, Sergio and REIS, Vitor Manoel Silva dos. **Fator de proteção solar: significado e controvérsias.** *An. Bras. Dermatol.* [online]. 2011, vol.86, n.3, pp.507-515. ISSN 0365-

0596. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S0365-05962011000300013>>. Acesso em 02 jan. 2018.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA. Conselho Brasileiro de Fotoproteção: Fotoproteção no Brasil - recomendações da sociedade brasileira de dermatologia. 1. ed. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://issuu.com/sbd.br/docs/consensob.fotoprote_oleigo-web>. Acesso em: 08 dez 2018.

TANAKA Y. Impact of near-infrared radiation in dermatology. **World J Dermatol** 2012; 1(3): 30-37. Disponível em: <https://www.wjgnet.com/2218-6190/full/v1/i3/30.htm> Acesso em 20 out. 2018.

WHO. **Ultraviolet radiation and health**. Disponível em: <http://www.who.int/uv/uv_and_health/en/>. Acesso em 12 dez. 2017.

XPERIO. **Proteja seus olhos do sol**. Disponível em: <<http://www.xperio.com.br/Proteja-seus-olhos-do-sol/Protecao-UV/Paginas/Protecao-solar.aspx>>. Acesso em 05 jan. 2018.

MÓDULO 3:

RAIOS X

“Desde a descoberta da radioatividade e do raio X no final do século XIX, a radiação tem se tornado cada vez mais importante no dia a dia das pessoas, com aplicações importantes em indústrias e, principalmente, na Medicina. São inúmeros os usos da radiação na detecção e no tratamento de doenças por meio da radiologia, radioterapia e medicina nuclear” Okuno (2010).

As radiações ionizantes compreendem os raios X, a radiação gama e os raios cósmicos. Uma delas se faz especial pela sua popularidade quando nos referimos à medicina, afinal esta radiação tem sido amplamente utilizada para fins medicinais. Poucas são as pessoas que atingem a fase adulta sem nunca ter tirado radiografia de uma parte do corpo, seja devido a um osso quebrado, uma dor de dente ou outro fator. Também devem ser poucas as pessoas que realmente tenham conhecimento para compreender quais são os princípios de tais técnicas e o ‘elemento’ por trás da mesma.

Este ‘elemento’ ao qual estamos nos referindo, claro, são os raios X, que será o tema de estudo desse módulo. Serão abordadas algumas de suas características, produção artificial, atenuação, efeitos biológicos e aplicações tecnológicas. Ao decorrer do módulo o leitor poderá se dar conta que raio X não é sinônimo de radiografia e que expressões populares, próprias da linguagem coloquial, como “tirar um raio X”, “fazer um raio-X”, “examinar o raio-X”, “o médico viu o Raio X” são incorretas quando analisadas sob a perspectiva da linguagem científica formal.

Raios X

Tal como acontece com outras formas de radiação eletromagnética, os raios X podem ser descritos como ondas acopladas de campos elétricos e magnéticos viajando à velocidade da luz, embora também exibam propriedades semelhantes a partículas, podendo ser descritos como um fluxo de fótons que transportam quantidades discretas de energia e momentum. Esta radiação, descoberta pelo físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen em 1895, está localizada ao lado da radiação ultravioleta quando analisamos o espectro eletromagnético. Possui maior frequência e menor comprimento de onda, quando comparada com a radiação UV. Seu comprimento de onda varia em cerca de 10^{-8} a 10^{-12} metros e sua frequência corresponde cerca de 10^{16} a 10^{20} Hz. Os feixes de raios X são distribuídos em fótons que podem ser absorvidos (atenuados), espelhados e atravessar a matéria.

Os raios X se assemelham aos raios gama, ambos são ondas eletromagnéticas, se propagam com a velocidade da luz no vácuo, são altamente penetrantes na matéria e são as radiações com maior energia entre as radiações eletromagnéticas, com energia entre 1000 eV a 200 000 eV, para os raios X, e maior que 200 000 eV, para os raios gama. A diferença não está em que consistem, sendo que podem ser descritos como tendo comportamento de partículas usando o conceito de fótons, pois ambos continuam não tendo massa e nem carga. Assim, a diferença está na origem, em razão dos raios gama provirem do núcleo (no processo de descitação de um núcleo instável) ou da aniquilação de partículas, enquanto que os raios X têm sua origem fora do núcleo, na eletrosfera.

Produção da radiação X

Para compreender a origem dos raios X, vamos analisar um tubo emissor dessa radiação, utilizado em radiografias. Um esquema está apresentado na Figura 19 abaixo. Através dele, dão-se dois fenômenos que explicam o processo de produção: radiação por freamento e radiação característica.

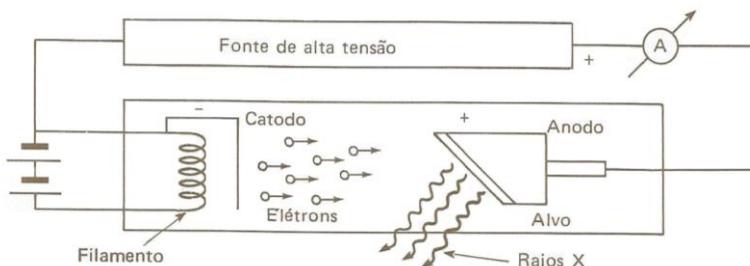


Figura 19: Esquema simplificado de um tube emissor de raios X. Fonte: Okuno (1982).

Metais quando aquecidos passam a emitir um fluxo de elétrons; este fenômeno é chamado emissão termoiônica ou efeito Edison. Este princípio está relacionado com o cátodo, sendo este composto por um filamento que ao ser aquecido passa a emitir elétrons. Através de uma diferença de potencial entre o cátodo e o ânodo, estes elétrons liberados (que estão com energia de dezenas de KeV) são acelerados e incidem sobre o alvo. Ao se chocarem com o alvo, que normalmente é feito de um material de alto ponto de fusão, como o molibdênio ou tungstênio, produzem raios X.

Grande parte da energia dos elétrons que colidem no alvo é transformada em calor gradativamente à medida que colisões entre os elétrons ocorrem (isto justifica a escolha do material para ser o ânodo). A parte restante da energia produz raios X através de dois fenômenos. O primeiro, chamado radiação de freamento ou efeito *bremsstrahlung*, consiste na desaceleração brusca do elétron incidente quando este se aproxima de um núcleo atômico devido à atração causada pelo campo desse núcleo. Esse processo faz com que estes elétrons percam energia que é emitida em forma de fótons de raios X, que podem ter qualquer valor de energia, dependendo da aproximação do elétron com o núcleo e da energia cinética inicial do elétron incidente. Logo, quando há um fluxo de feixe de elétrons, haverá a produção de um espectro contínuo de raios X de várias energias.

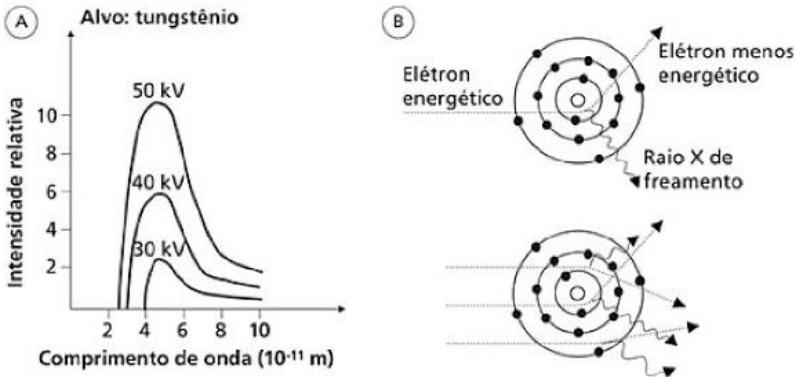


Figura 20: (A) Espectro contínuo de raios X emitidos de um tubo com alvo de W, para três valores de potencial acelerador. A intensidade relativa é proporcional ao número de fótons de uma dada energia; (B) Processo de geração de um fóton de raio X de freamento. Observe que quanto mais perto do núcleo passa o elétron, maior é o freamento e maior é a energia do fóton emitido. Fonte: Okuno (2010).

Se considerarmos que toda a energia de um elétron emitido seja usada para produzir um único fóton, sua energia é dada por:

$$E_{máx} = \frac{h \cdot c}{\lambda_{min}} = eV$$

Onde e é a carga do elétron e V a diferença de potencial; o produto dessas duas grandezas equivale à energia cinética do elétron incidente.

O segundo processo de criação de raios X ocorre quando os elétrons incidentes interagem com elétrons orbitais dos átomos do material do ânodo e retira-os. Baseados no modelo de Bohr podemos entender como são gerados os raios. Se nesta interação a energia cinética do elétron incidente seja maior ou igual à energia de ligação dos elétrons das camadas mais internas do átomo, por exemplo da camada K, estes podem ser removidos. Quando isso ocorre, o elétron deixa uma vacância naquela órbita, de modo que seu lugar será rapidamente preenchido por um elétron da camada externa, camada L; o mesmo ocorre para o lugar criado por este elétron que transitou. Nesta transição entre níveis de energia internos, ilustrado pela Figura 21, haverá a produção de um fóton

de raio X, cuja energia representa exatamente a diferença entre o nível externo e o interno:

$$E_{\text{fóton}} (\text{raio X}) = E_L - E_K$$

O fenômeno é chamado de radiação característica, já que essa energia das camadas é particular de cada elemento, diferente dos fótons de freamento. É possível descobrir qual é o elemento do alvo através da análise das energias dos fótons de raios X produzidos.

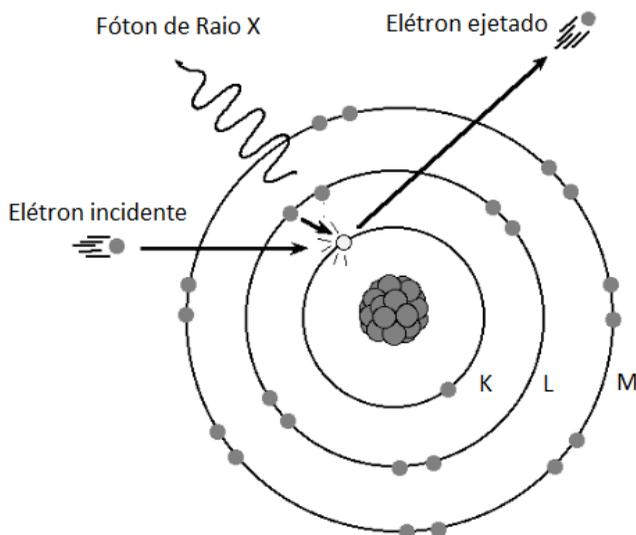


Figura 21: Criação de um fóton de raio X a partir da transição de um elétron da camada L para K.

Depois de formados, os raios X saem do tubo passando através de uma janela de berílio (Be) e passam por um filtro que pode ser de Mo, Rh ou W, os quais absorvem os fótons de raios X indesejáveis para a imagem. Vale mencionar que a emissão de raios X cessa quando o tubo é desligado, enquanto é impossível impedir a emissão de radiação por uma fonte radioativa.

Atenuação de raios X

A radiação X pode atravessar, com maior ou menor atenuação, quase todos os materiais. Quanto maior a energia, maior o poder de penetração. Um fóton de raios X pode perder toda ou quase toda a energia em uma única interação e a distância que ele percorre antes de interagir não pode ser prevista. Estes raios não são absorvidos da mesma forma por diferentes materiais. Por exemplo, o ar é um péssimo absorvedor e podem atravessar todo o corpo humano, mas há materiais que podem ser usados para blindagem por serem mais densos, como o chumbo, concreto, aço ou ferro. Em geral, elementos pesados são melhores absorvedores enquanto elementos leves como hidrogênio e oxigênio não são.

Atenuação de raios X pode ser entendida como a diminuição da intensidade desses raios ao atravessarem certos meios e deve-se ao espalhamento e à absorção que resulta da interação entre os fótons com os átomos do meio. A intensidade da radiação I (J/(m².s)) envolve o número de fóton N e a energia de cada fóton.

$$I = \frac{E}{\Delta t} = \frac{N \cdot h \cdot f}{\Delta t}$$

Para um feixe monoenergético, também conhecido como monocromático, esse decréscimo na intensidade pode ser descrito pela seguinte equação:

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

Onde I_0 representa a intensidade inicial do feixe, μ é o coeficiente de atenuação linear, que depende do meio e da energia da radiação; e x é a espessura do material. Materiais que blindam bem fótons têm alto valor de coeficiente de atenuação linear. Através dessa equação, podemos notar que tanto I quanto N tendem a zero quando x tende ao infinito, logo, não é possível efetuar uma blindagem completa de fótons na prática. Embora haja inúmeras aplicações da radiação, existe a necessidade de estabelecer um limite de exposição, para minimizar possíveis danos biológicos.

Uma vez que a distância de um fóton de radiação X ou gama não pode ser antecipada, pode ser prevista a distância em que ele tem 50 % de

chance de interagir. Esta camada chamamos de camada semi-redutora. Alguns valores são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: *Camada semi-redutora no tecido humano e no chumbo para raios X ou raios gama de algumas energias.*

Energia (MeV)	Camada semi-redutora (cm)	
	Raio X ou gama	Tecido humano
0,01	0,13	4,5.10 ⁻⁴
0,06	3,24	0,8.10 ⁻²
0,1	4,15	1,1.10 ⁻²
0,5	7,23	0,38
1,0	9,91	0,86
5,0	23,10	1,44

Fonte: Okuno (1982).

Interação com a matéria e efeitos biológicos

As interações entre a radiação e os materiais dependem das características da radiação e dos átomos irradiados. Já sabemos que os raios X são capazes de provocar a ionização de materiais; no caso, é classificada como uma radiação indiretamente ionizante, em razão de ser uma radiação sem carga elétrica, igualmente como os raios gama. Caso fosse constituída de partículas com carga elétrica, a definição adequada seria radiação diretamente ionizante. Tomados os raios X e gama como fótons, as interações devem-se à ação de campos eletromagnéticos que atuam sobre partículas carregadas do meio.

Raios X e gama, ambas radiações, interagem pouca ou nada durante a passagem por um material. A ausência de carga e massa de repouso auxiliam para este comportamento, assim, podem penetrar em um material e percorrer uma grande espessura antes de sofrer a primeira interação, sucedendo a penetração das partículas carregadas. Para radiações eletromagnéticas com energia de valor no intervalo de 10 a 50

MeV podem ativar a maioria dos elementos químicos com os quais interagem. Os principais modos de interação, excluindo as reações nucleares são o efeito fotoelétrico, o efeito Compton e a produção de pares.

Quanto aos efeitos biológicos, da mesma forma que ocorre com outras formas de radiação ionizante, os raios X ocasionam alterações bioquímicas nas células vivas modificando a estrutura molecular. Durante a passagem por células ou parte das células, essa radiação libera energia. Esta energia liberada pode produzir ionização e excitação dos átomos e quebra de moléculas; conseqüentemente, há a formação de íons e radicais livres, provocando reações químicas adicionais como a quebra de ligações moleculares necessárias para o crescimento celular, além de poder induzir mudanças biológicas e danos genéticos. Nem toda mudança biológica será um dano.

Como exemplo, moléculas de DNA (ácido desoxirribonucleico) podem ser atacadas e sua capacidade de se dividir inibida, assim, a célula morre e não é renovada. Se considerarmos esta situação para um grande número de células, dá-se o mau funcionamento do tecido constituído por essas células e, por fim, sua morte. Os efeitos biológicos da radiação podem ser classificados como a curto e a longo prazo e os danos às células como letais (danos irreversíveis) e sub-letais (danos podem ser reparados).

Os danos que não podem ser reparados e que ocasionam a morte da célula são ditos letais, enquanto no caso dos danos serem reparados em algumas horas ou que ocorra a recuperação total são caracterizados como sub-letais. Caso ocorra de uma região com dano sub-letal estar se recuperando e sofrer mais dano sub-letal, os danos serão somados, podendo passar a ser um dano letal.

O gráfico da Figura 22 ilustra a quantidade de células que sobrevivem a uma determinada quantidade de radiação. Podemos perceber que sobrevivem em maior número para uma dose pequena, até atingir o “ombro” da curva, pois, passado desse intervalo, o aumento da dose ocasiona um menor número de células sobreviventes, decaindo linearmente.

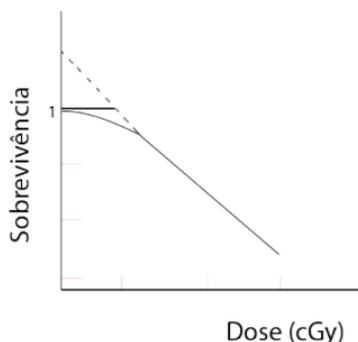


Figura 22: Sobrevivência celular em função da dose.

Tanto os raios X quanto os raios gama não tornam radioativos os materiais, alimentos ou os seres vivos irradiados. Uma pessoa se torna radioativa, ou melhor, ela própria se torna uma fonte radioativa se ela ingerir, inalar ou sofrer contaminação com radionuclídeos.

Breve histórico dos raios X

Em 2009, a máquina de raios X foi eleita a melhor invenção de todos os tempos em uma votação realizada pelo Museu de Ciências de Londres. Pesquisando na história, nos idos de 1890, muitos cientistas pesquisavam a natureza dos raios catódicos emitidos pelo tubo de Crookes. Em novembro do ano de 1895, o físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen repetindo o experimento com as modificações feitas por Lenard, investigava os efeitos dos feixes de elétrons (chamados de raios catódicos) em descargas elétricas através de gases a baixa pressão. Observava que quando uma tela revestida com material fluorescente era colocada próxima do tubo, até uma distância de 2 m, brilhava enquanto o tubo permanecia ligado, mesmo se protegido por algum material, luz visível ou ultravioleta.

Sua capacidade de penetração não se limitava a livros, madeiras, líquidos, entre outros, como partes do corpo humano. Experimentos seguintes também mostraram que não sofrem interferência do campo magnético, levando a suspeitar que poderia ser uma forma de radiação eletromagnética. A natureza desses raios foi gradualmente se

desenrolando nas primeiras décadas do século XX, sendo uma das dificuldades encontradas devido ao seu comprimento de onda. Assim, em 1912 foi firmemente estabelecido que a natureza dos raios X é eletromagnética e em 1920 passa a ser aceito seu caráter dual, através da teoria da dualidade onda-partícula.

Deduzindo que uma radiação invisível do tubo passava pelo ar e causava a fluorescência na tela, para um dos experimentos, em 22 de dezembro convenceu sua esposa Anna Bertha a deixar sua mão estática sob a influência dessa radiação por cerca de 15 min, vislumbrando a possibilidade de utilizar esta radiação na medicina, obtendo assim a primeira radiografia, atualmente exposta no Deutsches Museum. Ao escrever seu artigo intitulado *On a new kind of rays* divulgado em 28 de dezembro, onde divulgava suas descobertas e observações, Roentgen se referiu, provisoriamente aos raios emitidos pelo tubo de Crookes, como “raios X”, os respectivos responsáveis pela fluorescência da tela. Ao passar de um pouco mais de um mês, Roentgen já havia descoberto quase todas as propriedades dos raios X que conhecemos atualmente.

A notícia da descoberta havia percorrido o mundo durante janeiro de 1896 e foi muito bem recebida, tanto pela comunidade científica quanto popular. A descoberta dos raios X lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física em 1901 e, em conjunto com a descoberta da radioatividade (1896) e o elétron (1897), estas dão início à era da física moderna. No campo da medicina foi impactante, pois devido à capacidade dos raios X atravessar alguns materiais, possibilitou aos médicos ver o interior do corpo humano sem abri-lo cirurgicamente. Esta ferramenta é hoje chamada de radiodiagnóstico. Ao decorrer das décadas, além da radiologia convencional, contamos com a fluoroscopia, mamografia, tomografia e outras. Sendo que cada uma delas possui equipamentos e aplicações específicas, além dos princípios de funcionamento diferentes.

Há umas particularidades entorno dos raios X, e uma delas consiste nas implicações sociais. Ainda no ano de 1896 já havia iniciado o uso desenfreado das radiações ionizantes para tirar radiografias de tudo. Esta descoberta, assim como outras, inicialmente fascinou pelo excêntrico e pelas possibilidades de aplicações tecnológicas para os mais variados fins. Entretanto, em um momento posterior, causaram desconforto pelos

efeitos danosos. Mas não podemos ignorar que sempre que emerge o desconforto, inicia-se um esforço para que os benefícios sejam aperfeiçoados e os riscos reduzidos.

Radiografia

O tubo de raios X consiste em uma cápsula de vácuo. Esta condição é necessária para evitar colisões dos elétrons com moléculas de gás no percurso do cátodo para o ânodo, que pode ser de vidro ou metal. Conforme colocado, é necessária uma diferença de potencial para acelerar os elétrons ejetados do filamento em direção ao alvo. Esta tensão pode assumir valores de 40 kV (40000 V) a 150 kV (150000 V). Por outro lado, a tensão da rede elétrica convencional funciona em 110 V ou 220 V, muito menor que o necessário para o aparelho funcionar. Então, como os equipamentos de raios X funcionam com esta tensão? Através de um dispositivo chamado autotransformador, que é um tipo de transformador. Este elemento possui a capacidade de alterar o valor de tensão e corrente inicialmente fornecidas a ele de acordo com a lei dos transformadores.

No filamento, a corrente elétrica (aproximadamente de 20 a 500 mA, ou maior) determina sua temperatura. Esta condição, baseada no efeito termiônico, faz com que haja uma “nuvem de elétrons” ao redor do filamento, uma vez que o aquecimento do material proporciona uma energia de ligação menor entre o elétron e o material. Assim, como há uma diferença de potencial entre o cátodo e o ânodo, os elétrons são “ejetados” a partir do filamento. Sendo assim, a produção do feixe de fótons de raios X gera muito calor, havendo assim a necessidade de um sistema de resfriamento dentro da cúpula. Este resfriamento pode ser feito através de ar, óleo ou água. Os fótons que atravessam a janela da cúpula constituem o chamado feixe útil, afinal, as paredes internas da cúpula são revestidas por chumbo e bloqueiam os raios X emitidos em outras direções.

A passagem de raios X através de materiais, incluindo tecido biológico, pode ser gravada com filmes fotográficos e outros detectores. A análise de imagens de raios-X do corpo é uma ferramenta de diagnóstico médico extremamente valiosa. Embora as radiografias

envolvam preto, branco e tons de cinza, conclusões são retiradas a partir delas pelos especialistas da saúde. Neste momento, vamos entender como esses tons são originados.

Quando elevamos a tensão do tubo, passamos a produzir raios X com mais energia e estes possuem maior capacidade de atravessar as estruturas internas do paciente que raios X de menores energias não conseguiriam. Estes fótons sensibilizam o filme, formando a imagem. Esta imagem ficará “impressa” no filme radiográfico e após passar por um processo de revelação, será utilizada para o diagnóstico e posterior armazenamento. O tom de cinza da imagem produzida no filme representa o quanto de raios X que conseguiu atravessar determinada região. Caso muitos fótons de raios X consigam atravessar a região, o cinza tenderá ao escuro, caso contrário, o cinza tenderá ao branco.

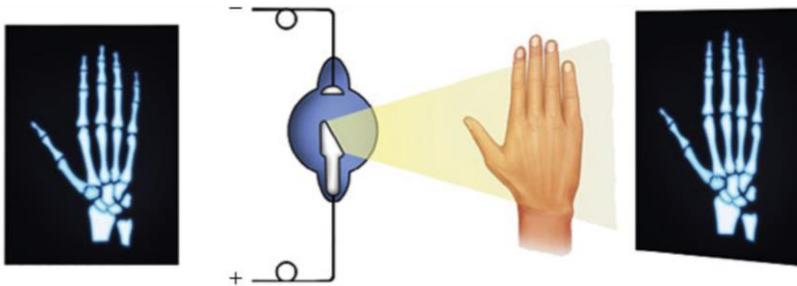


Figura 23: O poder de penetração do raio X depende, além do comprimento de onda, do material penetrado. No caso dos ossos humanos, por conterem cálcio (elemento de alta densidade), são altamente absorvidos, diferente de tecidos moles, como a pele humana.

Sabemos que internamente possuímos diversos tecidos com características diferentes, ocasionando uma interação diferente quanto à passagem dos raios X. A atenuação do feixe de raios X será influenciada pela espessura, densidade e números atômicos dos elementos constituintes da respectiva região, assim, algumas estruturas absorveram mais e outras menos, deixando a imagem com uma variedade de tons de cinza, logo, estará gravada na imagem uma maior quantidade de estruturas internas proporcionando facilmente diferenciar os tecidos ósseos e moles. Por outro lado, pode ocorrer que as tonalidades de cinza sejam semelhantes, dificultando a leitura da imagem. Uma possibilidade

para este problema, é aumentar a tensão de modo a aumentar também o contraste da imagem.

Para visualizar estruturas e funções anatômicas que não são possíveis através da radiografia convencional, é feita a injeção de substâncias, como o iodo, que possibilita um contraste adicional. Exemplos: o iodo quando ingerido serve para demonstrar melhor o tubo digestivo e quando aplicado na veia para diversos órgãos internos, bem como veias, artérias e alguns tipos de lesões; os exames contrastados a base de bário, utilizado por via oral, demonstram melhor o tubo digestivo nos exames de raios X e tomografia computadorizada.

O filme radiográfico utilizado em radiologia convencional é apresentado na Figura 24. Cada camada de emulsão contém cristais de brometo de prata suspensos em uma gelatina. A camada de recobrimento protege a emulsão de arranhões e contaminação durante o manuseio, processamento e armazenamento. A principal função da base é ser o suporte para a emulsão, de modo que não prejudique a formação ou a visualização da imagem. Por fim, a emulsão é o material com o qual os fótons irão interagir e transferir a informação para a formação da imagem, sendo constituída por uma mistura homogênea de gelatina e cristais de haleto de prata.

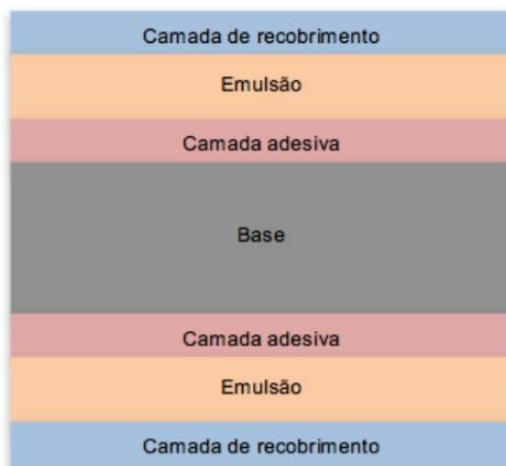


Figura 24: Filme radiográfico com sua divisão de camadas. Os fótons que sensibilizarem este filme, estarão formando a imagem que ficará “impressa”.

Após um processo de revelação que consiste em um processamento químico através da imersão do filme radiográfico com reagentes químicos em um recipiente, a radiografia será obtida para utilização.

A tomografia computadorizada foi desenvolvida na década de 70 e é uma poderosa técnica de imagem utilizando raios X. Os exames com esta técnica produzem imagens detalhadas em alta resolução de órgãos e estruturas internas, sendo mais sensíveis às pequenas variações de densidade do que as imagens convencionais de raios X. Estas imagens são obtidas através dos tomógrafos.

Em um tomógrafo, Figura 25, o paciente deita sobre a mesa de exame que desliza lentamente no meio de um anel. Neste anel, existe uma fonte de raios X que gira ao redor do paciente. Devido a esta movimentação da fonte, inúmeros detectores são utilizados para avaliar a taxa de absorção do feixe em função da espessura e dos tipos de tecidos do órgão em estudo. Estas informações são enviadas e processadas pelo computador, que resultará na imagem presente no monitor.

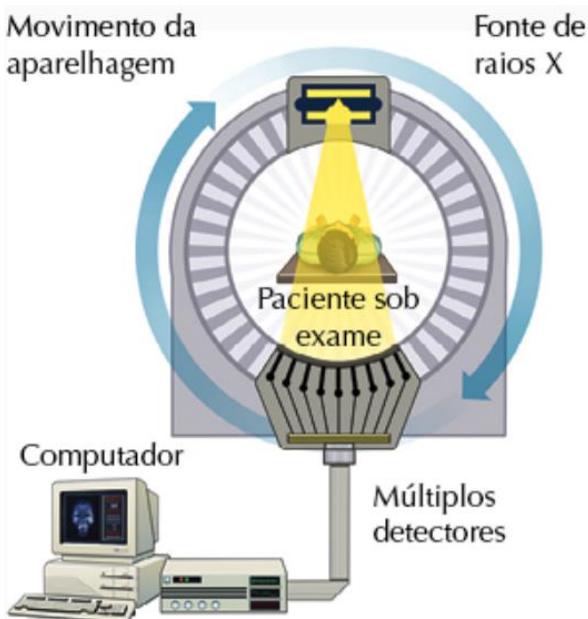


Figura 25: Esquema de um tomógrafo.

Por fim, vale destacar que embora o uso dos raios X sejam muitos importantes para diagnósticos, este requer que as exposições radiológicas sejam efetuadas em condições otimizadas de proteção e segurança, seja para o paciente, seja para os profissionais das práticas radiológicas, ou seja, sua utilização requer cautela. Por isso, os operadores de aparelhos emissores geralmente se protegem atrás de paredes, painéis e utilizam aventais revestidos de chumbo

Aplicações

Embora existam riscos significativos para a saúde devido às doses de raios X, podemos explorar estes efeitos danosos através de terapias a fim de tratar tumores cancerígenos e distúrbios sanguíneos, como a leucemia. Tanto os raios X quanto os raios gama quando direcionados para o tecido alvo e cuidadosamente controlados, provocam o dano molecular bloqueando o crescimento de células doentes. As células saudáveis que por estarem próximas da região, conseqüentemente acabam sendo expostas e geralmente são capazes de se reparar pois a dose de radiação à qual são submetidas não são energéticas o suficiente para provocar danos permanentes.

Além dos fins diagnósticos, as imagens de raios X são utilizadas para outros fins, afinal tais imagens estão relacionadas com as diferentes densidades, composição e homogeneidade que os materiais podem oferecer. Um exemplo comum de aplicação da radiação X está em realizar rápidos exames e conteúdo de bagagens em aeroportos. Na indústria, esta radiação é usada para detectar defeitos indesejáveis em peças vazadas que são inacessíveis à observação direta, como em um bloco do motor de um automóvel.

Referências

BACELAR, S.; GALVÃO, C. C.; ALVEZ, E.; TUBINO, P. **Expressões médicas: falhas e acertos**. Rev. Med. Res., Curitiba, v. 15, n. 2, p. 231 – 234, jul./set. 2013. Disponível em: <<http://crmpr.org.br/publicacoes/cientificas/index.php/revista-do-medico-residente/article/viewFile/420/410>>. Acesso em 14 jan. 2018.

BRITANNICA. **X-ray**. Disponível em: <<https://www.britannica.com/science/X-ray>>. Acesso em 13 jan. 2018.

EISBERG, R. **Física Quântica** / Robert Eisberg e Robert Resnick; Rio de Janeiro: Elsevier, 1979 – 35ª reimpressão.

FURQUIM, T. A. C. **Processo de Produção de Raios X**. Disponível em: <<http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/hipermidia/images/fisica/rx.pdf>>. Acesso em 13 jan. 2018.

MARTINS, H. L. **Princípios Físicos em Radioterapia**. Disponível em: <<http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/hipermidia/images/documentos/Radioterapia.pdf>>. Acesso em 20 out. 2018.

MEDEIROS, R. F. de; SANTOS, F. M. T. dos; MOREIRA, M. A. Elaboração de um material de apoio didático e paradidático para o ensino de física das radiações no ensino médio e técnico. 2011. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/39078>>. Acesso em: 20 out. 2018.

NERISSIAN, D. Y. **Princípios Físicos em Radiologia**. Disponível em: <http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/hipermidia/images/documentos/Principios_fisicos_em_radiologia.pdf>. Acesso em 22 jan. 2018.

OKUNO, E. **Física das radiações** / Emico Okuno, Elisabeth Mateus Yoshimura. – São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

OKUNO, E. **Física para ciências biológicas e biomédicas** / Emico Okuno, Iberê Luiz Caldas, Cecil Chow. – São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.

OKUNO, E. Radiação: Efeitos, riscos e benefícios. São Paulo. Harbra, 1998. 96 p.

RADIOLOGIA, Portal da. **Meios de Contraste**. [2012]. Disponível em: <<http://portaldaradiologia.com/?p=2640>>. Acesso em 22 jan. 2018.

SOUSA, Wellington Batista de. **Física das radiações: uma proposta para o Ensino Médio**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

TAUHATA, L.; SALATI, I.; Di PRINZIO, R., & Di PRINZIO, A. (2013). Interaction of the radiation with matter (INIS-BR--14043). Brazil. Disponível em: <https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:45073468>. Acesso em 28 jan. 2018.

TIPLER, P. A. **Física Moderna**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1981.

UFRGS, Física Moderna. Capítulo 5 – Raios-X. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod05/m_s01.html>. Acesso em 13 jan. 2018.

PLANOS DE AULAS

Quadro sintético

Módulo	Tema	Momento	Tempo
1	Radiação	Apresentação Atividade experimental 01	1 aula
	Radiação eletromagnética	Ondas eletromagnéticas Espectro eletromagnético Fótons da radiação eletromagnética Espectroscopia	2 aulas
2	Fluorescência	Atividade experimental 02	1 aula
	Radiação Ultravioleta	Radiação ultravioleta e câncer de pele Interação com a matéria Ionização e excitação	1 aula
		Fatores que influenciam a exposição à radiação ultravioleta	1 aula
		Meios de Prevenção	2 aulas
3	Raios X	Radiação X Produção Espectro de emissão Atenuação Interação com a matéria	1 aula
		Contexto histórico e social da descoberta Aplicações na medicina	2 aulas
		Palestra com profissional da área	1 aula
Nº total de aulas			12

Descrição aula-a-aula

Plano de Aula Nº 01

Duração: Uma aula (45 min.)

Título: “Radiação, onde?”

Objetivos: Espera-se com esta aula motivar os alunos para o estudo das radiações.

- Apresentar o tema de estudo de forma a sensibilizar os alunos da relevância em suas vidas;
- Despertar atração e envolvimento a partir das atividades propostas;

Conteúdo: Observar propriedades da luz.

Recursos: Realização da Atividade 01 com o auxílio do espectroscópio.

Procedimento Didático:

Momento 1: Apresentar para a turma a proposta do curso (10 min.)

Dinâmica 1: Explicar o que será o curso, quais os temas serão abordados e uma prévia das atividades que serão realizadas. É importante salientar para os alunos a relevância dos conceitos que serão abordados não apenas para o desenvolvimento do projeto, mas sim para a vida deles fora da escola. Como ferramenta, pode ser utilizado dados sobre câncer de pele, por exemplo.

Momento 2: Atividade prática (30 min.)

Dinâmica 2: Solicitar que os alunos formem grupos e em seguida entregar o roteiro e material necessário para a atividade. A formação de grupos é importante para que haja a discussão entre os membros. Antes dos alunos iniciarem a atividade, o professor deve informar que são dois experimentos independentes, mas que estão relacionados a um mesmo tema: como os átomos de um material podem emitir luz visível, ou seja, radiação eletromagnética. Realizar a leitura da atividade com os alunos e

explicar como usar o espectroscópio. Desse modo, este será o primeiro passo do estudo que será realizado e servirão de exemplos para entender a radiação eletromagnética.

Algumas perguntas podem ser realizadas: Como os astrofísicos conseguem estimar a composição da atmosfera de um planeta distante sem nunca ter colhido amostras? Por exemplo: toda chama possui o mesmo formato e mesmo tom de cor? E a temperatura, será que existem regiões onde a temperatura é maior ou menor?

Obs.: O espectroscópio pode ser montado pelos alunos ou entregue pronto pelo professor. Um tutorial para a montagem está no anexo (Roteiro 1).

Momento 3: Fechamento da atividade (5 min.)

Dinâmica 3: Após os alunos finalizarem o questionário, discutir com os mesmos a decomposição da luz através do espectroscópio e as diferenças entre raias espectrais emitidas por algumas fontes de luz (incandescente e fluorescente). A lâmpada fluorescente, devido ao mercúrio presente, apresenta uma série de raias mais luminosas no violeta, verde e amarelo, enquanto a lâmpada incandescente e a vela apresentam estrutura diferente.

Quanto à vela, a parte superior tem menos calor, portanto forma ondas com menos energia, mais longas e mais avermelhadas, enquanto a base possui mais calor e conseqüentemente forma ondas com mais energia, menos longa e tom azul. Um esclarecimento sobre estas observações será abordado na próxima aula.

Referências:

YAMAMOTO, K.; **Física para o Ensino Médio 3** – Kazuito Yamamoto, Luiz Felipe Fuke; Volume 3; Editora Saraiva, São Paulo/SP, 2013. Capítulo 18.

LEITE, Diego de Oliveira e PRADO, Rogério Junqueira. **Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio.** *Rev. Bras. Ensino Fís.* [online]. 2012, vol.34, n.2, pp.1-9.

SOUSA, Wellington Batista de. **Física das radiações: uma proposta para o Ensino Médio.** 2009. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física)

- Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

Espectrômetro. Disponível em:
<<http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/espectrometro.htm>>. Acesso em: 25 jun. 2016.

Anexo:

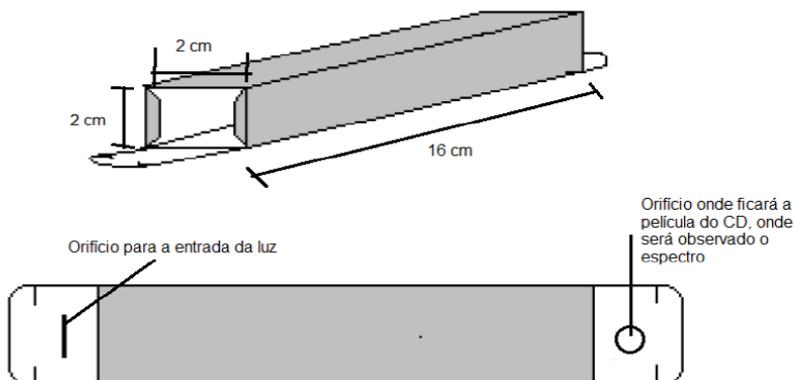
Roteiro 1 - Construindo um espectroscópio

Material:

- Um CD gravável;
- Uma caixa de creme dental ou um pedaço de cano PVC (sugestão: 100 mm de comprimento e 35 mm de diâmetro);
- Fita adesiva transparente;
- Fita isolante;
- Tesoura (capaz de cortar o CD).

Procedimento:

1. Cubra a superfície de um CD gravável (o lado onde está impressa a marca do fabricante com fita adesiva.
2. Corte-o em oito pedaços iguais, como se fosse uma pizza.
3. De posse dos pedaços, simplesmente descole a fita adesiva, e você verá que a tinta sairá e sobrarão uma parte transparente dos pedaços do CD. Evite tocar essa superfície transparente com os dedos.
4. Faça um orifício quadrado em uma das pontas da caixa de creme dental. O espaço deve servir para caber a parte do CD cortada.
5. Coloque o pedaço de CD no orifício e fixe com fita isolante.
6. Na outra ponta da caixa, faça um fino corte de 1 mm e cubra o resto com fita isolante para vedar a passagem de luz.



Fonte das imagens: <http://instrumentacaouem.blogspot.com.br/2012/11/espectroscopio.html>.
Acesso em: 25 jun. 2016.

Para usá-lo corretamente, aponte com o corte fino para o objeto que deseja olhar e observe com o lado do CD.

Retirado de: **YAMAMOTO, Kazuhito**; *Física para o Ensino Médio 3 – Kazuito Yamamoto, Luiz Felipe Fuke*; Volume 3; Editora Saraiva, São Paulo/SP, 2013. Capítulo 18, pg. 265.

Atividade 01 – Observando cores

Objetivo: Observar e analisar a imagem vista através do espectroscópio e a chama de uma vela, buscando identificar as suas diferentes regiões. Dessa maneira, estará sendo introduzido o estudo das ondas

eletromagnéticas a partir das diferentes emissões de luz por átomos.

Para as atividades seguintes, os alunos deverão estar em grupo de até 4 integrantes, preferencialmente trios.

Material:

- Um espectroscópio;
- Vela;
- Luz incandescente;
- Luz fluorescente;
- Folha A4;
- Lápis de cor.

Orientações:

1ª Parte: Espectroscópio.

Aponte o equipamento para a fonte de luz e veja o desenho que se forma.

- a) Por que a imagem obtida é colorida?
- b) O desenho da imagem é contínuo? Há falhas?
- c) Existem cores mais fortes do que outras?
- d) Saberia descrever as causas desse comportamento?

2ª Parte: Chama de vela.

- a) Acender a vela e procurar representar com lápis de cor em um papel, as diferentes colorações que nela aparecem.
- b) Discutir em grupo a possibilidade de existir alguma relação entre a cor de cada região com temperatura e energia. Como sugestão para facilitar o processo, pode ser utilizada uma tabela e conforme a cor identificada, classificar a temperatura e energia em alta, baixa e média.

Cor da chama identificada	Temperatura	Energia

- c) A partir disso, tentar estabelecer em que parte da vela tem maior e menor energia.
- d) Escrever uma pequena conclusão referente aos resultados obtidos.

Plano de Aula Nº 02

Duração: Uma aula (45 min.)

Título: “Radiação em todo lugar”

Objetivos: Espera-se com esta aula responder os questionamentos levantados na aula anterior através dos conceitos que serão abordados.

- Levantar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto;
- Definir radiação e de que maneira se manifesta;
- Diferenciar radiação de radioatividade;
- Conhecer algumas características das ondas eletromagnéticas;
- Relacionar as cores da chama da vela com energia.

Conteúdo: Radiação corpuscular e eletromagnética; radiação e radioatividade; frequência, comprimento de onda e energia de uma onda eletromagnética.

Recursos:

- Aula 02 – apresentação (apresentação de slides);
- Giz e lousa;
- Questionário 01;

Procedimento Didático:

Momento 1: Retomar a discussão realizada na aula anterior (5 min.)

Dinâmica 1: Foram levantadas e discutidas na aula anterior algumas questões que podem ser lembradas neste momento inicial. Para complementar, algumas aplicações de espectroscopia podem ser

evidenciadas e usadas como elemento motivador para momentos futuros dessa aula, quando for abordado o espectro de emissão e absorção. Exemplo de aplicação: *“Como será que os astrofísicos sabem a composição da atmosfera de um planeta distante sem nunca ter colhido amostras?”*. Nas referências encontra-se texto para eventual consulta (Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio).

Momento 2: Realizar explicação comentando a apresentação Power Point 01 (35 min.)

Dinâmica 2: Iniciando através da apresentação de slides, na qual o primeiro slide pode conter objetos que os alunos citaram no questionário inicial que sejam emissores de radiação e radioativos e perguntar se todos emitem radiação, se as radiações emitidas são iguais, o que elas possuem em comum, como se originam. Os alunos devem ser motivados a participar, expondo suas ideias. As perguntas não são respondidas neste momento, mas em momentos posteriores, de modo que o professor pode seguir para a próxima dinâmica.

Dinâmica 3: Construir com os alunos o que é radiação e explorar os dois grupos que geralmente as radiações são definidas: corpuscular e eletromagnética. Em seguida o professor pode diferenciar radiação de radioatividade através das imagens colocadas no primeiro slide.

Dinâmica 4: Direcionando o foco nas radiações eletromagnéticas, enfatizar que abordaremos conceitos fundamentais para as aulas que futuramente serão ministradas. Tratar as ondas eletromagnéticas através do conceito, como podem ser geradas, quais critérios podem ser utilizados para classificá-las e identificar com os alunos algumas características de ondas, como frequência e comprimento de ondas. Um exemplo pode ser através de um pente eletrizado; quanto mais energia usamos para acelerar ou desacelerar, mais energia terá a onda eletromagnética gerada. No anexo encontra-se uma sugestão de simuladores para ser utilizado como ferramenta no trabalho de mostrar características das ondas e sua geração por uma estação de rádio.

Dinâmica 5: Abordar a energia das ondas eletromagnéticas. Esta abordagem pode ser feita através das cores emitidas por um corpo ou substância, como, por exemplo, carvão em brasa e a chama de GLP (gás de cozinha), possibilitando relação com a frequência; a cor de um carvão

em brasa é vermelho por que esta cor corresponde a ondas de pouca energia, já a chama azulada do gás de cozinha condiz com ondas de maior energia. Neste momento, a segunda parte da Atividade 01, Chama de vela, pode ser discutida.

Momento 3: Atividade proposta (5 min.)

Dinâmica 6: Propor aos alunos as questões que compõem o Questionário 01, no anexo, para serem respondidas e trazidas na próxima aula.

Referências:

SOUSA, Wellington Batista de. **Física das radiações: uma proposta para o Ensino Médio**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

LEITE, Diego de Oliveira e PRADO, Rogério Junqueira. **Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio**. *Rev. Bras. Ensino Fís.* [online]. 2012, vol.34, n.2, pp.1-9.

Anexo:

Simuladores:

- Simulador 1: **Onda em corda**. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/wave-on-a-string>. Acesso em 04/09/2016.
- Simulador 2: **Ondas de rádio**. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/wave-on-a-string>. Acesso em 04 set. 2016.

Questionário 01:

1. Como as ondas eletromagnéticas são produzidas?
2. Qual a característica de uma onda eletromagnética que permite diferenciar uma da outra?
3. Ao olharmos para uma vela, percebemos diferentes regiões em

sua chama. Em qual dessas regiões temos maior energia? Onde temos menor energia? Por quê?

4. Ao olharmos para uma boca acesa, qual a cor da sua chama? O que podemos falar quanto a sua temperatura, energia, frequência e comprimento de onda?
5. Imagine uma estrela. Que cor deveria apresentar esta estrela para que ela fosse a mais quente visível?

Plano de Aula N° 03

Duração: Uma aula (45 min.)

Título: “O espectro de ondas”

Objetivos: Espera-se com esta aula responder os questionamentos levantados na primeira aula através dos conceitos que serão abordados.

- Conceituar ondas eletromagnéticas;
- Discutir as grandezas físicas envolvidas nas ondas eletromagnéticas;
- Compreender o espectro eletromagnético e as radiações que o compõem;
- Conhecer a radiação no infravermelho;
- Tomar conhecimento da espectroscopia.

Conteúdo: Espectro eletromagnético e suas faixas; frequência, comprimento de onda e energia de uma onda eletromagnética; fótons de radiação e técnicas espectroscópicas.

Recursos:

- Aula 02 – apresentação (apresentação de slides);
- Giz e lousa;
- Questionário 01;
- Vídeos.

Procedimento Didático:

Momento 1: Retomar conceitos da aula anterior para revisão (10 min.)

Dinâmica 1: Conceitos como os de frequência, comprimento de onda e energia associados às ondas eletromagnéticas podem ser retomados para revisão através das respostas obtidas pelos alunos às perguntas do Questionário 01. A equação fundamental da ondulatória pode ser associada e uma análise de suas grandezas feita, por exemplo, para a velocidade de uma onda constante; se aumentar a frequência, o comprimento de onda diminui.

Momento 2: O espectro eletromagnético e os fótons da radiação eletromagnética (15 min.)

Dinâmica 2: Explicar o que é o espectro eletromagnético e comentar as faixas que o compõem, por exemplo, pelo ponto de vista tecnológico. As perguntas que surgiram na Dinâmica 2 do Momento 2 da aula anterior podem ser retomadas e respondidas. Salientar que as ondas se distinguem pelo comprimento de onda e frequência, ao mesmo tempo que relacionam com energia.

Dinâmica 3: Através do caráter dual da radiação eletromagnética, associar o conceito de fóton de energia.

Dinâmica 4: Como as radiações acima do visível serão tratadas nos próximos módulos, a única abaixo do visível que terá uma abordagem é a infravermelha, afinal há uma pergunta que ainda não foi respondida: nós emitimos radiação? Exibir os vídeos do anexo (Vídeo 1 e Vídeo 2) os quais mostram a visão no infravermelho através de equipamentos e mostrar as fotografias de visão noturna que constam na apresentação de slides. Através dessas mídias, chegar com os alunos, através da mediação a uma resposta para a pergunta anterior. Caso o professor não considere relevante a abordagem da radiação infravermelha, pode redimensionar o tempo para os próximos momentos.

Momento 3: Espectroscopia (15 min.)

Dinâmica 5: Na primeira parte da Atividade 01 os alunos observaram um espectro de emissão. Os alunos podem ser questionados sobre “*qual a explicação do misterioso colorido?*”. Oportunizar os alunos a exporem seus pensamentos. Nesta etapa, vários espectros podem ser apresentados,

como lâmpadas, conforme consta na apresentação. Após as falas, o professor pode fornecer a explicação para o problema usando o espectroscópio e os respectivos conceitos.

Dinâmica 6: Comentar com os alunos algumas aplicações das técnicas de espectroscopia. Entre elas, procurar e descobrir elementos e substâncias que constituem a matéria de estrelas e planetas. Neste contexto, é uma oportunidade de associar o espectro de elementos.

Momento 4: Finalização do módulo (5 min.)

Dinâmica 7: Dialogar com os alunos a fim de reformular a concepção a respeito da radiação eletromagnética e sua interação com os seres vivos. Lembrar que há ondas eletromagnéticas atravessando nosso corpo, nós somos emissores de radiação, a luz visível é um tipo de radiação e buscar desmistificar aquilo que a mídia costuma apresentar de forma incorreta, como a radiação sendo causador de mutações, doenças, etc.

Referências:

KITAGAWA, M. S.; GASPAR, M. B. Infravermelho na Sala de Aula. In: SNEF XVIII. Rio de Janeiro: [s.n.], 2009. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_infravermelhonasaladeaul.trabalho.pdf>. Acesso em: 09 set. 2016.

LEITE, Diego de Oliveira e PRADO, Rogério Junqueira. **Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio.** *Rev. Bras. Ensino Fís.* [online]. 2012, vol.34, n.2, pp.1-9.

Anexo:

Vídeos:

- Video 1: **Predator - Vision & Sound FX (HQ sound) full heartbeat effect.** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=OW1gGDbo_1U>. Acesso em: 09 set. 2016.
- Video 2: Twentieth Century Fox Home Entertainment Ltd., (2014). *Cosmos: A spacetime odyssey*. S01E05 Hiding in the

Light. Houve a seleção de dois intervalos do episódio: 1. Descoberta da radiação infravermelha por Herschel: 19min 15s aos 21 min 45s; 2. Luzes que nossos olhos não podem ver: 41min 20 s aos 43min 00 s.

Plano de Aula N° 04

Duração: Uma aula (45 min.)

Título: “A luz que não vemos”

Objetivos: Pretende-se através do fenômeno da fluorescência, compreender a interação da radiação eletromagnética com a matéria.

- Diferenciar efeitos luminescentes;
- Observar o fenômeno da fluorescência;
- Discutir os conceitos científicos relacionados.

Conteúdo: Fluorescência.

Recursos:

- Atividade 02;
- Giz e lousa;
- Questionário 02;
- Texto 01.

Procedimento Didático:

Momento 1: Diferenciar dois fenômenos luminescentes: a fluorescência e a fosforescência. (10 min.)

Dinâmica 1: Na sala de aula, o professor pode solicitar que os alunos prestem atenção no interruptor de luz e que observem o que irá acontecer quando ele desligar a luz. Provavelmente haverá um “brilho” proveniente do mesmo. Em seguida, ligando as luzes, o professor pede aos alunos exemplos de objetos que tenham um comportamento semelhante. Os mesmos serão anotados no quadro.

Em outras situações, objetos brilham quando expostos a certas

fontes de luz, mas cessam em seguida, como as marcas de segurança existentes em cédulas de dinheiro e documentos. Outros exemplos podem ser dados pelos alunos e anotados no quadro. Estes exemplos, podem ser utilizados para diferenciar o fenômeno da fosforescência e fluorescência pelo professor, salientando que a energia da radiação incidente é um fator importante para a ocorrência da fluorescência, nesta perspectiva, a atividade que será proposta em foco neste fenômeno e que a partir desse será iniciado o estudo das radiações ultravioleta.

Momento 2: Atividade com “luz negra” (30 min.)

Dinâmica 2: Solicitar aos alunos para formarem grupos de 3 a 4 membros. Entregar o roteiro da atividade (no anexo, Atividade 02) para os grupos, após, realizar uma explicação da mesma.

Vários objetos podem ser listados para serem testados, como: giz do quadro-negro, marcador com tinta permanente de variadas cores, camiseta branca, partes do corpo humano como unhas e dentes, folhas de plantas, embalagens, sabão em pó, óleo vegetal, cédulas de dinheiro, documentos, etc.

Para evitar um mau andamento da atividade, as luzes do ambiente deverão ser desligadas e ligadas em intervalos periódicos, de maneira que os grupos estejam prontos para fazer as observações com as luzes da sala apagadas e antes de serem religadas, tenham conseguido realizar a devida observação para fazer as anotações.

Uma execução fundamental que todos devem observar consiste em tomar a caneta “marca-texto” e riscar uma área (os alunos podem fazer em seus braços, por exemplo). Em seguida, pegar o protetor solar e cobrir metade dessa superfície riscada e fazer a observação sob “luz negra”. O resultado deve ser anotado na tabela.

Alguns alunos podem não conseguir observar a fluorescência devido ao equipamento utilizado, assim, sugere-se ao professor levar uma lâmpada UV e levar para a sala de aula, para “maximizar” o fenômeno.

Algumas outras práticas ainda podem ser feitas, como: (i) depositar em um recipiente água tônica e em outro recipiente soda limonada. A amostra de água tônica vai originar-se uma coloração branco azulada, devido ao alcalóide quinino, presente em sua composição. (ii) Uma segunda consiste em dissolver a tinta da caneta “marca-texto” em um recipiente com água e observar a fluorescência quando incidir a “luz negra”.

Momento 3: Explicação do fenômeno da luminescência (05 min.)

Dinâmica 3: Finalizada a atividade, entregar para cada aluno o texto “Interação da radiação com a matéria a partir do fenômeno da fluorescência” (no anexo). Solicitar que os mesmos realizem uma leitura em casa e respondam as questões propostas no final do texto que serão debatidas na próxima aula.

Referências:

PIMENTEL, J. R. *et al.* **Uma sugestão para a interação multidisciplinar: a observação do fenômeno da fluorescência.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 31, n. 2, p. 365-384, maio 2014. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n2p365>>. Acesso em: 10 set. 2016.

THENÓRIO, I. Como fazer luz negra caseira usando celular. **Manual do Mundo**, 2015. Disponível em: <<http://www.manualdomundo.com.br/2015/01/como-fazer-luz-negra-caseira-usando-celular/>>. Acesso em: 10 set. 2016.

Anexos:

Atividade 02: “luz negra” e a fluorescência

Objetivo: Examinar materiais disponíveis com a utilização da luz negra produzida por um telefone celular.

Material:

- Celular com flash ou lanterna;
- Fita adesiva;
- Marcador permanente de tinta azul;
- Tesoura.

Orientações:

1. Com a tesoura, corte um pedaço de fita adesiva de modo que cubra o flash do seu celular.
2. Tampe o flash com cuidado. Uma dica: deixa uma ponta dobrada (para facilitar a retirada).

3. Pinte as camadas com pincel permanente azul.
4. Repita o processo por 4 vezes, obtendo ao final 5 camadas.

Pronto. Depois de repetir o “colar fita adesiva” e “pintar com pincel permanente azul” quatro vezes, seu equipamento está pronto. Agora, é só selecionar algumas coisas que se destacam com luz negra e testar.

ATENÇÃO: Evite olhar diretamente para qualquer fonte de ultravioleta e cuide para que a observação não demore muito tempo.

5. Usando a fonte de luz “negra”, vamos iluminar alguns materiais e investigar se algum deles exibe o fenômeno da fluorescência e anotar os resultados de suas observações na planilha abaixo. Nas observações deve constar: o objeto brilha? Que cor o objeto adquire? Ele revela algum detalhe?

Material examinado	O que você observa?	
	Luz branca (ambiente claro)	Luz negra (ambiente escuro)

Texto 01: Interação da radiação com a matéria a partir do fenômeno da fluorescência.

Você deve ter se enganado quanto à sua expectativa de que a camiseta apresentaria uma cor violeta quando iluminada por uma lâmpada de luz “negra”, dado que a única luz visível emitida por esse tipo de lâmpada apresenta uma cor violeta. Contrariando essa expectativa, uma camiseta “branca” que é iluminada por uma lâmpada de luz “negra” brilha com uma luz branca e intensa ao ser colocada em um ambiente escuro! Esse brilho pode ser explicado se admitirmos que, além da luz violeta, a lâmpada de luz “negra” emite outro tipo de radiação, que é invisível aos olhos humanos. Essa radiação é chamada ultravioleta.

Fenômenos luminescentes, como a fluorescência e a fosforescência são processos de emissão de energia eletromagnética (fótons) que ocorrem durante a relaxação molecular, a partir de estados eletrônicos excitados. Quando uma molécula absorve energia eletromagnética (fóton), existem diferentes caminhos pelos quais ela pode retornar ao seu estado energético inicial.

Em decorrência da absorção de fótons de UV, os elétrons das moléculas de determinadas substâncias são levados a níveis energéticos superiores para, em seguida, retornarem (decaírem) aos níveis iniciais, emitindo de volta a energia que foi absorvida. Esse retorno pode ser feito diretamente “saltando” entre os níveis energéticos inicial e final, ou pode envolver níveis intermediários, ou seja, “saltos menores”. Essas transições eletrônicas são quase instantâneas ocorrendo em intervalos de tempo entre nanossegundos (10^{-9} s) e picossegundos (10^{-12} s).

A fluorescência corresponde ao processo em que o elétron retorna do nível de excitação a que foi levado, diretamente para o nível energético em que estava inicialmente. A energia do fóton fluorescente emitido é menor do que a energia do fóton excitador e esta diferença se deve ao fato de que parte da energia é perdida em processos de conversão interna e de relaxamento vibracional.

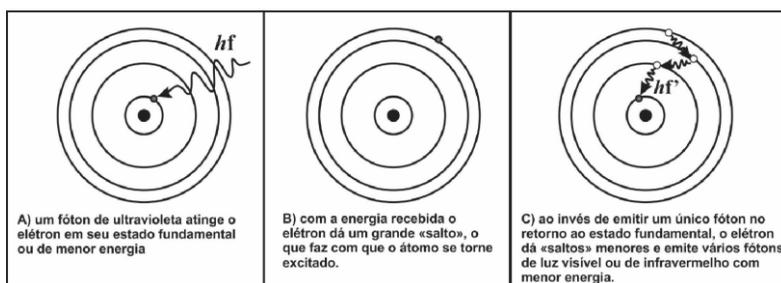


FIG. 1- Produção de fótons de luz visível a partir de um fóton ultravioleta

Veremos agora uma abordagem mais profunda sobre a emissão e absorção de fótons e a relação com ondas eletromagnéticas.

Todo átomo, ao passar de um estado estacionário para outro, emite ou absorve um quantum de energia igual à diferença entre as energias correspondentes aos dois estados, conforme mostra a figura abaixo (Em 1900, o cientista alemão Max Planck (1858-1947) desenvolveu o modelo da quantização da luz, segundo o qual a matéria emite luz em pacotes de energia, que ele denominou quanta). Assim, cada

quantum de energia que é emitido ou absorvido, correspondem a fótons com uma frequência (f) e energia (E) bem definidos pela relação $E = h.f$. (Albert Einstein, em 1905, estudando o efeito fotoelétrico, usou a ideia da quantização e assumiu que cada quantum de luz, ou fóton, tem uma energia E dada pela equação acima).

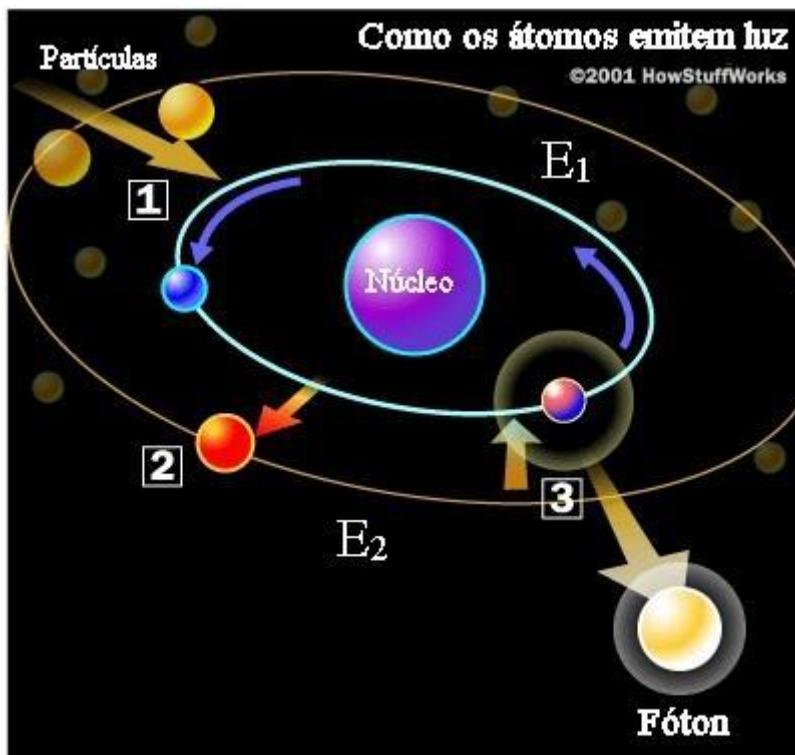


Figura 2 - A figura mostra um átomo constituído de um núcleo e um elétron (bolinha azul) em meio a várias partículas (bolinhas amarelas). Uma partícula colide com o átomo (1) que se excita, fazendo com que seu elétron pule para um nível de maior energia (2). Em seguida o elétron volta para seu nível de energia original, liberando a energia extra na forma de um fóton de luz (3).

Dessa forma, percebemos que: o elétron “saltará” do nível de menor energia (E_1) para o nível de maior energia (E_2) se absorver um quantum $h.f$, tal que $h.f = E_2 - E_1$; da mesma forma, o elétron ao retornar do nível de maior energia (E_2) para o nível de menor energia (E_1) se emitir um quantum de radiação $h.f = E_2 - E_1$.

O fóton, portanto, corresponde à diferença entre dois níveis de energia de um elétron, quando este realiza um salto quântico. Ao ser emitido, pode estar na forma de luz ou de outra radiação eletromagnética, logo, para cada radiação eletromagnética existirá um fóton de energia correspondente e com uma energia definida pela expressão $E = h.f$. Esses saltos se repetem milhões de vezes por segundo, produzindo assim uma onda eletromagnética, que nada mais é do que uma sucessão de fótons de energia.

Para finalizar, consideremos o seguinte: (i) quando se propaga de um ponto a outro do espaço, a luz sempre se comporta como onda; (ii) quando é absorvida ou emitida pelos átomos, a luz sempre se comporta como um conjunto de partículas, “pacotinhos de energia”, ou fótons. (iii) na equação apresentada, E representa a energia de um fóton, medida em Joules (J) ou elétron-volt (eV), h representa a constante de Planck que representa o valor $h = 6,63.10^{-34}$ J.s, e f representa a frequência da radiação, medida em hertz (Hz).

Questionário 02:

1. Por que seria impossível para um material fluorescente emitir luz visível quando iluminado por radiação infravermelha?
2. Um átomo de material fluorescente absorve um fóton de radiação ultravioleta e emite um fóton de luz verde e um fóton de radiação infravermelha. Esse processo é coerente com o princípio da conservação de energia? Explique.
3. O sol é uma fonte importante de radiação ultravioleta, mas, essa radiação não é visível aos olhos humanos. Ainda assim, os fabricantes de sabão em pó inserem pigmentos fluorescentes em seus produtos. Por que razão?
4. Como os protetores solares auxiliam na proteção da nossa pele contra o excesso de radiação ultravioleta?
5. Comparando um tom de luz vermelha com um tom de luz azul, responda:
 - a) Quem tem frequência mais alta?
 - b) Quem possuiu maior energia por fóton?
6. O que pode diferenciar a fosforescência da fluorescência?
7. Um amigo seu argumenta que se a radiação ultravioleta pode ativar o processo de fluorescência, a luz vermelha também deveria fazê-lo,

desde que exista em grande quantidade ou intensidade. Seu amigo o olha para saber se você concorda ou discorda dessa afirmação. O que você diria diante dessa situação?

Plano de Aula Nº 05

Duração: Uma aula (45 min.)

Título: “O que os olhos não veem, a pele sente”

Objetivos: Pretende-se com esta aula iniciar um estudo conceitual da radiação ultravioleta.

- Abordar aspectos da radiação ultravioleta;
- Evidenciar efeitos da interação da radiação eletromagnética com a matéria.
- Distinguir radiação ionizante de radiação não ionizante.

Conteúdo: Radiação ultravioleta; radiação não-ionizante e ionizante; interação da radiação com a matéria.

Recursos:

- Aula 05 - apresentação;
- Giz e lousa;
- Questionário 02;
- Texto 02.

Procedimento Didático:

Momento 1: Discussão da Atividade 02 e questões do Texto 01. (10 min.)

Dinâmica 1: Na aula anterior foi entregue aos alunos o Texto 01 para leitura e resolução das questões propostas (as mesmas podem ser entregues, podendo ser atribuída uma nota, fica a escolha do professor). Assim, reserva-se para este primeiro momento, uma discussão dessas questões de modo que seja um momento para os alunos colocarem suas considerações, dúvidas e dificuldades encontradas. Também se torna uma

oportunidade para o professor fortalecer a abordagem dos conceitos envolvidos.

Momento 2: Porque a radiação ultravioleta causa câncer de pele? (10 min.)

Dinâmica 2: Como elemento motivador, reproduzir o Vídeo 03 e o Vídeo 04 (no anexo). O professor pode explorá-los a fim de motivar os alunos para alguns elementos que serão estudados nesta e no decorrer das próximas aulas como protetor solar, óculos de sol, etc. Também pode ser dramatizado o problema do aumento dos casos de câncer de pele no país, como apontado no vídeo.

Através do experimento da fluorescência foi possível concluir que não somos capazes de visualizar a RUV e, de acordo com as outras aulas, toda radiação interage com nosso corpo de alguma maneira. Tomando o Sol como o agente responsável por emitir todas as radiações que compõem o espectro eletromagnético, a pergunta “*por que apenas a radiação ultravioleta causa câncer de pele?*” pode ser submetida aos alunos. Após ouvir as respostas dos alunos, falar que ela será respondida nesta aula.

Momento 3: Conhecendo a RUV (10 min.)

Dinâmica 3: O Texto 02 (no anexo) faz uma abordagem geral sobre a radiação ultravioleta. Dentro dos pontos abordados, sempre busca-se desconstruir a ideia que radiação apenas traz malefícios às pessoas. A leitura do mesmo é realizada neste momento.

Momento 4: Compreender a profundidade de penetração de uma onda eletromagnética (08 min.)

Dinâmica 4: Uma ideia incorreta que os alunos podem ter se faz sobre a profundidade de penetração de uma onda eletromagnética estar relacionada exclusivamente à sua energia. Busca-se nesse momento dar a abordagem correta, bem como mostrar depois fatores. Um exemplo que pode ser dado é através do vidro de uma janela: ele bloqueia a passagem da radiação UV mas é praticamente ineficiente quando a radiação visível o atravessa, mesmo ela possuindo menor energia quando comparada com a primeira citada, algo semelhante ocorre com ondas eletromagnéticas utilizadas pelos celulares.

Momento 5: Ionização e excitação (07 min.)

Dinâmica 5: O Texto 02 cita radiação ionizante e radiação não ionizante e o aluno pode não ter conhecimento para diferenciá-las. Para não tirar o foco da leitura do texto, este momento tem o intuito de distinguir cada uma delas. Pode ser salientado, e formando a ponte para uma futura aula, que a radiação ultravioleta se encontra no limite entre a radiação ionizante e a não ionizante, predominando a excitação e, é esta que inicia o dano biológico que pode levar ao câncer.

Após esta abordagem, a pergunta inicial pode ser retomada e discutida, ou na falta de tempo, os alunos devem escrever suas respostas e discuti-las no início da próxima aula.

Referências:

PIMENTEL, Jorge Roberto et al. **Uma sugestão para a interação multidisciplinar: a observação do fenômeno da fluorescência.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 31, n. 2, p. 365-384, maio 2014. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n2p365>>. Acesso em: 10 set. 2016.

OKUNO, E.; VILELA, Maria A. C. **Radiação Ultravioleta: Características e efeitos.** 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

Anexos:

Vídeos:

- Vídeo 03: **Câncer de pele.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=7D2M7gkDezY>>. Acesso em: 10 set. 2016.
- Video 04: **How the sun sees you.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=o9BqrSAHbTc>>. Acesso em: 10 set. 2016.

Texto 02: Radiação Ultravioleta

Neste momento você já deve estar ciente de que algumas substâncias quando sujeitas à radiação ultravioleta emitem na faixa do

espectro visível e também o motivo para tal fenômeno, fluorescência. Conforme foi apresentado no texto anterior, os átomos de algumas substâncias, que chamamos de fluorescentes, quando são submetidas à exposição de radiação ultravioleta, absorvem esta radiação e depois irradiam energia, através de um fóton, na faixa do visível. Como as características dessa radiação emitida é diferente da radiação incidente, podemos enxergá-la.

Da mesma forma que esse fóton foi originado, a emissão de um fóton de ultravioleta por um átomo, ocorre quando um elétron executa transições eletrônicas das camadas mais externas dos átomos.

Mas por que ultravioleta? Como pode ser consultado no espectro eletromagnético, na ordem crescente de frequência ou energia, conforme avançamos no grupo das radiações visíveis passando por todas as cores até chegar ao violeta, a última radiação que somos capazes de perceber, entramos na região da radiação ultravioleta, conhecidas pela sigla RUV ou UV. Em posse desta perspectiva, o prefixo latino *ultra* significa "mais alta" ou "além do", e violeta, que designa a cor visível do comprimento de onda. Assim, compreendida na faixa espectral de 100 nm a 400 nm, correspondendo respectivamente a $3 \cdot 10^{15}$ Hz e $0,75 \cdot 10^{15}$ Hz, é definida como não-ionizante, pois sua capacidade de penetração na matéria é menor que a luz visível, atuando no nível atômico e molecular.

Existem fontes artificiais de radiação ultravioleta, como a lâmpada que usamos na experiência, e também fontes naturais como o Sol. Vamos conhecer um pouquinho mais sobre esta estrela ao mesmo tempo em que algumas características da radiação ultravioleta continuarão a ser reveladas.

Uma fonte natural de ondas luminosas é o Sol. A radiação eletromagnética emitida por essa estrela estende-se por todo o espectro, com predominância na região do visível. Esta radiação é responsável por garantir quase toda a forma de vida na Terra.

A região do espectro visível está no grupo da radiação óptica. Fazem parte desse grupo a radiação infravermelha (RIV), radiação visível e a radiação ultravioleta (RUV). Embora todas sejam ondas eletromagnéticas, costumamos nos referir às radiações ópticas como pacotes de energia (fótons). Para os demais grupos, em ordem decrescente de energia, costumamos chamar de região dos campos eletromagnéticos. Nesta região é possível encontrar as ondas de rádio, microondas e outras. Estas duas regiões, óptica e dos campos eletromagnéticos constituem o grupo das radiações não ionizantes.

Retomando a radiação emitida pelo Sol, a luz visível compreende cerca de 44% da energia solar, concentrado principalmente na região do

verde (em torno de 500 nm). 48 % da radiação fica para a região do infravermelho, assim, a radiação ultravioleta corresponde a apenas 7 % do total de radiação emitido pelo Sol. Assim, menos de 1 % da radiação emitida concentra-se para região abaixo do infravermelho, como microondas e ondas de rádio e acima da região ultravioleta, como raios X e raios gama.

Embora a RUV compreenda a menor parte da radiação solar, apenas uma pequena parcela chega até a superfície terrestre, pois a atmosfera funciona como o filtro para esta radiação. Quando atravessa a atmosfera, é filtrada pela camada de ozônio. Mas, mesmo em quantidades pequenas ela afeta significativamente os sistemas biológicos podendo desempenhar um papel tanto benéfico quanto maléfico, a energia do raio irá determinar.

Por exemplo, a energia contida nos raios ultravioleta de grande comprimento de onda é suficiente para estimular a produção de um pigmento nas células da pele conhecido como melanina, em outras palavras, os raios estimulam o bronzeamento, sendo este responsável pela proteção da nossa pele quando nos expomos exageradamente ao Sol. Além dessa radiação ultravioleta é capaz de estimular o sistema imunológico e a síntese de vitamina D no nosso organismo. Por outro lado, raios ultravioleta de pequeno comprimento de onda, que possuem mais energia, podem danificar as células da pele, causando queimaduras e câncer de pele. Também são capazes de agredir os olhos e os genes. Entretanto, podemos impedir esta ação sobre nossa pele utilizando protetores solares que são substâncias que absorvem estes raios.

Como toda radiação, a ultravioleta não traz apenas riscos e ameaças. Algumas das utilizações benéficas se encontram em terapias e tecnologias.

Enquanto a radiação no infravermelho está relacionada ao calor e a radiação visível sensibiliza nossos olhos, a radiação ultravioleta é invisível e muitas vezes somos levados a pensar que não estamos sendo expostos a ela, quando na verdade a mesma está presente em grandes intensidades na maior parte do dia, sobretudo, em regiões situadas próximas aos trópicos como é o caso do Brasil.

Plano de Aula Nº 06

Duração: Uma aula (45 min.)

Título: “Para se proteger, tem que conhecer”

Objetivos: Espera-se com esta aula que o aluno compreenda alguns dos fatores relacionados à exposição da radiação ultravioleta.

- Conhecer as classificações da radiação ultravioleta;
- Interpretar o Índice Ultravioleta;
- Abordar a distribuição da irradiância solar;
- Discutir a importância dos principais agentes que modificam a irradiância;
- Fornecer sites para eventuais consultas.

Conteúdo: Irradiância; espectro de radiação solar; radiação ultravioleta; Índice Ultravioleta (IUV); radiação solar; fatores que interferem na intensidade da radiação ultravioleta.

Recursos:

- Atividade 03;

Procedimento Didático:

Momento 1: Explorando sites da Divisão de Satélites e Sistemas ambientais (DSA) e Programa Sol Amigo. (10 min.)

Dinâmica 1: Primeiramente os alunos devem estar com equipamento para navegar na internet, o ideal é uma sala informatizada. Antes de iniciar a atividade, o professor pode fazer uma apresentação dos sites para os alunos se familiarizarem com eles. Como sugestão, o professor pode acessar o acervo (links no anexo) e selecionar gráficos de dias recentes e discutir com os alunos o IUV, variação da intensidade da radiação ultravioleta durante o dia, etc. Também pode ser selecionado regiões de latitude diferentes para comparar o IUV. Opcionalmente, gráficos da radiação solar e terrestre também sofrer o mesmo tratamento.

Retomar a página inicial e explorar o menu “Informações”. O professor pode exibir os arquivos e evidenciar informações disponíveis pelos textos “O que é radiação UV”, “O que é IUV?”, “Radiação UV e Saúde” e “Ozônio”.

Abordagem semelhante realizar no site “Programa Sol Amigo”, em especial ao menu “RADIAÇÃO UV” e do conteúdo “Fatores que interferem na intensidade da R-UV”, composto pelas abas “Introdução”,

”Altitude”, “Hora do dia”, “Estações do ano”, “Nebulosidade” e “Tipo de superfície”.

Em nenhum momento abordar os tópicos com rigor teórico, o professor deve apenas mostrar onde as informações estão.

Momento 2: Implementação e desenvolvimento da atividade (35 min.)

Dinâmica 2: Entregar cópias para os alunos da Atividade 03, que pode ser desenvolvida em duplas ou trios. O professor deve realizar a leitura da situação problema com os alunos e esclarecer eventuais dúvidas. Após os alunos iniciarem a tarefa, o professor torna-se o mediador da mesma.

Referências:

Divisão de Satélites e Sistemas ambientais (DSA). Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br>>. Acesso em 12 ago. 2016.

Anexo:

Produtos do site DSA (<http://satelite.cptec.inpe.br/home/index.jsp>):

- Índice Ultravioleta: <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>
- Radiação Solar e Terrestre:
<http://satelite.cptec.inpe.br/radiacao/>

Programa Sol Amigo: <http://solamigo.org>

Atividade 03: “Melhor prevenir, do que remediar”

Segundo a Sociedade Brasileira de Dermatologia – SBD – (<http://www.sbd.org.br>), a última campanha de combate ao câncer de pele revelou o descaso da população com o problema. Cerca de 69,6% das cerca de 38.000 pessoas atendidas revelaram que se expõem ao sol sem o uso de qualquer tipo de proteção. Entre os homens a falta de cuidados com a proteção é ainda maior com 77,9% contra 64,5% das mulheres. Esses valores se refletem nos balanços da detecção dos casos, pois em 10,7% dos homens foram diagnosticados câncer de pele contra 6,7% de diagnósticos positivos em mulheres. De maneira geral, estes números refletem a baixa eficiência das campanhas realizadas até o momento no

País. Retirado de
<http://satelite.cptec.inpe.br/pesquisa/fulltexts/cbmet/mpcorrea2_XIIC_BMet.pdf>.

É primavera e imagine que tu estejas planejando um passeio. Dos destinos possíveis, ambos no estado de Santa Catarina, o primeiro levaria a uma praia, enquanto o segundo, para o alto de uma montanha. Tua primeira atitude foi verificar a “previsão do tempo” para a ocasião através de um site. Os resultados da tua pesquisa apontam que na região em que a praia se situa, está previsto “Sol e céu sem nuvens” enquanto que para a segunda alternativa, que se encontra a uma altitude significativa em relação ao nível do mar, prevê-se “nublado”.

Navegando neste mesmo site, teus olhos se deparam com um esquema mostrando o Índice de Ultravioleta (IUV), conseqüentemente, tu te recordas das aulas de Física, na qual o professor estava falando dos benefícios e malefícios da radiação ultravioleta. Em decorrência disso, tu tomas a decisão de escolher o destino levando em consideração o local de maior segurança quanto à exposição da radiação ultravioleta.

Para auxiliar na tomada da tua decisão, procura o que é IUV, quais os fotótipos de pele baseadas na maneira como ela reage à RUV e identifica os fatores temporais (hora do dia, etc.), geográficos (altitude, etc.), meteorológicos (se há nuvens, etc.) que estejam afetando a irradiância da radiação UV na superfície e monta quadros comparativos para cada fator comparado nestes dois lugares. Outro fator que pode ser considerado refere-se à porcentagem dessa radiação que é refletida de acordo com a superfície que ela atinge, como por exemplo, grama, água tranquila, água agitada, areia, neve, etc. Utiliza um editor de apresentações (PowerPoint, por exemplo) para fazer esta tarefa e os textos, gráficos e imagens disponíveis em <<http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>> para consultar. Outro site sugerido para consulta é <<http://www.solamigo.org/>>.

Plano de Aula N° 07

Duração: Uma aula (45 min.)

Título: “Desbravando a Radiação Ultravioleta”

Objetivos: Espera-se com esta aula transmitir aos alunos que pele bronzeada não está relacionada com saúde e apresentar maneiras de

protegê-la contra RUV.

- Conhecer as divisões da RUV e suas características;
- Abranger os efeitos da RUV na pele e olhos;
- Discutir a importância da prevenção;
- Avaliar meios de proteção.

Conteúdo: Interação da RUV com a pele; efeitos biológicos da radiação ultravioleta; meios de prevenção.

Recursos:

- Aula 07 e 08 – Apresentação de slides;
- Folder 01;
- Atividade 04.

Procedimento Didático:

Momento 1: RUV e a interação com a pele (10 min.)

Dinâmica 1: Retomar, através da apresentação de slides, a discussão iniciada na última aula, referente à profundidade de penetração de uma onda eletromagnética no organismo humano e o potencial risco que algumas radiações podem oferecer à vida da célula. Nesta linha, é possível introduzir as divisões da RUV: UVA, UVB e UVC, abordando então a profundidade de penetração e os possíveis efeitos biológicos.

Momento 2: Informações dos efeitos biológicos para a saúde. (25 min.)

Dinâmica 2: Fazendo uso de um texto de divulgação (Folder 01, no anexo) será realizada uma abordagem sobre informações a respeito de efeitos nocivos da radiação UV nos olhos e na pele, alguns fatores que influenciam nestes efeitos e, por fim, alguns meios de prevenção. Durante a leitura do texto ou após término do mesmo, algumas perguntas podem ser levantadas pelo professor, como “o que é FPS?”, “óculos pirateados protegem nossos olhos?”, temas que serão debatidos ao decorrer da aula.

Para complementar as informações do texto, as principais doenças podem ser sintetizadas e os efeitos imediatos e tardios podem ser

comentados com o auxílio da apresentação de slides. Para finalizar este momento, estabelecer relações desses efeitos com a proibição das câmaras de bronzeamento artificial e discutir sobre a produção de vitamina D que pode ser através do Folder 03.

Momento 3: Meios de prevenção (10 min.)

Dinâmica 3: Continuando a apresentação, debater novamente sobre a questão do horário de exposição. Em seguida há o uso de chapéus, embora já comentado durante o Folder 01, pode ser feita uma distinção entre alguns modelos, apresentando características de cada um. Quanto à proteção oferecida por roupas, comentar sobre o UPF (Ultraviolet Protector Factor) e a influência da cor do tecido na absorção e reflexão de radiação.

Dinâmica 4: Consiste em realizar um experimento envolvendo lentes de óculos de Sol conforme descrito na Atividade 04, no anexo, para promover um debate sobre lentes originais e falsificadas para o início da próxima aula. Para isso, os alunos devem trazer suas respostas.

Referências:

Silva, G. D; Ogawa, M. M.; de Souza, P. C. **Os efeitos da exposição à radiação ultravioleta ambiental.**

Anexos:

Folder 01: Efeitos da Radiação Ultravioleta para a Saúde. Disponível em: <http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/47/2013/11/radiacao_uv_portugues.pdf>. Acesso em 14 set. 2016.



A radiação ultravioleta tem um papel relevante no desenvolvimento de câncer de pele e na degeneração macular relacionada à idade. É possível se precaver de modo a evitar a superexposição

Junho 2010

Protegendo Nossos Olhos e Pele da Superexposição Solar

Efeitos da Radiação Ultravioleta para a Saúde

Informações aos Idosos e Indivíduos que Deles Cuidam

A radiação ultravioleta (UV) é liberada pelo sol ou fontes artificiais tais como lâmpadas solares e câmaras de bronzamento. Esta folha de fatos fornece uma visão geral sobre os principais danos à saúde associados à superexposição à radiação UV. Uma vez que não é possível separar os benefícios da luz solar de seus efeitos nocivos, é importante entender os riscos da superexposição e tomar simples precauções para sua proteção. Os raios UV não podem ser vistos ou sentidos, mas podem causar danos à pele e aos olhos em qualquer estação do ano—mesmo nos dias nublados.

Efeitos Nocivos da Radiação UV nos Olhos

A exposição aos raios UV pode causar sérios danos aos seus olhos. Seguem alguns exemplos de enfermidades causadas pela superexposição aos raios UV:

Catarata

A exposição aos raios UV aumenta o risco de

desenvolvimento de catarata, uma enfermidade em que a lente do olho perde sua transparência, comprometendo a visão. Os sintomas de catarata são:

- Visão embaçada ou desfocada;
- Cores parecem desbotadas;
- Ofuscamento desproporcional por luzes;
- Círculos luminosos ao redor de luzes;
- Visão reduzida à noite; e
- Visão dupla¹.

Mesmo a exposição a baixos níveis de radiação UV coloca os adultos idosos em risco de desenvolver catarata, uma causa relevante de cegueira. A adequada proteção dos olhos da exposição ao sol é um modo importante de diminuir seu risco de desenvolver catarata.

Câncer de Pele ao redor dos Olhos

O carcinoma das células basais é o câncer de pele mais comum nas pálpebras. Na maioria dos casos as lesões ocorrem nas pálpebras inferiores, mas

podem ocorrer em todo o entorno dos olhos: nos cantos, sob as sobrancelhas e em áreas adjacentes da face.

Degeneração Macular Relacionada à Idade (DMRI)

A DMRI é uma enfermidade que afeta a mácula, ou seja, a parte do olho que permite que sejam vistos detalhes. Os sinais de degeneração macular incluem a visão central desfocada, dificuldade de reconhecer rostos e a necessidade de maior iluminação para a leitura². A radiação solar tem um papel relevante no desenvolvimento da DMRI³.

A DMRI—que ocorre de duas formas: úmida e seca—acomete principalmente pessoas acima de 55 anos de idade. A maioria dos casos nos EUA é do tipo seco, que evolui gradualmente e resulta em visão central desfocada. A DMRI úmida desenvolve-se mais rapidamente e acarreta maior perda de visão. A degeneração macular não tem cura. No entanto, o diagnóstico precoce e o tratamento imediato ajudam a diminuir seu impacto, outra razão para você ir regularmente ao oftalmologista.

Fotoqueratite

Esta enfermidade temporária branda resulta da superexposição aos raios UV em ambientes refletivos como a praia e a neve. Os sintomas incluem lacrimejamento, dor, pálpebras inchadas, sensação de areia nos olhos, visão diminuída ou embaçada. Melhora espontaneamente, geralmente após alguns dias.

Proteja Seus Olhos

Os danos aos olhos associados à radiação UV podem ser evitados. Para proteger seus olhos use óculos escuros que bloqueiem 99-100% dos raios UV. Os óculos envolventes são melhores para proteger seus olhos porque bloqueiam os raios nocivos vindos lateralmente. Além disso, um chapéu de abas largas pode oferecer proteção na medida em que evita que raios UV vindos dos lados ou por cima dos óculos escuros atinjam seus olhos.

Efeitos Nocivos da Radiação UV na Pele

O câncer de pele é a forma mais comum de câncer nos EUA⁴. Mais pessoas foram diagnosticadas com câncer de pele em 2008 do que com cânceres de mama, próstata, pulmão e cólon juntos. Cerca de um entre cinco americanos desenvolverá câncer de pele durante sua vida.

Os cânceres de pele comuns⁵ podem ser quase sempre curados com relativa facilidade. O melanoma, um tipo de câncer de pele, é mais perigoso e mais difícil de tratar. Entretanto, é geralmente curável se diagnosticado no início, antes de se espalhar para outras partes do corpo⁶. O diagnóstico precoce do melanoma pode salvar sua vida.

A radiação UV promove a produção da vitamina D pelo corpo, essencial para a absorção de cálcio e, conseqüentemente, a manutenção dos ossos. À medida que envelhecemos, nossa pele perde a capacidade de sintetizar a vitamina D e nossos rins são menos eficientes na conversão desta vitamina em sua forma hormonal ativa.

Envelhecimento Prematuro

Com o tempo a exposição aos raios solares faz com que a pele engrosse, enrugue, manche e



tome a aparência de couro. A proteção adequada contra os raios solares minimiza esses efeitos. Quase 90% das alterações da pele que são popularmente atribuídas à idade são, na verdade, causadas pela exposição ao sol.

Sinais de Câncer de Pele

Verifique seu corpo por inteiro (do couro cabeludo às solas dos pés) uma vez por mês com espelhos de mão e de armário. Aprenda o que é normal para o seu corpo, assim notará quaisquer alterações. A Academia Americana de Dermatologia tem um mapa de pintas e verrugas que pode ajudar na detecção e na verificação de alterações em pintas e verrugas mercedoras de atenção.

Lembre-se do procedimento básico de detecção de melanoma examinando as verrugas e pintas em seu corpo. Contate sua assistência médica se encontrar verrugas e pintas com quaisquer dessas características ou se alguma verruga ou pinta mudar de cor, tamanho ou forma, coçar, sangrar ou aparentar ser diferente das outras.

- **Assimetria**—uma metade da pinta ou verruga não se parece com a outra metade;
- **Contorno**—as bordas são irregulares, recortadas ou mal definidas;
- **Cor**—a cor da verruga ou pinta varia;
- **Diâmetro**—a verruga ou pinta é maior que uma borracha de lápis.
- **Evolução**—uma pinta, verruga ou lesão cutânea parece ser diferente de outras ou está mudando de forma ou cor.

Quem Corre Risco?

Seguem alguns dos fatores mais importantes que determinam o risco de sofrer danos aos olhos ou à pele a partir da superexposição à radiação UV:

- Todos, independentemente da cor, correm risco de danos aos olhos devidos à radiação UV;
- Pessoas com pele clara, que se queimam ou desenvolvem sardas facilmente, com olhos azuis ou verdes, loiras ou ruivas têm maior probabilidade de desenvolver cânceres de pele. Quando os melanomas se desenvolvem

nas pessoas cuja pele é naturalmente morena, eles ocorrem geralmente nas palmas das mãos, solas dos pés ou sob as unhas²;

- Pessoas com histórico familiar de câncer de pele ou que se expuseram excessivamente ao sol no passado e pessoas que têm um grande número de pintas ou verrugas (mais de 50) têm maior probabilidade de desenvolver cânceres de pele. Os indivíduos que ficam expostos à luz solar durante o trabalho também devem ficar atentos.
- Alguns medicamentos, tais como certos antibióticos, anti-histaminas e fitoterápicos, aumentam a sensibilidade da pele e dos olhos à radiação UV. Verifique com seu médico se os medicamentos que você toma aumentam a sensibilidade à luz solar.

Prevenção

- Não se queime—a superexposição ao sol é o fator de risco de câncer de pele mais fácil de ser controlado;

Onde Devo Ir para Aprender Mais?

Adultos Idosos e Questões de Saúde Ambientais

A Aging Initiative da EPA (Agência de Proteção Ambiental) trabalha para proteger a saúde de adultos idosos dos perigos ambientais através da gestão de riscos e estratégias de prevenção, educação e pesquisa. Para maiores informações sobre a Aging Initiative da EPA visite o site: www.epa.gov/aging

Cópias impressas desta folha de fatos podem ser requisitadas em: <http://www.epa.gov/aging/resources/factsheets/order.htm>

- Prefira a sombra e limite seu tempo de permanência ao ar livre, principalmente entre 10h00min e 16h00min quando é mais intensa a radiação UV;
- Cubra o máximo de sua pele com um chapéu de abas largas e roupas de tecidos fechados;
- Use protetor solar com FPS igual a 15 ou maior de modo a bloquear os raios solares em todas as áreas do corpo não protegidas;
- Verifique o índice de UV, a previsão diária da quantidade de radiação UV que chega à superfície da Terra;
- Fique longe de câmaras de bronzamento e lâmpadas solares.

Recursos Adicionais

U.S. Environmental Protection Agency

Community-Based UV Risk Education: The SunWise Program Handbook

www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r02008/625r02008.htm
www.epa.gov/sunwise

Centers for Disease Control and Prevention

Protect Yourself from the Sun

www.cdc.gov/cancer/skin/basic_info/howto.htm

National Institutes of Health

The National Cancer Institute

What You Need to Know about Skin Cancer

www.cancer.gov/cancertopics/wyntk/skin

The National Eye Institute

Cataract

www.nei.nih.gov/health/cataract/cataract_facts.asp

Macular Degeneration

www.nei.nih.gov/health/maculardegen/armd_facts.asp

American Academy of Dermatology

Body Mole Map

www.melanomamonday.org/documents/08_96%20Melanoma%20Monday%20Mole%20Map.pdf

American Cancer Society

www.cancer.org
 or 1-800-ACS-2345 (1-800-227-2345)

Test your Sun Safety IQ

www.cancer.org/docroot/PED/content/PED_7_1x_Take_the_Sun_Safety_Quiz.asp?sitearea=&level

American Optometric Association

Sunglasses shopping guide:

www.aoa.org/documents/SunglassShoppingGuide0805.pdf

Referências

- 1 National Institutes of Health, National Eye Institute. Cataract: www.nei.nih.gov/health/cataract/cataract_facts.asp
- 2 U. S. Environmental Protection Agency. Community-Based UV Risk Education: The Sunwise Program Handbook. pp. 36, 37
- 3 American Optometric Association. Statement on Ocular Ultraviolet Radiation Hazards in Sunlight. www.aoa.org/Documents/OcularUltraviolet.pdf
- 4 Centers for Disease Control and Prevention. Skin Cancer. www.cdc.gov/cancer/skin/basic_info
- 5 Ibid.
- 6 American Cancer Society. Skin Cancer Facts. www.cancer.org/docroot/PED/content/ped_7_1_What_You_Need_To_Know_About_Skin_Cancer.asp?sitearea=&level
- 7 National Institutes of Health, National Cancer Institute, "What You Need to Know About Melanoma: Melanoma: Who's at Risk www.cancer.gov/cancertopics/wyntk/melanoma/page7



Portuguese translation of:

Health Effects of Ultraviolet Radiation

Publication Number EPA 100-F-10-011

Folder 01. Página 4 de 4

Folder 02: A visão e o sol. Disponível em: <<https://www.clinicabraojos.com.br/sol-nos-olhos>>. Acesso em 14 set. 2016.

A VISÃO E O SOL

Os olhos humanos são sensíveis aos raios solares. E podem sofrer danos se não forem bem protegidos.

OS MALES DA SUPEREXPOSIÇÃO

Conjuntiva — A pele que reveste os olhos recebe toda a carga dos raios solares. E, em um mecanismo de autodefesa, surge o pterígio, a famosa carnhia que nasce nos cantos em direção ao centro do globo ocular.

Cristalino — Com o tempo, as lentes levam à catarata, ocasionando a perda da nitidez da visão.

Córnea — A exposição excessiva aos raios do sol pode causar pontos de catarata em campo superficial da córnea, tornando a superfície lacrimosa e avermelhada e a luz

Pálpebras — Manchas de envelhecimento, pele seca, rugas e até lesões cancerígenas.



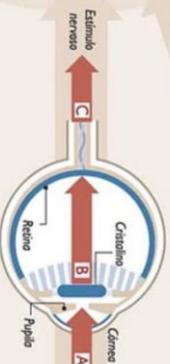
Retina — Destruição das células, com perda parcial ou total da visão. Isso ocorre porque os raios do sol destroem as células da mácula, a área da retina responsável pela capacidade de enxergar detalhes.

Ilustração: Anderson Araújo



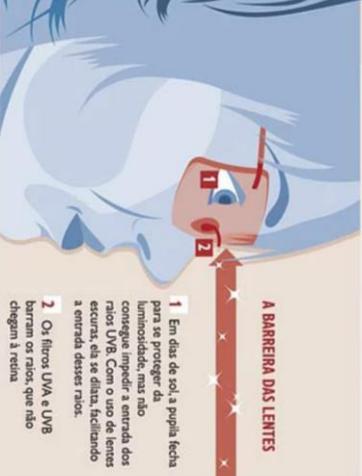
O CAMINHO DA LUZ

- Durante o dia, os raios solares incidem na córnea e atingem a pupila, que controla a quantidade de luz que entra no olho humano: em ambiente com muita luminosidade, a pupila se fecha; com pouca luz, ela abre.
- O foco luminoso passa pelo cristalino, focando os raios de luz em cima da retina.
- A retina transforma o estímulo de luz em estímulo nervoso, enviado para o cérebro, onde é processada a imagem.



A BARREIRA DAS LENTES

- Em dias de sol, a pupila fecha para se proteger da luminosidade, mas não consegue impedir a entrada dos raios UVB. Com o uso de lentes escuras, ela se dilata, facilitando a entrada desses raios.
- Os filtros UVA e UVB barram os raios, que não chegam à retina.

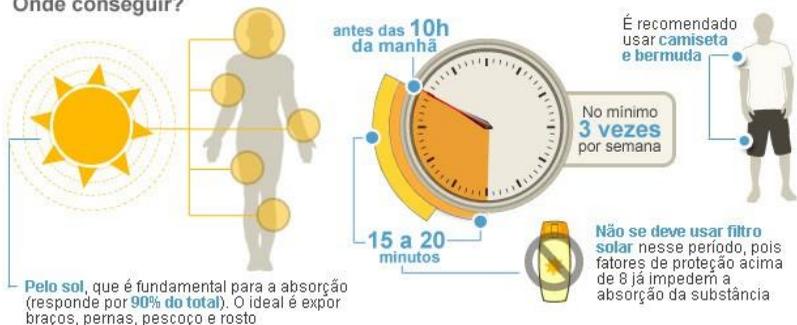


Folder 03: Vitamina D. Disponível em: <http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2014/01/entenda-diferencas-entre-os-raios-uva-e-uvb-e-seus-efeitos-na-pele.html>. Acesso em 14 set. 2016.

Vitamina D

Reumatologista Cristiano Zerbini dá dicas sobre o nutriente

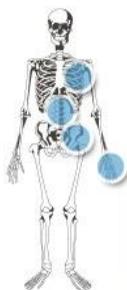
Onde conseguir?



Os alimentos são responsáveis pelos outros **10% de vitamina D**. Leite, ovos, manteiga e peixes de água fria, como salmão, são ótimas fontes

Suplementos vitamínicos, indicados para idosos e pessoas que não podem se expor ao sol com frequência

Que benefícios a vitamina D traz?



Ajuda a absorver o cálcio do organismo e evita a osteoporose (doença que enfraquece os ossos e pode causar fraturas principalmente na **coluna, bacia, nos punhos e nas costelas**)



Mantém o equilíbrio e **evita quedas**
Dá **tonicidade muscular**

Como detectar a falta?



Em testes laboratoriais, pela **análise do cálcio na urina** (se houver pouco, pode indicar falta de cálcio e também de vitamina D)



Exames de sangue



Em crianças, pode se manifestar como **raquitismo** (doença que inclui fraqueza e perda óssea)



Nos adultos, não costuma ter sintomas, exceto por uma eventual **falta de equilíbrio**

Arte/G1

Atividade 04 – Óculos de sol não são todos iguais

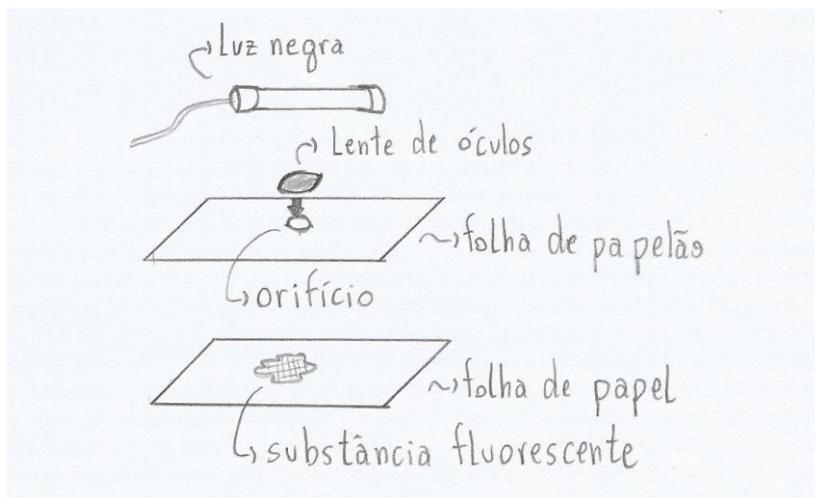
Objetivo: Examinar a intensidade da emissão de luz de uma substância fluorescente quando exposta à radiação ultravioleta dirigida através de uma lente de sol original e outra falsificada.

Material:

- Luz negra;
- Uma lente de sol original;
- Uma lente de sol falsificada;
- Substância fluorescente;
- Folha de papelão;
- Tesoura;
- Folha de papel.

Orientações:

1. Com a tesoura, corte na folha de papelão um orifício que seja menor que o tamanho da lente do óculos. Em seguida, coloque a lente em cima desse orifício.
2. Na folha de papel, coloque a substância fluorescente.
3. Com a luz negra acesa e com o ambiente escuro, posicione a lâmpada em cima da substância e, entre estas, o papelão com a lente. A figura abaixo ilustra o esquema.



4. Observe a substância: ela exibe o fenômeno da fluorescência? Em seguida, troque a lente realize a mesma análise. Também pode ser feito sem lente.
5. Solicitar aos alunos escreverem um texto (um parágrafo) explicar a diferença na intensidade de luz emitida pela substância: qual a relação com as lentes de óculos? Deve ser entregue para a aula seguinte.

Plano de Aula Nº 08

Duração: Uma aula (45 min.)

Título: “Exposição adequada, saúde na certa”

Objetivos: Espera-se com esta aula transmitir aos alunos que pele bronzeada não está relacionada com saúde e apresentar maneiras de protegê-la contra RUV.

- Discutir a importância da prevenção;
- Avaliar meios de proteção.

Conteúdo: Interação da RUV com a pele; efeitos biológicos da radiação ultravioleta; meios de prevenção.

Recursos:

- Aula 07 e 08 – Apresentação de slides;
- Vídeo 05;
- Atividade 05.

Procedimento Didático:

Momento 1: Meios de prevenção: óculos de sol (15 min.)

Dinâmica 1: Solicitar a resposta da pergunta proposta no final da aula anterior que cada aluno deveria elaborar e discutir com os alunos o experimento, salientando que os fatores de proteção solar presentes em

óculos de sol de qualidade ajudam a reduzir a quantidade e intensidade de radiação que interage com a substância fluorescente que, em analogia, penetra nos tecidos oculares. Tendo em foco os cuidados que devemos ter com os olhos e a consciência dos malefícios que uma lente falsificada pode proporcionar em relação a uma lente de proteção contra os raios UV, exibir o Vídeo 05 para auxiliar e trazer outras informações, como doenças relacionadas.

Dinâmica 02: Há várias lentes que oferecem proteção contra os raios UV, apresentar aos alunos alguns fatores de proteção e o princípio de funcionamento das lentes polarizadas e das lentes fotocromáticas.

Momento 2: Meios de prevenção: protetor solar (15 min.)

Dinâmica 3: Novamente buscando a conscientização quanto ao uso de protetor solar, realizar a Atividade 05, descrita no Anexo.

Dinâmica 4: Consistirá em diferenciar os filtros solares orgânicos dos inorgânicos a partir do princípio de funcionamento. Enquanto o químico está relacionado com a capacidade de uma molécula absorver e liberar energia, o filtro físico relaciona a reflexão de radiação pela camada protetora. As vantagens e desvantagens de cada um são relevantes para o momento, bem como listar como devemos utilizar o protetor solar.

Outro aspecto importante quanto ao protetor solar é o FPS. Conceituar como obter esse índice e explorar a relação entre os diversos fatores, de como que o aluno obtenha a ideia que a regra não é linear, e sim exponencial, ou seja, a partir dos valores muito altos de proteção, o fator de proteção varia muito pouco.

Momento 3: Empregos da RUV (5 min.)

Dinâmica 5: Retomar o argumento que trata da radiação não apenas trazendo malefícios e que apresenta aplicações benéficas como no caso da lâmpada negra. Dentre outras aplicações, neste momento pode ser relacionada com a astronomia, controle de pestes, análise de minerais, esterilização e na pesquisa científica.

Momento 4: Aplicação de questionário (10 min.)

Dinâmica 6: Reaplicação do questionário sobre verdades e mitos sobre RUV.

Referências:

...

Anexo:

Vídeo 05: Cuidados com os óculos... de Sol. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=7gi9_DQ_-oI. Acesso em: 17 set. 2016.

Atividade 05 – Protetor Solar

Faça um retângulo amarelo em um papel branco usando uma caneta marca texto com tinta fluorescente amarela. Espere a tinta secar e passe protetor solar sobre um terço do retângulo. Sobre outro terço do retângulo, passe um creme ou loção que sejam parecidos com o protetor, mas que não contenham filtros solares em sua composição. Depois, ilumine o papel com uma lâmpada de “luz negra” em um ambiente escuro. Compare a aparência do retângulo quando iluminado por luz branca normal ou pela radiação ultravioleta emitida pela lâmpada de “luz negra”.

Lembre-se da afirmação que fizemos sobre o brilho exibido pela tinta fluorescente amarela: esse brilho provém da absorção de fótons de radiação ultravioleta seguida da rápida emissão de fótons de radiação visível. Então, responda: (i) o protetor solar permite que a radiação ultravioleta emitida pela lâmpada de “luz negra” incida sobre a tinta fluorescente depositada sobre o papel? (ii) o efeito observado permite explicar a função do protetor solar sobre a pele?

Retirado de:

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=54060>

Plano de Aula N° 09

Duração: Uma aula (45 min.)

Título: “Raios X: natureza, geração e interação”

Objetivos: Espera-se com esta aula compreender o processo de radiografia.

- Compreender o processo de produção de raios X;

- Caracterizar raios X;
- Discutir fatores que influenciam na atenuação do raio X;
- Evidenciar os efeitos biológicos das radiações;

Conteúdo: Raios X; atenuação; interação dos raios X com a matéria.

Recursos:

- Aulas 09-10-11 - Apresentação de slides

Procedimento Didático:

Momento 1: Apresentar a radiação X (05 min.)

Dinâmica 1: A partir da imagem do espectro eletromagnético, caracterizar os raios X como radiação eletromagnética considerando seu comprimento de onda, frequência e energia. Comentar sobre sua importância na medicina e na indústria devido, conforme sua intensidade de emissão, atravessar diversos materiais sólidos. Diferenciar os raios X dos raios gama a partir da origem dessas radiações.

Momento 2: Produção de raios X (15 min.)

Dinâmica 2: Esta radiação é produzida artificialmente através de um tubo de raios X. Explicar o processo desde o efeito termiônico até a emissão de raios X pelo emissor. Neste momento podem ser utilizados materiais diversos como flash e esquemas do Atlas Visual da Ciência que envolve radiação X e a tomografia. Perguntar aos alunos “por que quem fica submetido a uma dose de raios X não fica radioativo?”.

Momento 3: Espectro de emissão dos raios X (10 min.)

Dinâmica 3: O espectro de emissão dos raios X possui um componente contínuo (*bremstrahlung*) e um componente discreto (*raios X característicos*). Distinguir cada um deles a partir de interação do elétron com o átomo. Gráficos podem ser usados para auxiliar no processo.

Momento 4: Fatores que afetam a atenuação dos raios X (08 min.)

Dinâmica 4: Ao atravessar um meio, ocorre a diminuição de sua

intensidade. Discutir alguns fatores como espessura, densidade e número atômico. Buscar relacionar com a radiografia. Um texto complementar (texto 03) pode ser apresentado para os alunos.

Momento 5: Efeitos biológicos das radiações (07 min.)

Dinâmica 5: Discutir com os alunos quais podem ser os efeitos biológicos no organismo quando submetido à doses de radiação.

Referencial:

Atlas Visual da Ciência, Tecnologia. Editorial Sol 90. Barcelona – Buenos Aires, 2007.

Anexo:

Texto 03: Por que o chumbo é usado como isolante em exames de raios X? Disponível em: < <http://mundoestranho.abril.com.br/ciencia/por-que-o-chumbo-e-usado-como-isolante-em-exames-de-raios-x/>>. Acessado em 11 out. 2016.

Imagens do Atlas Visual da Ciência

Os raios X

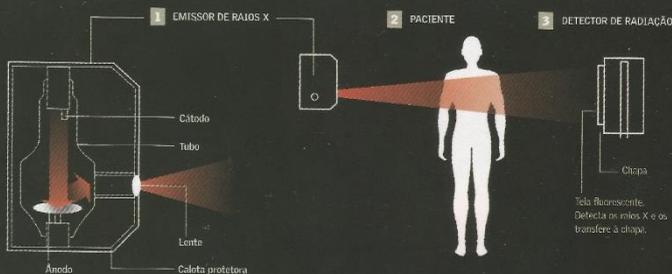
Esta forma de radiação eletromagnética foi descoberta pelo físico alemão Wilhelm Röntgen em 1895. Para indicar que se tratava de uma radiação desconhecida, o cientista a denominou provisoriamente "Raios X" em seu relatório, com a intenção de dar-lhe outro nome no futuro. A denominação, porém, foi plenamente aceita na comunidade científica. A propriedade mais importante dos raios X é a capacidade de atravessar tecidos, à exceção dos ossos. A característica logo mostrou-se fundamental na medicina, já que permite "fotografar" o corpo por dentro.

A radiografia

O procedimento é o mesmo de uma fotografia convencional, utilizando raios X como luz de exposição. A imagem é reproduzida em película, tela fluorescente ou formato digital.

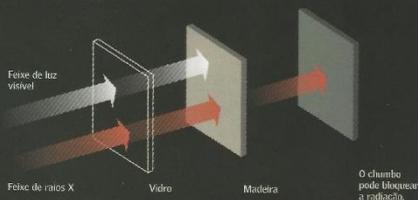
COMO É O PROCESSO

Consta de três etapas: geração de raios X, passagem através do paciente e detecção da radiação.



O PODER DOS RAIOS X

Conforme a intensidade de emissão, os raios X podem atravessar diversos materiais sólidos, de acordo com sua espessura.



RISCOS

A exposição excessiva aos raios X pode causar modificações genéticas e gerar células cancerosas. A absorção de radiação é medida em millisievert (mSv).

5.000 mSv

É a dose máxima anual que os operadores de equipamentos emissores de radiações ionizantes podem receber.

RADIOGRAFIA

Mostra em negativo fotográfico o interior do corpo, evidenciando os ossos em relação aos demais tecidos.

OS OSSOS

Densos e resistentes, aparecem em claro.

OS TECIDOS

Mais leves, contrastam com os ossos.

ARTERIOGRAFIA

Os tecidos moles densos, como os músculos, órgãos e vasos sanguíneos, podem ser mais bem observados com a injeção de líquidos (meios de contraste). Desse modo, os raios X são capazes de evidenciar essas áreas na clapa.



O meio de contraste é injetado nas veias para observar seu percurso.

Outras aplicações na medicina

RADIOTERAPIA

O feixe de raios X pode destruir ou deter a propagação de células cancerosas superficiais na pele ou em regiões profundas sem danificar gravemente o tecido sadio. A técnica foi aplicada com êxito pela primeira vez em 1899.

TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

É a aplicação mais sofisticada. É um conjunto de radiografias transversais do corpo que, unidas por computador, formam uma imagem tridimensional completa.

A tomografia

O processo de tomografia computadorizada permite obter imagens do interior do corpo nos mínimos detalhes, o que converte o equipamento em uma poderosíssima ferramenta de diagnóstico. Feixes de raios X são disparados contra determinadas partes do corpo e em ângulos diferentes. A técnica possibilita construir imagens tridimensionais. A tecnologia foi desenvolvida na década de 1970 por dois cientistas: o britânico Godfrey Hounsfield e o sul-africano Allan McLeod Cormack. A pesquisa rendeu a eles o Prêmio Nobel de Medicina em 1979.

Tomografia computadorizada

É uma variação sofisticada dos raios X convencionais. O aparelho dispara raios X por todo o corpo e, após processamento digital, constrói imagens planas ou tridimensionais.

- 1 Um feixe de raios X é disparado com grande precisão sobre determinada parte do corpo.

Raios X

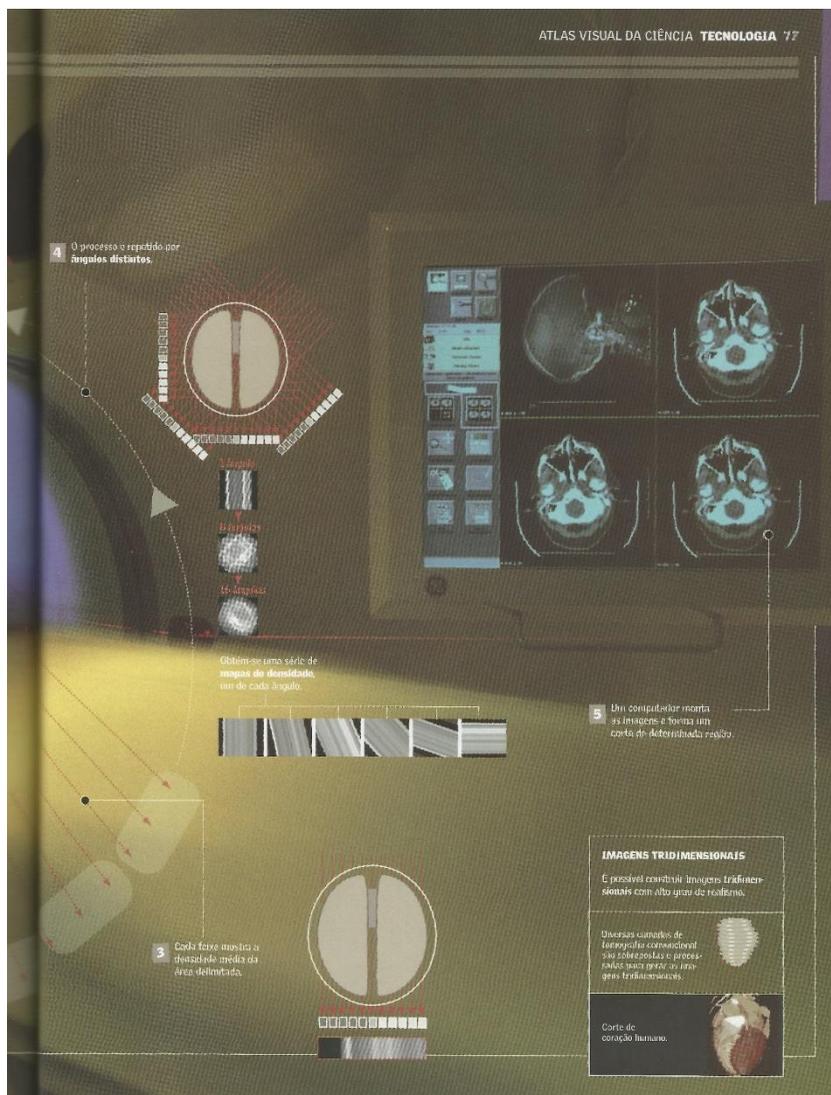
Atravessam estruturas moles densas, como o plástico, e são defletidos pelas mais densas, como os metais. Essa propriedade permite fazer "fatias" do interior de certos materiais.

Cada substância adquire tonalidade distinta, conforme a densidade e a espessura.



McLul
upaco
Plástico
translucido

- 2 Um sensor registra as variações de potência do feixe de raios X.



Plano de Aula Nº 10

Duração: Uma aula (45 min.)

Título: “Quando o ‘x’ da questão foi solucionado”

Objetivos: Abordar o descobrimento dos raios X em uma perspectiva histórica, social e ética.

- Apresentar a descoberta dos raios X por Röntger;
- Entender a importância dessa descoberta para a época;

Conteúdo: A experiência de Röntger; Tubo de Crookes; Raios catódicos.

Recursos:

- Aulas 09-10-11 - Apresentação de slides;
- Vídeo 06;
- Vídeo 07.

Procedimento Didático:

Momento 1: O contexto social e científico da época (10 min.)

Dinâmica 1: A descoberta dos raios X por Röntger ocorreu no final do ano de 1895. Buscar levar o aluno a compreender como estava a sociedade naquela época e o mundo científico (cientistas como Thomas Edson e Nicolas Tesla estavam investigando o uso da eletricidade, impulsionando ainda mais a industrialização), a fim de que a descoberta possa passar uma ideia mais significativa.

Momento 2: Tubo de Crookes (10 min.)

Dinâmica 2: A descoberta dos raios X não se daria sem a utilização do tubo de raios catódicos, assim, para compreender o experimento de Röntger que será explicado adiante, o uso de um vídeo (Vídeo 06) pode auxiliar na explicação desse equipamento. Como parte do contexto da descoberta, outros cientistas, que não Röntger, poderiam ter descoberto os raios X, assim, após finalizar o vídeo e comentar sobre o mesmo, comentar sobre Lenard e suas observações quanto ao uso do tubo de Crookes.

Momento 3: A descoberta de Röntger (início) (25 min.)

Dinâmica 3: Pode ser iniciada a partir do Vídeo 07, que aborda a vida desse cientista, explicação de como foi descoberta esta radiação e

consequências sociais e científicas devido à mesma. Dentre as considerações sobre o vídeo, salientar algumas como o fator cronológico, tempo entre as experiências anteriores e as conclusões finais de Röntger, buscando passar a ideia de que trabalhos e pesquisas anteriores permitiram sua pesquisa e desenvolvimento.

Referências:

Anexo:

Vídeos:

- Vídeo 06: **Experimento de J. J. Thomson**. Disponível em: http://e-quimica.iq.unesp.br/index.php?option=com_content&view=article&id=73:experimento-de-thonson&catid=36:videos&Itemid=55. Acessado em 10 nov. 2016.
- Vídeo 07: **História da Radiologia - Wilhelm Conrad Röntgen – FAMESP**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FWnSibyHVNo>. Acessado em 10 nov. 2016.

Plano de Aula N° 11

Duração: Uma aula (45 min.)

Título: “Felicidades e infelicidades de uma descoberta”

Objetivos: Abordar o descobrimento dos raios X em uma perspectiva histórica, social e ética.

- Entender a importância dessa descoberta para a época;
- Mostrar os riscos de uma exposição excessiva;
- Perceber a importância dos cuidados com uma nova descoberta científica;

Conteúdo: A experiência de Röntger; Tubo de Crookes; Raios catódicos.

Recursos:

- Aulas 09-10-11 - Apresentação de slides;
- Vídeo 07.

Procedimento Didático:

Momento 1: A descoberta de Röntger (finalização) (15 min.)

Dinâmica 1: Finalizar exibição do Vídeo 07. Dentre as considerações sobre o vídeo, salientar algumas como o fator cronológico, tempo entre as experiências anteriores e as conclusões finais de Röntger, buscando passar a ideia de que trabalhos e pesquisas anteriores permitiram sua pesquisa e desenvolvimento.

Momento 2: Aplicações imediatas e uso indiscriminado (15 min)

Dinâmica 2: Este momento inicia com uma discussão sobre os efeitos que a descoberta teve na sociedade da época desde seu uso voltado para diversão, quanto ao voltado para técnicas medicinais. Em seguida, retratam-se os efeitos quanto aos danos provocados pela radiação X nas pessoas, desde os pacientes que ficavam minutos para fazer uma radiografia, até os pesquisadores, que ficavam horas expostos à radiação.

Momento 3: Discussão de questões sobre as últimas aulas (15 min.)

Dinâmica 3: Propor e dialogar com os alunos as questões do Questionário 03 (no anexo) sobre a temática da aula.

Referências:

Oliveira, Fabio Ferreira de. **O Ensino de Física Moderna com Enfoque CTS: Uma proposta Metodológica para o Ensino Médio usando o tópico raios X** / Fabio Ferreira de Oliveira. – Rio de Janeiro: UFRJ / PPGE, 2006.

Anexo:

Questionário 3:

1. O contexto histórico e social tem influência sobre uma teoria científica?
2. Quais as consequências sociais e tecnológicas do uso indiscriminado de uma nova teoria científica?
3. A comunidade científica é a única culpada por possíveis problemas que uma novidade científica possa causar à sociedade?
4. O cidadão comum também é responsável pelos possíveis problemas gerados pelos raios X?
5. Você acha que os cientistas são pessoas diferentes das outras pessoas?